



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü



**FERMENTE EDİLMİŞ ARONYA
(*Aronia melanocarpa*) MEYVESİNDEN
GELENEKSEL YÖNTEMLE VE
HİDROKOLLOİD EKLENEREK PESTİL
ÜRETİMİ VE KALİTE ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Eylül Elif METİNER

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

İzmir
2024

T.C

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FERMENTE EDİLMİŞ ARONYA
(*Aronia melanocarpa*) MEYVESİNDEN
GELENEKSEL YÖNTEMLE VE
HİDROKOLLOİD EKLENEREK PESTİL
ÜRETİMİ VE KALİTE ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ**

Eylül Elif METİNER

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Seda ERSUS

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Yüksek Lisans Programı

İZMİR, 2024

Eylül Elif METİNER tarafından Yüksek Lisans tezi olarak sunulan “**Fermente Edilmiş Aronya (*Aronia melanocarpa*) Meyvesinden Geleneksel Yöntemle Ve Hidrokolloid Eklerek Pestil Üretimi Ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi**” başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesinin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 11/09/2024 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği ile başarılı bulunmuştur.

İmza

Jüri Üyeleri:

Jüri Başkanı: Doç. Dr. Seda ERSUS

Raportör Üye: Prof. Dr. Mehmet Yekta GÖKSUNGUR

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Zeki HEPÇİMEN

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “**Fermente Edilmiş Aronya (*Aronia melanocarpa*) Meyvesinden Geleneksel Yöntemle ve Hidrokolloid Eklenerek Pestil Üretimi ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi**” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

11 / 09 / 2024

Eylül Elif METİNER

ÖZET

FERMENTE EDİLMİŞ ARONYA (*Aronia melanocarpa*) MEYVESİNDEN GELENEKSEL YÖNTEMLE VE HİDROKOLLOİD EKLENEREK PESTİL ÜRETİMİ VE KALİTE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

METİNER, Eylül Elif

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Seda ERSUS

Eylül 2024, 99 sayfa

Son yıllarda yaşam standartlarının ve tüketici eğilimlerinin değişmesiyle birlikte, insanların sağlıklı beslenme alışkanlıkları farklılaşmakta ve yeni ürünler keşfetmeye yönelmektedir. Güçlü antioksidan aktiviteye ve zengin polifenol içeriğine sahip aronya meyvesi, sağlıklı beslenme programlarında tercih edilen bir üzüksü meyve çeşidi olup, taze tüketiminin yanı sıra gıda sanayisinde işlenerek de kullanılmaktadır. Günümüzde birçok ülkede yetiştiriciliği yapılan aronya meyvesi, gıda tüketiminde etkili sektörlerden biri olan geleneksel ürün sektöründe kullanılarak farklı ürünlere dönüştürülmektedir. Geleneksel ürünlerden biri olan pestil, endüstriyel olarak üretilen alternatif bir meyve atıştırmalığı olarak tanımlanmakta ve birçok meyveden elde edilebilmektedir.

Bu tez çalışmasında, aronya meyvesinin hasat mevsimi dışında tüketimini artırmak ve piyasadaki ürünlere alternatif olarak sağlık açısından faydalı ürünler geliştirmek amacıyla aronya meyvesi fermente edilerek elde edilen fermente meyveden pestil üretimi gerçekleştirilmiştir. Tez çalışmasında, öncelikle taze aronya meyvesi homojenize edilerek püre haline getirilmiş, meyve püresi ve 1:1 (w/v) oranında sulandırılmış meyve püresi şeklinde hazırlanmıştır. Daha sonra fermantasyon için *Saccharomyces cerevisiae* spp. kullanılarak farklı inokülasyon oranlarında (%1, 2 ve 4), değişen miktarlarda sakkaroz (%0, 5, 10 ve 20) ilave edilerek 28 °C'de 9 gün boyunca fermantasyon denemeleri gerçekleştirilmiştir. Çeşitli fermantasyon parametrelerinin meyvelerdeki biyoaktif bileşen miktarına etkisinin incelenmesi için 3 gün aralıklarla ortamın pH değeri ve biyoaktif bileşen miktarları ölçülmüştür. Ön denemeler sonucunda optimum üretim koşulları olarak şekersiz ortamda püre halindeki aronya meyvesine %4 inokulum yapılarak 3 gün

boyunca fermentasyon uygulaması gerçekleştirilmiştir. Ardından, taze ve fermente edilen aronya meyve pürelerine farklı oranlarda nişasta (%4, 6 ve 8) ve ksantan gam ve guar gam (%1, 1,5 ve 2) eklenerek pestiller hazırlanmış, tespili kurutucuda 1,5 m/s hava hızında 55 °C’de kurutulmuştur. Kurutma işleminden sonra elde edilen ürünlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri karşılaştırılarak en iyi pestil formülasyonları belirlenmiştir.

Çalışma sonuçlarına göre fermentasyondan sonra taze aronya meyvesinin toplam fenolik madde miktarının %34 oranında, flavonoid madde miktarının %35 oranında, toplam monomerik antosiyanin miktarının %21 oranında arttığı belirlenmiştir. Bununla birlikte fermente edilmiş meyveden elde edilen pestillerin toplam fenolik madde miktarı %22-36 oranında, flavonoid madde miktarı %25-55 oranında, toplam monomerik antosiyanin miktarı ise %41-45 oranında taze meyve püresinden yapılan pestil örneklerine göre daha yüksek bulunmuştur. Pestil örneklerinin renk değerleri ölçüldüğünde hem taze hem de fermente meyveden elde edilen ve %4 nişasta ile üretilen pestillerin parlaklık değeri olan L^* değerinin ($20,89 \pm 0,1$) diğer hidrokolloidler (guar gam ve ksantan gam) üretilen pestillere göre daha yüksek olduğu bulgulanmıştır. En yüksek kırmızılık değerine sahip örneklerin ise %1 guar gam ($1,33 \pm 0,2$) ile üretilen pestiller olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak fermentasyon işleminin aronya meyvesi ve pestillerindeki biyoaktif bileşen miktarını arttırdığı belirlenmiştir. Hidrokolloidler ile hazırlanan pestillerin su tutma kapasitelerinin yüksek olması sebebiyle daha kısa kuruma sürelerine sahip olduğu ve biyoaktif bileşenleri daha iyi koruduğu bulunmuştur.

Anahtar sözcükler: *Aronia melanocarpa*, fermentasyon, hidrokolloid, meyve pestili

ABSTRACT

FRUIT LEATHER PRODUCTION FROM FERMENTED ARONIA (*Aronia melanocarpa*) FRUIT BY TRADITIONAL METHODS AND HYDROCOLLOID INCORPORATION AND DETERMINATION OF QUALITY CHARACTERISTICS

METİNER, Eylül Elif

MSc in Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Seda ERSUS

September 2024, 99 pages

In recent years, with changing living standards and consumer trends, people's healthy eating habits are diversifying which leads them to discover new products. Aronia berry, known for its strong antioxidant activity and rich polyphenol content, is a preferred type of berry in healthy eating programs. It is consumed fresh and also processed in the food industry. Today, aronia berries, cultivated in many countries, are transformed into various products within the traditional product sector, an effective segment of food consumption. One of these traditional products is pestil, defined as an industrially produced alternative fruit snack that can be made from various fruits.

In this thesis, fruit leather was produced from fermented aronia fruit with the aim of increasing its consumption outside of the harvest season and developing health-beneficial products as an alternative to the products currently on the market. Initially, fresh aronia fruit was homogenized into a puree, prepared as a fruit puree and a diluted fruit puree (1:1 w/v). Subsequently, fermentation trials were conducted for 9 days at 28°C, using different inoculation rates (1%, 2%, and 4%) of *Saccharomyces cerevisiae* spp. and adding varying amounts of sucrose (0%, 5%, 10%, and 20%). To examine the effect of various fermentation parameters on the bioactive components of the fruit, pH and bioactive component levels were measured every 3 days. Based on preliminary trials, the optimal production conditions

were determined to be fermentation of the pureed aronia fruit with 4% inoculum in a sugar-free medium for 3 days.

Next, fruit leathers were prepared from fresh and fermented aronia fruit purees by adding different ratios of starch (4%, 6%, and 8%) and xanthan gum and guar gum (1%, 1.5%, and 2%), and they were dried in a drying cabinet at 55°C with an airspeed of 1.5 m/s. After the drying process, the physical and chemical properties of the resulting products were compared, and the best fruit leather formulations were determined.

According to the results, after fermentation, the total phenolic content of fresh aronia fruit increased by 34%, flavonoid content increased by 35%, and total monomeric anthocyanin content increased by 21%. Furthermore, fruit leathers made from fermented fruit had 22-36% higher total phenolic content, 25-55% higher flavonoid content, and 41-45% higher total monomeric anthocyanin content compared to fruit leathers made from fresh fruit puree. When the color values of the fruit leather samples were measured, it was found that the lightness (L^*) value (20.89 ± 0.1) of the fruit leathers produced with 4% starch from both fresh and fermented fruit was higher than those produced with other hydrocolloids (guar gum and xanthan gum). The samples with the highest redness value were found to be the ones produced with 1% guar gum (1.33 ± 0.2).

In conclusion, it was determined that the fermentation process increased the amount of bioactive components in aronia fruit and fruit leathers. It was also found that the fruit leathers prepared with hydrocolloids had higher water retention capacities, shorter drying times, and better preservation of bioactive components.

Keywords: *Aronia melanocarpa*, fermentation, hydrocolloid, fruit leather

ÖNSÖZ

“Fermente Edilmiş Aronya (*Aronia melanocarpa*) Meyvesinden Geleneksel Yöntemle ve Hidrokolloid Eklenecek Pestil Üretimi ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi” isimli tez çalışması Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde gerçekleştirilmiş, 28415 numaralı proje numarasıyla Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyonu tarafından desteklenmiştir. Yapılan tez çalışmasında, fermente edilmiş aronya (*Aronia melanocarpa*) meyvesinden geleneksel yöntemle ve hidrokolloid eklenerek pestil üretimi gerçekleştirilmiş ve pestillerin kalite özellikleri belirlenmiştir. Aronya (*Aronia melanocarpa*) meyvesinin hasat dönemi dışında tüketimini sağlamak ve alternatif ürün geliştirmek amacıyla nişasta bazlı geleneksel üretimin yanı sıra hidrokolloidlerden ksantan gam ve guar gam eklenerek yeni bir yan ürünü olarak aronya pestili üretilmiştir. Pestil üretimi sırasında aronya meyvesi fermente edilerek meyvenin biyoaktif madde içeriğinin artırılması hedeflenmiştir. Fermantasyon koşulları ve parametreleri yapılan denemelerle belirlenerek en uygun koşulların bulunması amaçlanmıştır. Fermantasyon sonucunda fermente olan aronya meyvesinden pestil elde edilerek kalite ve fonksiyonel özellikleri araştırılmıştır.

İZMİR

11 / 09 / 2024

Eylül Elif METİNER



İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÖZETİ	3
2.1 Aronya Meyvesiyle İlgili Genel Bilgiler	3
2.2 Aronya Meyvesiyle İlgili Literatürde Yapılan Çalışmalar	11
2.3 Fermantasyon ve Fermente Gıdalarla İlgili Genel Bilgiler.....	12
2.4 Meyve Pestilleriyle İlgili Genel Bilgiler	17
2.5 Meyve Pestilleriyle İlgili Literatürde Yapılan Çalışmalar	20
3. MATERYAL VE METOT.....	24
3.1 Materyal.....	24
3.2 Metot	25
3.2.1 Aronya meyvesinin fermantasyonu.....	25
3.2.2 Aronya pestili üretim metodu	27
3.2.3 Fermente edilmiş aronya pestili üretim metodu	30
3.2.4 Hammadde ve pestil örneklerine uygulanan analiz metotları.....	33
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	41
4.1 Fermantasyon Koşullarının Meyvedeki Biyoaktif Bileşenler Üzerine Etkisi	41
4.2 Taze ve Fermente Aronya Meyvesine Ait Analiz Sonuçları	47
4.3 Pestil Üretimlerine Ait Analiz Sonuçları	51

4.3.1 Pestil örneklerinin toplam kuru madde miktarı sonuçları	52
4.3.2 Pestil örneklerinin suda çözünür kuru madde miktarı sonuçları ..	53
4.3.3 Pestil örneklerinin kül miktarı sonuçları.....	54
4.3.4 Pestil örneklerinin su aktivitesi değerleri	55
4.3.5 Pestil örneklerinin pH değerleri	56
4.3.6 Pestil örneklerinin titrasyon asitliği değerleri	57
4.3.7 Pestil örneklerinin toplam fenolik madde miktarı sonuçları	58
4.3.8 Pestil örneklerinin toplam flavonoid madde miktarı sonuçları.....	59
4.3.9 Pestil örneklerinin toplam monomerik antosiyanin miktarı sonuçları.....	60
4.3.10 Pestil örneklerinin antioksidan kapasite sonuçları.....	61
4.3.11 Pestil örneklerinin toplam şeker miktarı sonuçları	62
4.3.12 Pestil örneklerinin HMF miktarı sonuçları	63
4.3.13 Pestil örneklerinin renk değerleri sonuçları.....	64
4.3.14 Pestil örneklerinin duyu analizi sonuçları.....	64
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	67
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	70
TEŞEKKÜR	82
ÖZGEÇMİŞ.....	84
EKLER.....	86

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2. 1 Siyah ve kırmızı aronya türlerine ait meyveler	4
Şekil 2. 2 Aronya meyvesinde bulunan prosiyanidinlerinin kimyasal yapısı (Kulling & Rawel, 2008)	7
Şekil 2. 3 Aronya meyvesinde bulunan fenolik asitlerin kimyasal yapısı (Kulling & Rawel, 2008).....	8
Şekil 2. 4 Aronya meyvesinde bulunan antosiyaninlerin kimyasal yapısı (Kulling & Rawel, 2008).....	9
Şekil 2. 5 Aronya meyvesinde bulunan polifenollerin yapıları: (1) neoklorojenik asit; (2) klorojenik asit; (3) siyanidin-3-galaktozit; (4) siyanidin-3-glukozit; (5) siyanidin-3-arabinozit; (6) siyanidin-3- ksilozit; (7) katershin-3-galaktozit; (8) katershin-3-gluko	
Şekil 3. 1 Çalışmada kullanılan aronya meyvesi.....	24
Şekil 3. 2 Aronya meyve püresi.....	27
Şekil 3. 3 Homojen yapıdaki aronya meyve pulpu	27
Şekil 3. 4 Aronya pestili üretimine ait akış diyagramı	29
Şekil 3. 5 Fermente aronya meyve püresi	30
Şekil 3. 6 Homojen yapıdaki fermente aronya meyve pulpu	30
Şekil 3. 7 Fermente edilmiş aronya pestili üretimine ait akış diyagramı	32
Şekil 3. 8 Ekstraksiyon akış diyagramı	33

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4. 1 Farklı fermantasyon ortamlarında farklı inokülasyon ve sakkaroz oranlarında fermente aronya meyvesine ait pH değeri sonuçları.....	42
Çizelge 4. 2 Farklı fermantasyon ortamlarında farklı inokülasyon ve sakkaroz oranlarında fermente aronya meyvesine ait toplam fenolik madde miktarı sonuçları	43
Çizelge 4. 3 Farklı fermantasyon ortamlarında farklı inokülasyon ve sakkaroz oranlarında fermente aronya meyvesine ait toplam flavonoid madde miktarı sonuçları	44
Çizelge 4. 4 Farklı fermantasyon ortamlarında farklı inokülasyon ve sakkaroz oranlarında fermente aronya meyvesine ait toplam monomerik antosiyanin madde miktarı sonuçları	45
Çizelge 4. 5 Taze ve fermente aronya meyvesinin fizikokimyasal analiz sonuçları	47
Çizelge 4. 6 Pestil örneklerine ait toplam kuru madde miktarı sonuçları.....	52
Çizelge 4. 7 Pestil örneklerine ait suda çözünür kuru madde miktarı sonuçları.....	53
Çizelge 4. 8 Pestil örneklerine ait kül miktarı sonuçları.....	54
Çizelge 4. 9 Pestil örneklerine ait su aktivitesi sonuçları	55
Çizelge 4. 10 Pestil örneklerine ait pH değeri sonuçları.....	56
Çizelge 4. 11 Pestil örneklerine ait titrasyon asitliği sonuçları.....	57
Çizelge 4. 12 Pestil örneklerine ait toplam fenolik madde miktarı sonuçları.....	58
Çizelge 4. 13 Pestil örneklerine ait toplam flavonoid madde miktarı sonuçları.....	59
Çizelge 4. 14 Pestil örneklerine ait toplam monomerik antosiyanin miktarı sonuçları	60
Çizelge 4. 15 Pestil örneklerine ait antioksidan kapasitesi sonuçları	61
Çizelge 4. 16 Pestil örneklerine ait toplam şeker miktarı sonuçları	62
Çizelge 4. 17 Pestil örneklerine ait HMF miktarı sonuçları	63
Çizelge 4. 18 Pestil örneklerine ait renk değerleri sonuçları	65
Çizelge 4. 19 Pestil örneklerinin duyu analizi sonuçları	66

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler ve Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
a^*	Kırmızılık - Yeşillik Renk Değeri
a_w	Su Aktivitesi Değeri
b^*	Sarılık - Mavilik Renk Değeri
Brix	Suda Çözünür Kuru Madde
°C	Santigrat derece
cm	Santimetre
dk	Dakika
DPPH	2,2-Difenil-1-pikrilhidrazil
g	Gram
GAE	Gallik asit eşdeğeri
kg	Kilogram
L^*	Parlaklık Değeri
L	Litre
M	Molar
m	Metre
mg	Miligram
mL	Mililitre

mM	Milimolar
N	Normalite
nm	Nanometre
pH	Power Of Hydrojen
ppm	Parts Per Million
psi	Basınç Birimi- İnçkare başına libre
rpm	Revolutions Per Minute
s	Saniye
sa	Saat

1. GİRİŞ

Aronya (*Aronia melanocarpa*), *Rosaceae* familyasına ait olan ve ılıman iklime sahip bölgelerde yetiştirilen üzüksü bir meyve türüdür. Küçük ve koyu renkli bir meyve olan aronya sert, sulu ve buruk bir tada sahiptir. Kuzey Amerika'ya özgü olan bu meyve günümüzde Avrupa, Rusya ve Türkiye başta olmak üzere birçok ülkede yetiştirilmektedir. Gıda endüstrisinde taze tüketiminin yanı sıra meyve suyu, reçel, şarap üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca gıdaların lezzetlerini ve antioksidan özelliklerini geliştirmek amacıyla gıda takviyesi olarak değerlendirilmektedir. Yüksek antioksidan aktiviteye ve zengin polifenol içeriğe sahip olmakla birlikte vitamin ve mineral açısından da zengin olan aronya günümüzde sağlıklı beslenme programlarında yer almakta ve son zamanlarda popülerliği artmaktadır (Ochmian et al., 2012; Scott & Skirvin, 2007).

Taze aronya meyvesi kısa raf ömrüne sahip gıdalardan biri olduğu için depolama sırasında raf ömrünü uzatmak, besin değerleri ve kalite özelliklerini korumak için farklı işlemler uygulanmaktadır. Bu işlemlerden biri olan pestil yapımı, ülkemizde endüstriyel olarak üretilen geleneksel gıdalardan biridir

Meyve pestili, vitamin ve minerallerce zengin birçok çeşit meyveden elde edilen besleyici ve lezzetli kurutulmuş meyve çerezidir. Yumuşak ve sakızımsı bir dokuya sahip olan meyve pestilleri, deriyi andıran parlak görünümleri dolayısıyla İngilizcede "fruit leather" olarak isimlendirilmektedir. Son yıllarda karbonhidrat, protein, vitamin, mineral ve lif açısından zengin besin değerleri nedeniyle popülerliği artmış ve ev yapımı bir üründen endüstriyel bir pazar elemanına dönüşmüştür.

Pestil, ülkemizin çeşitli bölgelerinde farklı yöntemlerle üretilse de, meyve püresinin düz bir yüzeye ince bir tabaka halinde dökülüp kurutulmasıyla elde edilmektedir. Ürünün fizikokimyasal ve duysal özelliklerini geliştirmek için birçok meyve pestiline nişasta, un, şeker, bal, süt, asit, glikoz şurubu gibi katkı maddeleri eklenmekte ve özel koşullar altında kurutularak hazırlanmaktadır. Bu ilaveler, gıdaya renk, lezzet, koku, tekstür ve yüksek raf ömrü gibi özellikler kazandırmaktadır (Diamante et al., 2014; Kara & Küçüköner, 2019).

Fermentasyon, gıdaların raf ömrünü arttırmak, besin değerlerini ve duyuşal kalitesini iyileştirmek için kullanılan en eski yöntemlerden biridir. Mikrobiyal aktiviteye dayanan bir gıda işleme tekniğı olan fermentasyon, gıdaları daha uzun süre muhafaza etmek için kullanılmakta, gıdanın sindirilebilirliğini iyileştirmekte ve kendine özgü lezzet kazandırmaktadır. Böylece fermente edilmiş gıdalar ile beslenme açısından daha faydalı ve güvenli ürünler üretilmekte, çiğ ürünlerde istenmeyen faktörler ortadan kaldırılmakta, ürünün besin değeri arttırılmakta, sindirimi kolaylaştırılmakta ve ekonomik üretimi ile sürdürülebilirliği sağlanmaktadır.

Günümüzde fermente gıdalar birçok ülkede yaygın bir şekilde üretilmekte ve diyetlerde önemli rol oynamaktadır. Fermente sebze ve meyveler, fermente gıdaların önemli bir kategorisini temsil etmektedir. Sebze ve meyvelerin fermentasyonu mikrobiyal büyüme ve üreme için en uygun koşullarda mikroorganizmaların organik bileşikler kademeli olarak ayrıştırması ve meydana gelen biyokimyasal dönüşümler ile gerçekleşmektedir. Mikrobiyal metabolizma ile gıdanın yapısında bulunan substratlardan değerli gıda bileşenleri üretilerek, sürdürülebilir ve dayanıklı ürünler üretilmektedir (Hilgendorf et al., 2024; Xu et al., 2024).

Bu tez çalışması kapsamında yüksek antioksidan aktiviteye ve zengin polifenol içeriğine sahip aronya (*Aronia melanocarpa*) meyvesinin hasat mevsimi dışında tüketimini sağlamak ve piyasadaki ürünlere alternatif sağlıklı yeni ürünler geliştirmek amacıyla fermente aronya meyvesinden pestil üretimi amaçlanmıştır. Bunun için öncelikle taze aronya meyvesi fermentasyon işlemine tabi tutulmuş, fermentasyon parametrelerinin etkisi denemelerle belirlenerek en uygun koşullar tespit edilmiştir. Seçilen parametreler ve koşullar altında fermentasyon işlemi gerçekleştirildikten sonra fermente edilen aronya meyvesinden pestil üretilmiştir. Pestil yapımında, nişasta bazlı geleneksel üretimin yanı sıra, hidrokolloidlerden ksantan gam ve guar gam farklı oranlarda formülasyonlara eklenerek çeşitli bileşenlerin etkisi incelenmiştir. Elde edilen ürünlerin fizikokimyasal özellikleri karşılaştırılarak en yüksek kalitede ürün formülasyonları oluşturulmuştur.

2. GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Aronya Meyvesiyle İlgili Genel Bilgiler

Aronya, *Rosaceae* familyasına ait, mayıs ayında çiçeklenip ağustos ve eylül aylarında hasat edilen çok yıllık odunsu çalı formunda üzümsü bir meyve türüdür. Anavatanı Kuzey Amerika olan aronya bitkisi günümüzde Avrupa, Rusya ve Türkiye başta olmak üzere birçok ülkede yetiştirilmektedir. Taze meyve olarak tüketilebildiği gibi gıda endüstrisinde meyve suyu, şurup, reçel, şarap, meyve çayları ve besin takviyeleri üretiminde de kullanılmaktadır. Yüksek antioksidan aktiviteye ve polifenoller açısından zengin bir içeriğe sahip olması nedeniyle günümüzde tercih edilen meyveler arasında yer almaktadır (Aytuna Çerçi vd. 2024; Piras et al., 2024; Poyraz Engin & Mert, 2024).

Aronya, kışın yaprak döken, mayıs ayında çiçek açan ve meyvelerinin türüne bağlı olarak ağustos sonundan ekim başına kadar hasat edilebilen soğuga dayanıklı bir bitkidir. Birçok toprak koşulunda yetişebilen aronya, geniş bir pH aralığında ve farklı toprak tiplerinde büyüebilmesine rağmen, pH değeri 6-6,5 olan kumlu ve iyi drenajlı topraklarda daha iyi gelişmektedir. Dona dayanıklı olan bu bitki, -35 °C'ye kadar düşen kış sıcaklıklarını tolere edebilmektedir. Güneşli yerlerde daha iyi büyüyen aronya, böceklerle, kirliliğe ve hastalıklara karşı da dayanıklılık göstermektedir. Bu nedenle, yetiştiriciliği ve bakımı sırasında ilaçlama yapmaya gerek kalmadan, sadece gübreleme ve sulama ile gelişebilmektedir (Jurikova et al., 2017; Negreanu-Pirjol et al., 2023; Şahin & Erdoğan, 2022).

Aronya yavaş büyüyen bir bitkidir ve çalıları maksimum 3 metre yüksekliğe kadar uzayabilmektedir. Bitkinin yaprakları 3–7 cm uzunluğunda olup, ilkbahar ve yaz aylarında yeşil renkte, sonbaharda ise kahverengiye dönüşmektedir. Bitki, dikiminin ikinci yılından itibaren her salkımda ortalama 20-25 adet çiçek açmaktadır. Bu çiçeklerden 8-14 adet, 6 mm çapında, yaklaşık 0,5-2 g ağırlığında mor-siyah meyveler oluşmaktadır. Elde edilen meyveler sert çekirdekli, sulu ve buruk bir tada sahiptir (Jurendić et al., 2021; Sidor & Gramza-Michałowska, 2019; Yılmaz vd., 2021).

Rosaceae familyasının bir mensubu olan aronya üç türden oluşmaktadır. *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot, siyah aronya; *Aronia arbutifolia* (L.) Elliot, kırmızı aronya; *Aronia prunifolia* (Marshall), mor aronya olarak bilinmektedir. Üzümsü meyvelerinden dolayı “Chokeberry” olarak da tanımlanan aronyanın birçok çeşidi bulunmaktadır. Avrupa’da en yaygın yetiştirilen aronya çeşitleri arasında “Aron” (Danimarka), “Nero” (Çek Cumhuriyeti), “Viking” (Finlandiya), “Kurkumachki” (Finlandiya), “Rubin” (Rusya), “Hugin” (İsveç) ve “Fertödi” (Macaristan) bulunmaktadır (Buda et al., 2020; Kulling & Rawel, 2008; Šnebergrová et al., 2014).



Şekil 2. 1 Siyah ve kırmızı aronya türlerine ait meyveler

Aronya, Kuzey Amerika kökenli olup ilk olarak Amerika yerlileri tarafından hastalıkların tedavisinde kullanılmıştır. Daha sonra, 1900’lü yıllarda önce Rusya’da ve II. Dünya Savaşı’ndan sonra Almanya, İsveç, Norveç, Finlandiya ve Polonya dahil diğer Avrupa ülkelerinde yaygınlaşmıştır. Yakın zamanda, başta Japonya olmak üzere Asya ülkelerine de tanıtılmıştır. Günümüzde, dünyada en çok aronya üretimi ve yetiştiriciliği yapılan ülkeler arasında Polonya, Kanada, Almanya, Amerika, Rusya, Ukrayna, Slovakya, Japonya, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, İsveç, Danimarka, Estonya, Letonya, Finlandiya ve Litvanya yer almaktadır. Ayrıca, birçok ülkede büyük ölçekli aronya bahçeleri kurulmakta ve melezleme ile ıslah çalışmaları devam etmektedir (Buda et al., 2020; Denev et al., 2018; Ramić et al., 2015).

Aronya Türkiye'ye ilk olarak 2012 yılında Atatürk Bahçe Kùltùrleri Merkez Araştırma Enstitùsù (Yalova) tarafından getirilmiştir. “Viking” ve “Nero” aronya eřitleri ùzerinde araştırma yapılarak deneme bahçeleri kurulmuştur. Aronya meyvesiyle ilgili bilimsel çalışmalar ve tanıtım faaliyetleri başlatılmıştır. 2017 yılında ticari anlamda yetiştiricilik çalışmaları başlamış, Kırklareli ve Manisa'da bùyùk òlekli tesisler oluşturulmuştur. Yalova, Çanakale, Samsun, İstanbul, Antalya ve Bursa'da ise kùùk òlekli aronya bahçeleri kurulmuştur. Aynı yıl Atatürk Bahçe Kùltùrleri Merkez Araştırma Enstitùsù tarafından “Viking”, 2018 yılında ise ‘Nero’ aronya eřitleri tescil ettirilmiştir 2021 yılında ise Yalova İl Tarım ve Orman Mùdùrlùğù tarafından “Yalova Aronyası” olarak coğrafi işaret alınmıştır (Özder, 2020; Öztùrk, 2023).

Aronya, hasat dònemi dışında yılın geri kalanında mevcut olmayan bir meyvedir. Aynı zamanda buruk bir tada sahip olmasından dolayı taze tüketiciminin yanı sıra gıda sanayisinde işlenerek kullanılmaktadır. Aronya meyvesi genellikle taze ve kurutulmuş olarak tüketilebilmektedir. Kek, pasta, òrek ve ekmek gibi fırıncılık ùrùnlerinde; çikolata, dondurma, puding gibi tatlılarda taze veya dondurulmuş olarak değerlendirilmektedir. Bunun yanında yüksek pektin içeriği sayesinde reçel, marmelat ve sos yapımında ùrùnlerin tatlarını, renklerini ve fonksiyonel òzelliklerini iyileştirmek için kullanılmaktadır. Meyve suyu, şarap, sirke ùretiminde ve çay yapımında aronya meyve ve yaprakları sıklıkla tercih edilmektedir. Bununla birlikte, akıllı gıda ambalajları için yenilebilir film olarak ùretilmekte ve koyu mor renginden dolayı doğal gıda renklendiricisi olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca, gıda sektòrù dışında geniş bir uygulama alanı da bulunmaktadır. Tıp ve eczacılık sektòründe içerdiği birçok fitokimyasallar, fenolik bileşikler, vitaminler ve mineraller sayesinde gıda takviyesi olarak yarar sağlarken, tekstil sektòründe kumaşların renk òzelliklerini geliştirmek ve boyanabilirliği arttırmak amacıyla kullanılmaktadır (Bontsidis et al., 2024; Duysak et al., 2024; Lv et al., 2024).

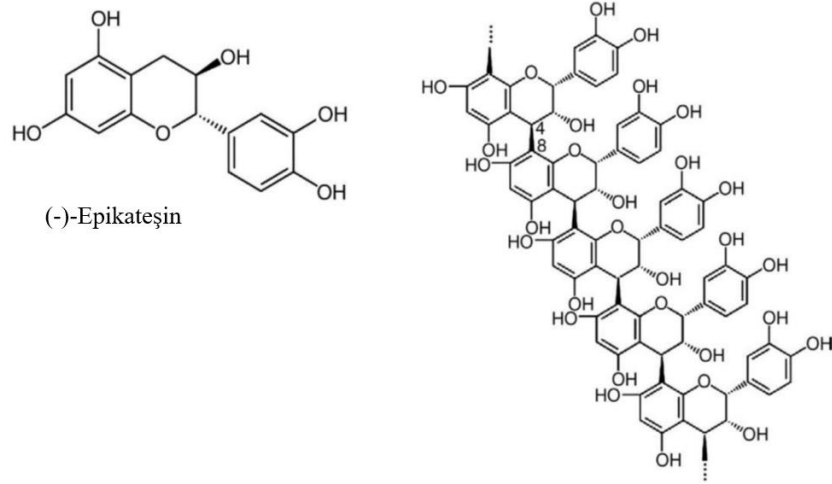
Son yıllarda sağlıklı beslenmeye olan ilginin artması sebebiyle tüketiciler diyetlerinde fonksiyonel ùrùnleri tercih etmektedir. Aronya meyvesi yüksek miktarda fenolik bileşikler, flavonoidler, antosiyaninler ve antioksidan molekùller içermesi nedeniyle dikkat çekmektedir. Yapılan alışmalar, aronya meyvesinin kimyasal bileşimini, klinik etkinliğini ve hastalıkların önlenmesindeki kullanımını araştırmakta ve tıbbi değeri olan sağlığa yararlı bir meyve olduğunu ortaya koymaktadır. Bu nedenle "sùper meyve" olarak adlandırılmaktadır (Bontsidis et al., 2024; Lv et al., 2024; Samoticha et al., 2016; Wang et al., 2023).

Aronya meyvesinin besin profilinin ve karakteristik bileşiminin incelendiği birçok çalışmada tür, çeşit, gübreleme, sulama, olgunluk, hasat zamanı ve yöntemi, iklim ve toprak koşulları, yetiştirme alanı gibi genetik ve çevresel faktörlere bağlı olarak kimyasal yapısının değiştiği tespit edilmiştir. Yapılan araştırmalara göre *Aronia melanocarpa*, organik asit, amino asit, mineral, vitamin, aroma bileşikleri ve polifenoller gibi bileşikler içermektedir ve en zengin polifenol kaynaklarından biri olarak kabul edilmektedir (Jadwiga et al., 2015; King & Bolling, 2020; Poyraz Engin & Mert, 2024; Skupień & Oszmiański, 2007).

Aronya meyveleri, antioksidan aktivitesinin yüksek olmasından dolayı fonksiyonel gıda olarak adlandırılmakta ve günümüzde kullanımı yaygınlaşmaktadır. Temel olarak antosiyaninler, prosiyanidinler, flavanoller, fenolik asitler (klorojenik asit, neoklorojenik asit, kafeik asit) ve tanenler gibi değerli bir biyoaktif bileşikler içermesi nedeniyle önem kazanmaktadır. Ayrıca aronya meyvesinin yapısındaki bileşenler incelendiğinde değişen miktarlarda karbonhidratlar (sorbitol, fruktoz, glikoz ve sükroz), organik asitler (kinik, malik, sitrik, oksalik), kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum, fosfor, demir, bakır, iyot, çinko gibi temel mineralleri de içerdiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte B1, B2, B6 ve C vitaminleri ile niasin, pantotenik asit, folik asit, α -tokoferol, β -tokoferol ve β -karoten bulunmaktadır. Bu nedenle birçok uzman tarafından dünyanın en sağlıklı meyvelerinden biri olarak kabul edilmektedir (Chrubasik et al., 2010; Oszmiański & Lachowicz, 2016; Piras et al., 2024; Tolić et al., 2017).

Aronya meyvesinin aroma ve renginin oluşmasına katkıda bulunan, antioksidan özellik göstermesini sağlayarak tıbbi özelliklerinden sorumlu olan en önemli bileşenler polifenollerdir. Polifenoller gıdaların renk, tat, koku, acılık, burukluk ve oksidatif stabilite gibi karakteristik özelliklerine katkı sağlarken insan sağlığı açısından da önemli rol oynamaktadır. Diğer üzüksü meyvelere (yaban mersini, ahududu, kırmızı kuş üzümü, çilek, böğürtlendi) göre daha yüksek oranda polifenol içeren aronya'nın kendine has buruk ve ekşi tadını oluşmasını sağlayan ve güçlü antioksidan yetenek göstermesini destekleyen ana bileşenler de bu grupta yer almaktadır (Fidan, 2022; Kazancı, 2021; Öztürk, 2023; Zhang et al., 2021)

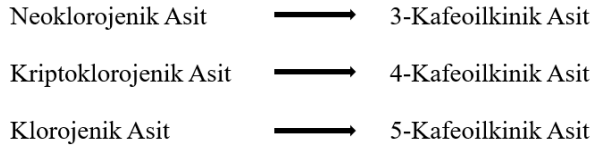
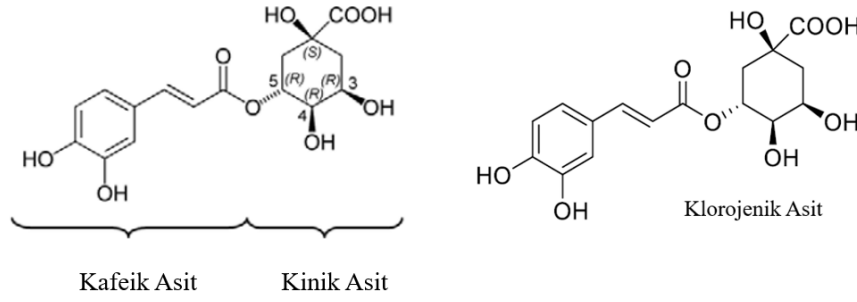
Aronya meyveleri, yüksek miktarda prosiyanidinler, antosiyaninler, fenolik asitler, flavonoller ve flavanonlar içeren polifenol gruplarına sahiptir. Meyvedeki toplam polifenollerin %66'sını oluşturan prosiyanidinler, monomerik birimlerin birleşmesinden oluşan oligomerik ve polimerik epikateşinlerdir. Aronya prosiyanidinlerinin kimyasal yapıları B-tipi (C4—C6 ve C4—C8) bağlarıyla bağlı (-)-epikateşin alt birimlerinden oluşmaktadır. Bu bileşikler, meyveye özgü acı tadı veren yapılardır. Yapılan çalışmalarda aronyanın antioksidan aktivitesinin %40'ından sorumlu bileşiklerin prosiyanidinler olduğu bildirilmiştir (Jurendi'c et al., 2021; Negreanu-Pirjol et al., 2023; Samoticha et al., 2016; Sidor & Gramza-Michałowska, 2019).



B tipi (C4—C6 ve C4—C8) bağlarıyla bağlı (-)-epikateşin alt birimleri

Şekil 2. 2 Aronya meyvesinde bulunan prosiyanidinlerinin kimyasal yapısı (Kulling & Rawel, 2008)

Aronya'nın toplam polifenollerinin %7,5'ini oluşturan fenolik asitler, benzen halkasına sahip yapılardır. Aromatik halkalarında bulunan hidroksil gruplarının bağlanma yerlerinin değişmesi sonucu farklı gruplara ayrılan fenolik asitler meyvelerde bol miktarda bulunmaktadır. Aronya meyvesinde baskın olarak bulunan ve ester bağı aracılığıyla kinik asit ile bağlanan fenolik asitler, klorojenik ve neoklorojenik asitlerdir (Jurikova et al., 2017; Negreanu-Pirjol et al., 2023).

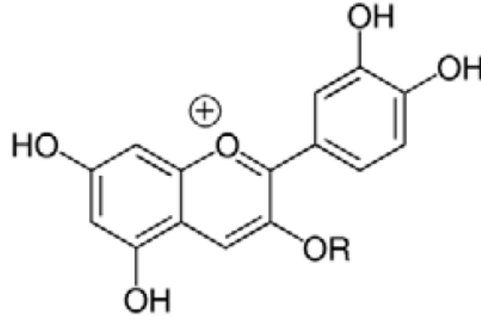


Şekil 2. 3 Aronya meyvesinde bulunan fenolik asitlerin kimyasal yapısı (Kulling & Rawel, 2008)

Aronya meyvesinin önemli bir kısmını oluşturan flavonoidler ise aromatik iki halkanın üç karbonlu bir köprüyle bağlanması sonucu oluşan polifenolik bileşiklerdir. Fenolik bileşiklerin en önemli ve geniş bir grubunu oluşturan bu moleküller flavonlar, izoflavonlar, flavonoller, flavanonlar, flavanoller ve antosiyaninler olmak üzere altı gruba ayrılmaktadır (Öztürk, 2023).

Antosiyanin bileşikleri meyve ve sebzelere koyu kırmızı, mavi, mor ve pembe renklerini veren suda çözünabilir renk maddeleridir. Kimyasal yapı olarak antosiyanidinlerin glikozitleri şeklinde bulunan bu bileşikler, kararsız bir yapıda oldukları için gıdalarda şeker molekülüyle esterleşerek antosiyaninleri meydana getirmektedir. Fenolik asitler ve prosiyanidinler gibi çok iyi polifenolik bileşik kaynakları olan antosiyaninler toplam polifenollerin yaklaşık %25'ini temsil etmektedir. (Jurikova et al., 2017; Kobus et al., 2019; Li et al., 2024; Ramić et al., 2015).

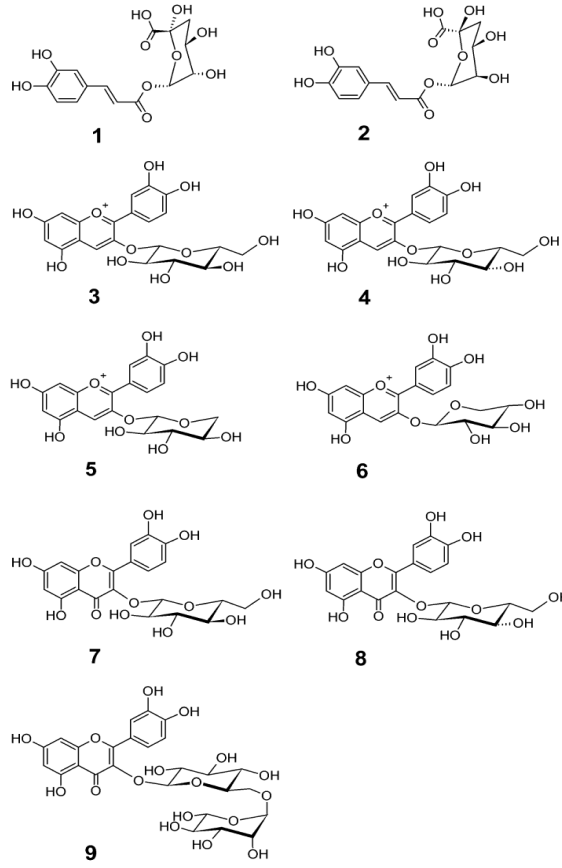
Antosiyanidin glikozitlerine bağlanan en yaygın şeker grubu glukozdur. Glukozdan sonra yaygın olan bağlanan diğer şeker grupları ise galaktoz, arabinoz ve ksiloz monosakkaritleridir. Aronya meyvesinde yüksek konsantrasyonlarda bulunan antosiyanin grupları siyanidin 3–galaktozit, siyanidin 3–arabinozit, siyanidin 3–glukozit ve siyanidin 3–ksilozittir. Bazı çalışmalarda düşük oranlarda pelargonidin 3–galaktozit ve pelargonidin 3–arabinozit antosiyaninlerinin de varlığı tespit edilmiştir (Wu et al., 2004)



R: Galaktoz	→	Siyanidin 3–galaktozit
R: Arabinoz	→	Siyanidin 3–arabinozit
R: Ksiloz	→	Siyanidin 3–ksilozit
R: Glukoz	→	Siyanidin 3– glukozit

Şekil 2. 4 Aronya meyvesinde bulunan antosiyaninlerin kimyasal yapısı (Kulling & Rawel, 2008)

Antioksidanlar, sağlıklı hücrelere zarar veren serbest radikalleri engelleyerek insan sağlığı üzerinde önemli rol oynamaktadır. Güçlü antioksidan aktivite sahip olan aronya meyvelerindeki antosiyaninlerin varlığı meyvenin antioksidan kapasitesini belirleyen en önemli faktörlerden biridir. Yüksek miktarda antosiyanin içermesi sebebiyle aronya, antioksidan kapasite bakımından pek çok meyveden üstün özellik göstermektedir. Yapılan araştırmalarda aronyanın antioksidatif aktivitesi, çeşitli radikal temizleme analizleriyle, geçiş metallerinin oksidasyon durumundaki değişiklikler üzerindeki etkileriyle ve çeşitli model sistemlerde lipit peroksidasyonunu engelleme yeteneğiyle doğrulanmıştır. Taze aronya meyvelerinin antioksidan aktivitesi ORAC yöntemi ile ölçüldüğünde diğer meyvelere kıyasla daha yüksek bulunmuştur (Jurendi'c et al., 2021; Jurikova et al., 2017; Sidor & Gramza-Michałowska, 2019)



Şekil 2. 5 Aronya meyvesinde bulunan polifenollerin yapıları: (1) neoklorojenik asit; (2) klorojenik asit; (3) siyanidin-3-galaktozit; (4) siyanidin-3-glukozit; (5) siyanidin-3-arabinozit; (6) siyanidin-3- ksilozit; (7) katerşin-3-galaktozit; (8) katerşin-3-gluko

Literatürde yapılan çok sayıda araştırma, aronyanın güçlü antioksidan etkilere sahip olduğunu bildirmiştir. Bununla birlikte, antimikrobiyal, antiviral, antitumör, antidiyabetik, anti-inflamatuar (iltihap önleyici ve sökücü), antiaterosklerotik (damar tıkanıklığını önleyici) ve hipotansif (tansiyon düşürücü) özelliklere sahip olduğunu göstermiştir. Aronya meyvesinde bulunan antosiyanin, prosiyanidin, flavonoid, fenolik asitler ve antioksidan bileşikler sayesinde insülin direncinin azaltılmasında, bağışıklığın güçlendirilmesinde, kalp ve kronik hastalıkların önlenmesinde ve tedavisinde yararlı etki gösterdiği rapor edilmiştir. Ayrıca, aronya ürün ve preparatlarının mide koruyucu etki gösterdiği, yaşlanma karşıtı sonuçlar verdiği, lipid metabolizması üzerinde yararlı bir etkiye sahip olduğu, obezite tedavisinde, gıda zehirlenmelerinde ve soğuk algınlığı hastalıklarında kullanılabileceği bildirilmiştir. Bu nedenlerle aronya, gıda, kozmetik ve ilaç sektörlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Denev et al., 2018; Duysak et al., 2024; Piras et al., 2024; Thi & Hwang, 2016).

2.2 Aronya Meyvesiyle İlgili Literatürde Yapılan Çalışmalar

Zheng & Wang, (2003) tarafından yapılan bir çalışmada, farklı üzüm sü meyvelerin antioksidan kapasiteleri ORAC yöntemi ile araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda, en yüksek antioksidan aktivite değeri aronya meyvesinde (160,2 $\mu\text{mol TE/g}$) tespit edilmiştir. Aronya meyvesinin, kırmızı yaban mersininden (38,1 $\mu\text{mol TE/g}$) yaklaşık 4 kat ve kıvılcık meyvesinden (18,5 $\mu\text{mol TE/g}$) yaklaşık 9 kat daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, aronya meyvesindeki antioksidan aktivitenin %53,1'inin antosiyaninlerden, %38,2'sinin fenolik asitlerden ve %8,7'sinin flavonollerden kaynaklandığı rapor edilmiştir.

Jakobek et al., (2007) yaptığı çalışmada, siyah frenk üzümü, kırmızı frenk üzümü, ahududu, böğürtlen, vişne, kiraz, çilek, aronya, mürver ve yaban mersini gibi kırmızı meyvelerin fenolik bileşikleri ve antioksidan aktiviteleri incelemiştir. Antioksidan aktiviteleri DPPH ve ABTS yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda, her iki yöntemde de en yüksek antioksidan aktivitenin aronya meyvelerinde olduğu belirlenmiştir.

Horszwald et al., (2013) tarafından yapılan çalışmada, aronya meyve suyu sprey kurutma, dondurarak kurutma ve vakum kurutma yöntemleriyle kurutulmuş ve elde edilen toz ürünlerin toplam polifenol içeriği incelenmiştir. Çalışma sonucuna göre toplam flavonoidlerin, toplam monomerik antosiyaninlerin ve toplam proantosiyanidinlerin sprey kurutma yöntemiyle daha iyi korunduğu sonucu ulaşılmıştır.

Vagiri & Jensen, (2017) çalışmasında, aronya meyve suyu ve posası üretiminde uygulanan haşlama, dondurma, ön ısıtma ve maserasyon işlemleri sırasında enzim ilavesinin antosiyanin miktarına ve verimine etkisi araştırmıştır. Çalışmada, meyve püresine enzim eklenmeden önce uygulanan ön ısıtma işleminin meyve suyunun verimini ve antosiyanin içeriğini arttırdığı belirlenmiştir. En yüksek antosiyanin konsantrasyonu, dondurulmuş meyvelerde enzim ilavesi olmadan yapılan soğuk maserasyon işlemi sonucunda elde edilmiştir. Buna karşılık, en düşük antosiyanin konsantrasyonu ise enzim ilavesi yapılan haşlanmamış taze meyvelere uygulanan hem soğuk hem de sıcak maserasyon işlemlerinin sonucunda elde edilmiştir. Araştırmanın bulguları, ön ısıtma ve enzim ilavesi işlemlerinin antosiyanin miktarını azalttığını göstermiştir.

Yuan et al., (2018) yaptığı araştırmada, yüksek basınç altında aronya püresinin fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, fenolik bileşenlerin ve antosiyaninlerin yüksek basınç altında büyük oranda korunduğu belirlenmiştir. Renk, pH ve titrasyon asitliği değerlerinin ise değişmediği tespit edilmiştir. En yüksek koruma değerleri, 400 MPa basınç altında 5 dakika süreyle işlem görmüş pürede elde edilmiştir.

Bontsidis et al., (2021) tarafından yapılan çalışmada kefir tanelerinden izole edilen probiyotik suş kullanılarak (*Lactobacillus paracasei* SP5) 48 saat boyunca 30 °C'de aronya suyu fermentasyonu gerçekleştirilmiştir. Fermente edilen meyve suları 4 °C'de muhafaza edilmiş ve 4 hafta boyunca mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özellikler açısından test edilmiştir. Potansiyel probiyotik suşun 30 °C'de laktik asit fermentasyonu gerçekleştirebildiği kanıtlanmıştır. *L. paracasei*'nin hücre canlılığı fermentasyon ve tüm depolama süresi boyunca yüksek seviyelerde tespit edilmiştir. Depolama süresi boyunca fermente aronya suyundaki toplam fenolik içerik ve antioksidan aktivite değerini, fermente olmayan meyve suyuna göre daha yüksek oranda saptamıştır. Sonuç olarak, potansiyel probiyotik laktik asit bakterileri ile fermente edilen aronya suyu, uçucu kalitesi ve raf ömrü arttırılmış, besleyici bir içecek olarak yüksek endüstriyel potansiyele sahiptir.

Lv et al., (2024) yaptıkları çalışmada ultra yüksek sıcaklıkta anlık sterilizasyon, termosonikasyon, yüksek hidrostatik basınç sterilizasyonu ve ışınlama sterilizasyonunun *Aronia melanocarpa* suyunun fizikokimyasal özellikleri ve rengi üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Tüm sterilizasyon işlemleri *Aronia melanocarpa* suyunun mikrobiyal güvenliğini etkili bir şekilde sağlamıştır. Yüksek hidrostatik basınç sterilizasyonu hariç, diğer işlemler *Aronia melanocarpa* suyunun esmerleşmesini şiddetlendirmiştir. Hem termosonikasyon hem de yüksek hidrostatik basınç sterilizasyonu uygulamaları *Aronia melanocarpa* suyundaki toplam polifenoller, flavonoidler ve antosiyaninler önemli ölçüde arttırmıştır. Termosonikasyon uygulaması *Aronia melanocarpa* suyundaki siyanidin-3-O-galaktozid ve siyanidin-3-O-arabinosid içeriğini sırasıyla %7,98 ve %5,90 oranında önemli ölçüde yükseltmiş, ışınlama sterilizasyonu ise %15,74 ve %10,46 oranında önemli bir azalmaya neden olmuştur.

2.3 Fermantasyon ve Fermente Gıdalarla İlgili Genel Bilgiler

Fermantasyon, dünyada yaygın olarak uygulanan en eski biyoteknolojik gıda koruma ve işleme yöntemlerinden biridir. Temel olarak, uygun bir substrat varlığında sıcaklık, pH ve nem içeriği gibi uygun çevre koşulları sağlandığında mikrobiyal metabolizma yoluyla enzimler tarafından gerçekleştirilen biyokimyasal oluşumlar olarak tanımlanmaktadır ve değerli metabolitler elde etmek için kullanılan önemli bir biyolojik dönüşüm sürecidir (Melini et al., 2019; Ramos et al., 2023).

Sebze ve meyvelerin fermente edilmesi, fermente edilmiş gıdaların tüketilmesi ve fermantasyon teknolojisinin bir koruma yöntemi olarak kullanılması uzun bir geçmişe sahiptir. İnsanlar eski çağlardan beri fermente gıdaları temel bir diyet olarak tüketmekte ve gıdaları korumak için kullanmaktadır. Günümüzde fermente gıdalar sağlık açısından yararlı biyoaktif bileşenler içermesi sebebiyle beslenme uzmanları, biyologlar ve tüketiciler tarafından ilgi görmektedir ve araştırılmaktadır (Farid et al., 2024; Sharma et al., 2022).

Fermantasyon, meyve ve sebzelerin raf ömrünü uzatan basit, düşük maliyetli ve sürdürülebilir bir teknolojidir. Taze meyve ve sebzelerin fermantasyonu sadece temel besinleri korumakla kalmaz, aynı zamanda sağlığa faydalı olan, ürünlerin tadını geliştiren ve böylece meyve ve sebzelerin katma değerini artıran çok sayıda yeni aktif bileşen de üretmektedir. Günümüzde yapılan çok sayıda bilimsel araştırma, meyve ve sebzelerin fermantasyonunun, vitaminlerin, aminoasitlerin, biyoaktif peptitlerin veya fitokimyasalların konsantrasyonunda olumlu değişikliklere yol açtığını göstermiş, ayrıca bu bileşiklerin biyoyararlanımını artırarak, meyve ve sebzelerin duyu özelliklerini iyileştirmeye de katkıda bulunduğunu bildirmiştir. Bu nedenle, besleyici ve işlevsel fermente meyve ve sebze ürünlerinin geliştirilmesinde fermantasyon teknolojisinin kullanımı, sağlık yararları, besin değeri ve daha fazla ürün çeşitliliği açısından her zaman ilgi görmektedir (Saud et al., 2024; Sun et al., 2022).

Mikrobiyal fermentasyon sırasında kullanılan suşlara ve yöntemlere bağlı olarak elde edilen fermente ürünlerin kalite özellikleri değişmektedir. Fermente meyvelerin raf ömrü fermentasyon sırasında üretilen organik asit, antimikrobiyal enzim ve peptit gibi bazı antimikrobiyal maddeler sayesinde arttırılmaktadır. Aynı zamanda organik asit karbondioksit gibi gazların üretimi nedeniyle pH değerinin düşmesi ve oksijen miktarı azaltılmasıyla zararlı mikroorganizmaların büyümesini engellenmektedir (Hilgendorf et al., 2024; Yuan et al., 2024).

Mikrobiyal büyüme, metabolizma ve enzim üretme kapasitesi, fermente gıdalardaki tatların oluşumunu etkileyen temel faktörlerdir. Meyve ve sebzelerde şekerler, glikozitler ve amino asitler gibi birçok aroma öncüsü bulunmaktadır. Bu bileşikler belirgin aroma özellikleri göstermemekle birlikte fermentasyon sırasında mikroorganizmaları ve enzimlerini içeren biyokimyasal reaksiyonlar yoluyla aroma bileşiklerine dönüştürülebilmektedir. Böylece şeker-asit oranı dengelenen fermente ürünlerde orta derecede tatlı ve ekşi bir tat oluşarak çeşitli lezzetlerin geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır. Bununla birlikte meyve ve sebzelerde bulunan esterler, ketonlar ve fenolikler fermente ürünlere tatlı ve meyveli bir tat verirken alkoller, ketonlar ve terpenler fermente ürünlerin çiçeksi ve meyvemsi aromalarıyla ilişkilidir. Bu nedenle, mikroorganizmalar ve metabolik dönüşümleri fermente ürünlerin lezzet sunumu için önemlidir (Hilgendorf et al., 2024; Yuan et al., 2024).

Renk, fermente ürünlerin kalitesinin etkileyen diğer bir temel faktördür. Fermentasyon sırasında meydana gelen karotenoidler ve antosiyaninler biyolojik aktiviteler üzerine olumlu etkiler kazandırmakta, fermente ürünlerin renk oluşumunda görev almaktadır. Meyve ve sebzelerin doğal pigment öncüleri, renk gelişimi için substrat görevi görmektedir ve mikroorganizmalar, biyokimyasal reaksiyonlar yoluyla belirli renksiz bileşikleri pigmentlere dönüştürmektedir. Ayrıca, fermentasyon suşları tarafından üretilen enzimler ve metabolitler, pigmentlerin oluşumunu hızlandırmak için katalizör görevi görmektedir, bazı suşlar renk tutulmasına yardımcı olmaktadır. Bu nedenle, fermentasyon rengi iyileştirmek için iyi bir yöntem olarak kullanılmaktadır (Hilgendorf et al., 2024; Yuan et al., 2024).

Meyve ve sebzeler bileşimlerine, matris özelliklerine ve coğrafi kökenlerine bağlı olarak farklı mikrobiyal popülasyona sahiptir. Esas olarak mayalar, mantarlar, aerobik ve anaerobik bakteriler dahil olmak üzere yararlı mikroorganizmalardan oluşan bu mikrobiyota, genellikle taze meyve ve sebzelerin fermantasyonundan sorumludur ve gıdaların korunmasına katkıda bulunmaktadır. Tipik olarak, laktik asit bakterileri, asetik asit bakterileri ve mayalar gibi suşlar, meyvelerde bulunan şekerleri alkole, asetik aside, laktik aside, polifenoller ve biyoaktif peptitler de dahil olmak üzere diğer biyoaktif bileşenlere dönüştürmede önemli bir rol oynamakta ve gıdalara belirgin bir lezzet ve besin değeri kazandırmaktadır (Torres et al., 2020; Yang et al., 2023).

Fermantasyon işlemi sırasında kullanılacak suşların seçimi, fermente ürünlerin kalitesini, güvenliğini, lezzetini ve besin profilini etkileyen önemli parametrelerden biridir. Geleneksel yöntemle ve ticari ölçekte yapılan fermantasyon işleminde kullanılan suşlar, gıda kaynaklı patojenlerin veya gıdada bozulmaya neden olan mikroorganizmalarının büyümesini engellemekte, fermente gıdanın mikrobiyolojik güvenliğini ve kalitesini sağlamakta, besin maddelerinin ve biyoaktif bileşiklerin seviyesini veya biyoyararlanımını olumlu yönde değiştirmektedir. Ayrıca fermente ürünün tüketiciler tarafından kabul edilmesini sağlamak için duyu özelliklerini geliştirmekte, fermantasyon sürecinin ekonomik olarak sürdürülebilir olabilmesi için düşük sıcaklıklarda gıda matrisinin hızlı asitlenmesini sağlamaktadır. Bu nedenle fermantasyon işleminde doğru ve uygun mikroorganizma kullanımı önemlidir (Hilgendorf et al., 2024; Khayatan et al., 2024; Sharma et al., 2020).

Fermente gıdaların üretimi sırasında en çok kullanılan ve faydalı etkileri bulunan baskın mikroorganizmalar mayalar, laktik asit bakterileri ve asetik asit bakterileridir. Mayalar, fermantasyon süreci boyunca meyvelerde bulunan glikoz ve fruktozu alkole ve karbondioksit'e dönüştürmede önemli bir rol oynarken, aynı zamanda vitaminler, amino asitler ve diğer yararlı metabolitlerin üretilmesini sağlamaktadır. Laktik asit bakterileri fermantasyon sırasında organik asitler, biyoaktif peptitler, yağ asitleri, vitaminler dahil olmak üzere yararlı bileşenlerin sayısını artırırken eş zamanlı olarak, ortamın pH değerini düşürerek zararlı mikroorganizmaların büyümesini engellemekte ve fermente meyvelere özel bir tat ve doku vermektedir. Asetik asit bakterileri ise asetik asit üretimi boyunca ürüne lezzet vererek meyve sirkesi eldesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle mikroorganizmalar fermente edilmiş meyve ve sebzelerin kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir (Farid et al., 2024; Ramos et al., 2023; Yuan et al., 2024).

Mikroorganizmalar tarafından fermente edilen gıdaların kalitesi yalnızca fermantasyon suşlarıyla ilişkili değildir. Aynı zamanda fermantasyon yöntemlerinin seçimi de, fermente ürünlerin genel kalitesini etkileyen önemli belirleyiciler olarak ortaya çıkmaktadır. Fermantasyonda iki temel yöntem kullanılmaktadır. Doğal fermantasyonda, gıdaların doğal mikroflorasında bulunan mikroorganizmalar kullanılırken, kontrollü fermantasyonda ise seçilmiş mikroorganizmalar yüksek konsantrasyonda ortama aşılanmaktadır. Fermantasyon koşulları mikroorganizmalarının büyümesi için yeterli olmadığı veya hammaddelere pastörizasyon işlemi uygulandığında doğal mikrofloranın büyümesi engelleneceği için kontrollü fermantasyon gerekli hale gelmektedir. Genel olarak, doğal fermantasyon yaygın olarak kullanılan geleneksel bir teknik olmasına rağmen, fermantasyonda kullanılan suşlar bilinmediği ve fermantasyon süreci kontrol edilemediği için gelişimi sınırlıdır. Ancak kontrollü fermantasyonun süresi, hızı ve kalitesi daha iyi takip edilebildiği ve zararlı mikroorganizmaların gelişimi önlenemediği için tercih edilmektedir. Bu nedenle fermantasyon yöntemlerinin özellikleri incelenerek, mikroorganizmalar ve hammaddeler arasındaki etkileşim iyi oluşturulmalı ve fermente gıdaların üretiminde sürdürülebilir biyoteknolojik süreç olarak fermantasyon daha dikkatli kullanılmalıdır (Saud et al., 2024; Torres et al., 2020).

Geleneksel olarak kullanılan doğal fermantasyon yerine seçilmiş mikroorganizmaların aşılandığı kontrollü bir üretim sürecinin kullanılması, istenilen duyuşsal, işlevsel ve teknolojik özelliklere sahip gıdalar elde etmek için önerilmektedir. Böylece, fermente meyve ve sebzelerin işlevsel özelliklerini ve sağlık yararlarını artırmanın yanı sıra, fermente ürünün duyuşsal kalitesini ve dolayısıyla tüketiciler tarafından kabul edilebilirliğini iyileştirmeyi hedefleyen belirli özelliklere sahip fermente gıdalar elde edilebilir. Meyve fermantasyonunda kullanılabilir suşların uygun yöntemlerin uygulanmasıyla fermantasyonun raf ömrü, lezzet ve fonksiyonel aktivite gibi meyve kalitesi üzerindeki etkileri artırılabilir (Hilgendorf et al., 2024; Khayatan et al., 2024).

2.4 Meyve Pestilleriyle İlgili Genel Bilgiler

Son yıllarda yaşam standartlarının farklılaşmasıyla birlikte, insanların beslenme alışkanlıkları değişmekte ve tüketiciler yeni lezzetler keşfetmeye yönelmektedir. Bu durum farklı kültürlerle ait gıdaların tanınır ve erişilebilir olmasını daha da önemli hale getirmektedir. Dünyada gıda tüketiminde en etkili sektörlerden biri olan geleneksel ürün sektörü, bulunduğu coğrafyanın tarihini, kültürünü ve yaşam biçimini yansıtmakta, yerel beslenme alışkanlıklarını desteklemekte ve kültürel izler taşıyan geleneksel gıdalara olan ilgiyi arttırmaktadır.

Geleneksel gıdalar, ait oldukları coğrafyanın özelliklerini yansıtan, toplumların etkileşimleri sonucu oluşan ve bölgelere özgü kültürleri temsil eden öğelerdir. Geleneksel hammaddeler kullanılarak üretilen ve özel günlerde belirli amaçlar için kullanılan bu gıdalar, nesilden nesille aktarılıp geleneksel üretim yöntemlerini devam ettirerek beslenme kültüründe süreklilik sağlamaktadır. Böylece, üretim yöntemleri, kalite özellikleri, insan sağlığına etkileri, gıda güvenliği açısından sürdürülebilirliği ve pazar paylarıyla gastronomi kültürüne yön veren bu gıdalar yapılan endüstriyel çalışmalar ile gıda sektörünü de büyötmektedir.

Pestil, taze ve işlenmeye uygun meyvelerin püre haline getirilip nişasta, un, şeker ve diğer katkı maddeleri eklenerek uygun bir teknikle koyulaştırılması, ardından düz bir zemine ince bir tabaka halinde yayılıp kurutulmasıyla hazırlanan geleneksel gıda olarak tanımlanmaktadır. Ülkemizde endüstriyel üretimi yapılan gıdalardan biri olan pestil elma, armut, dut, kayısı, üzüm, erik, çilek, muz ve şeftali gibi birçok farklı meyveden elde edilebilmektedir. Her pestil, yapıldığı meyvenin özelliklerini yansıtırken, üretim şekline göre de farklılık göstermektedir (Chowdhury et al., 2011; Kara, 2014).

Pestil, ara öğün olarak tüketilebilen, oda koşullarında saklanabilen ve paketlemeye uygun, besin ve enerji değeri yüksek bir üründür. İçerdiği fenolik maddeler, antioksidanlar, vitaminler ve mineraller sayesinde, günlük beslenmede tercih edilebilecek bir meyve atıştırılmalıdır. Çeşitli meyvelerden elde edilen pestiller, yumuşak ve sakızimsı dokuları nedeniyle şekerleme türü olarak sınıflandırılmakta ve üretimleri sırasında ısıt işlemleri gördükleri için hijyenik ürünler olarak kabul edilmektedir (Atıcı, 2013; Valenzuela & Aguilera, 2015).

Pestil, karbonhidrat, protein, vitamin, mineral ve lif kaynağı olan, düşük yağ içeriğiyle birlikte yüksek enerji değeri sunan meyve bazlı yenilikçi bir üründür. Günümüzde aperatif veya tatlı olarak tüketilen meyve pestilleri, özellikle dengesiz beslenme alışkanlıklarına sahip tüketiciler için sağlıklı bir atıştırılabilirlik olarak öne çıkmaktadır. Pestil, demir, kalsiyum, potasyum, fosfor ve magnezyum gibi mineraller ile A, B, D, E ve K vitaminlerini de içermektedir. Ayrıca, Omega-3 açısından zengindir. Yüksek lif ve karbonhidrat içeriği sayesinde enerji kaynağıdır. Bu nedenle pestil, vücut doku ve hücrelerinin yenilenmesinde, su dengesinin korunmasında, demir ihtiyacının karşılanmasında, hormon ve enzim üretiminde, bağışıklık sisteminin güçlendirilmesinde ve kalp damar hastalıklarının önlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Nikagolla & Gama-Arachchige, 2016).

Pestil, literatürde yenilebilir bir film olarak kabul edilmektedir. Ancak, ülkemizde ve dünyanın birçok yerinde yumuşak ve parlak dokusundan dolayı "meyve derisi (fruit leather)" olarak adlandırılmaktadır. Bunun yanı sıra, Amerika ve Avrupa'da "kurutulmuş meyve atıştırılabilirliği (fruit bar, fruit snack)", "meyveli şekerleme (fruit sheet)" ve "meyve ruloları (fruit roll)" gibi farklı isimlerle bilinmektedir. Ermenistan, İran ve Hindistan'da sırasıyla "Pastegh", "Lavashak" ve "Ampapar" olarak tanınırken, Suriye, Lübnan ve Suudi Arabistan gibi Orta Doğu ve Arap yarımadasında "Qamar Al Din" olarak anılmaktadır (Phimpharian et al., 2011; Ulusal Bayram, 2018).

Pestil, çok uzun yıllardan beri üretilmekte olup köklü bir tarihe sahiptir. İlk yapıldığı tarih kesin olarak bilinmemekle birlikte, kökeninin Pers İmparatorluğu'na kadar uzandığı ve Himalaya/Hunza vadisinde yaşayan insanların yüzyıllardır kayısı pestili ürettiği tahmin edilmektedir. Anadolu'da ise Osmanlı döneminden beri bakır kazanlarda pişirilip güneşte kurutularak üretildiği bilinmektedir. Her bölgeye özgü farklı üretim teknikleri ve reçeteleri ile uzun yıllardır ticareti yapılmaktadır (Karaca, 2019; Kaya & Kahyaoglu, 2005).

Ülkemizde pestil üretimi, geleneksel yöntemlerle küçük işletmelerde yapılırken, son yıllarda özellikle Avrupa başta olmak üzere uluslararası pazarda artan talep doğrultusunda büyük ölçekli endüstriyel üretimler de gerçekleştirilmektedir. Türkiye’de pestil üretiminin en fazla yapıldığı il Gümüşhane’dir. Gümüşhane, verimli arazileri ve uygun iklim koşulları sayesinde pestil üretiminde kullanılan hammadde ve meyvelerin yetiştirildiği bir bölgedir. Ayrıca, farklı formülasyonu, koruyucu madde kullanılmaması ve Türk Patent Enstitüsü tarafından verilen coğrafi işaret belgesine sahip olması gibi özellikleriyle önemli bir pazar ağına sahiptir. Gümüşhane’de üretilen pestillerde dut meyvesinden elde edilen pekmez, bal ve süt kullanılmaktadır. Bu sayede pestillerin duysal özellikleri geliştirilirken besin değeri de artırılmaktadır. Gümüşhane’de üretilen pestiller, içerik olarak farklılık gösterdiğinden ve bu bölgenin etiketi ve markası olarak tanındığından özel bir öneme sahiptir (Karabacak, 2021; Merdan, 2018).

Pestil, ülkemizin birçok bölgesinde farklı hammadde ve yöntemler kullanılarak üretilmektedir. Geleneksel pestil yapımında öncelikle meyvelerin kullanıma hazır hale getirilmesi için yıkama ve ayıklama işlemi uygulanmaktadır. Bu aşamada çürük olan meyveler uzaklaştırılarak toz, kir, ilaç ve diğer kalıntılardan arındırılmaktadır. Yıkama işleminden sonra meyveler bir pres yardımıyla parçalanarak ön ısıtma işlemine tabi tutulmaktadır. Dokudaki enzimin etkisiz hale gelmesi ve renk koyulaşmasının engellenmesi için 85-90 °C’de 3-5 dakika yapılan bu işlem, meyve randımanını da arttırmaktadır. Daha sonra meyve süzülerek pulp veya şıra elde edilmektedir. Bu aşamada elde edilen meyve pulpu veya şıranın bir bölümü bulamaç hazırlanması için ayrılırken kalan kısmı kazanlara alınarak yaklaşık 30 dakika kadar pişirilmektedir. Pişirme işlemi sırasında ayrılan şıraya un, nişasta veya diğer kıvam vericiler yavaşça katılmaktadır. Kazandaki kısım kaynatıldıktan sonra hazırlanan bulamaç kazana eklenmekte ve istenen kıvama kadar pişirmeye devam edilmektedir. Kazanda kaynayan şıra katılaşmaya başlayıp belli bir kıvama geldiğinde işlem sonlandırılmaktadır. Pişerek katılaştıran ve son halini alan şıraya “herle” ismi verilmektedir. Hazırlanan herle bez veya yağlı kağıt gibi bir yüzeye ince bir şekilde dökülerek kurumaya bırakılmaktadır. Serme işleminin ardından güneşte, cam seralarda veya kabin fırınlarda kurutulan pestiller ince bir tabaka halinde bezden veya yağlı kağıttan ayrıldıktan sonra çeşitli şekillerde katlanarak tüketime hazır hale getirilmekte ve nem geçirgenliği düşük ambalajlarda depolanmaktadır (Kara, 2014; Karaca, 2019; Ulusal Bayram, 2018).

Pestil üretimi sırasında ürünün fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerini geliştirmek ve depolama stabilitesi sağlamak için meyve pulpuna farklı katkı maddeleri eklenmektedir. Birçok meyve pestilinde şeker, nişasta, pektin, asit, glikoz şurubu, bal, pekmez gibi ilave maddeler kullanılmaktadır. Kullanılan bu ilaveler ürünün kıvamının oluşmasına katkı sağlarken pestilin lezzetine etki etmekte ve renk, koku, tekstür, yüksek raf ömrü gibi özellikler kazandırmaktadır (Diamante et al., 2014; Nikagolla & Gama-Arachchige, 2016).

Ülkemizde üretilen pestillerde kıvam arttırıcı olarak genellikle nişasta, pektin, karragenan, ksantan gam, keçiyoynuzu gamı gibi hidrokolloidler kullanılmaktadır. Hidrokolloidler gıda sanayinde birçok gıdada kıvam arttırıcı ve jelleştirici olarak kullanılmakla birlikte ürünün yapısını iyileştirme, raf ömrünü uzatma, buz ve şeker kristali oluşumunu engelleme, vizkoziteyi arttırma, emülsifiye etme, stabilizasyonu sağlama, istenilen görüntüyü ve kaliteyi sağlama gibi pek çok işlev için de tercih edilmektedir (Kara, 2014).

Pestillerde istenilen tadı sağlamak ve ekşiliği azaltmak için şeker (sakkaroz), bal, glukoz şurubu, maltodekstrin gibi bazlı tatlandırıcılar kullanılmaktadır. Tatlandırıcılar, üründe tatlılık sağlayarak kuru madde içeriğinin arttırılmasına, jel yapısının sağlanmasına, kalori içeriği düşük ürünlerin elde edilmesine katkı sunmaktadır (Kara & Küçüköner, 2019).

Pestil üretiminde kullanılan diğer katkılara ek olarak kurutma ve depolama işlemleri boyunca üründe meydana gelebilecek enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonunu önlemek ve ürün rengini korumak amacıyla pestillerde limon suyu, sitrik asit ya da askorbik asit kullanılmaktadır. Böylece pestillerde esmerleşme reaksiyonlarının oluşumunu önlenerek ürün renginde koyulaşma sorunu ortadan kaldırılmaktadır (Kara & Küçüköner, 2019).

2.5 Meyve Pestilleriyle İlgili Literatürde Yapılan Çalışmalar

Huang & Hsieh, (2005) tarafından yapılan çalışmada, farklı oranlarda pektin (%16-20-24), su (%4-6-8) ve mısır şurubu (%0-8) ilave edilen armut suyu konsantresiyle hazırlanan pestiller 8 saat boyunca 70 °C'de kurutulmuştur. Üretilen pestillerin nem içeriği değerleri %6,42-13,47 aralığında değişim göstermiştir. Tüm örneklerin su aktivitesi değeri 0,5'ten düşük bulunmuştur. Depolama süresi boyunca pestil renginde önemli farklılık olmamış ve armut

pestilindeki hakim rengin armut suyu konsantresinden kaynaklandığı ifade edilmiştir.

Çakır, (2009) tarafından yapılan çalışmada farklı oranlarda (%30, %40, %50, %60, %70) keçiyoynuzu pekmezi kullanılarak pestil üretimi gerçekleştirilmiş ve kalite parametreleri araştırılmıştır. Pestillerin toplam kuru madde miktarları %85,82-86,12 aralığında, toplam kül miktarı %2,37-2,61 değişim göstermiştir. Keçiyoynuzu pestilinde en fazla bulunan minerallerin potasyum ve kalsiyum olduğu bildirilmiştir. Pestil örneklerinin toplam fenolik madde miktarları 11,40-12,22 mg galik asit/g pestil olarak tespit edilmiştir.

Yıldız vd., (2010) çalışmalarında dut pestilinde farklı ilaveler (katkısız, şeker, fıstık ve ceviz) kullanarak, erik ve kiraz pestillerinde ise katkı kullanmadan üretim gerçekleştirmiş ve pestil örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlemiştir. Katkısız dut pestili ve erik pestili örneklerinin en yüksek miktarda toplam fenolik madde içerdiğini tespit etmiştir. Aynı zamanda katkısız dut pestili örneğinin antioksidan aktivite değerini %40,05, erik pestili örneğinin antioksidan aktivite değerini %90,95 ve kiraz pestili örneğinin antioksidan aktivite değerini %70,59 olarak ölçmüştür.

Phimpharian et al., (2011) tarafından bir çalışmada farklı oranlarda glikoz şurubu (%2, %4 ve %6) ve pektin (%0,5, %1 ve %1,5) kullanılarak elde edilen ananas pestillerinin fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri araştırılmıştır. Pektin ve glikoz şurubu konsantrasyonundaki artışa bağılı olarak pestillerin kırmızılık (a^*) ve sarılık (b^*) renk değerleri artarken, nem içeriğı ve su aktivitesi azalmıştır. Duyuşal açıdan en çok kabul gören ananas pestili örnekleri %6 glikoz şurubu ve %0.5 ile %1 oranında pektin ile hazırlanan örnekler olmuştur.

Boz, (2012) yaptığı araştırmada farklı oranlarda buğday unu (%6, 8 ve 10), %0, 20 ve 40 oranında sakkaroz ve glikoz şurubu kullanarak farklı pişirme süresinin (10 ve 20 dk) dut pestilinin özelliklerine etkisini incelemiştir. Un, sakkaroz ve glikoz şurubu miktarındaki artışın ürünlerin titrasyon asitliğı değerlerini azalttığı belirlenmiştir. Ayrıca ürünlere un, sakkaroz şurubu ve glikoz şurubunun eklenmesiyle renk değerlerinin arttığı, pişirme süresine bağılı olarak fenolik madde içeriğinin önemli düzeyde azaldığı tespit edilmiştir. Pestillere ilave edilen hem sakkaroz hem de glikoz şurubunun HMF içeriğinde azalmaya neden olduğu saptanmıştır. Ayrıca pestillere sakkaroz ve glikoz şurubu eklenmesiyle

ürünlerin sertliğinin ve kopma kuvvetinin arttığı ve yapışkanlığının azaldığı belirlenmiştir.

Al-Hinai et al., (2013) farklı hidrokolloidler (nişasta, pektin, dekstrin, guar zamkı) kullanılarak üretilen hurma-demirhindi pestilinin tekstürel özelliklerini araştırmıştır. Pestillere eklenen hidrokolloidler ile örneklerin sertlik ve yapışkanlığının arttığını, kohesivlik ve elastikiyetin ise azaldığını tespit etmiştir. En yüksek sertliğe sahip olan örneğin pektin ilaveli pestil olduğunu ve bunu sırasıyla guar zamkı, nişasta ve dekstrinin takip ettiğini bildirmiştir. En yüksek yapışkanlığa sahip olan örneğin ise sırasıyla guar zamkı, pektin, nişasta ve dekstrin ilaveli pestiller olduğunu saptamıştır.

Boz vd., (2016) pişirme süresi (10 ve 20 dakika) ile glikoz ve sakkaroz şurubu kullanımının dut pestilinin HMF ve akrilamid içeriği üzerine etkisini araştırmıştır. Glikoz şurubu ile üretilen pestillerde az miktarda HMF ve akrilamid oluştuğu tespit edilmiştir. Ayrıca pişirme süresinin artmasına bağlı olarak pestillerin HMF ve akrilamid konsantrasyonunda artış meydana gelmiştir.

Ghimire & Ojha, (2016) yaptıkları çalışmada farklı oranlarda (100:0, 90:10, 80:20 ve 70:30) papaya pulpu ve soya bulamacını karıştırarak elde ettikleri pestillerin fizikokimyasal özelliklerini araştırmıştır. Papaya-soya pestillerinde en yüksek indirgen şeker miktarını, asitlik oranını ve karotenoid içeriğini 90:10 oranında papaya pulpu ve soya bulamacı karıştırılmış örnekte tespit etmiştir. En yüksek C vitamini miktarını ise 70:30 oranında papaya pulpu ve soya bulamacı karıştırılmış örnekte ölçmüştür. Duyusal değerlendirme sonucunda 90:10 oranında papaya pulpu ve soya bulamacı karıştırılmış örneğin daha fazla tercih edildiğini bildirmiştir.

Yavilioğlu, (2017) çalışmasında iki farklı nişasta oranı (%6 ve %9), buğday kepeği, ekmeklik un, yulaf, arpa, çavdar, buğday kullanarak dut pestili üretimi gerçekleştirmiştir. Un oranı ve çeşidinin pestilin sertlik özelliğini etkilediği tespit edilmiştir. Tam yulaf ve arpa unu ile üretilen örneklerde fenolik madde içeriği en yüksek bulunmuştur. Nişasta ilavesiyle üretilen pestillerde ise bu miktar en düşük olarak saptanmıştır. Pestillerde un miktarının artmasıyla renk değerlerinde düşüş görülmüştür.

Sánchez Riaño et al., (2018) Arap zımkı, maltodekstrin, pektin, karboksımetil selüloz kullanarak üretilen mango pestillerinin özelliklerini araştırmıştır. Arap zımkı, maltodekstrin ve pektin ilavesinin pestillerin kalite ve görünüm özelliklerini iyileştirdiğini, karboksımetil selüloz ilavesinin ise ürünün kalitesini olumsuz yönde etkilediğini tespit etmiştir.

Ersus & Hepçimen, (2021) konsantre edilmiş hicaz nar sularından pestil üretimiyle ilgili yaptıkları çalışmada üç farklı formülasyon kullanarak ürünlerin fiziksel, kimyasal ve duyuusal özelliklerini araştırmıştır. Araştırma bulgularına göre pestil örneklerini toplam kuru madde miktarlarının %78,27-84,58 aralığında; pH değerlerinin 2,52-3,42 aralığında, asitlik değerlerinin 0,75-0,79 aralığında ve toplam şeker miktarlarının 37,99-45,40g/100 g aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Tüm pestil numunelerinin su aktivitesi değerleri 0,6'nın altında bulunmuştur. En yüksek toplam fenolik madde miktarı %10 buğday nişastasası ile hazırlanan pestillerde, en yüksek antioksidan kapasitesi ise %10 buğday unu %5 şeker %5 yağsız inek sütü ile hazırlanan örneklerde tespit edilmiştir.

Kurniadi et al., (2022) farklı formülasyonlarda guava püresi, muz püresi, sorbitol, k-karragenan, Arap zımkı ve su karışımı kullanarak 60 °C'de 8 saat boyunca ısıyla kurutarak pestil üretimi gerçekleştirmiştir. Her formülasyonun su aktivitesi, renk ölçümü, doku özellikleri, pH değerleri, askorbik asit içerikleri, antioksidan aktivitesi ve duyuusal özellikleri değerlendirilmiştir. İstenilen özellikleri etkileyen en önemli değişkenin k-karragenan olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte, Arap zımkının kullanılması hem su aktivitesinin hem de askorbik asit seviyelerinin korunmasında daha etkili olmuştur. Genel olarak, herhangi bir formülasyonda guava/muz oranının etkisi tespit edilmemiştir. Panelistler genel olarak 50:50, 40:60 ve 30:70 guava/muz oranında yapılan ve k-karragenan içeren meyve derilerini beğenmiştir.

Nizamlioğlu vd., (2022) konvektif kurutucu ve güneşte kurutma yöntemlerini kullanarak ürettikleri elma, erik ve elma-erik karışımı (50:50, w/w) pestillerin kalite parametrelerini araştırmıştır. Konvektif kurutma yöntemi erik pestillerinde kuru madde, brix, pH ve titrasyon asitliğini değerlerini önemli ölçüde azaltmış; su aktivitesi, toplam fenolik bileşik ve antioksidan kapasitesini arttırmıştır. Tüm ürünlerin genel kabul edilebilirliği yüksek oranlara sahipken, elma pestilinin dokusu en çok tercih edilen deneme üretimi olmuştur.

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

Tez çalışması boyunca fermantasyon ve pestil üretiminde kullanılan aronya meyvesi (*Aronia melanocarpa*) eylül-ekim aylarında hasat edilmiş, Kırklareli bölgesinde yetiştiricilik yapan Aronia Sante firmasından temin edilmiştir (Şekil 3.1). Hasat döneminden sonra meyveler toplanarak Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarına getirilmiş, kullanılıncaya kadar -20 °C’de muhafaza edilmiştir. Fermantasyonda kullanılan *Saccharomyces cerevisiae* spp. Ege Üniversitesi Biyomühendislik Bölümünden temin edilmiştir. Analizlerde kullanılan kimyasallar İzmir ilinde bulunan satıcılardan tedarik edilmiş ve tüm kimyasallar analitik saflıkta kullanılmıştır. Pestil üretiminde kullanılan buğday nişastası, şeker ve limon ise İzmir’deki yerel marketten satın alınmıştır. Elde edilen aronya pestilleri alüminyum Doypack kilitli ambalajlarda +4 °C’de depolanmıştır.



Şekil 3. 1 Çalışmada kullanılan aronya meyvesi

3.2 Metot

3.2.1 Aronya meyvesinin fermentasyonu

3.2.1.1 Mikroorganizma

Aronya meyvesinin fermentasyonu için *Saccharomyces cerevisiae* spp. kullanılmış ve Patates Dekstroz Agar (PDA; Merck, Almanya) besiyerine ekim yapılarak mikroorganizma geliştirilmiştir. Besiyeri, saf su ile hazırlanmış ve 121 °C'de 15 dk otoklavda sterilize edilmiştir. Besiyeri tek kullanımlık steril petri kaplarına yaklaşık 20 mL/petri olacak şekilde aktarılmış ve soğumaya bırakılmıştır. Besiyerinin jelleşmesinin ardından aseptik koşullarda öze yardımıyla hücreler alınmış ve agarın yapısına zarar vermeden besin ortamına aktarılmıştır. Ekim sonrası petri kapları 28 °C'de 24 saat inkübasyona bırakılmış ve mikroorganizmalar üretim için hazır hale getirilerek stok kültür şeklinde +4 °C de saklanmıştır.

3.2.1.2 Kültür ortamının hazırlanması ve kültürün geliştirilmesi

Üretimlerde kullanılacak mikroorganizmanın geliştirilmesi için Maya Özütü Peptonlu Dekstroz ortamı (YPD, 10 g/L maya özütü, 20 g/L glikoz, 20 g/L pepton) kullanılmış, asitlik düzenleyiciler ile ortamın pH değeri 4,50'ye ayarlanmıştır. Hazırlanan besin ortamı 250 mL hacimli erlenlere çalışma hacmi 50 mL olacak şekilde aktarılmış ve 121°C'de 15 dakika otoklavda sterilize edilmiştir. Sterilizasyon işleminden sonra oda sıcaklığına soğutulan erlenlere stok kültürden mikroorganizma inokülasyonu aseptik koşullarda steril özeler ile gerçekleştirilmiştir. İnokülasyon sonrasında erlenler 28 °C'de 200 rpm karıştırma hızında çalkalamalı inkübatörde 72 saat boyunca inkübe edilmiş ve mikroorganizmanın gelişim süreci belirli aralıklarla ölçümler alınarak optik yoğunluk tayini ile 600 nm dalga boyunda destile suya karşı absorbans değerleri okunarak tespit edilmiştir. *Saccharomyces cerevisiae* için uygun canlandırma ortamı hazırlanarak optik yoğunluk grafiği oluşturulmuştur (EK.13). Hazırlanan grafiğe göre aşılama için en uygun saatin 48. saat olduğuna karar verilmiştir. Mikroorganizmaların gelişim süreci tamamlandıktan sonra hücre popülasyonları, YPD agarda (10 g/L maya özütü, 20 g/L glikoz, 20 g/L pepton) plak sayım yöntemi ile belirlenmiştir. Denemeler süresince mikroorganizmaların hücre konsantrasyonu 1×10^7 CFU/ mL'ye ayarlanmıştır. Daha sonrasında mikroorganizma üretim ortamlarına aşılama üzere hazır hale getirilmiştir.

3.2.1.3 Substratın hazırlanması ve fermentasyon koşullarının belirlenmesi

Tez çalışması kapsamında fermentasyon ortamında substrat olarak oda sıcaklığında çözülerek 300 gram olacak şekilde hazırlanmış iki farklı aronya meyvesi kullanılmıştır. Taze aronya meyveleri karıştırıcı yardımıyla homojen hale getirildikten sonra meyve püresi ve 1:1 (w/v) oranında sulandırılmış meyve püresi şeklinde hazırlanmıştır. Meyve pürelerinin sterilizasyonları 121 °C’de 15 dk süre ile gerçekleştirilmiştir. Daha sonrasında maya hücreleri aseptik koşullarda fermentasyon ortamlarına inoküle edilmiştir.

Çeşitli fermentasyon parametrelerinin meyvelerdeki biyoaktif bileşen miktarına etkisinin incelenmesi için fermentasyon denemeleri yapılmıştır. İki farklı substrat ortamına farklı inokülasyon oranlarında (%1, 2 ve 4), değişen miktarlarda sakkaroz (%0, 5, 10 ve 20) ilave edilerek fermentasyon denemeleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan ön denemelere ait görseller ekler kısmında verilmiştir. En yüksek toplam fenolik madde miktarı, toplam flavonoid madde miktarı ve toplam monomerik antosiyanin miktarının elde edildiği sürenin belirlenmesi için dokuz gün boyunca fermentasyon gerçekleştirilmiş ve üç gün aralıklarla ortamın pH değeri ve biyoaktif bileşen miktarları ölçülmüştür. Çizelge 3.1’de fermentasyon üzerine etkili parametreler ve değişkenler verilmiştir.

Çizelge 3. 1 Biyoaktif bileşen miktarına etkisi incelenen parametreler

Fermentasyon Koşullarının Belirlenmesi	
Parametreler	Değişkenler
Substrat Seçimi	Meyve Püresi
	Sulandırılmış Meyve Püresi (1:1 w/v)
İnokülasyon oranı (% w/v)	1, 2, 4
Sakkaroz oranı (% w/w)	0, 5, 10, 20
Fermentasyon süresi (gün)	0, 3, 6, 9

3.2.2 Aronya pestili üretim metodu

Araştırma kapsamında pestil reçetesi ve pişirme yönteminin optimizasyonu için ön çalışmalar yapılmıştır. Pestil üretimi öncesinde meyveler saplarından ayrılarak yıkanmıştır. Yıkama işleminin ardından meyveler elle ezilerek karıştırıcı ile püre haline getirilmiştir (Şekil 3.2). Püre haline getirilen meyvelerin pişirme sırasında yapışmasının engellenmesi için meyvelere %25 oranında su eklenerek 90 °C’de 5 dk ön ısıtma işlemi uygulanmıştır. Böylece dokunun yumuşatılması ve dokudaki enzimin inaktivasyonu sağlanmıştır. Ön ısıtma işleminden sonra meyve püresi süzgeçten geçirilerek homojen yapıdaki meyve pulpu elde edilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3. 2 Aronya meyve püresi



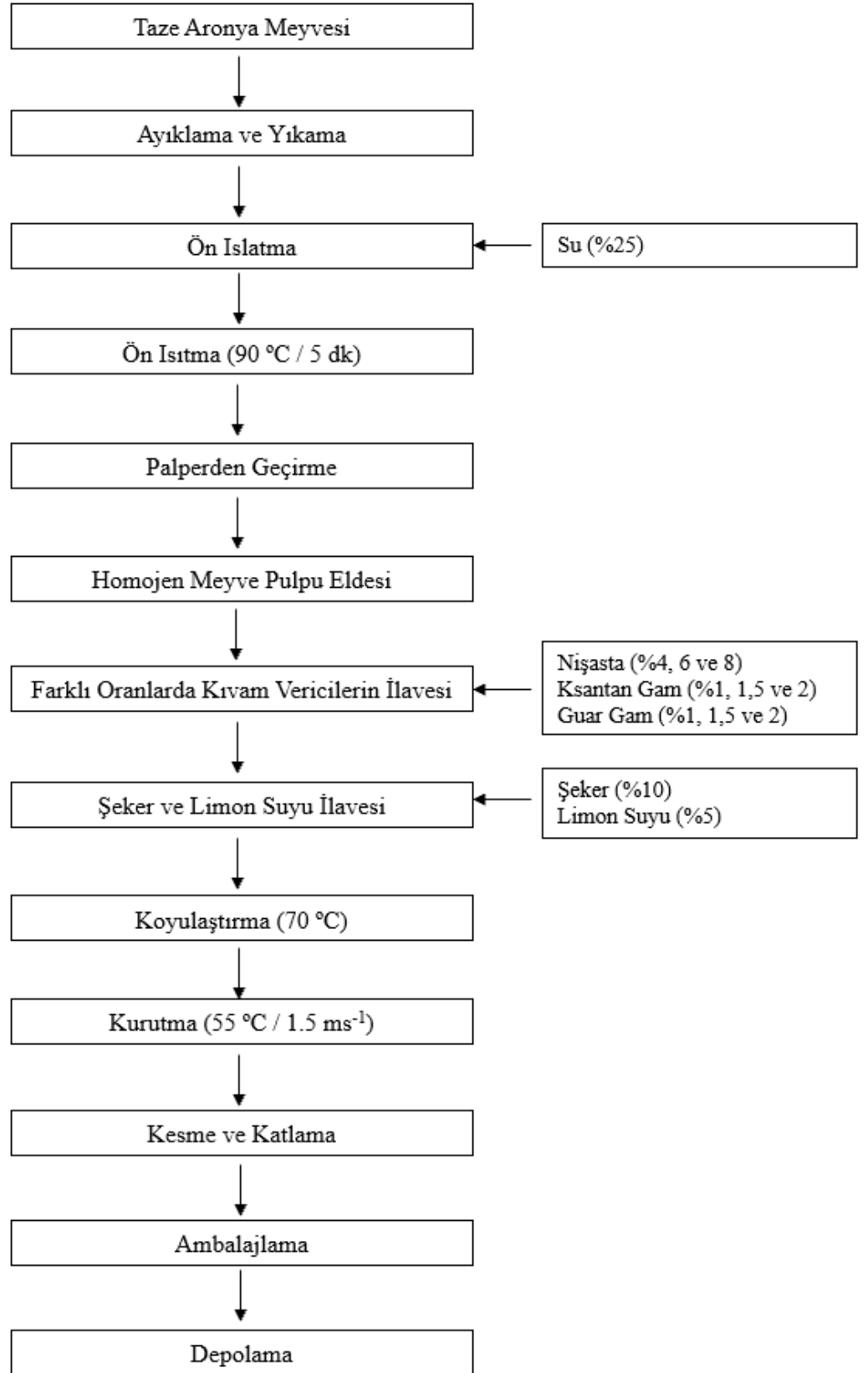
Şekil 3. 3 Homojen yapıdaki aronya meyve pulpu

Nihai formülasyonun belirlenmesi için elde edilen homojen yapıda meyve pulplarına %10 oranında şeker ile farklı oranlarda nişasta (%4, 6 ve 8), ksantan gam (%1, 1,5 ve 2) ve guar gam (%1, 1,5 ve 2) ilave edilmiştir. Ardından meyve pulpları sürekli karıştırılarak pişirilmiş ve %5 oranında limon suyu eklenerek ürünün koyulaşması ve kıvam alması hızlandırılmıştır. Pişirme işlemi 70 °C'ye kadar yapılmış, böylece nişasta ve hidrokolloidlerin jelatinizasyonu sağlanmış, herlenin çözünür kuru madde oranı yaklaşık 35-40° Brix değerine ulaştığında pişirme işlemine son verilmiştir.

Pişirme işlemi tamamlandıktan sonra hazırlanan herle metal malzemeden yapılmış sabit ölçülere (20x30 cm) sahip tepsi üzerindeki yağlı kağıda dökülerek kurutulmuştur. Pişirme işlemi sonrası hazırlanan aronya herle örneklerine ait görseller EK.7'de sunulmuştur.

Kurutma işlemi tepsili kurutucuda 1,5 m/s hava hızında 55 °C'de yapılmıştır. Kurutma işlemi sırasında örneklerin nem miktarı ölçülmüş ve pestillerin nem düzeyinin %12-15 oranına ulaşmasıyla kurutma işlemi sonlandırılmıştır.

Kurutma işleminden sonra pestiller kesilip katlanarak rulo haline getirilmiştir. Pestiller alüminyum Doypack kilitli ambalajlarda +4 °C'de muhafaza edilmiştir. Kurutma işlemi sonrası hazırlanan aronya pestillerine ait görseller EK.8'de, kesme ve katlama işlemi sonrası rulo haline getirilen aronya pestillerine ait görseller EK.9'da verilmiştir. Aronya pestili üretimine ait akış diyagramı Şekil 3.4'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 4 Aronya pestili üretimine ait akış diyagramı

3.2.3 Fermente edilmiş aronya pestili üretim metodu

Çalışma kapsamında fermentasyon işlemi öncesi alınan meyveler saplarından ayrılarak yıkanmış, daha sonra elle ezilerek karıştırıcı ile püre haline getirilmiştir. Ardından %4 oranında aşılama yapılan meyve püreleri 3 gün boyunca fermente edilmiştir. Fermentasyon süresi sonunda püre kaybının azaltılması için fermente edilen aronya pürelerine %25 oranında su eklenerek 90 °C’de 5 dk ön ısıtma işlemi uygulanmıştır. Ön ısıtma işleminden sonra fermente meyve püresi süzgeçten geçirilerek homojen yapıdaki fermente meyve pulpu elde edilmiştir (Şekil 3.5 ve Şekil 3.6).



Şekil 3. 5 Fermente aronya meyve püresi

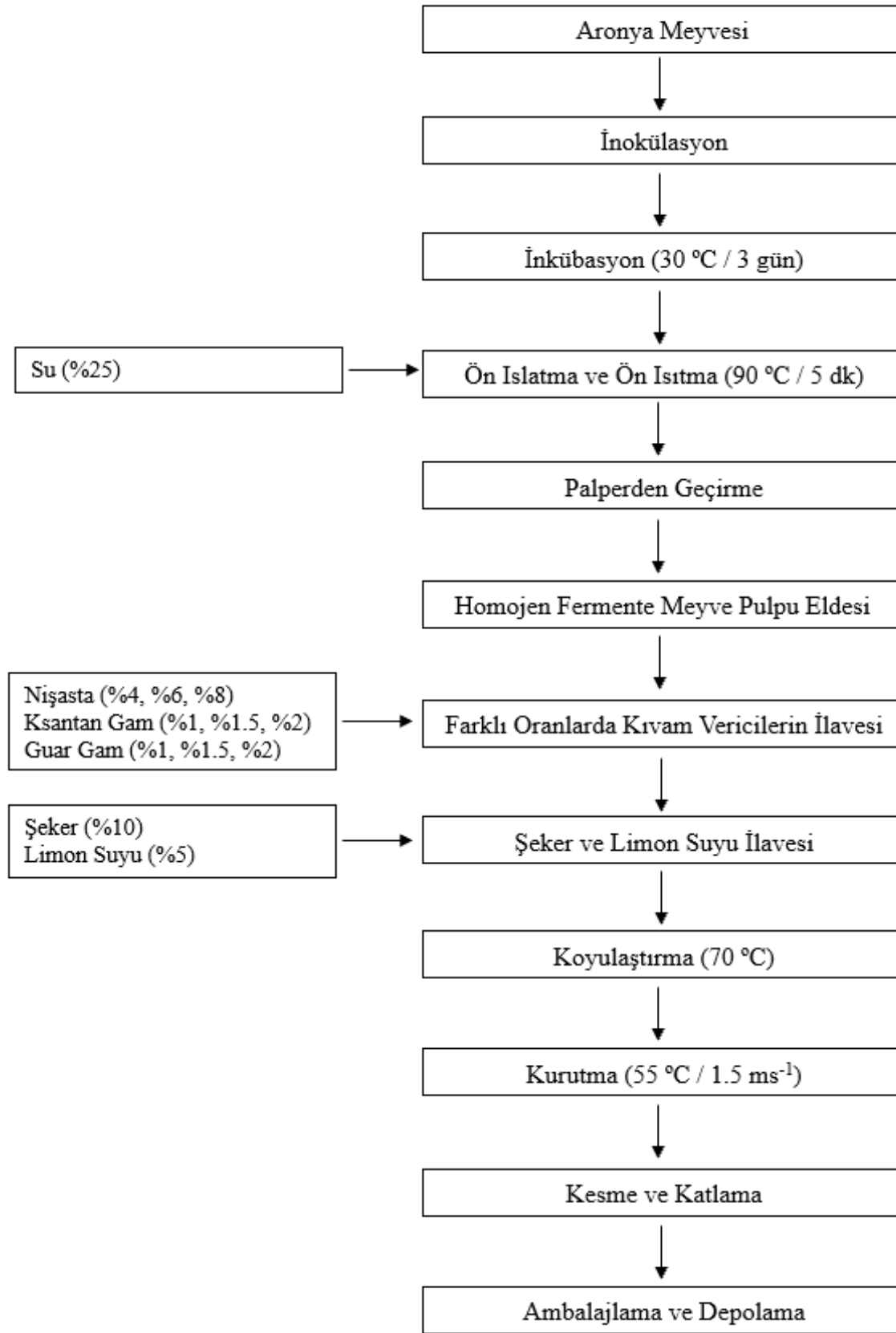


Şekil 3. 6 Homojen yapıdaki fermente aronya meyve pulpu

Homojen yapıdaki fermente meyve pulplarına aynı oranlarda şeker (%5) ile nişasta (%4, 6 ve 8) ve hidrokolloidler (%1, 1,5 ve 2) ilave edilmiş, ardından yine aynı oranda limon suyu eklenerek ürün 70 °C'ye kadar pişirilmiştir. Herlenin çözünür kuru madde oranı yaklaşık 35-40° Briks değerine ulaştığında pişirme işlemine son verilmiştir. Pişirme işlemi sonrası hazırlanan fermente aronya herlelerine ait görseller EK.10'da sunulmuştur.

Ürünün koyulaşması sağlandıktan sonra hazırlanan herle metal malzemeden yapılmış sabit ölçülere (20x30 cm) sahip tepsi üzerindeki yağlı kağıda dökülerek kurutulmuştur. Kurutma işlemi tepsili kurutucuda 1,5 m/s hava hızında 55 °C'de yapılmıştır. Kurutma işlemi sırasında örneklerin nem miktarı ölçülmüş ve pestillerin nem düzeyinin %12-15 oranına ulaşmasıyla kurutma işlemi sonlandırılmıştır. Kurutma işlemi sonrası fermente aronya pestillerine ait görseller EK.11' de verilmiştir.

Kurutma işleminden sonra fermente aronya pestilleri kesilip katlanarak rulo haline getirilmiş, görselleri EK.12'de verilmiştir. Hazırlanan pestiller alüminyum Doypack kilitli ambalajlarda +4 °C'de depolanmıştır. Fermente aronya pestil üretimine ait akış diyagramı Şekil 3.7'de gösterilmiştir.

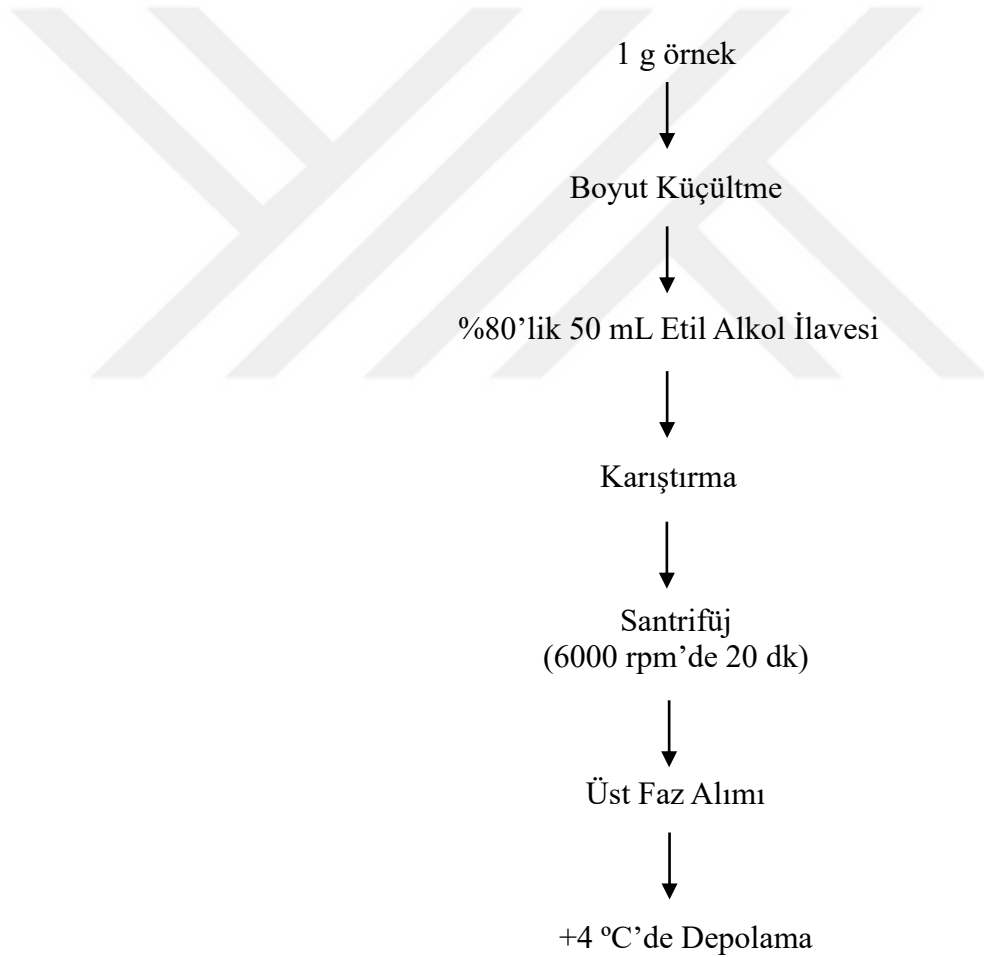


Şekil 3. 7 Fermente edilmiş aronya pestili üretimine ait akış diyagramı

3.2.4 Hammadde ve pestil örneklerine uygulanan analiz metotları

Kırklareli’nden temin edilen aronya meyvesi ile pestil örnekleri Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Meyve Sebze Laboratuvarında analiz edilmiştir. Fiziksel analizler, hammadde ve pestil örneklerine doğrudan uygulanmış, kimyasal analizler ise örneklerden elde edilen ekstrakt ile yapılmıştır.

Kimyasal analizler için hammadde ve pestillerden 1 g örnek alınmış ve 50 mL %80’lik etil alkol eklenerek karıştırıcı yardımıyla homojen hale getirilmiştir. Homojen olan örnekler, 20 dk 6000 rpm’de santrifüj edildikten sonra tüplerde oluşan üst faz pipet yardımıyla ayrı bir tüpe alınarak kimyasal analizlerde kullanılmak üzere +4 °C’de muhafaza edilmiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3. 8 Ekstraksiyon akış diyagramı

3.2.4.1 Toplam kuru madde tayini

Hammadde ve pestil numunelerinin kuru madde içeriği gravimetrik olarak vakumlu etüv (Nüve, Ev018, Türkiye) (65 °C, 10 psi) kullanılarak belirlenmiştir. Örnekler yaklaşık 2 g olacak şekilde tartılarak sabit tartıma ulaşınca bekletilmiştir. Sonuçlar Eşitlik 1 kullanılarak hesaplanmıştır (AOAC, 2005).

$$Kuru\ madde\ miktarı\ (%) = \frac{Son\ tartım - Dara}{Örnek\ miktarı} * 100 \quad (1)$$

3.2.4.2 Suda çözünür kuru madde tayini

Suda çözünür kuru madde analizi refraktometrik yöntemle yapılmıştır. Yaklaşık 5 g olacak şekilde tartılan örnekler, 50 mL saf suyla seyreltilerek karıştırıcı ile homojenize edildikten sonra kaba filtre kağıdından süzülüş ve refraktometrede okuma yapılarak % suda çözünmüş kuru madde miktarı Eşitlik 2 kullanılarak hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2010).

$$SÇKM\ (%) = \frac{Brix\ derecesi * Seyreltilen\ örnek\ hacmi}{Örnek\ miktarı} * 100 \quad (2)$$

3.2.4.3 Toplam kül tayini

Kül tayini gravimetrik yöntemle yapılmıştır. Bu amaçla krozelere yaklaşık 2 g örnek tartılmış ve 550 °C’de 5 saat boyunca beyaz kül rengi elde edilene yakılmıştır. Daha sonra krozeler desikatörde soğutularak % kül miktarı Eşitlik 3 kullanılarak hesaplanmıştır (AOAC, 2005).

$$Kül\ miktarı\ (%) = \frac{Son\ tartım - Dara}{Örnek\ miktarı} * 100 \quad (3)$$

3.2.4.4 Su aktivitesi tayini

Örneklerin su aktivitesi değerleri 20±1 °C’de Testo marka (Almanya) cihaz kullanılarak belirlenmiştir. Örnekler yaklaşık 2 g olacak şekilde tartılmış ve cihaz haznesine yerleştirilerek su aktivitesi değeri ölçülmüştür.

3.2.4.5 pH değeri tayini

Meyve ve pestil örneklerinin pH değeri, pH metre (Inolab, WTW pH 720) ile ölçülmüştür. 5 g homojenize edilmiş meyve için pH metre örneğe daldırılmış ve direkt okuma yapılmıştır. 5 g pestil örneği ise 50 mL saf suyla seyreltilip karıştırıcı ile homojenize edildikten sonra kaba filtre kâğıdı ile süzölmüştür. Elde edilen filtratın pH değeri ölçölmüştür (Cemeroğlu, 2010).

3.2.4.6 Titrasyon asitliği tayini

Örneklerde titrasyon asitliği değeri pH değerinin izlenmesi ile yürütölen titrasyonla belirlenmiştir. Yaklaşık 25 g olacak şekilde tartılan meyve ve pestil örnekleri 250 mL saf su ile seyreltilmiştir. Örnekler karıştırıcı ile homojenize edildikten sonra kaba filtre kâğıdıyla filtre edilmiştir. Filtre edilen örneklerden 50 mL alınarak 0.1 N NaOH çözeltisi ile fenolftalein indikatörlüğünde pH değeri 8,1 olana kadar titre edilmiştir. Titrasyon asitliği değeri malik asit cinsinden (g/100g) Eşitlik 4 kullanılarak hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2010).

$$Titrasyon\ asitliği\ (\%) = \frac{V * F * E}{M} * 100 \quad (4)$$

V: Sarf edilen 0,1 N NaOH miktarı (mL)

F: Çözeltinin faktörü (Çözeltinin normalitesi 0,1 olduğundan F=1'dir)

E: Meyvedeki hâkim organik asidin eşdeğer asit miktarı (Malik Asit: 0,006705 g)

M: Titre edilen örnek miktarı (g)

3.2.4.7 Renk tayini

Meyve ve pestil örneklerinin dış yüzey renk değerleri Hunter-Lab kolorimetresi renk ölçüm cihazı (Management Company, USA) kullanılarak belirlenmiştir. Örneklerin L^* (aydınlık), a^* (kırmızılık-yeşillik) ve b^* (mavilik-sarılık) değerleri ölçülmüştür. Kroma ve Hue açısı değerleri Eşitlik 5 ve 6 kullanılarak hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2010).

$$\text{Hue açısı} = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*} \quad (5)$$

$$\text{Kroma} = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (6)$$

3.2.4.8 Toplam fenolik madde miktarı tayini

Toplam fenolik madde miktarı Folin Ciocalteu metodunun modifiye edilmesiyle spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. Ekstraktan 0,5 mL alınarak 2,5 mL Folin Ciocalteu reaktifi (%10 hacim/hacim) eklenmiş ve 4 dk boyunca karanlıkta bekletilmiştir. Daha sonra üzerine 2 mL Na_2CO_3 çözeltisi eklenerek karıştırılmıştır. Örnek tüpleri su banyosunda 50 °C'de 5 dk bekletilip soğutulduktan sonra absorbans 760 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Sonuçlar kuru madde cinsinden mg gallik asit eşdeğeri/100 g olarak verilmiştir (Ersus & Hepçimen, 2021).

Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi amacıyla 500 ppm'lik stok gallik asit çözeltisi hazırlanıp bu çözeltiden 10-50 ppm aralığında gallik asit çalışma çözeltileri oluşturulmuştur. Hazırlanan gallik asit kalibrasyon eğrisi, EK.14'de gösterilmiştir.

3.2.4.9 Toplam flavonoid madde miktarı tayini

Toplam flavonoid madde miktarı tayini Kim et al., (2003) yöntemine göre yapılmıştır. Ekstraktan 1 mL alınarak 0,3 mL %5'lik NaNO₂ ilave edilmiş ve 5 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Daha sonra tüplere 0,3 mL %10'luk AlCl₃.6H₂O eklenerek 5 dakika daha karanlıkta bekletilmiş ve son olarak ekstrakt üzerine 2 mL 1 M NaOH eklenmiştir. Hemen ardından çözelti balonjojede saf su ile tamamlanarak absorbans 510 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Sonuçlar kuru madde üzerinden mg kateşin eşdeğeri/100 g olarak ifade edilmiştir.

Toplam flavonoid madde miktarının belirlenmesi amacıyla oluşturulan kateşin standart eğrisi için öncelikle 500 ppm'lik stok kateşin çözeltisi hazırlanıp daha sonra bu çözeltiden 100-400 ppm aralığındaki kateşin çalışma çözeltileri oluşturulmuştur. Hazırlanan kateşin kalibrasyon eğrisi, EK.15'te gösterilmiştir.

3.2.4.10 Toplam monomerik antosiyanin miktarı tayini

Toplam antosiyanin miktarı tayini pH diferansiyel yöntemine göre yapılmıştır. 1 g örnek 50 mL ekstraksiyon solventi (%96'lık etanol ve 1,5 N HCl 85:15 hacim/hacim oranında karıştırılmıştır) ile homojenize edilerek 4 °C'de 24 saat bekletildikten sonra berrak çözelti oluşuncaya kadar santrifüj edilmiştir. Ekstraktan 1 mL alınarak üzerine 3 mL pH değeri 1 ve 4,5 olan çözeltiler eklenerek 20 dk karanlıkta bekletilmiştir. Örneklerin absorbansları 528 nm ve 700 nm dalga boyunda okunarak toplam antosiyanin miktarı Eşitlik 7 ve 8 kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuçlar kuru madde üzerinden mg siyanidin-3-glikozit eşdeğer/kg olarak ifade edilmiştir (Cemeroğlu, 2010).

$$A \text{ (Absorbans Farkı)} = (A_{528} - A_{700})_{pH \ 1.0} - (A_{528} - A_{700})_{pH \ 4.5} \quad (7)$$

$$\text{Monomerik Antosiyanin Miktarı (mg/kg)} = \frac{A * SF * 1000 * M_w}{\epsilon * L} \quad (8)$$

A: Absorbans farkı (pH 1 ve 4,5 değerlerinde ölçülen absorbans farkı)

SF: Seyreltme faktörü

MW: Baz alınacak antosiyaninin molekül ağırlığı (Siyanidin-3-glikozit; 449,2 g/mol)

ϵ : Molar absorpsiyon katsayısı (Siyanidin-3-glikozit; 26900 L/cm.mg)

L: Absorbans ölçüm küvetinin tabaka kalınlığı & Işık yolu (1 cm)

3.2.4.11 Antioksidan kapasite tayini (DPPH yöntemi)

Meyve ve pestil örneklerinin antioksidan kapasite tayini DPPH serbest radikal yakalama aktivitesi yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Ekstraktan 0,5 mL alınarak 2,5 mL DPPH solüsyonu (0,5 mM; etanol içerisinde çözündürülmüş) eklenmiştir. Hazırlanan tüpler 30 dk karanlıkta bekletildikten sonra örneklerin absorbansı 517 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Sonuçlar Eşitlik 9 kullanılarak % inhibisyon olarak ifade edilmiştir (Villaño et al., 2007).

$$\% \text{ Inhibisyon} = \left(1 - \frac{A_{\text{örnek}}}{A_{\text{kontrol}}} \right) * 100 \quad (9)$$

$A_{\text{örnek}}$: 517 nm’de kaydedilen örnek absorbansı

A_{kontrol} : 517 nm’de kaydedilen kontrol (etanol) absorbansı

3.2.4.12 Hidroksimetil furfural (HMF) tayini

Pestil örneklerine uygulanan HMF analizi spektrofotometrik yöntem ile belirlenmiştir. 1 g örnek yeni kaynatılmış 50 ml saf su ile homojenize edilerek 6000 rpm'de 20 dk santrifüjlenmiştir. Santrifüj işleminden sonra elde edilen ekstraktan 2 mL alınarak üzerine 5 mL p-toluidin ve 1 mL barbitürik asit çözeltisi ilave edilmiştir. Reaktiflerin eklenmesi işlemi 1-2 dakika içinde tamamlandıktan sonra örneklerin absorbansı 550 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Sonuçlar Eşitlik 10 kullanılarak hesaplanarak mg/kg olarak ifade edilmiştir (Cemeroğlu, 2010).

$$HMF \text{ Miktarı (mg/kg)} = A \text{ örnek} * 162 \quad (10)$$

3.2.4.13 Kolorimetrik şeker tayini

Meyve ve pestil örneklerinin kolorimetrik şeker tayini fenol sülfürik asit yöntemine göre yapılmıştır. 1 g örnek 100 mL ultra saf su ile homojenize edilerek 20 dk boyunca 6000 rpm'de santrifüjlenmiştir. Santrifüj edildikten sonra ekstraktan 1 mL alınarak 100 ml ultra saf su ile yeniden seyreltilmiştir. Daha sonra seyreltilmiş örnekten 1mL alınarak üzerine 1 mL fenol çözeltisi ve 5 mL derişik sülfürik asit (H₂SO₄) çözeltisi eklenmiştir. Hazırlanan karışım 5 dakika 25 °C'de su banyosuna konulduktan sonra 20 dk karanlıkta bekletilmiştir. Örneklerin absorbansı 490 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Sonuçlar kuru madde cinsinden g glikoz/100 g olarak verilmiştir (Cemeroğlu, 2010).

Toplam şeker miktarının belirlenmesi amacıyla oluşturulan glikoz standart eğrisi için öncelikle 100 ppm'lik stok glikoz çözeltisi hazırlanıp daha sonra bu çözeltiden 0-25 ppm aralığındaki glikoz çalışma çözeltileri oluşturulmuştur. Hazırlanan glikoz kalibrasyon eğrisi, EK.16'da gösterilmiştir.

3.2.4.14 Duyusal analiz

Pestil örneklerinin duyusal analizleri Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği bölümündeki Duyusal Test Laboratuvarında hem erkek hem kadın olmak üzere bölüm öğretim üyeleri ve yüksek lisans/doktora öğrencilerinden seçilen 10 panelist tarafından gerçekleştirilmiştir.

Üretilen pestil örnekleri homojen boyutlarda olacak şekilde beyaz plastik tabaklara yerleştirilmiş, her biri rastgele kodlanarak beyaz ışık altında, oda sıcaklığında içme suyu eşliğinde panelistlere sunulmuştur.

Pestiller renk, doku, lezzet, yapışkanlık ve genel beğeni özellikleri bakımından değerlendirilmiştir. Panelistlerin değerlendirmesinde sıralama testi kullanılmıştır. Panelistler örnekleri en çok arzu edilen ile en az arzu edilen arasında sıralamış ve örneklerin sıralama testindeki yeri puan olarak değerlendirilmiştir. Örneklerin duyusal analizinde kullanılan form EK.17’de gösterilmiştir.

3.2.4.15 İstatistiksel analiz

Bulguların istatistiksel olarak değerlendirilmesinde SPSS Statistics 25.0 programı (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) kullanılmıştır. Tüm analizler üç tekerrür şeklinde yapılmıştır. Analiz bulguları tek yönlü varyans (Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi, %95 önem seviyesi) ve karşılaştırma testi (Bağımsız Örneklem T-Testi) ile belirlenmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Fermantasyon koşullarının belirlenmesi, aronya meyvesinin fermente edilmesi ve fermantasyon sonucunda farklı oranlarda nişasta, ksantan gam ve guar gam eklenerek pestil üretilmesine ilişkin sonuçlar bu bölümde verilmiştir.

4.1 Fermantasyon Koşullarının Meyvedeki Biyoaktif Bileşenler Üzerine Etkisi

Fermantasyon, biyokimyasal bir süreç olup, bu süreci etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Mikroorganizma çeşidi, substratın seçimi ve partikül boyutu, inokülasyon miktarı, inkübasyon sıcaklığı, ortamın nem miktarı, pH, karıştırma ve havalandırma hızı fermantasyon performansını etkileyen başlıca faktörlerdir. Fermantasyon sürecinde, substrata tutunabilen ve onu parçalayabilen uygun mikroorganizmalar seçilmeli; mikrobiyal gelişimin sağlanması ve hücresel bileşenlerin biyosentezi için gerekli besin maddelerini içeren substratlar uygun forma dönüştürülerek kullanılmalıdır. Ayrıca, yüksek sayıda canlı mikroorganizma içeren aşı miktarı ortama inoküle edilmeli, ortamın nem miktarı, sıcaklığı ve pH değeri mikrobiyal aktiviteye uygun olacak şekilde ayarlanmalıdır. Hava akışı sağlanarak mikrobiyal gelişim koşulları iyileştirilmelidir (Ataei, 2023; Sarıyıldız, 2021).

Tez çalışması kapsamında aronya meyvesinin fermantasyonu için *Saccharomyces cerevisiae* spp. kullanılmış ve mikroorganizmaların gelişim süreci optik yoğunluk tayini ile tespit edilmiştir. Mikroorganizmalar logaritmik fazda fermantasyon ortamına aşılansmış ve aşılama için en uygun saatin 48. saat olduğuna karar verilmiştir. Fermantasyon ortamı olarak taze aronya püresi ile 1:1 (w/v) oranında sulandırılmış taze aronya püreleri kullanılmıştır. Fermantasyon ortamına farklı inokülasyon oranlarında (%1, 2 ve 4) ve değişen miktarlarda sakkaroz (%0, 5, 10 ve 20) ilave edilerek fermantasyon denemeleri yapılmıştır. Fermantasyon statik ortamda dokuz gün boyunca 28 °C’de gerçekleştirilmiş ve belirli aralıklarla ortamın pH değeri (Çizelge 4.1), meyvelerin toplam fenolik madde miktarı (Çizelge 4.2), toplam flavonoid madde miktarı (Çizelge 4.3) ve toplam monomerik antosiyanin miktarı (Çizelge 4.4) ölçülmüştür.

Çizelge 4. 1 Farklı fermantasyon ortamlarında farklı inokülasyon ve sakkaroz oranlarında fermente aronya meyvesine ait pH değeri sonuçları

pH Değeri							
Meyve Püresi				Sulandırılmış Meyve Püresi			
Sakkaroz Oranları	Gün	İnokulum Oranları					
		% 1	% 2	% 4	% 1	% 2	% 4
% 0	0	4,14±0,03 ^a	4,14±0,03 ^a	4,14±0,03 ^a	3,99±0,05 ^b	3,99±0,05 ^b	3,99±0,05 ^b
	3	4,10±0,02 ^a	4,03±0,02 ^a	3,95±0,02 ^a	3,95±0,03 ^b	3,94±0,03 ^b	3,92±0,03 ^a
	6	3,98±0,04 ^a	3,90±0,02 ^a	3,88±0,03 ^a	3,89±0,02 ^b	3,84±0,03 ^b	3,80±0,02 ^b
	9	3,91±0,03 ^a	3,87±0,02 ^a	3,82±0,03 ^a	3,85±0,02 ^b	3,81±0,01 ^b	3,77±0,02 ^b
% 5	0	4,13±0,03 ^a	4,13±0,03 ^a	4,13±0,03 ^a	3,97±0,03 ^b	3,97±0,03 ^b	3,97±0,03 ^b
	3	4,07±0,02 ^a	3,98±0,02 ^a	3,92±0,02 ^a	3,89±0,03 ^b	3,87±0,05 ^b	3,85±0,03 ^b
	6	3,94±0,02 ^a	3,88±0,02 ^a	3,85±0,02 ^a	3,85±0,02 ^b	3,82±0,01 ^b	3,79±0,01 ^b
	9	3,86±0,02 ^a	3,83±0,03 ^a	3,80±0,02 ^a	3,80±0,02 ^b	3,79±0,02 ^b	3,74±0,01 ^b
% 10	0	4,12±0,02 ^a	4,12±0,02 ^a	4,12±0,02 ^a	3,95±0,03 ^b	3,95±0,03 ^b	3,95±0,03 ^b
	3	4,03±0,02 ^a	3,95±0,02 ^a	3,90±0,03 ^a	3,86±0,03 ^b	3,84±0,02 ^b	3,83±0,02 ^b
	6	3,91±0,02 ^a	3,86±0,02 ^a	3,82±0,03 ^a	3,81±0,02 ^b	3,78±0,02 ^b	3,75±0,02 ^b
	9	3,82±0,05 ^a	3,80±0,03 ^a	3,76±0,02 ^a	3,78±0,02 ^b	3,75±0,02 ^b	3,73±0,01 ^b
% 20	0	4,10±0,02 ^a	4,10±0,02 ^a	4,10±0,02 ^a	3,93±0,04 ^b	3,93±0,04 ^b	3,93±0,04 ^b
	3	3,95±0,03 ^a	3,90±0,02 ^a	3,84±0,05 ^a	3,85±0,03 ^b	3,83±0,02 ^b	3,80±0,03 ^a
	6	3,84±0,02 ^a	3,76±0,02 ^a	3,73±0,03 ^a	3,78±0,02 ^b	3,75±0,02 ^a	3,72±0,01 ^a
	9	3,77±0,02 ^a	3,73±0,03 ^a	3,70±0,02 ^a	3,74±0,01 ^a	3,71±0,02 ^a	3,70±0,02 ^a

a,b Aynı satırdaki farklı harflendirmeler, fermantasyonun aynı gün, aynı sakkaroz ve inokulum oranında, fermantasyon ortamı üzerine etkisinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir (p <0,05).

Çoğu *S. cerevisiae* suşu geniş aralıktaki pH değerlerinde gelişebilmektedir. Ancak asidofilik mikroorganizmalar oldukları için asidik koşullar altında daha iyi büyüme göstermektedir. Bu nedenle pH değeri mayanın büyümesini, fermantasyon hızını ve fermantasyon ürünlerinin oluşumunu etkilemektedir (Liu et al., 2015).

Fermente aronya meyvesine ait pH değerleri incelendiğinde başlangıç pH değerinin 3,99 ile 4,14 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Fermantasyon süresince pH değerinin azaldığı saptanmış, ortama ilave edilen sakkaroz ve aşı miktarının artmasıyla ortamdaki substrat kullanımı artmış ve pH değerinin düşmesine neden olmuştur. Fermantasyon sonunda en düşük pH değeri %20 oranında sakkaroz ilave edilen ortamda, %4 inokulum miktarında ölçülmüştür. ($P<0,05$).

Çizelge 4. 2 Farklı fermantasyon ortamlarında farklı inokülasyon ve sakkaroz oranlarında fermente aronya meyvesine ait toplam fenolik madde miktarı sonuçları

Toplam Fenolik Madde Miktarı (mg gallik asit/100 g KM)							
		Meyve Püresi			Sulandırılmış Meyve Püresi		
Sakkaroz Oranları	Gün	İnokulum Oranları					
		% 1	% 2	% 4	% 1	% 2	% 4
% 0	0	9219,61±29,21 ^a	9254,68±36,69 ^a	9286,12±24,79 ^a	8946,45±60,29 ^b	8951,28±50,49 ^b	8986,14±44,43 ^b
	3	9342,97±21,87 ^a	9574,07±22,50 ^a	9724,00±38,25 ^a	7560,46±80,22 ^b	7770,44±73,35 ^b	8619,91±55,98 ^b
	6	8048,54±43,71 ^a	8523,60±34,98 ^a	9050,39±44,07 ^a	6748,13±43,73 ^b	7279,72±68,08 ^b	8205,44±67,48 ^b
	9	7545,02±34,17 ^a	7825,03±30,29 ^a	8180,91±37,85 ^a	5945,33±54,70 ^b	6517,26±58,06 ^b	7386,55±63,68 ^b
% 5	0	9022,07±36,90 ^a	9048,87±30,95 ^a	9078,47±28,99 ^a	8443,91±76,43 ^b	8468,55±51,93 ^b	8487,34±56,38 ^b
	3	9187,14±23,91 ^a	9247,25±19,93 ^a	9425,43±35,39 ^a	6878,30±63,86 ^b	7399,69±71,83 ^b	8156,91±59,20 ^b
	6	7126,31±38,37 ^a	7969,14±30,24 ^a	8539,73±34,28 ^a	6532,08±55,39 ^b	6755,37±26,91 ^b	7568,85±67,11 ^b
	9	6968,10±39,70 ^a	7217,89±33,81 ^a	7624,22±46,46 ^a	5491,14±29,18 ^b	5854,71±47,57 ^b	6088,20±77,42 ^b
% 10	0	8822,62±36,12 ^a	8878,73±36,26 ^a	8894,05±34,27 ^a	8104,77±52,21 ^b	8133,17±41,83 ^b	8152,21±38,66 ^b
	3	8897,84±34,33 ^a	8909,40±27,28 ^a	9044,55±48,80 ^a	6725,45±78,77 ^b	7256,43±34,59 ^b	7919,71±57,74 ^b
	6	6863,48±20,28 ^a	7869,62±27,50 ^a	8047,76±38,43 ^a	6313,36±59,01 ^b	6486,29±56,44 ^b	6521,07±74,99 ^b
	9	6531,45±32,47 ^a	6727,25±32,40 ^a	7129,53±42,31 ^a	5312,73±40,73 ^b	5533,06±56,10 ^b	5735,37±79,99 ^b
% 20	0	8518,03±46,27 ^a	8568,28±38,50 ^a	8575,53±36,61 ^a	7914,53±40,04 ^b	7926,92±32,48 ^b	7959,74±30,12 ^b
	3	8676,83±20,35 ^a	8702,33±25,91 ^a	8961,68±25,85 ^a	6530,82±86,86 ^b	7073,28±71,09 ^b	7563,67±44,01 ^b
	6	6768,88±25,63 ^a	7039,17±25,15 ^a	7691,37±33,15 ^a	5699,45±28,92 ^b	5957,61±36,19 ^b	5618,58±64,66 ^b
	9	6012,00±27,43 ^a	6208,53±23,50 ^a	6609,24±43,44 ^a	4745,59±28,22 ^b	4950,54±27,17 ^b	5326,88±58,34 ^b

a,b Aynı satırdaki farklı harflendirmeler, fermantasyonun aynı gün, aynı sakkaroz ve inokulum oranında, fermantasyon ortamı üzerine etkisinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir ($p < 0,05$).

Fermente aronya meyvesinin toplam fenolik madde miktarı değerlendirildiğinde üçüncü günden itibaren fenolik miktarının azaldığı tespit edilmiştir. Her iki fermentasyon ortamında da meyveye inoküle edilen aşı miktarı arttıkça fenolik bileşen miktarında artış saptanmış ancak ortamdaki sakkaroz miktarının artması substrat kullanımını arttırarak fenolik miktarının azalmasına neden olmuştur. En yüksek toplam fenolik madde miktarı meyve püresinde, şeker içermeyen ortamda, %4 inokulum miktarında 3. gün sonunda 9724 mg gallik asit/100 g KM olarak hesaplanmıştır ($P<0,05$).

Çizelge 4. 3 Farklı fermentasyon ortamlarında farklı inokülasyon ve sakkaroz oranlarında fermente aronya meyvesine ait toplam flavonoid madde miktarı sonuçları

Toplam Flavonoid Madde Miktarı (mg kateşin/100 g KM)						
Sakkaroz Oranları	Gün	Meyve Püresi			Sulandırılmış Meyve Püresi	
		İnokulum Oranları			% 1	% 2
		% 1	% 2	% 4		
% 0	0	5925,19±10,05 ^a	5936,86±28,41 ^a	5989,71±27,41 ^a	4529,19±20,92 ^b	4569,46±21,29 ^b
	3	6190,01±47,81 ^a	6314,48±36,67 ^a	6549,66±31,69 ^a	4308,82±18,01 ^b	4348,52±18,59 ^b
	6	4005,73±16,70 ^a	5236,57±58,01 ^a	5571,67±45,98 ^a	4004,98±15,17 ^b	4111,15±18,39 ^b
	9	4543,30±27,35 ^a	4685,46±29,03 ^a	4859,98±30,94 ^a	3899,31±24,22 ^b	4089,37±17,57 ^b
% 5	0	5701,46±27,38 ^a	5733,64±21,78 ^a	5796,74±20,20 ^a	4417,37±22,40 ^b	4455,03±21,22 ^b
	3	6004,35±41,81 ^a	6276,93±29,71 ^a	6375,16±31,38 ^a	4121,09±18,26 ^b	4225,23±14,36 ^b
	6	4609,30±33,01 ^a	4822,12±33,86 ^a	5133,52±39,19 ^a	3886,18±13,75 ^b	4045,82±11,43 ^b
	9	4118,36±34,44 ^a	4247,82±38,23 ^a	4364,98±10,74 ^a	3360,93±17,27 ^b	3568,39±11,31 ^b
% 10	0	5525,50±20,75 ^a	5559,56±16,62 ^a	5572,05±15,36 ^a	4308,55±18,06 ^b	4326,21±18,18 ^b
	3	5642,06±28,90 ^a	5908,49±29,95 ^a	6069,83±20,15 ^a	4032,09±27,56 ^b	4191,47±15,97 ^b
	6	4124,83±57,86 ^a	4681,80±13,56 ^a	4936,72±18,75 ^a	3580,77±19,91 ^b	3704,69±13,75 ^b
	9	3711,80±15,55 ^a	3976,89±34,05 ^a	4294,40±30,55 ^a	3108,10±16,23 ^b	3224,36±18,96 ^b
% 20	0	5210,15±35,15 ^a	5236,68±28,51 ^a	5269,09±26,44 ^a	4139,58±16,58 ^b	4141,00±15,60 ^b
	3	5269,48±34,52 ^a	5571,79±36,99 ^a	5745,52±38,80 ^a	3842,64±26,92 ^b	3966,67±15,73 ^b
	6	4003,07±14,46 ^a	4365,29±29,81 ^a	4726,70±53,27 ^a	3330,71±22,50 ^b	3268,24±23,81 ^b
	9	3618,75±28,22 ^a	3842,08±44,53 ^a	4022,58±38,19 ^a	2883,03±20,13 ^b	2989,18±16,40 ^b

a,b Aynı satırdaki farklı harflendirmeler, fermentasyonun aynı gün, aynı sakkaroz ve inokulum oranında, fermentasyon ortamı üzerine etkisinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir ($p < 0,05$).

Fermente aronya meyvesinin toplam flavonoid madde miktarına bakıldığında fenolik madde miktarıyla benzer sonuçlar kaydedilmiş, üçüncü günden itibaren azaldığı saptanmıştır. Her iki fermentasyon ortamında da meyveye inoküle edilen aşı miktarıyla doğru, sakkaroz miktarıyla ters orantılı olarak değişim göstermiştir. En yüksek toplam flavonoid madde miktarı meyve püresinde, şeker içermeyen ortamda, %4 inokulum miktarında 3. gün sonunda 6549,66 mg kateşin/100 g KM olarak bulunmuştur ($P<0,05$).

Çizelge 4. 4 Farklı fermentasyon ortamlarında farklı inokülasyon ve sakkaroz oranlarında fermente aronya meyvesine ait toplam monomerik antosiyanin madde miktarı sonuçları

Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarı (mg siyanidin-3-glukozit/kg KM)							
Meyve Püresi				Sulandırılmış Meyve Püresi			
Sakkaroz Oranları	Gün	İnokulum Oranları					
		% 1	% 2	% 4	% 1	% 2	% 4
% 0	0	9616,72±25,05 ^a	9656,16±22,89 ^a	9697,33±48,99 ^a	7860,80±38,73 ^b	8974,65±31,18 ^b	9486,69±30,70 ^b
	3	9742,09±36,68 ^a	9811,51±40,67 ^a	9903,88±48,05 ^a	7412,75±46,80 ^b	8408,24±38,16 ^b	8637,21±37,40 ^b
	6	8254,01±34,08 ^a	8654,86±44,86 ^a	8823,32±38,16 ^a	7191,00±31,29 ^b	7962,87±38,43 ^b	8226,82±57,31 ^b
	9	7145,54±33,89 ^a	7316,66±48,67 ^a	7547,67±42,63 ^a	6350,92±31,95 ^b	6518,03±41,95 ^b	7759,43±48,99 ^b
% 5	0	9534,59±46,30 ^a	9565,87±43,07 ^a	9583,17±40,35 ^a	7264,01±40,60 ^b	8607,70±48,47 ^b	9128,58±29,95 ^b
	3	9593,23±45,99 ^a	9605,01±43,14 ^a	9697,43±30,48 ^a	6489,39±51,27 ^b	8340,56±35,74 ^b	8576,75±31,26 ^b
	6	8462,49±38,08 ^a	8518,10±29,76 ^a	8668,33±38,77 ^a	5908,83±47,77 ^b	7695,28±37,66 ^b	7733,72±53,88 ^b
	9	7838,42±29,22 ^a	8005,69±52,34 ^a	8297,90±19,68 ^a	5465,18±35,95 ^b	5853,65±42,67 ^b	7076,88±45,29 ^b
% 10	0	9406,02±37,28 ^a	9413,98±32,57 ^a	9423,04±44,25 ^a	7068,44±32,46 ^b	8236,58±38,87 ^b	8818,16±41,62 ^b
	3	9455,70±42,95 ^a	9515,00±38,02 ^a	9521,25±19,64 ^a	5833,59±47,69 ^b	7637,99±34,64 ^b	7820,81±29,05 ^b
	6	7690,92±48,21 ^a	8029,01±46,56 ^a	8326,72±38,05 ^a	5447,34±34,09 ^b	7084,15±37,91 ^b	7105,28±40,44 ^b
	9	6521,98±31,00 ^a	7845,67±48,83 ^a	8020,75±19,06 ^a	4184,43±28,73 ^b	5408,73±47,07 ^b	6069,59±49,05 ^b
% 20	0	9219,43±42,92 ^a	9243,38±20,72 ^a	9277,40±38,96 ^a	6296,09±37,89 ^b	7768,06±26,47 ^b	8229,85±26,15 ^b
	3	9255,14±47,70 ^a	9317,59±48,58 ^a	9368,18±23,28 ^a	5137,13±51,16 ^b	7233,66±37,41 ^b	7405,39±31,26 ^b
	6	7305,71±43,60 ^a	7613,63±39,66 ^a	8089,05±21,79 ^a	4911,76±49,51 ^b	6646,56±37,82 ^b	6861,04±49,32 ^b
	9	6027,70±42,62 ^a	7098,03±45,23 ^a	7348,31±31,58 ^a	3465,46±40,50 ^b	4202,96±40,37 ^b	5530,33±41,82 ^b

a,b Aynı satırdaki farklı harflendirmeler, fermentasyonun aynı gün, aynı sakkaroz ve inokulum oranında, fermentasyon ortamı üzerine etkisinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir ($p < 0,05$).

Fermente aronya meyvesinin toplam monomerik antosiyanin miktarı yorumlandığında meyve püresinin antosiyanin miktarının ilk üç boyunca arttığı daha sonra ise mikroorganizma aktivitesinin düşmesine bağlı olarak azaldığı tespit edilmiştir. Süspanse meyvede ise fermantasyon sırasında antosiyanin miktarının ilk günden itibaren azaldığı saptanmıştır. Buna ek olarak ortama eklenen inokulum miktarının artmasıyla toplam monomerik antosiyanin miktarı artarken, sakkaroz miktarının artmasıyla ters orantılı olarak azalmıştır. En yüksek toplam monomerik antosiyanin miktarı meyve püresinde, şeker içermeyen ortamda, %4 inokulum oranında 3. gün sonunda 9697,33 mg siyanidin-3-glukozit/kg KM olarak ölçülmüştür ($P < 0,05$).

Yapılan ön deneme çalışmasında fermente aronya meyvesine ait değerlere ilişkin literatür sonuçları karşılaştırıldığında fermantasyonun erken evrelerinde fenolik ve flavonoid düzeyindeki artışların *Saccharomyces cerevisiae* suşları tarafından üretilen ve β -glukozidik bağları kırarak glikoz moleküllerinin serbest bırakılmasını sağlayan β -glukozidaz enziminin etkisiyle hücre duvarına bağlı fenoliklerin salınmasından kaynakladığı açıklanmıştır. Böylece Folin-Ciocalteu reaktifi kullanılarak tahmin edilebilen yüksek miktarda serbest fenolik üretebilmesi şeklinde yorumlanmıştır. Öte yandan, fermantasyonun son evrelerinde fenolik miktarlarındaki azalmalar, serbest fenoliklerin polimerizasyon süreçlerinin başlatılmasıyla açıklanmış ve ortamdaki karbon ile azot kaynaklarının tükenmesinden dolayı maya gelişiminin belirli evrelerinde oluşan stres nedeniyle aktive olan oksidatif enzimler tarafından fenoliklerin katalizlenmesi şeklinde belirtilmiştir (Chen et al., 2022; Dulf et al., 2018)

Saccharomyces spp. ile gerçekleştirilen fermantasyon çalışmalarında farklı fermantasyon ortamları, sakkaroz ve inokulum oranları kullanılarak aronya meyvesindeki biyoaktif bileşen miktarları ölçülmüştür. Analiz sonuçları incelendiğinde en yüksek fenolik madde miktarı, flavonoid madde miktarı ve antosiyanin miktarı şeker içermeyen meyve püresinde, %4 inokulum oranı kullanıldığında tespit edilmiş ve fermantasyon süresi 28 °C’de üç gün olarak belirlenmiştir.

Bu aşamadan sonra aronya meyvesi fermente edilerek fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmış, taze aronya meyvesinin fizikokimyasal analiz sonuçlarıyla karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Belirlenen koşullarda fermente edilen aronya meyveleri pestil üretimlerinde kullanılmak üzere hazırlanmış, farklı oranlarda nişasta, ksantan gam ve guar gam eklenerek pestil üretimleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen pestillerin fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikleri belirlenmiştir.

4.2 Taze ve Fermente Aronya Meyvesine Ait Analiz Sonuçları

Hammadde olarak seçilen taze ve fermente aronya meyvesinin kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla analizler uygulanmış, sonuçlar Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4. 5 Taze ve fermente aronya meyvesinin fizikokimyasal analiz sonuçları

ANALİZLER	ARONYA MEYVESİ	FERMENTE ARONYA MEYVESİ
Toplam Kuru Madde Miktarı (%)	22,39±0,1 ^a	16,78±0,2 ^b
SÇKM (%)	18,20±0,1 ^a	15,30±0,1 ^b
Kül Miktarı (%)	2,23±0,3 ^a	3,57±0,2 ^b
pH Değeri	4,46±0,1 ^a	3,96±0,1 ^b
Titrasyon Asitliği Değeri (% Malik Asit)	0,55±0,1 ^a	1,30±0,1 ^b
Toplam Fenolik Madde Miktarı (mg GAE/100 g meyve KM)	7229,39±27,8 ^a	9710,06±46,4 ^b
Toplam Flavonoid Madde Miktarı (mg kateşin/100 g meyve KM)	5082,60±31,6 ^a	6848,84±51,0 ^b
Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarı (mg siyanidin-3-glukozit/kg meyve KM)	8051,26±23,4 ^a	9803,88±48,05 ^b
Antioksidan Kapasitesi (%)	93,30±0,1 ^a	98,62±0,1 ^b
Toplam Şeker Miktarı (g/100 g meyve KM)	18,31±0,4 ^a	11,87±0,1 ^b

Renk değerleri		
L*	4,10±0,1 ^a	2,35±0,1 ^b
a*	8,77±0,1 ^a	11,66±0,3 ^b
b*	2,49±0,3 ^a	3,49±0,5 ^b
H°	0,01±0,1 ^a	0,01±0,1 ^a
C*	9,12±0,1 ^a	12,17±0,3 ^b

a,b Aynı satırdaki farklı harflendirmeler, fermentasyonun ilgili değişken üzerine etkisinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir (p <0,05).

Taze ve fermente aronya meyvesine ait sonuçlar değerlendirildiğinde toplam kuru madde ve suda çözünür kuru madde miktarının taze aronya meyvesinde daha yüksek olduğu tespit edilmiş, fermentasyon sırasında mikrobiyal aktiviteye bağlı olarak ortamdaki şeker konsantrasyonunun azalmasından dolayı değerlerde azalma olduğu belirlenmiştir. Literatürdeki araştırma bulguları incelendiğinde aronya meyvesindeki kuru madde oranının %15-30 aralığında; suda çözünür kuru madde miktarının %11-24 aralığında değiştiiği bildirilmiştir. Mayer-Miebach et al., (2012) yaptığı çalışmada aronya meyvesindeki kuru madde oranını %17,9-26 aralığında, Skupień & Oszmiański, (2007) araştırmasında aronya meyvesindeki kuru madde oranını %26,6-30,7 aralığında ve Kulling & Rawel, (2008) ise %17–29 aralığında bulmuştur. Ochmian et al., (2012) yaptığı çalışmada aronya meyvesindeki suda çözünür kuru madde oranını %14,20-18,70 aralığında Šnebergrová et al., (2014) %15,2-22,9 aralığında, Sueiro et al., (2006) ise yaş bazda 15,5-18,2 g/100 g olarak bildirmiştir. Sonuçların literatür ile uyumlu olduğu görülmüştür (P<0,05).

Taze ve fermente aronya meyvesinin kül içeriğine bakıldığında fermentasyon ile toplam kül miktarının %60 oranında arttığı tespit edilmiş (P<0,05), literatürde taze aronya meyvesine ait kül değerlerinin 4,2-11,8 g/kg aralığında olduğu belirtilmiştir (Šnebergrová et al., 2014).

Meyvelerin pH ve asitlik değerleri karşılaştırıldığında taze aronya meyvesinin pH değerinin (4,46) fermente aronya meyvesinin pH değerinden (3,96) daha yüksek olduğu saptanmış, fermentasyon sırasında pH değerinin düştüğü belirlenmiştir. Bununla birlikte azalan pH değerine karşılık asitlik değerinin fermentasyon boyunca arttığı tespit edilmiş ve fermente aronya meyvesinde malik asit cinsinden asitlik miktarı $1,30 \pm 0,1$ olarak bulunmuştur ($P < 0,05$). Fermentasyon sırasında mayanın ortamdaki şekerleri metabolize ederek ürettiği organik asitler, aronya meyvesinin titrasyon asitlik değerinin artmasında ve pH değerinin düşmesinde etkili olmuştur. Literatürdeki araştırma bulguları değerlendirildiğinde aronya meyvesinin pH değerinin 3,3–3,7 aralığında farklılaştığı tespit edilmiştir. Meyvedeki baskın asidin malik asit olduğu ifade edilmiştir. Farklı zms meyvelerle karşılaştırıldığında aronya meyvesindeki organik asit miktarının daha düşük olduğu rapor edilmiş, genellikle %1,1 ile %1,4 arasında değişen düşük bir organik asit içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir (Denev et al., 2018; King & Bolling, 2020; Kulling & Rawel, 2008; Tamara Tolic et al., 2015).

Fermentasyonun toplam fenolik ve flavonoid madde miktarına etkisi incelendiğinde artış tespit edilmiştir. Taze aronya meyvesinin fermentasyon öncesi toplam fenolik madde miktarı $7229,39 \pm 27,8$ mg GAE/100 g meyve KM olarak ölçülmüş, fermentasyondan sonra %34 oranında artarak $9710,06 \pm 46,4$ mg GAE/100 g meyve KM olarak hesaplanmıştır. Aronya meyvesinin toplam flavonoid madde miktarı ise fermentasyondan önce $5082,60 \pm 31,6$ mg kateşin/100 g meyve KM olarak bulunurken, fermentasyondan sonra %35 oranında artarak $6848,84$ mg kateşin/100 g meyve KM olarak tespit edilmiştir ($P < 0,05$). Literatürde aronya meyvesinin toplam fenolik madde miktarı ise Ochmian et al., (2012) yaptığı çalışmada $1845\text{--}2340$ mg GAE/100 g, Jakobek et al., (2012) yaptığı çalışmada $8563,8\text{--}12055,7$ mg GAE/ kg, Wangensteen et al., (2014) yaptığı çalışmada $1079\text{--}1921$ mg GAE/100 g ve Samoticha et al., (2016) yaptığı çalışmada ise 8008 mg GAE/100 g KM olarak tespit edilmiştir. Taze aronya meyvesiyle ilgili elde edilen sonuçlar literatür ile benzer bulunmuştur.

Taze ve fermente aronya meyvelerinin toplam monomerik antosiyanin miktarı karşılaştırıldığında toplam fenolik ve flavonoid miktarına paralel sonuçlar elde edilmiş, fermantasyondan sonra arttığı belirlenmiştir. Fermantasyon başlangıcında $8051,26 \pm 23,4$ mg siyanidin-3-glukozit/kg KM olarak ölçülen antosiyanin miktarı fermantasyon sonunda $9803,88 \pm 48,05$ mg siyanidin-3-glukozit/kg KM olarak bulunmuştur ($P < 0,05$). Literatürde aronya meyvesinin antosiyanin miktarı Samoticha et al., (2016) yaptığı çalışmada 3917 mg siyanidin-3-glukozit/100 g KM, Wu vd., (2004) araştırmasında 1480 mg siyanidin-3-glukozit/kg, Jakobek et al., (2007) ise 4056,22 mg siyanidin-3-glukozit/kg olarak saptanmıştır. Taze aronya meyvesinin toplam antosiyanin miktarının literatürdeki sonuçlardan yüksek olduğu belirlenmiştir.

Taze ve fermente meyvelerin antioksidan kapasitesi tayini DPPH yöntemine göre yapılmış olup taze aronya meyvesinde %93,30, fermente aronya meyvesinde %98,62 olarak ölçülmüştür. Fermantasyonun antioksidan kapasiteyi arttığı bulgulanmıştır ($P < 0,05$). Meyve ve sebzelerin antioksidan aktivitesi, flavonoidler, flavonlar, izoflavonoller, antosiyaninler, kateşin ve izokateşinden kaynaklanmaktadır. Birçok araştırmacı, antioksidan aktivite ile meyveden elde edilen fenolikler arasındaki ilişkiyi incelemiş, meyvede bulunan fenolik monomerler arasında, aglikonların (kuersetin, siyanidin, klorojenik asit vb.) yapısal özellikleri nedeniyle antioksidan aktiviteye önemli ölçüde katkıda bulunabileceğini bildirmişlerdir. Aronyanın antioksidan potansiyeline en büyük katkıyı sağlayanların, toplam antioksidan aktivitenin yaklaşık %40'ını oluşturan proantosiyanidinler olduğunu, kalan %60'ın ise antosiyaninler, flavonol ve hidroksisinnamik asitlere atfedilebileceğini gözlemlemişlerdir. Bununla birlikte fermantasyon işleminde ortamdaki besin kaynaklarının tükenmesiyle serbest kalan ve DPPH serbest radikaliyle reaksiyona girebilen aromatik aminler, amino asitler ve peptitler gibi bazı organik bileşikler ile fenolik bileşiklerin antioksidan kapasiteyi arttığını belirtmişlerdir. Fermantasyon sırasında polimerizasyon derecesinin artmasının, yapılarındaki çift bağlar ve karbonil grupları arasındaki kapsamlı konjugasyonlara ek olarak hidroksil gruplarının artışı nedeniyle fenoliklerin serbest radikallere karşı etkinliğini artırdığı sonucuna varmışlardır (Chen et al., 2022; Dulf et al., 2018)

Meyvelerin toplam şeker içeriği karşılaştırıldığında fermantasyon öncesinde meyvedeki şeker içeriği $18,31 \pm 0,4$ g/100 g meyve KM olarak hesaplanmış, fermantasyon sırasında mikroorganizmaların aktivitelerine bağlı olarak %35 oranında azalma göstererek fermantasyon sonunda $11,87 \pm 0,1$ g/100 g meyve KM olarak tespit edilmiştir ($P < 0,05$). Literatürdeki araştırma sonuçlarına göre taze aronya meyvesindeki toplam şeker içeriğinin %9-20 arasında olduğu belirtilmiştir. Ochmian et al., (2012) çalışmasında toplam şeker içeriğini 9,16-13,79 g/100 g olarak bulurken, Skupień & Oszmiański, (2007) ise 19,32-20,92 g/100 g aralığında olduğunu belirtmiştir.

Çizelge 4.5'deki renk analizi sonuçları değerlendirildiğinde fermantasyonla birlikte parlaklık değerinin azaldığı, kırmızılık-yeşillik değeri olan a^* ve sarılık-mavilik değeri olan b^* sonuçlarının ise arttığı saptanmıştır. Fermantasyon nedeniyle numunelerin L^* değerlerinde meydana gelen azalma, pH değerinin azalması nedeniyle renk maddelerinin yapısında meydana gelen değişikliklerden kaynaklanmıştır. Örneklerin a^* ve b^* değerlerindeki değişimler ise antosiyaninlerin farklı pH seviyelerinde farklı renge dönüşmesinden meydana gelmektedir. pH değeri 3 ve altındayken mor-kırmızı renk oluşurken, pH arttığında hidrasyon ve protein transfer reaksiyonları gerçekleşerek yeşil-mavi renge dönüşmektedir. En yüksek parlaklık (L^*) değeri taze aronya meyvesinde $4,10 \pm 0,1$ olarak, en yüksek kırmızılık-yeşillik (a^*) ve sarılık-mavilik (b^*) değeri ise fermente aronya meyvesinde sırasıyla $11,66 \pm 0,3$ ve $3,49 \pm 0,5$ olarak ölçülmüştür ($P < 0,05$).

4.3 Pestil Üretimlerine Ait Analiz Sonuçları

Farklı oranlarda nişasta (%4, 6 ve 8), ksantan gam ve guar gam (%1, 1,5 ve 2) kullanılarak taze ve fermente aronya meyvelerinden pestil üretimlerinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen pestillere fizikokimyasal analizler uygulanarak formülasyona ait sonuçlar değerlendirilmiştir.

4.3.1 Pestil örneklerinin toplam kuru madde miktarı sonuçları

Farklı oranlarda nişasta ve hidrokolloid kullanılarak üretilen aronya pestillerine ait toplam kuru madde sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre aronya pestillerinin toplam kuru madde miktarı, fermente aronya pestillerine göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durum fermentasyon sırasında şekerlerin, mikroorganizmalar tarafından fermentasyon substratı olarak kullanılmasından ve alkol, asit, karbondioksit gazı gibi yan ürünlere dönüşerek kayıplara neden olmasından kaynaklanmaktadır. Böylece fermentasyon sırasında toplam kuru madde miktarı azalmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre aronya pestillerinin toplam kuru madde miktarı %91,59-94,55 arasında değişim gösterirken, fermente aronya pestillerinin toplam kuru madde miktarı %88,62-92,83 arasında bulunmuştur. Ayrıca pestillere ilave edilen hidrokolloid oranı arttıkça toplam kuru madde oranının arttığı tespit edilmiştir. Hidrokolloid miktarı arttıkça gıdanın toplam kuru madde oranı artmış, hidrokolloidlerin su tutma kapasitesine bağlı olarak kuru madde içeriğini yükselmiştir. En yüksek toplam kuru madde miktarı %2 ksantan gam ile hazırlanan pestillerde, en düşük toplam kuru madde miktarı ise %1 guar gam ile hazırlanan pestillerde bulunmuştur ($P<0,05$).

Çizelge 4. 6 Pestil örneklerine ait toplam kuru madde miktarı sonuçları

Toplam Kuru Madde Miktarı (%)		
Hidrokolloid (%)	Aronya Pestilleri	Fermente Aronya Pestilleri
%4 Nişasta	92,50±0,6 ^{c,X}	88,87±0,5 ^{c,Y}
%6 Nişasta	93,51±0,7 ^{b,X}	90,53±0,2 ^{b,Y}
%8 Nişasta	94,11±0,3 ^{a,X}	92,00±0,3 ^{a,Y}
%1 Ksantan Gam	92,45±0,3 ^{c,X}	88,78±0,3 ^{c,Y}
%1,5 Ksantan Gam	93,62±0,3 ^{b,X}	90,56±0,2 ^{b,Y}
%2 Ksantan Gam	94,55±0,4 ^{a,X}	92,83±0,4 ^{a,Y}
%1 Guar Gam	91,59±0,1 ^{c,X}	88,62±0,2 ^{c,Y}
%1,5 Guar Gam	92,55±0,3 ^{b,X}	90,78±0,1 ^{b,Y}
%2 Guar Gam	93,59±0,3 ^{a,X}	92,57±0,3 ^{a,Y}

a,b,c Aynı sütundaki farklı harflendirmeler, aynı pestil tipi için gruplar arasında farklı oranlarda kullanılan hidrokolloidlerin değişken üzerine etkisinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir ($p < 0,05$).
X,Y Aynı satırdaki farklı harflendirmeler, aynı oranda kullanılan hidrokolloid için pestil tipinin ilgili değişken üzerine etkisinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir ($p < 0,05$).

4.3.2 Pestil örneklerinin suda çözünür kuru madde miktarı sonuçları

Farklı oranlarda kıvam verici kullanılarak üretilen aronya pestillerine ait suda çözünür kuru madde sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir. Analiz bulgularına göre aronya pestillerinin suda çözünür kuru madde miktarı fermente aronya pestillerine göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durum fermentasyon sırasında suda çözünür bileşikler olan şekerlerin mikroorganizmalar tarafından kullanılarak miktarının azalmasından kaynaklanmaktadır. Buna göre aronya pestillerinde sonuçlar %4,2-6,7 arasında değişiklik gösterirken, fermente pestillerde ise fermentasyonun etkisine bağlı olarak sonuçlar azalmış ve %1,9-4,5 arasında saptanmıştır. Pestillere ilave edilen hidrokolloid miktarı arttıkça suda çözünür kuru madde, hidrokolloidlerin gıda matrisinde dağılımına ve bağlayıcı özelliklerine bağlı olarak toplam kuru madde sonuçlarına benzer şekilde artmıştır. En yüksek suda çözünür kuru madde değeri %8 nişasta oranıyla hazırlanan pestillerde, en düşük suda çözünür kuru madde değeri %1 ksantan gam ile hazırlanan pestillerde tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Çizelge 4. 7 Pestil örneklerine ait suda çözünür kuru madde miktarı sonuçları

Suda Çözünür Kuru Madde Miktarı (%)		
Hidrokolloid (%)	Aronya Pestilleri	Fermente Aronya Pestilleri
%4 Nişasta	6,2±0,4 ^{a,X}	2,7±0,1 ^{c,Y}
%6 Nişasta	6,5±0,4 ^{a,X}	3,3±0,2 ^{b,Y}
%8 Nişasta	6,7±0,6 ^{a,X}	4,5±0,1 ^{a,Y}
%1 Ksantan Gam	4,2±0,4 ^{b,X}	1,9±0,1 ^{c,Y}
%1,5 Ksantan Gam	4,4±0,4 ^{b,X}	2,5±0,1 ^{b,Y}
%2 Ksantan Gam	4,9±0,4 ^{b,X}	2,9±0,1 ^{c,Y}
%1 Guar Gam	5,1±0,4 ^{b,X}	2,2±0,2 ^{c,Y}
%1,5 Guar Gam	5,3±0,4 ^{ab,X}	3,4±0,2 ^{b,Y}
%2 Guar Gam	5,9±0,7 ^{b,X}	4,3±0,2 ^{c,Y}

a,b,c Aynı sütundaki farklı harflendirmeler, aynı pestil tipi için gruplar arasında farklı oranlarda kullanılan hidrokolloidlerin değişken üzerine etkisinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir ($p < 0,05$).

X,Y Aynı satırdaki farklı harflendirmeler, aynı oranda kullanılan hidrokolloid için pestil tipinin ilgili değişken üzerine etkisinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir ($p < 0,05$).

4.3.3 Pestil örneklerinin kül miktarı sonuçları

Pestillere ait kül miktarları Çizelge 4.8’de gösterilmiştir. Analiz sonuçları değerlendirildiğinde aronya pestillerinin kül miktarı fermente aronya pestillerine göre daha yüksek bulunmuştur. Aronya pestillerinde sonuçlar %1,51-2,70 arasında değişiklik göstermiştir. Fermente pestillerde ise %1,08-2,55 arasında saptanmıştır. Pestillere ilave edilen hidrokolloid miktarı arttıkça toplam kül miktarının azaldığı tespit edilmiştir. Bu durum temel polisakkarit olan ve inorganik madde içermeyen hidrokolloid miktarının artmasıyla birlikte kuru madde miktarının artması ve kül içeriğinin kuru madde miktarı bazındaki oranını düşürmesi ile açıklanmaktadır. En yüksek toplam kül miktarı %1 ksantan gam ile hazırlanan pestillerde, en düşük kül miktarı ise %8 nişasta ile hazırlanan pestillerde tespit edilmiştir. Fermantasyon ve farklı oranlarda hidrokolloid kullanımının kül miktarı sonuçları üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P<0,05$).

Çizelge 4. 8 Pestil örneklerine ait kül miktarı sonuçları

Kül Miktarı (%)		
Hidrokolloid (%)	Aronya Pestilleri	Fermente Aronya Pestilleri
%4 Nişasta	2,14±0,1 ^{a,X}	1,36±0,1 ^{a,Y}
%6 Nişasta	1,84±0,0 ^{b,X}	1,27±0,0 ^{b,Y}
%8 Nişasta	1,51±0,0 ^{c,X}	1,08±0,0 ^{c,Y}
%1 Ksantan Gam	2,70±0,2 ^{a,X}	2,55±0,3 ^{a,Y}
%1,5 Ksantan Gam	2,59±0,1 ^{b,X}	2,10±0,1 ^{b,X}
%2 Ksantan Gam	2,24±0,3 ^{c,Y}	1,93±0,1 ^{c,X}
%1 Guar Gam	2,57±0,0 ^{a,X}	2,26±0,3 ^{a,X}
%1,5 Guar Gam	2,17±0,1 ^{b,X}	2,03±0,1 ^{b,X}
%2 Guar Gam	1,86±0,0 ^{c,X}	1,79±0,2 ^{c,X}

a,b,c Aynı sütundaki farklı harflendirmeler, aynı pestil tipi için gruplar arasında farklı oranlarda kullanılan hidrokolloidlerin değişken üzerine etkisinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir ($p < 0,05$).

X,Y Aynı satırdaki farklı harflendirmeler, aynı oranda kullanılan hidrokolloid için pestil tipinin ilgili değişken üzerine etkisinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir ($p < 0,05$).

4.3.4 Pestil örneklerinin su aktivitesi değerleri

Pestillerin su aktivitesi değerleri Çizelge 4.9'da gösterilmiştir. Analiz sonuçlarına göre tüm aronya pestillerinin su aktivitesi değerleri 0.6'nın altında bulunmuş ve mikrobiyolojik olarak güvenli kabul edilmiştir. Fermente pestillerin su aktivitesi değerleri, fermente olmayan pestil örneklerine göre daha düşük bulunmuştur. Bu durum fermentasyon sırasında mikroorganizmaların suyu bağlayıcı maddeler üretmesi veya mevcut suyun bir kısmını tüketmesinden kaynaklanmaktadır. Ek olarak, pestillere ilave edilen hidrokolloidler yüksek su tutma kapasitelerine sahip oldukları için suyun serbest formda bulunma miktarını azaltarak, su aktivitesini düşürmektedir. Ancak yüksek konsantrasyonlarda hidrokolloidler arasındaki etkileşimler, su aktivitesini beklenenin aksine artırabilmektedir. Bu durum, hidrokolloidlerin birbirleriyle veya diğer bileşenlerle etkileşime girmesi sonucu suyun daha serbest hale gelmesine neden olmaktadır. Bu nedenle pestil örneklerine eklenen jelleştirici ajan miktarı arttıkça su aktivitesi değerinin arttığı tespit edilmiştir. En yüksek su aktivitesi değeri %8 nişasta oranıyla hazırlanan aronya pestilinde, en düşük su aktivitesi değeri %1 ksantan gam ile hazırlanan fermente aronya pestillerinde tespit edilmiştir. Fermentasyon ve farklı oranlarda hidrokolloid kullanımının su aktivitesi değerleri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P<0,05$).

Çizelge 4. 9 Pestil örneklerine ait su aktivitesi sonuçları

Su Aktivitesi (aw) Değeri		
Hidrokolloid (%)	Aronya Pestilleri	Fermente Aronya Pestilleri
%4 Nişasta	0,418±0,0 ^{c,X}	0,405±0,0 ^{c,Y}
%6 Nişasta	0,422±0,0 ^{b,X}	0,414±0,0 ^{b,Y}
%8 Nişasta	0,456±0,0 ^{a,X}	0,423±0,0 ^{a,Y}
%1 Ksantan Gam	0,374±0,0 ^{c,X}	0,353±0,0 ^{c,Y}
%1,5 Ksantan Gam	0,384±0,0 ^{b,X}	0,364±0,0 ^{b,Y}
%2 Ksantan Gam	0,396±0,0 ^{a,X}	0,375±0,0 ^{a,Y}
%1 Guar Gam	0,406±0,0 ^{c,X}	0,366±0,0 ^{c,Y}
%1,5 Guar Gam	0,424±0,0 ^{b,X}	0,384±0,0 ^{b,Y}
%2 Guar Gam	0,446±0,0 ^{a,X}	0,393±0,0 ^{a,Y}

a,b,c Aynı sütundaki farklı harflendirmeler, aynı pestil tipi için gruplar arasında farklı oranlarda kullanılan hidrokolloidlerin değişken üzerine etkisinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir ($p < 0,05$).

X,Y Aynı satırdaki farklı harflendirmeler, aynı oranda kullanılan hidrokolloid için pestil tipinin ilgili değişken üzerine etkisinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir ($p < 0,05$).

4.3.5 Pestil örneklerinin pH değerleri

Aronya pestillerinin pH değeri ölçüm sonuçları Çizelge 4.10'da belirtilmiştir. Pestillerin pH değerlerinin ilave edilen jelleştirici ajan miktarı arttıkça önce azalıp daha sonra arttığı tespit edilmiştir. En yüksek pH değeri %2 guar gam ile hazırlanan aronya pestilinde, en düşük pH değeri %1,5 guar gam ile hazırlanan fermente aronya pestillerinde tespit edilmiştir ($P<0,05$).

Çizelge 4. 10 Pestil örneklerine ait pH değeri sonuçları

pH Değeri		
Hidrokolloid (%)	Aronya Pestilleri	Fermente Aronya Pestilleri
%4 Nişasta	3,80±0,0 ^{a,X}	3,70±0,0 ^{a,Y}
%6 Nişasta	3,75±0,0 ^{b,X}	3,65±0,0 ^{c,Y}
%8 Nişasta	3,82±0,0 ^{a,X}	3,68±0,0 ^{b,Y}
%1 Ksantan Gam	3,98±0,0 ^{ab,X}	3,71±0,0 ^{a,Y}
%1,5 Ksantan Gam	3,95±0,0 ^{b,X}	3,66±0,0 ^{c,Y}
%2 Ksantan Gam	4,01±0,0 ^{a,X}	3,69±0,0 ^{b,Y}
%1 Guar Gam	3,94±0,0 ^{b,X}	3,66±0,0 ^{a,Y}
%1,5 Guar Gam	3,85±0,0 ^{c,X}	3,51±0,0 ^{c,Y}
%2 Guar Gam	4,05±0,0 ^{a,X}	3,60±0,0 ^{b,Y}

a,b,c Aynı sütundaki farklı harflendirmeler, aynı pestil tipi için gruplar arasında farklı oranlarda kullanılan hidrokolloidlerin değişken üzerine etkisinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir ($p < 0,05$).

X,Y Aynı satırdaki farklı harflendirmeler, aynı oranda kullanılan hidrokolloid için pestil tipinin ilgili değişken üzerine etkisinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir ($p < 0,05$).

4.3.6 Pestil örneklerinin titrasyon asitliği değerleri

Aronya pestillerinin titrasyon asitliği sonuçları Çizelge 4.11’de belirtilmiştir. Analiz sonuçlarına göre fermantasyon ve farklı oranlarda hidrokolloid kullanımının titrasyon asitliği değerleri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P<0,05$). Pestillerin titrasyon asitliği değerleri pH değerine bağlı olarak değişiklik göstermiş ve pH değerinin düşmesiyle asitlik değeri artmıştır. Bu nedenle ilave edilen hidrokolloid miktarı arttıkça asitlik değerleri önce artıp daha sonra azalmıştır. En yüksek asitlik değeri %6 nişasta oranı ile hazırlanan aronya pestilinde, en düşük asitlik değeri %8 nişasta oranı ile hazırlanan fermente aronya pestillerinde tespit edilmiştir.

Çizelge 4. 11 Pestil örneklerine ait titrasyon asitliği sonuçları

Titrasyon Asitliği Değeri (%)		
Hidrokolloid (%)	Aronya Pestilleri	Fermente Aronya Pestilleri
%4 Nişasta	1,68±0,0 ^{b,X}	0,70±0,0 ^{b,Y}
%6 Nişasta	1,77±0,0 ^{a,X}	0,77±0,0 ^{a,Y}
%8 Nişasta	1,55±0,0 ^{c,X}	0,60±0,0 ^{c,Y}
%1 Ksantan Gam	1,10±0,0 ^{b,X}	0,87±0,0 ^{c,Y}
%1,5 Ksantan Gam	1,25±0,0 ^{a,X}	1,04±0,0 ^{a,Y}
%2 Ksantan Gam	1,12±0,0 ^{b,X}	0,96±0,0 ^{b,Y}
%1 Guar Gam	0,88±0,0 ^{b,X}	0,88±0,0 ^{b,X}
%1,5 Guar Gam	1,02±0,0 ^{a,X}	0,97±0,0 ^{a,Y}
%2 Guar Gam	0,70±0,0 ^{c,X}	0,63±0,0 ^{c,Y}

a,b,c Aynı sütundaki farklı harflendirmeler, aynı pestil tipi için gruplar arasında farklı oranlarda kullanılan hidrokolloidlerin değişken üzerine etkisinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir ($p < 0,05$).

X,Y Aynı satırdaki farklı harflendirmeler, aynı oranda kullanılan hidrokolloid için pestil tipinin ilgili değişken üzerine etkisinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir ($p < 0,05$).

4.3.7 Pestil örneklerinin toplam fenolik madde miktarı sonuçları

Farklı oranlarda hidrokolloid eklenerek elde edilen aronya pestillerine ait fenolik madde miktarı bulguları Çizelge 4.12’de verilmiştir. Analiz sonuçları değerlendirildiğinde fermente aronya pestillerinin fenolik madde miktarı, aronya pestillerine göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durum fermentasyon sırasında, bitki hücrelerinin yapısındaki bileşenlerin ve hücre duvarlarının parçalanması sonucu bağlı fenolik bileşiklerin serbest hale geçmesinden kaynaklanmaktadır. Buna göre aronya pestillerinde sonuçlar 1846,70-3225,02 mg gallik asit/100 g KM aralığında bulunurken, fermente aronya pestillerinde 2592,76-4329,17 mg gallik asit/100 g KM olarak ölçülmüştür. Pestil örneklerinin toplam fenolik madde miktarında %22,96 ile %36,84 aralığında artış tespit edilmiştir. En yüksek fenolik madde içeriği %1 guar gam ile hazırlanan pestillerde, en düşük fenolik madde içeriği ise %8 nişasta ile hazırlanan pestillerde bulgulanmıştır. Ayrıca pestil örneklerine eklenen hidrokolloidler fenolik bileşiklerin oksidatif bozunmasını engelleyerek bunların korunmasına yardımcı olmaktadır. Bu durumda, hidrokolloid miktarının artışı, fenolik bileşiklerin stabilitesini arttırmakta ve bu bileşenlerin kaybını azaltmaktadır. Bu nedenle pestil örneklerine eklenen jelleştirici ajan miktarı arttıkça toplam fenolik madde miktarının arttığı tespit edilmiştir. ($P<0,05$).

Çizelge 4. 12 Pestil örneklerine ait toplam fenolik madde miktarı sonuçları

Toplam Fenolik Madde Miktarı (mg gallik asit/100 g KM)		
Hidrokolloid (%)	Aronya Pestilleri	Fermente Aronya Pestilleri
%4 Nişasta	2552,90±7,3 ^{a,Y}	3138,96±7,7 ^{a,X}
%6 Nişasta	2069,60±6,0 ^{b,Y}	2592,76±9,8 ^{b,X}
%8 Nişasta	1846,70±7,3 ^{c,Y}	2404,86±9,9 ^{c,X}
%1 Ksantan Gam	3025,29±7,7 ^{a,Y}	3728,61±9,9 ^{a,X}
%1,5 Ksantan Gam	2509,40±9,1 ^{b,Y}	3161,92±9,5 ^{b,X}
%2 Ksantan Gam	2372,37±7,9 ^{c,Y}	3080,65±9,6 ^{c,X}
%1 Guar Gam	3225,02±6,4 ^{a,Y}	4329,17±9,1 ^{a,X}
%1,5 Guar Gam	3006,92±9,7 ^{b,Y}	4080,67±9,0 ^{b,X}
%2 Guar Gam	2632,65±8,5 ^{c,Y}	3602,48±8,4 ^{c,X}

a,b,c Aynı sütundaki farklı harflendirmeler, aynı pestil tipi için gruplar arasında farklı oranlarda kullanılan hidrokolloidlerin değişken üzerine etkisinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir ($p < 0,05$).

X,Y Aynı satırdaki farklı harflendirmeler, aynı oranda kullanılan hidrokolloid için pestil tipinin ilgili değişken üzerine etkisinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir ($p < 0,05$).

4.3.8 Pestil örneklerinin toplam flavonoid madde miktarı sonuçları

Farklı miktarlarda jelleştirici ajan kullanılarak elde edilen aronya pestillerine ait toplam flavonoid madde miktarları Çizelge 4.13’de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre fermantasyondan sonra üretilen pestillerin toplam flavonoid madde miktarının fenolik madde içeriğinde olduğu gibi yükseldiği tespit edilmiştir. Bu durum hücre duvarına bağlı olan flavonoidlerin serbest hale geçmesinden kaynaklanmaktadır. Aronya pestillerinin flavonoid madde miktarı 1116,23-2005,57 mg kateşin/100 g KM aralığında saptanırken, fermente aronya pestillerinde 1649,24-3078,75 mg kateşin/100 g KM olarak ölçülmüştür. Pestil örneklerinin toplam flavonoid madde miktarında %25,08 ile %55,56 aralığında artış tespit edilmiştir. En yüksek flavonoid miktarı %1 guar gam ile hazırlanan pestillerde, en düşük flavonoid miktarı ise %8 nişasta ile hazırlanan pestillerde bulgulanmıştır ($P<0,05$).

Çizelge 4. 13 Pestil örneklerine ait toplam flavonoid madde miktarı sonuçları

Toplam Flavonoid Madde Miktarı (mg kateşin/100 g KM)		
Hidrokolloid (%)	Aronya Pestilleri	Fermente Aronya Pestilleri
%4 Nişasta	1734,72±10,2 ^{a,Y}	2169,78±13,5 ^{a,X}
%6 Nişasta	1444,78±17,9 ^{b,Y}	1992,29±18,6 ^{b,X}
%8 Nişasta	1116,23±13,1 ^{c,Y}	1649,24±16,0 ^{c,X}
%1 Ksantan Gam	1937,24±16,4 ^{a,Y}	2777,10±11,4 ^{a,X}
%1,5 Ksantan Gam	1655,11±15,9 ^{b,Y}	2506,09±12,6 ^{b,X}
%2 Ksantan Gam	1395,05±16,7 ^{c,Y}	2167,41±12,7 ^{c,X}
%1 Guar Gam	2005,57±11,9 ^{a,Y}	3078,75±31,8 ^{a,X}
%1,5 Guar Gam	1689,93±12,7 ^{b,Y}	2606,33±21,9 ^{b,X}
%2 Guar Gam	1420,86±11,7 ^{c,Y}	2210,25±28,2 ^{c,X}

a,b,c Aynı sütundaki farklı harflendirmeler, aynı pestil tipi için gruplar arasında farklı oranlarda kullanılan hidrokolloidlerin değişken üzerine etkisinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir ($p < 0,05$).

X,Y Aynı satırdaki farklı harflendirmeler, aynı oranda kullanılan hidrokolloid için pestil tipinin ilgili değişken üzerine etkisinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir ($p < 0,05$).

4.3.9 Pestil örneklerinin toplam monomerik antosiyanin miktarı sonuçları

Aronya pestillerine ait toplam monomerik antosiyanin miktarları Çizelge 4.14'te belirtilmiştir. Analiz sonuçları değerlendirildiğinde fermente pestillerde antosiyanin miktarı daha yüksek bulunurken, fermentasyon sonrasında elde edilen pestillerin toplam monomerik antosiyanin miktarında %41-45 oranında artış tespit edilmiştir. Aronya pestillerinin toplam monomerik antosiyanin madde miktarı 1152,35-2347,55 mg siyanidin-3-glukozit/kg KM aralığında değişirken, fermente aronya pestillerinin antosiyanin miktarı ise 1560,43-3313,72 mg siyanidin-3-glukozit/kg KM aralığında bulunmuştur. Bununla birlikte pestil örneklerine eklenen hidrokoloidler antosiyaninlerin renk stabilitesini ve oksidasyon karşısındaki dayanıklılığını arttırarak kaybını azaltmakta ve bu bileşenlerin korunmasına yardımcı olmaktadır. Ancak analiz sonuçlarına göre pestillere eklenen hidrokoloid miktarı arttıkça antosiyanin miktarında azalma tespit edilmiştir. Bu durum hidrokoloid miktarı arttıkça ürünün kuru madde miktarını arttırması ve toplam monomerik antosiyanin madde içeriğinin kuru madde miktarı başına düşen oranını göreceli olarak azaltmasıyla açıklanmaktadır. En yüksek antosiyanin miktarı %4 nişasta oranı ile hazırlanan pestillerde ölçülmüştür. En düşük antosiyanin miktarı ise %2 guar gam ile hazırlanan pestillerde saptanmıştır ($P<0,05$).

Çizelge 4. 14 Pestil örneklerine ait toplam monomerik antosiyanin miktarı sonuçları

Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarı (mg siyanidin-3-glukozit/kg KM)		
Hidrokoloid (%)	Aronya Pestilleri	Fermente Aronya Pestilleri
%4 Nişasta	2347,55±7,7 ^{a,Y}	3313,72±8,7 ^{a,X}
%6 Nişasta	1931,90±7,9 ^{b,Y}	2763,00±8,4 ^{b,X}
%8 Nişasta	1378,30±8,6 ^{c,Y}	2002,23±6,5 ^{c,X}
%1 Ksantan Gam	2039,52±12,2 ^{a,Y}	2882,47±8,1 ^{a,X}
%1,5 Ksantan Gam	1565,38±14,1 ^{b,Y}	2246,29±8,7 ^{b,X}
%2 Ksantan Gam	1152,35±10,5 ^{c,Y}	1673,58±9,5 ^{c,X}
%1 Guar Gam	1766,18±8,1 ^{a,Y}	2541,37±8,7 ^{a,X}
%1,5 Guar Gam	1333,86±6,4 ^{b,Y}	1922,77±5,6 ^{b,X}
%2 Guar Gam	1069,25±9,1 ^{c,Y}	1560,43±9,0 ^{c,X}

a,b,c Aynı sütundaki farklı harflendirmeler, aynı pestil tipi için gruplar arasında farklı oranlarda kullanılan hidrokoloidlerin değişken üzerine etkisinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir ($p < 0,05$).

X,Y Aynı satırdaki farklı harflendirmeler, aynı oranda kullanılan hidrokoloid için pestil tipinin ilgili değişken üzerine etkisinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir ($p < 0,05$).

4.3.10 Pestil örneklerinin antioksidan kapasite sonuçları

Pestil örneklerinin antioksidan kapasite değerleri Çizelge 4.15'te gösterilmiştir. Analiz bulguları değerlendirildiğinde fermente aronya pestillerinde antioksidan kapasitesi daha yüksek bulunurken, fermentasyon işlemi uygulanmadan elde edilen pestillerde değerler daha düşük çıkmıştır. Bunun nedeni fermentasyon sırasında serbest hale geçen ve daha etkili formlara dönüşen fenolik bileşikler, flavonoidler ve diğer antioksidan maddeler ile üretilen bazı yan ürünlerin (örneğin organik asitler) antioksidan kapasiteyi arttırmasıdır. Ek olarak hidrokolloidler, antioksidan bileşenlerin (fenoller, flavonoidler, antosiyaninler vb.) stabilitesini arttırarak, antioksidan aktivitenin korunmasına yardımcı olmaktadır. Pestil örneklerindeki değerler incelendiğinde hidrokolloid miktarı arttıkça antioksidan kapasitesinde azalma tespit edilmiştir. Bu durum, toplam kuru madde içerisinde hidrokolloidlerin miktarının az ve meyve miktarının daha fazla olması nedeniyle meyvenin sağladığı yüksek antioksidan aktivite ile açıklanmaktadır. Aronya pestillerinin toplam antioksidan kapasitesi %70,28-84,64 aralığında değişirken, fermente aronya pestillerinin antioksidan kapasitesi ise %72,73-86,54 aralığında bulunmuştur. En yüksek antioksidan kapasite %1 guar gam ile hazırlanan pestillerde bulgulanmıştır. En düşük antioksidan kapasitesi ise %8 nişasta ile hazırlanan pestillerinde saptanmıştır ($P<0,05$).

Çizelge 4. 15 Pestil örneklerine ait antioksidan kapasitesi sonuçları

Antioksidan Kapasitesi (%)		
Hidrokolloid (%)	Aronya Pestilleri	Fermente Aronya Pestilleri
%4 Nişasta	75,17±0,1 ^{a,Y}	76,41±0,1 ^{a,X}
%6 Nişasta	73,77±0,1 ^{b,Y}	75,58±0,1 ^{b,X}
%8 Nişasta	70,28±0,1 ^{c,Y}	72,73±0,1 ^{c,X}
%1 Ksantan Gam	82,30±0,1 ^{a,X}	84,11±0,1 ^{a,Y}
%1,5 Ksantan Gam	80,35±0,1 ^{b,X}	81,77±0,1 ^{b,X}
%2 Ksantan Gam	77,98±0,1 ^{c,Y}	80,92±0,1 ^{c,X}
%1 Guar Gam	84,64±0,1 ^{a,X}	86,54±0,1 ^{a,Y}
%1,5 Guar Gam	81,29±0,1 ^{b,X}	83,67±0,1 ^{b,X}
%2 Guar Gam	80,39±0,1 ^{c,Y}	82,07±0,1 ^{c,X}

a,b,c Aynı sütundaki farklı harflendirmeler, aynı pestil tipi için gruplar arasında farklı oranlarda kullanılan hidrokolloidlerin değişken üzerine etkisinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir ($p < 0,05$).

X,Y Aynı satırdaki farklı harflendirmeler, aynı oranda kullanılan hidrokolloid için pestil tipinin ilgili değişken üzerine etkisinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir ($p < 0,05$).

4.3.11 Pestil örneklerinin toplam şeker miktarı sonuçları

Fermantasyon sürecinin en belirgin etkilerinden biri toplam şeker miktarındaki azalmadır. Mayalar, şekerleri fermantasyonun temel substratı olarak kullanarak, enerji üretimi için metabolize etmektedir. Bu süreçte şekerler alkole (etanol), karbondioksite, organik asitlere (laktik asit, asetik asit gibi) veya diğer fermantasyon ürünlerine dönüşmektedir. Fermantasyon tamamlandığında, şeker miktarı önemli ölçüde azalmaktadır. Bu kapsamda pestil örneklerinin toplam şeker içeriği Çizelge 4.16'da verilmiş, aronya pestillerinde toplam şeker içeriği daha yüksek bulunurken, fermantasyon işleminden sonra mikrobiyal aktiviteye bağlı olarak şeker içeriğinin azaldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte pestillere eklenen hidrokolloidlerin şeker içeriğini doğrudan etkilemediği ancak hidrokolloidlerin miktarının artmasıyla birlikte kuru madde miktarının artması ve şeker içeriğinin kuru madde miktarı bazındaki oranının düşmesi nedeniyle toplam şeker içeriğinde azalma saptanmıştır. Aronya pestillerinin toplam şeker miktarı 36,85-50,77 g/100 g KM aralığında değişirken, fermente aronya pestillerinin toplam şeker miktarı ise 28,43-45,19 g/100 g KM aralığında bulunmuştur. En yüksek şeker miktarı %4 nişasta oranıyla hazırlanan pestillerde, en düşük şeker miktarı ise %2 guar gam ile hazırlanan pestillerde tespit edilmiştir ($P < 0,05$).

Çizelge 4. 16 Pestil örneklerine ait toplam şeker miktarı sonuçları

Toplam Şeker Miktarı (g/100 g KM)		
Hidrokolloid (%)	Aronya Pestilleri	Fermente Aronya Pestilleri
%4 Nişasta	50,77±0,2 ^{a,X}	45,19±0,7 ^{a,Y}
%6 Nişasta	46,97±0,2 ^{b,X}	36,23±0,7 ^{b,Y}
%8 Nişasta	40,03±0,1 ^{c,X}	31,23±0,5 ^{c,Y}
%1 Ksantan Gam	48,29±0,4 ^{a,X}	41,32±0,2 ^{a,Y}
%1,5 Ksantan Gam	44,98±0,5 ^{b,X}	30,14±0,1 ^{b,Y}
%2 Ksantan Gam	39,75±0,5 ^{c,X}	29,45±0,2 ^{c,Y}
%1 Guar Gam	47,11±0,2 ^{a,X}	39,52±0,6 ^{a,Y}
%1,5 Guar Gam	42,84±0,5 ^{b,X}	32,46±0,2 ^{b,Y}
%2 Guar Gam	36,85±0,5 ^{c,X}	28,43±0,3 ^{c,Y}

a,b,c Aynı sütundaki farklı harflendirmeler, aynı pestil tipi için gruplar arasında farklı oranlarda kullanılan hidrokolloidlerin değişken üzerine etkisinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir ($p < 0,05$).

X,Y Aynı satırdaki farklı harflendirmeler, aynı oranda kullanılan hidrokolloid için pestil tipinin ilgili değişken üzerine etkisinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir ($p < 0,05$).

4.3.12 Pestil örneklerinin HMF miktarı sonuçları

Pestil üretimi sırasında uygulanan ısı işlem etkinliğine bağlı olarak ürünlerde meydana gelen HMF miktarları Çizelge 4.17’de gösterilmiştir. Analiz sonuçları değerlendirildiğinde aronya pestillerinde HMF miktarı daha yüksek bulunurken, fermantasyon işleminden sonra üretilen pestillerde HMF miktarı daha düşük çıkmıştır. Bu durum bazı maya ve bakteri türlerinin özellikle etanol fermantasyonu sırasında HMF'yi furfuril alkol gibi daha az zararlı bileşiklere dönüştürmesi ile açıklanmaktadır. Aronya pestillerinin HMF miktarı 90,99-135,43 mg/kg aralığında değişirken, fermente aronya pestillerinin HMF miktarı ise 63,61-93,58 aralığında bulunmuştur. En yüksek HMF miktarı %1 ksantan gam oranıyla hazırlanan pestillerde, en düşük HMF miktarı ise %1,5 guar gam ile hazırlanan pestillerde tespit edilmiştir ($P<0,05$). Pestiller, şeker ve meyve özleri içerdiğinden, HMF oluşumu, üretim süreci ve saklama koşullarına bağlı olarak meydana gelmektedir. Yüksek miktarda HMF, gıdanın kalitesini düşürmekte ve bazı sağlık riskleri yaratmaktadır. HMF için spesifik sınırlar, genel olarak şekerli ve ısıya maruz kalmış gıdalar için belirlenmiştir. Bununla birlikte meyve şekerlemeleri ve benzer ürünlerde genellikle 50 mg/kg ile 100 mg/kg arasında bir HMF sınırı uygulanmaktadır. Bu bilgiler doğrultusunda sonuçlar değerlendirildiğinde fermente pestillerin HMF miktarı sınırlar içerisindeyken, fermente olmayan pestillerin HMF miktarı sınırların üzerinde bulunmuştur.

Çizelge 4. 17 Pestil örneklerine ait HMF miktarı sonuçları

HMF Miktarı (mg/kg)		
Hidrokolloid (%)	Aronya Pestilleri	Fermente Aronya Pestilleri
%4 Nişasta	130,95±0,2 ^{a,X}	88,02±0,6 ^{a,Y}
%6 Nişasta	90,99±0,3 ^{c,X}	76,63±0,3 ^{c,Y}
%8 Nişasta	102,98±0,2 ^{b,X}	81,81±0,7 ^{b,Y}
%1 Ksantan Gam	135,43±0,3 ^{a,X}	93,58±0,3 ^{a,Y}
%1,5 Ksantan Gam	92,72±0,3 ^{c,X}	84,24±0,3 ^{c,Y}
%2 Ksantan Gam	99,20±0,3 ^{b,X}	91,53±0,5 ^{b,X}
%1 Guar Gam	132,52±0,4 ^{a,X}	79,06±0,1 ^{a,Y}
%1,5 Guar Gam	95,81±0,3 ^{c,X}	63,61±0,3 ^{c,Y}
%2 Guar Gam	107,24±0,3 ^{b,X}	74,52±0,3 ^{b,Y}

a,b,c Aynı sütundaki farklı harflendirmeler, aynı pestil tipi için gruplar arasında farklı oranlarda kullanılan hidrokolloidlerin değişken üzerine etkisinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir ($p < 0,05$).

X,Y Aynı satırdaki farklı harflendirmeler, aynı oranda kullanılan hidrokolloid için pestil tipinin ilgili değişken üzerine etkisinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir ($p < 0,05$).

4.3.13 Pestil örneklerinin renk değerleri sonuçları

Aronya pestillerinin renk değerlerindeki değişimler Çizelge 4.18’de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde pestillerin rengini belirleyen ve aydınlık değeri temsil eden L^* değerinin fermantasyonla ve eklenen hidrokolloid miktarının artmasıyla birlikte azaldığı tespit edilmiştir. Fermantasyon sırasında renk pigmentlerin oksidasyonu nedeniyle parlaklık azalmakta ve ürünler daha koyu gözükmektedir. Hidrokolloidlerin eklenmesi ise genellikle ürünün opaklığını arttırmakta ve ışık geçirgenliğini azaltmaktadır. Bu durum, ürünün daha mat ve koyu görünmesine neden olmaktadır. Buna göre en yüksek parlaklık değerinin %4 nişasta oranıyla hazırlanan aronya pestillerinde ($20,89 \pm 0,1$) ölçülmüştür. Kırmızılık indeksi olan a^* ve sarılık indeksi olan b^* değerinin ise fermantasyonla birlikte azaldığı, en yüksek a^* değerinin %1 ksantan gam ile hazırlanan aronya pestillerinde ($1,93 \pm 0,1$), en yüksek b^* değerinin ise %8 nişastayla hazırlanan aronya pestillerinde ($-0,13 \pm 0,1$) olduğu belirlenmiştir. Hidrokolloidler genellikle ürünün a^* ve b^* değeri doğrudan etkilememektedir, çünkü nişasta, ksantan gam ve guar gam gibi maddeler genellikle renksizdir ve renk ekseninde bir değişiklik yaratmamaktadır. Ancak hidrokolloid miktarı arttıkça, ürünün opaklaşması nedeniyle renk pigmentleri daha az görünür hale gelmektedir. Bu da a^* ve b^* değerinde azalmaya neden olmaktadır. Renk tonunu gösteren H^o değeri fermantasyon sonrası artarken, doygunluk indeksi olan kroma (C^*) değerinin ise azaldığı bulgulanmıştır. Fermantasyon ve farklı oranlarda hidrokolloid kullanımının renk değerleri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P < 0,05$).

4.3.14 Pestil örneklerinin duyusal analiz sonuçları

Aronya pestillerinin duyusal analiz sonuçları Çizelge 4.19’da gösterilmiş ve her örnek grubu kendi arasında sıralanmıştır. Örnekler renk açısından incelendiğinde en koyu renkli pestiller %8 nişasta, %1,5 ksantan gam ve %1,5 guar gam ile hazırlanan pestiller olurken, doku açısından karşılaştırıldığında en yumuşak pestiller %4 nişasta, %1,5 ksantan gam ve %1 guar gam ile hazırlanan pestiller olmuştur. Örnekler lezzet açısından yorumlandığında %4 nişasta, %1 ksantan gam ve %1 guar gam ile hazırlanan aronya pestilleri lezzet açısından en beğenilen örnek olurken, aynı zamanda bu pestiller en yapışkan örnekler olarak belirtilmiştir. Genel beğeni kriteri açısından örnekler değerlendirildiğinde ise en çok %4 nişasta, %2 ksantan gam ve %1 guar gam ile hazırlanan aronya pestilleri beğenilmiştir.

Çizelge 4. 18 Pestil örneklerine ait renk değerleri sonuçları

Renk Değerleri										
Aronya Pestilleri						Fermente Aronya Pestilleri				
Hidrokolloid (%)	L^*	a^*	b^*	C^*	H°	L^*	a^*	b^*	C^*	H°
%4 Nişasta	20,89±0,1 ^{a,X}	1,49±0,2 ^{a,X}	-0,27±0,1 ^{b,X}	1,51±0,2 ^{a,Y}	0,00±0,0 ^{b,Y}	18,75±0,1 ^{a,Y}	0,49±0,1 ^{a,Y}	-0,33±0,1 ^{a,X}	0,56±0,1 ^{a,X}	0,30±0,3 ^{a,X}
%6 Nişasta	20,67±0,3 ^{a,X}	0,75±0,1 ^{b,X}	-0,21±0,1 ^{ab,X}	0,78±0,1 ^{b,X}	0,00±0,0 ^{a,Y}	15,15±0,1 ^{b,Y}	0,55±0,1 ^{a,Y}	-0,27±0,1 ^{a,X}	0,66±0,1 ^{a,X}	0,25±0,3 ^{a,X}
%8 Nişasta	19,73±0,1 ^{b,X}	0,70±0,0 ^{b,X}	-0,13±0,1 ^{a,X}	0,71±0,0 ^{b,X}	0,00±0,0 ^{b,Y}	13,40±0,2 ^{c,Y}	0,59±0,1 ^{a,Y}	-0,24±0,1 ^{a,Y}	0,71±0,0 ^{a,X}	0,03±0,1 ^{a,X}
%1 Ksantan Gam	20,70±0,5 ^{a,X}	1,93±0,1 ^{a,X}	-0,32±0,2 ^{a,X}	1,96±0,1 ^{a,X}	0,00±0,0 ^{a,Y}	18,59±0,3 ^{a,Y}	1,06±0,1 ^{a,Y}	-0,44±0,1 ^{a,X}	1,15±0,1 ^{a,Y}	0,04±0,0 ^{c,X}
%1,5 Ksantan Gam	18,69±0,2 ^{b,X}	1,71±0,2 ^{ab,X}	-0,26±0,1 ^{a,X}	1,73±0,2 ^{ab,X}	0,00±0,0 ^{a,Y}	17,54±0,3 ^{b,Y}	0,76±0,1 ^{b,Y}	-0,74±0,1 ^{b,Y}	1,07±0,1 ^{a,Y}	0,73±0,2 ^{b,X}
%2 Ksantan Gam	16,38±0,1 ^{c,X}	1,48±0,3 ^{b,X}	-0,19±0,0 ^{a,X}	1,49±0,3 ^{b,X}	0,00±0,0 ^{a,Y}	15,31±0,5 ^{c,Y}	0,54±0,2 ^{c,Y}	-0,96±0,1 ^{c,Y}	1,11±0,1 ^{a,Y}	1,37±0,2 ^{a,X}
%1 Guar Gam	19,48±0,3 ^{a,X}	1,80±0,2 ^{a,X}	-0,40±0,1 ^{b,X}	1,85±0,2 ^{a,X}	0,00±0,0 ^{a,Y}	18,55±0,1 ^{a,Y}	1,33±0,2 ^{a,Y}	-0,78±0,1 ^{a,Y}	1,55±0,2 ^{a,Y}	0,20±0,0 ^{c,X}
%1,5 Guar Gam	17,55±0,2 ^{b,X}	1,67±0,1 ^{a,X}	-0,24±0,1 ^{a,X}	1,68±0,1 ^{a,X}	0,00±0,0 ^{a,Y}	16,60±0,1 ^{b,Y}	1,04±0,1 ^{b,Y}	-1,00±0,1 ^{b,Y}	1,45±0,1 ^{a,Y}	0,72±0,0 ^{b,X}
%2 Guar Gam	15,57±0,2 ^{c,X}	1,59±0,1 ^{a,X}	-0,16±0,1 ^{a,X}	1,60±0,0 ^{a,X}	0,00±0,0 ^{a,Y}	14,47±0,1 ^{c,Y}	0,91±0,1 ^{b,Y}	-1,18±0,2 ^{b,Y}	1,50±0,2 ^{a,X}	1,15±0,2 ^{a,X}

a,b,c Aynı sütundaki farklı harflendirmeler, aynı pestil tipi için gruplar arasında farklı oranlarda kullanılan hidrokolloidlerin değişken üzerine etkisinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir (p <0,05).

X,Y Aynı satırdaki farklı harflendirmeler, aynı oranda kullanılan hidrokolloid için pestil tipinin ilgili değişken üzerine etkisinin istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir (p <0,05).

Çizelge 4. 19 Pestil örneklerinin duyusal analiz sonuçları

Duyusal Analiz Sonuçları							
Aronya Pestilleri				Fermente Aronya Pestilleri			
Renk	En Koyu	%8 Nişasta	%1.5 Ksantan Gam	%1.5 Guar Gam	%8 Nişasta	%1.5 Ksantan Gam	%1 Guar Gam
		%6 Nişasta	%2 Ksantan Gam	%1 Guar Gam	%4 Nişasta	%1 Ksantan Gam	%1.5 Guar Gam
	En Açık	%4 Nişasta	%1 Ksantan Gam	%2 Guar Gam	%6 Nişasta	%2 Ksantan Gam	%2 Guar Gam
Doku	En Sert	%8 Nişasta	%1 Ksantan Gam	%1.5 Guar Gam	%6 Nişasta	%1 Ksantan Gam	%2 Guar Gam
		%6 Nişasta	%2 Ksantan Gam	%2 Guar Gam	%8 Nişasta	%2 Ksantan Gam	%1.5 Guar Gam
	En Yumuşak	%4 Nişasta	%1.5 Ksantan Gam	%1 Guar Gam	%4 Nişasta	%1.5 Ksantan Gam	%1 Guar Gam
Lezzet	En Çok	%4 Nişasta	%1 Ksantan Gam	%1 Guar Gam	%4 Nişasta	%1 Ksantan Gam	%1 Guar Gam
		%6 Nişasta	%2 Ksantan Gam	%1.5 Guar Gam	%8 Nişasta	%1.5 Ksantan Gam	%1.5 Guar Gam
	En az	%8 Nişasta	%1.5 Ksantan Gam	%2 Guar Gam	%6 Nişasta	%2 Ksantan Gam	%2 Guar Gam
Yapışkanlık	En Çok	%4 Nişasta	%1 Ksantan Gam	%1 Guar Gam	%4 Nişasta	%1 Ksantan Gam	%1 Guar Gam
		%6 Nişasta	%2 Ksantan Gam	%1.5 Guar Gam	%6 Nişasta	%2 Ksantan Gam	%1.5 Guar Gam
	En az	%8 Nişasta	%1.5 Ksantan Gam	%2 Guar Gam	%8 Nişasta	%1.5 Ksantan Gam	%2 Guar Gam
Genel Beğeni	En Çok	%4 Nişasta	%2 Ksantan Gam	%1 Guar Gam	%4 Nişasta	%2 Ksantan Gam	%1 Guar Gam
		%6 Nişasta	%1.5 Ksantan Gam	%1.5 Guar Gam	%6 Nişasta	%1.5 Ksantan Gam	%1.5 Guar Gam
	En az	%8 Nişasta	%1 Ksantan Gam	%2 Guar Gam	%8 Nişasta	%1 Ksantan Gam	%2 Guar Gam

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan tez çalışması kapsamında taze aronya meyvesi fermantasyon işlemine tabi tutularak fermantasyon parametrelerinin etkisi denemelerle belirlenmiş ve en uygun koşullar tespit edilmiştir. Seçilen parametreler ve koşullar altında fermantasyon işlemi gerçekleştirildikten sonra fermente edilen aronya meyvesinden pestil üretimi gerçekleştirilmiştir.

Pestil yapımında, nişasta bazlı geleneksel üretimin yanı sıra hidrokolloidlerden ksantan gam ve guar gam farklı oranlarda formülasyonlara eklenerek çeşitli bileşenlerin etkisi incelenmiştir. Elde edilen ürünlerin fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikleri karşılaştırılarak en yüksek kalitede ürün formülasyonları oluşturulmuştur. Araştırmadan elde edilen sonuç ve öneriler sıralanmıştır:

1. Aronya meyveleri *Saccharomyces cerevisiae* suşları kullanılarak 28 °C'de 3 gün boyunca fermente edilmiştir. En yüksek toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve toplam antosiyanin miktarı meyve püresinde, şeker içermeyen ortamda, %4 inokulum oranında tespit edilmiştir.
2. Fermantasyon için ortama eklenen sakkaroz miktarı arttıkça mikroorganizmaların substrat kullanımına bağlı olarak toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve toplam monomerik antosiyanin miktarında azalma olduğu belirlenmiştir.
3. Fermantasyon için ortama eklenen inokulum miktarı arttıkça toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve toplam monomerik antosiyanin miktarında artış olduğu saptanmıştır.
4. Fermantasyon süresi polifenolik bileşiklerin miktarında önemli rol oynamış, 3.günden sonra tüm koşullarda değerlendirilen özelliklerde azalma olduğu belirlenmiştir.
5. Fermente edilen aronya meyvelerinde fermantasyon sırasında mikroorganizma aktivitesine bağlı olarak toplam kuru madde, suda çözünür kuru madde ve toplam şeker miktarında azalma olduğu belirlenirken, kül miktarında artış olduğu bulgulanmıştır.

6. Fermente edilen aronya meyvelerinin pH değerinde azalma tespit edilirken, mikroorganizmaların ortamdaki şekerleri kullanarak ürettiği organik asitler, fermente edilen aronya meyvelerinin titrasyon asitliğini arttırmıştır.
7. Fermantasyon sonucunda aronya meyvelerinin fenolik ve antioksidanlarca zenginleştirilebileceği tespit edilmiştir. Ölçülebilir toplam fenolik ve flavonoid miktarında 1,3 kat, toplam monomerik antosiyanin miktarında 1,2, antioksidan kapasite değerinde ise 5 kat artış saptanmıştır.
8. Fermente edilen aronya meyvelerinin parlaklık (L^*) değerinin azaldığı, a^* (kırmızılık-yeşillik) ve b^* (sarılık-mavilik) değerlerinin ise arttığı tespit edilmiştir.
9. Yüksek polifenol ve antioksidan içeriğe sahip olan aronya meyvesi kullanılarak sağlık açısından olumlu katkılar sağlayacak pestil üretimleri başarıyla geręekleřtirilmiřtir.
10. Fermente pestil örneklerinin toplam kuru madde oranı, suda çözünür kuru madde oranı, kül miktarı ve pH analiz sonuçları fermente olmayan aronya pestillerine göre düşük bulunurken, toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde, toplam monomerik antosiyanin madde ve antioksidan kapasite değerlerinin daha yüksek olduğu tespit edildiğinden fermantasyon işleminin daha yüksek kalitede pestil üretimi için uygun olduğu sonucuna varılmıştır.
11. Pestil üretimi sırasında kullanılan hidrokolloid miktarı arttıkça herlelerin su tutma kapasitesi artmış ve kuruma süresi kısalırmıştır. Buna bağlı olarak pestil örneklerinin toplam kuru madde, suda çözünür kuru madde ve toplam kül miktarlarında azalma tespit edilmiştir.
12. Pestil üretimi sırasında hidrokolloid konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak su tutma kapasitesinin yükselmesinden dolayı pestil örneklerinin su aktivitesi değerlerinin arttığı saptanmıştır.

13. Herlelere eklenen hidrokolloid miktarının arttıkça pestil örneklerinin toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde, toplam monomerik antosiyanin madde ve antioksidan kapasite değerlerinde azalma olduğu belirlenmiştir.
14. Pestil üretimi sırasında uygulanan ısı işlem süresinin artmasına bağlı olarak pestil örneklerinin HMF miktarında artış olduğu bulgulanmıştır.
15. Pestillere uygulanan duyusal analiz sonucunda ise genel beğeni puanı en yüksek olan örnekler %4 nişasta ve %2 ksantan gam %1 guar gam ile hazırlanan aronya pestilleri olmuştur.



KAYNAKLAR DİZİNİ

- Al-Hinai, K. Z., Guizani, N., Singh, V., Rahman, M. S., & Al-Subhi, L. (2013). Instrumental Texture Profile Analysis Of Date-Tamarind Fruit Leather With Different Types Of Hydrocolloids. *Food Science and Technology Research*, 19(4), 531–538. <https://doi.org/10.3136/fstr.19.531>
- AOAC. (2005). *Official Methods of Analysis*. 18th edition.
- Ataei, A. H. (2023). Katı Kültür Fermantasyonu Uygulamasının Zeytin Küspesinin Besin Madde Kompozisyonu Üzerine Etkileri [Doktora Tezi]. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Atıcı, G. (2013). Erik Pestilinin Kalite Parametreleri Ve Kuruma Davranışı Üzerine Sıcak Havalı Kurutma Ve Mikrodalga Kurutma Yöntemlerinin Etkisinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma [Yüksek Lisans Tezi]. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Aytuna Çerçi, N., Külahcı, M. B., Aydın, B., Beyzi, E., Arslan, A., & Demir, S. (2024). Determination of The Biological Properties of *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott Fruit and Leaf Extracts Highlights. *Gazi Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi*, 5(1), 31–38. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/guffd>
- Bontsidis, C., Mallouchos, A., Terpou, A., Nikolaou, A., Batra, G., Mantzourani, I., Alexopoulos, A., & Plessas, S. (2021). Microbiological And Chemical Properties Of Chokeberry Juice Fermented By Novel Lactic Acid Bacteria With Potential Probiotic Properties During Fermentation At 4 °C For 4 Weeks. *Foods*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/foods10040768>
- Bontsidis, C., Mantzourani, I., Terpou, A., Mallouchos, A., Alexopoulos, A., & Plessas, S. (2024). Functional Beverage Production Through Lactic Acid Fermentation Of Black Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) Juice. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 58. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2024.103168>
- Boz, H. (2012). Dut Pestilinin Kimyasal, Dokusal Ve Duyusal Özelliklerine Buğday Unu, Sakkaroz Şurubu, Glikoz Şurubu Ve Pişirme Süresinin Etkileri [Doktora Tezi]. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Boz, H., Karaoğlu, M. M., & Kaban, G. (2016). The Effects Of Cooking Time And Sugar On Total Phenols, Hydroxymethylfurfural And Acrylamide Content Of Mulberry Leather (Pestil). *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*, 8(4), 493–500. <https://doi.org/10.3920/QAS2014.0558>
- Buda, V., Brezoiu, A. M., Berger, D., Pavel, I. Z., Muntean, D., Minda, D., Dehelean, C. A., Soica, C., Diaconeasa, Z., Folescu, R., & Danciu, C. (2020). Biological Evaluation Of Black Chokeberry Extract Free And Embedded In Two Mesoporous Silica-Type Matrices. *Pharmaceutics*, 12. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics12090838>
- Cemeroğlu, B. S. (2010). Gıda Analizleri. In *Gıda Analizleri* (4.Baskı).
- Chen, Y., Liu, F., Chen, J., Chen, J., Chen, S., Wu, D., Ye, X., & Cheng, H. (2022). Effects Of Fermentation Conditions On Physicochemical Properties And Flavor Quality Of Fermented Bayberry Juice. *Food Quality and Safety*, 6. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyac023>
- Chowdhury, M. M. I., Bala, B. K., & Haque, M. A. (2011). Mathematical Modeling Of Thin-Layer Drying Of Jackfruit Leather. *Journal of Food Processing and Preservation*, 35(6), 797–805. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2011.00531.x>
- Chrubasik, C., Li, G., & Chrubasik, S. (2010). The Clinical Effectiveness Of Chokeberry: A Systematic Review. *Phytotherapy Research*, 24(8), 1107–1114. <https://doi.org/10.1002/ptr.3226>
- 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*. <https://doi.org/10.1155/2018/9574587>
- Diamante, L. M., Bai, X., & Busch, J. (2014). Fruit Leathers: Method Of Preparation And Effect Of Different Conditions On Qualities. *International Journal of Food Science*. <https://doi.org/10.1155/2014/139890>

- Dulf, F. V., Vodnar, D. C., Dulf, E. H., Diaconeasa, Z., & Socaciu, C. (2018). Liberation And Recovery Of Phenolic Antioxidants And Lipids In Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) Pomace By Solid-State Bioprocessing Using *Aspergillus Niger* And *Rhizopus Oligosporus* Strains. *LWT*, 87, 241–249. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.08.084>
- Duysak, L., Şekeroğulları, M., & Kılıç Baygutaalp, N. (2024). Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of Different Extracts of *Aronia melanocarpa* L. Fruit. *Pharmata*, 4(1), 1–6. <https://doi.org/10.5152/Pharmata.2024.23029>
- Ersus, S., & Hepçimen, A. Z. (2021). Effects Of Different Formulations On Quality Of Pomegranate Pestil. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 58(1), 9–15. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.715125>
- Farid, M. S., Anjum, R., Yang, Y., Tu, M., Zhang, T., Pan, D., Sun, Y., & Wu, Z. (2024). Recent Trends In Fermented Plant-Based Analogues And Products, Bioactive Peptides, And Novel Technologies-Assisted Fermentation. *Trends in Food Science and Technology*, 149. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104529>
- Fidan, M. (2022). Sıcak Hava-Mikrodalga Kombinasyonu İle Kurutulan Aronya Meyvesinin Kuruma Karakteristiklerinin Belirlenmesi Ve Optimizasyonu. [Yüksek Lisans Tezi]. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ghimire, R., & Ojha, P. (2016). Preparation And Physiochemical Evaluation Of Papaya-Soy Fruit Leather. *GoldenGate Journal of Science & Technology*.
- Hilgendorf, K., Wang, Y., Miller, M. J., & Jin, Y. S. (2024). Precision Fermentation For Improving The Quality, Flavor, Safety, And Sustainability Of Foods. *Current Opinion in Biotechnology*, 86. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2024.103084>
- Horszwald, A., Julien, H., & Andlauer, W. (2013). Characterisation Of Aronia Powders Obtained By Different Drying Processes. *Food Chemistry*, 141(3), 2858–2863. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.103>

- Huang, X., & Hsieh, F. H. (2005). Physical Properties, Sensory Attributes, And Consumer Preference Of Pear Fruit Leather. *Journal of Food Science*, 70(3). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb07133.x>
- Jadwiga, A., Sadowska, K., Kloska, L., & Rogowski, L. (2015). The Effect Of Plant Age And Harvest Time On The Content Of Chosen Components And Antioxidative Potential Of Black Chokeberry Fruit. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*, 14(4), 105–114. <https://www.researchgate.net/publication/281786193>
- Jakobek, L., Drenjančević, M., Jukić, V., & Šeruga, M. (2012). Phenolic Acids, Flavonols, Anthocyanins And Antiradical Activity Of ‘Nero’, ‘Viking’, ‘Galicianka’ And Wild Chokeberries. *Scientia Horticulturae*, 147, 56–63. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.09.006>
- Jakobek, L., Strossmayer, J. J., Šeruga, M., & Medvidović-Kosanović, M. (2007a). Anthocyanin content and antioxidant activity of various red fruit juices. <https://www.researchgate.net/publication/264293278>
- Jakobek, L., Strossmayer, J. J., Šeruga, M., & Medvidović-Kosanović, M. (2007b). Anthocyanin content and antioxidant activity of various red fruit juices. <https://www.researchgate.net/publication/264293278>
- Jurendić, T. J., Ščetar, M., Voilley, A., & Kurek, M. (2021). Aronia melanocarpa Products and By-Products for Health and Nutrition: A Review. 10. <https://doi.org/10.3390/antiox>
- Jurikova, T., Mlcek, J., Skrovankova, S., Sumczynski, D., Sochor, J., Hlavacova, I., Snopek, L., & Orsavova, J. (2017). Fruits Of Black Chokeberry Aronia Melanocarpa In The Prevention Of Chronic Diseases. In *Molecules* (Vol. 22). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/molecules22060944>
- Kara, O. O. (2014). Altınçilek Meyvesinden (Physalis Peruviana L) Pestil Üretimi [Doktora Tezi]. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kara, O. O., & Küçüköner, E. (2019). A Traditional Fruit Snack: Fruit Leather. *Akademik Gıda*, 17(2), 260–268. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.613621>

- Karabacak, A. Ö. (2021). Farklı Yöntemlerle Kurutulan Havuç Pestillerinin Kurutma Karakteristikleri İle Bazı Kalite Parametrelerindeki Değişimin Modellenmesi Ve In Vitro Biyoyararlılıklarının Belirlenmesi [Doktora Tezi]. Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Karaca, E. (2019). Farklı Kurutma Yöntemlerinin Hünnap (*Zizyphus jujuba* Mill.) Pestilinin Fizikokimyasal Ve Duyusal Özellikleri Üzerine Etkisi [Yüksek Lisans Tezi]. Bayburt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kaya, S., & Kahyaoglu, T. (2005). Thermodynamic Properties And Sorption Equilibrium Of Pestil (Grape Leather). *Journal of Food Engineering*, 71(2), 200–207. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.10.034>
- Kazancı, E. (2021). Aronya Suyu Atığından Antosiyanin Bazlı Doğal Boya Üretimi Mikroenkapsülasyonu Ve Meyveli Soslarda Kullanımı. [Yüksek Lisans Tezi]. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Khayatan, D., Nouri, K., Momtaz, S., Roufogalis, B. D., Alidadi, M., Jamialahmadi, T., Abdolghaffari, A. H., & Sahebkar, A. (2024). Plant-Derived Fermented Products: An Interesting Concept for Human Health. *Current Developments in Nutrition*, 8(5). <https://doi.org/10.1016/j.cdnut.2024.102162>
- Kim, D.-O., Jeong, W., & Lee, C. Y. (2003). Antioxidant Capacity Of Phenolic Phytochemicals From Various Cultivars Of Plums. *Food Chemistry*, 81, 321–326. www.elsevier.com/locate/foodchem
- King, E. S., & Bolling, B. W. (2020). Composition, Polyphenol Bioavailability, And Health Benefits Of Aronia Berry: A Review. *Journal of Food Bioactives*, 11, 13–30. <https://doi.org/10.31665/jfb.2020.11235>
- Kobus, Z., Nadulski, R., Wilczyński, K., Kozak, M., Guz, T., & Rydzak, L. (2019). Effect Of The Black Chokeberry (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott) Juice Acquisition Method On The Content Of Polyphenols And Antioxidant Activity. *PLOS ONE*, 14(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219585>

- Kulling, S. E., & Rawel, H. M. (2008). Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) - A Review On The Characteristic Components And Potential Health Effects. In *Planta Medica*, 74, 1625–1634. <https://doi.org/10.1055/s-0028-1088306>
- Kurniadi, M., Parnanto, N. H. R., Saputri, M. W., Sari, A. M., Indrianingsih, A. W., Herawati, E. R. N., Ariani, D., Juligani, B., Kusumaningrum, A., & Frediansyah, A. (2022). The Effect Of Kappa-Carrageenan And Gum Arabic On The Production Of Guava-Banana Fruit Leather. *Journal of Food Science and Technology*, 59(11), 4415–4426. <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05521-1>
- Li, S., Chen, J., Sarengaowa, Chen, C., & Hu, W. (2024). Application of Procyanidins from *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott in Fresh-Cut Apple Preservation. *Horticulturae*, 10. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10060556>
- Liu, X., Jia, B., Sun, X., Ai, J., Wang, L., Wang, C., Zhao, F., Zhan, J., & Huang, W. (2015). Effect of Initial PH on Growth Characteristics and Fermentation Properties of *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Food Science*, 80(4), M800–M808. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12813>
- Lv, X., Lan, T., Wang, S., Li, X., Bao, S., Li, T., Sun, X., & Ma, T. (2024). Comparative Study On The Physicochemical Properties, Functional Components, Color And Anthocyanins Profile Of Aronia Melanocarpa Juice Using Different Sterilization Methods. *Food Innovation and Advances*, 3(2), 64–74. <https://doi.org/10.48130/fia-0024-0008>
- Mayer-Miebach, E., Adamiuk, M., & Behsnlian, D. (2012). Stability Of Chokeberry Bioactive Polyphenols During Juice Processing And Stabilization Of A Polyphenol-Rich Material From The By-Product. *Agriculture (Switzerland)*, 2(3), 244–258. <https://doi.org/10.3390/agriculture2030244>
- Melini, F., Melini, V., Luziatelli, F., Ficca, A. G., & Ruzzi, M. (2019). Health-Promoting Components In Fermented Foods: An Up-To-Date Systematic Review. *Nutrients*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/nu11051189>

- Merdan, K. (2018). Gümüşhane İlinde İmalata Dayalı Sanayileşme: Pestil Ve Köme İşletmeleri Üzerine Genel Bir Değerlendirme. *Pedagogy & Other Disciplines in Social Sciences*, 4, 19–2174.
- Negreanu-Pirjol, B. S., Oprea, O. C., Negreanu-Pirjol, T., Roncea, F. N., Prelipcean, A. M., Craciunescu, O., Iosageanu, A., Artem, V., Ranca, A., Motelica, L., Lepadatu, A. C., Cosma, M., & Popoviciu, D. R. (2023). Health Benefits of Antioxidant Bioactive Compounds in the Fruits and Leaves of *Lonicera caerulea* L. and *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot. In *Antioxidants*, 12. MDPI. <https://doi.org/10.3390/antiox12040951>
- Nikagolla, N. G. D. N., & Gama-Arachchige, N. S. (2016). Antioxidant Content, Microbial Quality And Consumer Preference Of One-Ingredient Strawberry Fruit Leather. *Proceedings of the Postgraduate Institute of Science Research Congress*. <https://www.researchgate.net/publication/308978921>
- Nizamlioğlu, N. M., Yaşar, S., & Bulut, Y. (2022). Chemical Versus İnfrared Spectroscopic Measurements Of Quality Attributes Of Sun Or Oven Dried Fruit Leathers From Apple, Plum And Apple-Plum Mixture. *LWT*, 153. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112420>
- Ochmian, I., Grajkowski, J., & Smolik, M. (2012). Comparison Of Some Morphological Features, Quality And Chemical Content Of Four Cultivars Of Chokeberry Fruits (*Aronia melanocarpa*). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 40(1), 253–260. <https://doi.org/10.15835/nbha4017181>
- 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). <https://doi.org/10.3390/molecules21081098>
- Özder, A. (2020). Bazı Aronya Çeşitlerinin (*Aronia Melanocarpa* L.) Gelişme Performanslarının Belirlenmesi. [Yüksek Lisans Tezi]. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Öztürk, A. (2023). Aronya (*Aronia melanocarpa* (Michx) Elliot) Meyve Suyu Antosiyaninlerinin Isıl Ve Depolama Stabilitelerinin Belirlenmesi. [Doktora Tezi]. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Phimpharian, C., Jangchud, A., Jangchud, K., Therdthai, N., Prinyawiwatkul, W., & No, H. K. (2011). Physicochemical Characteristics And Sensory Optimisation Of Pineapple Leather Snack As Affected By Glucose Syrup And Pectin Concentrations. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(5), 972–981. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02579.x>
- Piras, A., Porcedda, S., Smeriglio, A., Trombetta, D., Nieddu, M., Piras, F., Sogos, V., & Rosa, A. (2024). Chemical Composition, Nutritional, And Biological Properties Of Extracts Obtained With Different Techniques From *Aronia melanocarpa* Berries. *Molecules*, 29. <https://doi.org/10.3390/molecules29112577>
- Poyraz Engin, S., & Mert, C. (2024). Yalova Koşullarında Bazı Aronya Çeşitlerinin Fenolojik ve Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Bahçe*, 53(1), 27–33. <https://doi.org/10.53471/bahce.1458398>
- Ramić, M., Vidović, S., Zeković, Z., Vladić, J., Cvejin, A., & Pavlić, B. (2015). Modeling And Optimization Of Ultrasound-Assisted Extraction Of Polyphenolic Compounds From *Aronia melanocarpa* By-Products From Filter-Tea Factory. *Ultrasonics Sonochemistry*, 23, 360–368. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2014.10.002>
- Ramos, C. L., Bressani, A. P., Batista, N. N., Martinez, S. J., Dias, D. R., & Schwan, R. F. (2023). Indigenous Fermented Foods: Nutritional And Safety Aspects. *Current Opinion in Food Science*, 53. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2023.101075>
- Şahin, A., & Erdoğan, Ü. (2022). Dünya’da ve Ülkemizde Aronya (*Aronia melanocarpa* Michx Elliot) Üretimi ve Değerlendirilme Şekilleri. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 10(1), 81–85. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v10i1.81-85.4547>

- Samoticha, J., Wojdyło, A., & Lech, K. (2016). The Influence Of Different The Drying Methods On Chemical Composition And Antioxidant Activity In Chokeberries. *LWT*, 66, 484–489. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.073>
- Sánchez Riaño, A. M., Bermeo Andrade, H. P., & Valenzuela Real, C. P. (2018). Incidence Of Hydrocolloid Type On Quality Parameters In Mango Leathers (*Mangifera indica* L.) Yulima Variety. *Food Science and Technology (Brazil)*, 38, 109–115. <https://doi.org/10.1590/fst.16917>
- Sarıyıldız, S. (2021). Katı Kültür Fermantasyon Yöntemi İle Bira Mayşe Atığından Mikrobiyal Pigment Üretimi [Yüksek Lisans Tezi]. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Saud, S., Xiaojuan, T., & Fahad, S. (2024). The Consequences Of Fermentation Metabolism On The Qualitative Qualities And Biological Activity Of Fermented Fruit And Vegetable Juices. *Food Chemistry: X*, 21. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101209>
- Scott, R. W., & Skirvin, R. M. (2007). Black Chokeberry (*Aronia Melanocarpa* Michx.): A Semi-Edible Fruit With No Pests. *Journal of the American Pomological Society*, 61(3), 135–137.
- Sharma, R., Diwan, B., Singh, B. P., & Kulshrestha, S. (2022). Probiotic Fermentation Of Polyphenols: Potential Sources Of Novel Functional Foods. *Food Production, Processing and Nutrition*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s43014-022-00101-4>
- Sharma, R., Garg, P., Kumar, P., Bhatia, S. K., & Kulshrestha, S. (2020). Microbial Fermentation And Its Role In Quality Improvement Of Fermented Foods. *Fermentation*, 6(4). <https://doi.org/10.3390/fermentation6040106>
- Sidor, A., & Gramza-Michałowska, A. (2019). Black Chokeberry *Aronia melanocarpa* L.—A Qualitative Composition, Phenolic Profile and Antioxidant Potential. In *Molecules*, 24. <https://doi.org/10.3390/molecules24203710>

- Skupień, K., & Oszmiański, J. (2007). The effect of mineral fertilization on nutritive value and biological activity of chokeberry fruit. *Agricultural and Food Science*, 16(1), 46–55. <https://doi.org/10.2137/145960607781635822>
- Šnebergrová, J., Čížková, H., Neradová, E., Kapci, B., Rajchl, A., & Voldřich, M. (2014). Variability of Characteristic Components of Aronia. *Czech J. Food Sci*, 32, 1.
- Sueiro, L., Yousef, G. G., Seigler, D., De Mejia, E. G., Grace, M. H., & Lila, M. A. (2006). Chemopreventive Potential Of Flavonoid Extracts From Plantation-Bred And Wild *Aronia melanocarpa* (Black Chokeberry) Fruits. *Journal of Food Science*, 71(8). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00152.x>
- Sun, W., Shahrajabian, M. H., & Lin, M. (2022). Research Progress of Fermented Functional Foods And Protein Factory-Microbial Fermentation Technology. *Fermentation*, 8(12). <https://doi.org/10.3390/fermentation8120688>
- Tamara Tolic, M., Jurcevic, I. L., Krbavcic, I. P., Markovic, K., & Nada, V. (2015). Phenolic Content, Antioxidant Capacity and Quality of Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) Products. *Food Technol. Biotechnol*, 53(2), 171–179.
- Thi, N. Do, & Hwang, E. S. (2016). Effects Of Drying Methods On Contents Of Bioactive Compounds And Antioxidant Activities Of Black Chokeberries (*Aronia melanocarpa*). *Food Science and Biotechnology*, 25(1), 55–61. <https://doi.org/10.1007/s10068-016-0008-8>
- Tolić, M. T., Krbavčić, I. P., Vujević, P., Milinović, B., Jurčević, I. L., & Vahčić, N. (2017). Effects Of Weather Conditions On Phenolic Content And Antioxidant Capacity In Juice Of Chokeberries (*Aronia melanocarpa* L.). *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 67(1), 67–74. <https://doi.org/10.1515/pjfn-2016-0009>
- Torres, S., Verón, H., Contreras, L., & Isla, M. I. (2020). An Overview Of Plant-Autochthonous Microorganisms And Fermented Vegetable Foods. *Food Science and Human Wellness*, 9(2), 112–123. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2020.02.006>

- Ulusal Bayram, H. (2018). Gümüşhane Pestil Ve Kömesinin Üretim Yöntemlerinin Ve Kalite Parametrelerinin İncelenmesi [Yüksek Lisans]. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.121>
- Valenzuela, C., & Aguilera, J. M. (2015). Effects Of Maltodextrin On Hygroscopicity And Crispness Of Apple Leathers. *Journal of Food Engineering*, 144, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.07.010>
- Villaño, D., Fernández-Pachón, M. S., Moyá, M. L., Troncoso, A. M., & García-Parrilla, M. C. (2007). Radical Scavenging Ability Of Polyphenolic Compounds Towards DPPH Free Radical. *Talanta*, 71(1), 230–235. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2006.03.050>
- Wang, L., Wang, R., Dong, J., Wang, Y., Huang, X., & Chen, C. (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. <https://doi.org/10.1016/j.cjac.2023.100301>
- Wangensteen, H., Bräunlich, M., Nikolic, V., Malterud, K. E., Slimestad, R., & Barsett, H. (2014). Anthocyanins, Proanthocyanidins And Total Phenolics In Four Cultivars Of Aronia: Antioxidant And Enzyme Inhibitory Effects. *Journal of Functional Foods*, 7(1), 746–752. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.02.006>
- Wu, X., Gu, L., Prior, R. L., & McKay, S. (2004). Characterization Of Anthocyanins And Proanthocyanidins In Some Cultivars Of Ribes, Aronia, And Sambucus And Their Antioxidant Capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(26), 7846–7856. <https://doi.org/10.1021/jf0486850>
- Xu, J., Peng, S., Xiong, Y., Zheng, Z., Liu, M., Xu, J., Chen, W., Liu, M., Kong, J., Wang, C., Wang, Y., Rao, L., Zhao, L., & Liao, X. (2024). A Review On Fermented Vegetables: Microbial Community And Potential Upgrading

Strategy Via Inoculated Fermentation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23(3). <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13362>

Yang, F., Chen, C., Ni, D., Yang, Y., Tian, J., Li, Y., Chen, S., Ye, X., & Wang, L. (2023). Effects Of Fermentation On Bioactivity And The Composition Of Polyphenols Contained In Polyphenol-Rich Foods: A Review. *Foods*, 12(17). <https://doi.org/10.3390/foods12173315>

Yavilioğlu, Y. (2017). Tam Tahıl Unlarının Pestil Üretiminde Kullanım İmkânının Araştırılması [Yüksek Lisans Tezi]. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Yıldız, H., Bektaş, N. H., & Güngör, N. (2010). Total Phenolic Content, Antioxidant Activity, Some Physical and Chemical Properties of Pestil. *Asian Journal of Chemistry*, 22(1), 448–454. <https://www.researchgate.net/publication/289196364>

Yılmaz, A., Güler, E., Soydemir, H. E., Demirel, S., Mollahaliloğlu, S., Karadeniz, T., & Vahdettin Çiftçi. (2021). Miracle Plant: Black Chokeberry (*Aronia melanocarpa*). *MAS Journal of Applied Sciences*, 6(1), 83–94. <https://doi.org/10.52520/masjaps.20>

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 and Emerging Technologies*, 47, 249–255. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.03.009>

Yuan, X., Wang, T., Sun, L., Qiao, Z., Pan, H., Zhong, Y., & Zhuang, Y. (2024). Recent Advances Of Fermented Fruits: A Review On Strains, Fermentation Strategies, And Functional Activities. *Food Chemistry: X*, 22. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101482>

Zhang, Y., Zhao, Y., Liu, X., Chen, X., Ding, C., Dong, L., Zhang, J., Sun, S., Ding, Q., Khatoom, S., Cheng, Z., Liu, W., Shen, L., & Xiao, F. (2021). Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) As A New Functional Food Relationship With Health: An Overview. *Journal of Future Foods*, 1(2), 168–178. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2022.01.006>

Zheng, W., & Wang, S. Y. (2003). Oxygen Radical Absorbing Capacity Of Phenolics In Blueberries, Cranberries, Chokeberries, And Lingonberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(2), 502–509.
<https://doi.org/10.1021/jf020728u>



TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca bilgi ve tecrübeleriyle beni destekleyen, sürekli araştırmaya teşvik eden, değerli tavsiyeleriyle yol gösteren Sevgili Danışman Hocam Doç. Dr. Seda ERSUS'a

Araştırmalarım sırasında çalışmalarımı yakından takip ederek değerli görüşlerini benimle paylaşan ve tezime katkı sağlayan Saygıdeğer Hocam Prof. Dr. Sait SARGIN'a

Tez faaliyetlerim gereğince deneysel çalışmalarım, üretimlerimde ve analizlerimde yanımda büyük bir özveri ile yer alarak beni yönlendiren, her konuda öneri ve eleştirileriyle çalışmamın olgunlaşmasına katkıda bulunan Değerli Hocalarım Dr. İdil TEKİN ve Ayça AKYÜZ ile Canım Ekip Arkadaşlarım Büşra YILMAZ, Berfu AZAK, Öykü KILIÇ ve Zülal AKSOY'a

Araştırmam boyunca mali kaynak sağlayarak, tez çalışmama destek olan Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine,

Hayatım boyunca her kararına saygı duyan, bana her zaman güvenen, cesaretlendiren ve sevgileriyle destek sağlayan Canım Ailem ve Arkadaşlarıma,

Son olarak bize sağladığı hak ve özgürlükler ışığında eğitim hayatım boyunca yolumu aydınlatan Ulu Önder Mustafa Kemal ATATÜRK'e teşekkürü borç bilirim.

11 / 09 / 2024

Eylül Elif METİNER

ÖZGEÇMİŞ

EĞİTİM BİLGİLERİ

EGE ÜNİVERSİTESİ

2021 – 2024 **YÜKSEK LİSANS DERECEŚİ**

Gıda Mühendisliği (3.57/4)

2019 – 2022 **LİSANS DERECEŚİ**

Biyomühendislik (3.42/4)

2016 – 2021 **LİSANS DERECEŚİ**

Gıda Mühendisliği (3.50/4)

DENEYİMLER

2024 **PINAR SU SANAYİ VE TİCARET A.Ş.**

ARGE Departmanı – Proje Asistanlığı – 6 Ay

2023 **DİMES GIDA SANAYİ VE TİCARET A.Ş.**

Kalite Kontrol Departmanı – Mühendislik Stajı – 12 Ay

2021 **İZMİR İL TARIM VE ORMAN MÜDÜRLÜĞÜ**

Yaz Stajı – 1 Ay

SERTİFİKALAR

2022 ARGE Projeleri Eğitimi

2020 HACCP İlkesi ve Temel Kavramlar

2019 İyi Hijyen Uygulamaları (GHP)

2019 ISO 22000:2018 Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi

2019 ISO 9001:2015 Kalite Yönetim Sistemi

PROJELER, YAYINLAR VE BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR

2024 INTERNATIONAL SUSTAINABILITY IN LIFE CONGRESS

- Effect of Hydrocolloid Utilization on the Production of Aronia (*Aronia melanocarpa*) Fruit Leather via Various Formulations

2023 11. EUROSIA INTERNATIONAL CONGRESS ON SCIENTIFIC RESEARCH AND RECENT TRENDS

- Production of Functional Cookies from Pomegranate and Grape Waste

2023 BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJESİ (BAP)

- Fermente Edilmiş Aronya (*Aronia melanocarpa*) Meyvesinden Geleneksel Yöntemle ve Hidrokolloid Eklenerek Pestil Üretimi Ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi

2022 SÜRDÜRÜLEBİLİR GIDA SİSTEMLERİ KONGRESİ

- Nohut ve Soya Protein Konsantrlerinin Farklı Kurutma Teknikleriyle Kurutularak Kalite Özelliklerinin İncelenmesi

2022 ULUSAL MEYVECİLİK SEMPOZYUMU

- Pastörizasyon İşlemi Uygulanan Kuru Trabzon Hurmalarının Depolama Süresince Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi

2021 BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJESİ (BAP)

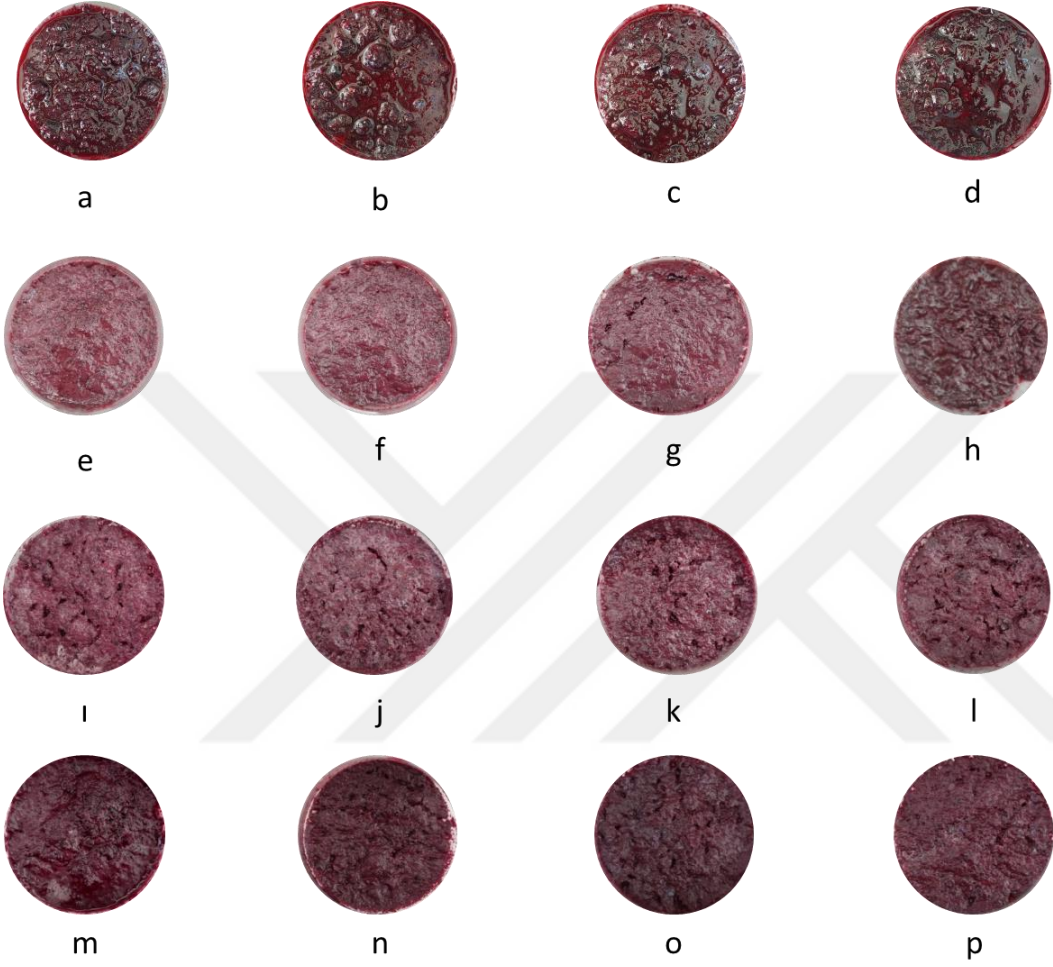
- Farklı Kurutma Yöntemleriyle Meyve Kabuğu Tozu Elde Edilmesi: Fiziksel Özellikler, Toz Ürün Özelliği ve Kurutma Yöntemlerinin Enerji Verimliliği Yönünden İncelenmesi

2020 - TÜBİTAK PROJESİ

- Ebegümeçi Yapağından Alternatif Bitkisel Protein Tozu Üretimi ve Farklı Yöntemlerle Protein İzolasyonunun Optimizasyonu

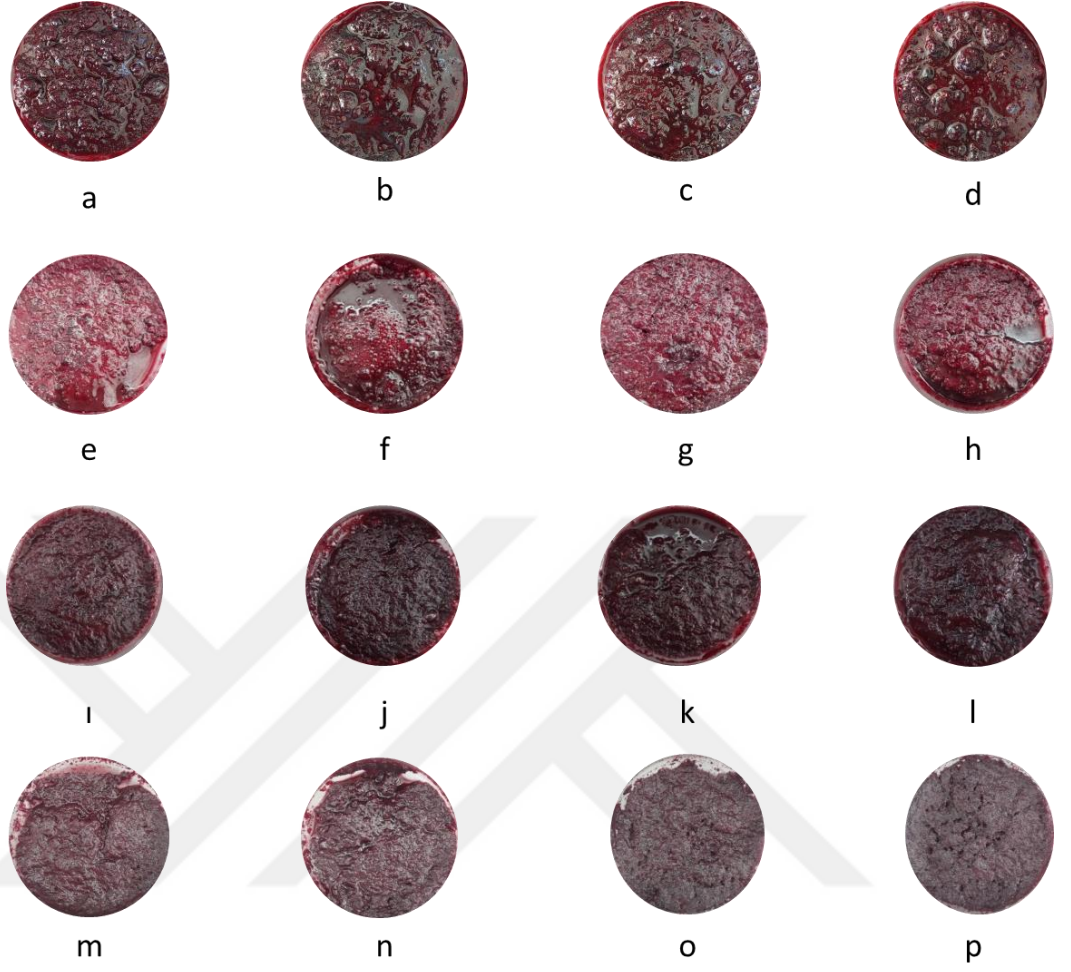
EKLER

EK 1. Farklı şeker oranlarında %4 inokulum oranında fermente edilmiş aronya püreleri



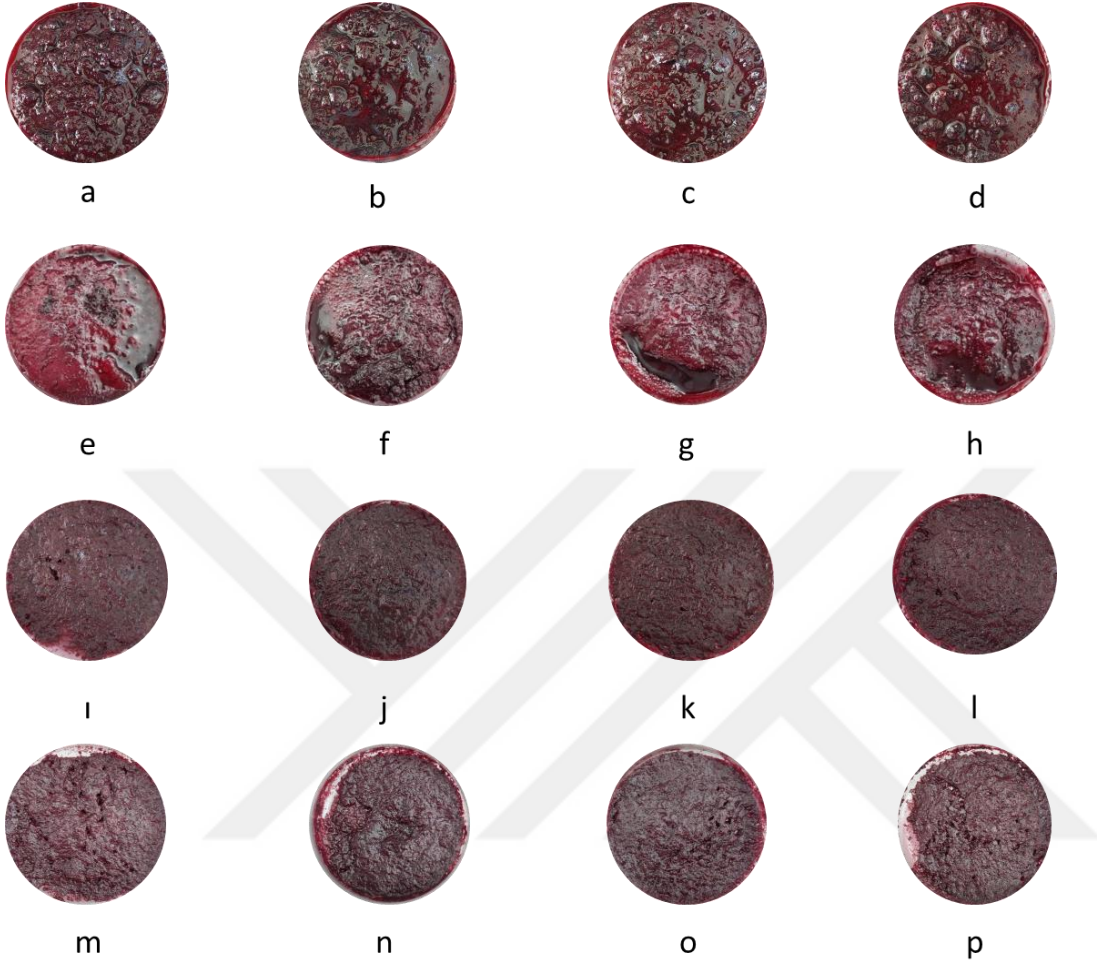
a) Sıfırıncı gün şekerless örnek; (b) Sıfırıncı gün %5 şekerli örnek; (c) Sıfırıncı gün %10 şekerli örnek; (d) Sıfırıncı gün %20 şekerli örnek; (e) Üçüncü gün şekerless örnek; (f) Üçüncü gün %5 şekerli örnek; (g) Üçüncü gün %10 şekerli örnek; (h) Üçüncü gün %20 şekerli örnek; (ı) Altıncı gün şekerless örnek; (j) Altıncı gün %5 şekerli örnek; (k) Altıncı gün %10 şekerli örnek; (l) Altıncı gün %20 şekerli örnek; (m) Dokuzuncu gün şekerless örnek; (n) Dokuzuncu gün %5 şekerli örnek; (o) Dokuzuncu gün %10 şekerli örnek; (p) Dokuzuncu gün %20 şekerli örnek.

EK 2. Farklı şeker oranlarında %2 inokulum oranında fermente aronya püreleri



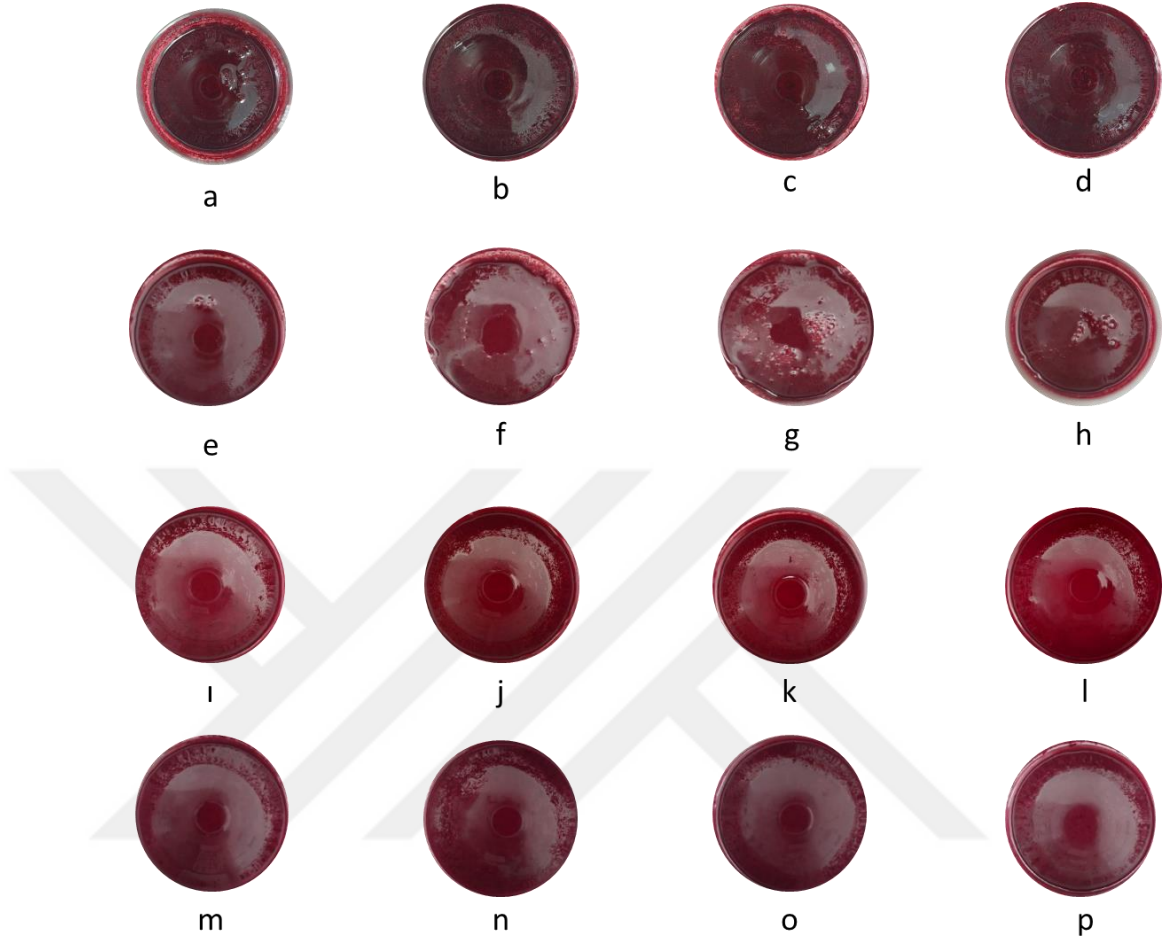
a) Sıfırıncı gün şekersiz örnek; (b) Sıfırıncı gün %5 şekerli örnek; (c) Sıfırıncı gün %10 şekerli örnek; (d) Sıfırıncı gün %20 şekerli örnek; (e) Üçüncü gün şekersiz örnek; (f) Üçüncü gün %5 şekerli örnek; (g) Üçüncü gün %10 şekerli örnek; (h) Üçüncü gün %20 şekerli örnek; (ı) Altıncı gün şekersiz örnek; (j) Altıncı gün %5 şekerli örnek; (k) Altıncı gün %10 şekerli örnek; (l) Altıncı gün %20 şekerli örnek; (m) Dokuzuncu gün şekersiz örnek; (n) Dokuzuncu gün %5 şekerli örnek; (o) Dokuzuncu gün %10 şekerli örnek; (p) Dokuzuncu gün %20 şekerli örnek.

EK 3. Farklı şeker oranlarında %1 inokulum oranında fermente edilmiş aronya püreleri



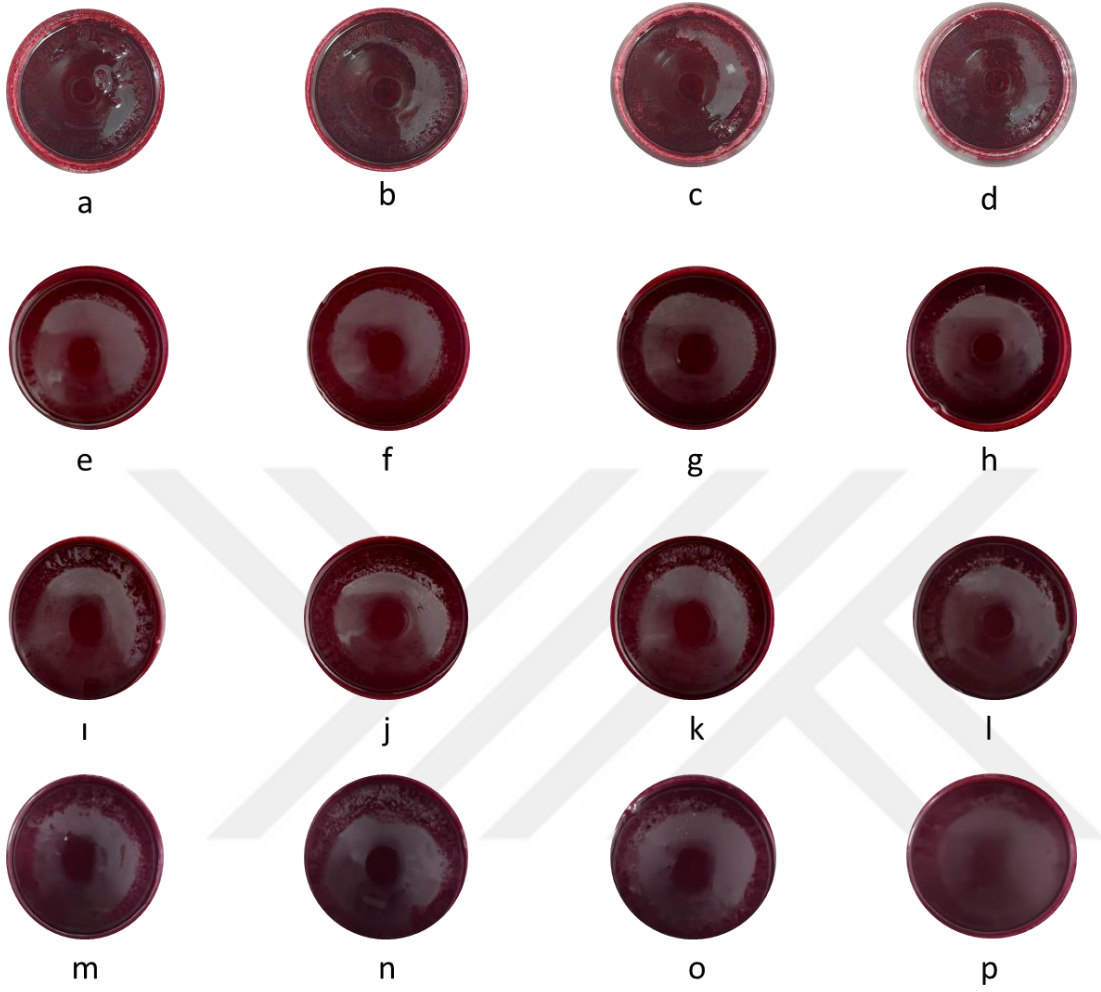
a) Sıfırıncı gün şekersiz örnek; (b) Sıfırıncı gün %5 şekerli örnek; (c) Sıfırıncı gün %10 şekerli örnek; (d) Sıfırıncı gün %20 şekerli örnek; (e) Üçüncü gün şekersiz örnek; (f) Üçüncü gün %5 şekerli örnek; (g) Üçüncü gün %10 şekerli örnek; (h) Üçüncü gün %20 şekerli örnek; (ı) Altıncı gün şekersiz örnek; (j) Altıncı gün %5 şekerli örnek; (k) Altıncı gün %10 şekerli örnek; (l) Altıncı gün %20 şekerli örnek; (m) Dokuzuncu gün şekersiz örnek; (n) Dokuzuncu gün %5 şekerli örnek; (o) Dokuzuncu gün %10 şekerli örnek; (p) Dokuzuncu gün %20 şekerli örnek.

EK 4. Farklı şeker oranlarında %4 inokulum oranında sulandırılmış fermente aronya püreleri



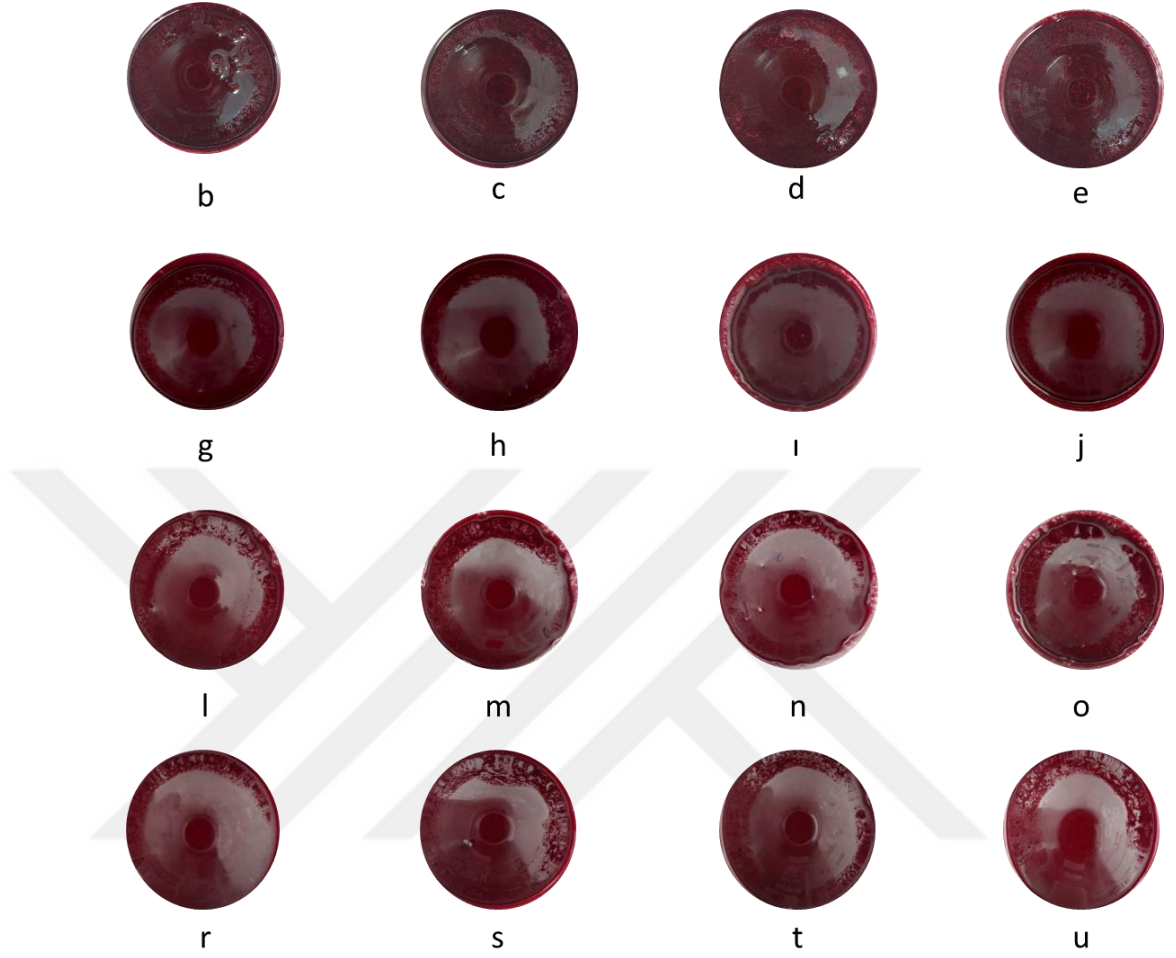
a) Sıfırıncı gün şekerless örnek; (b) Sıfırıncı gün %5 şekerli örnek; (c) Sıfırıncı gün %10 şekerli örnek; (d) Sıfırıncı gün %20 şekerli örnek; (e) Üçüncü gün şekerless örnek; (f) Üçüncü gün %5 şekerli örnek; (g) Üçüncü gün %10 şekerli örnek; (h) Üçüncü gün %20 şekerli örnek; (i) Altıncı gün şekerless örnek; (j) Altıncı gün %5 şekerli örnek; (k) Altıncı gün %10 şekerli örnek; (l) Altıncı gün %20 şekerli örnek; (m) Dokuzuncu gün şekerless örnek; (n) Dokuzuncu gün %5 şekerli örnek; (o) Dokuzuncu gün %10 şekerli örnek; (p) Dokuzuncu gün %20 şekerli örnek.

EK 5. Farklı şeker oranlarında %2 inokulum oranında sulandırılmış fermente aronya püreleri



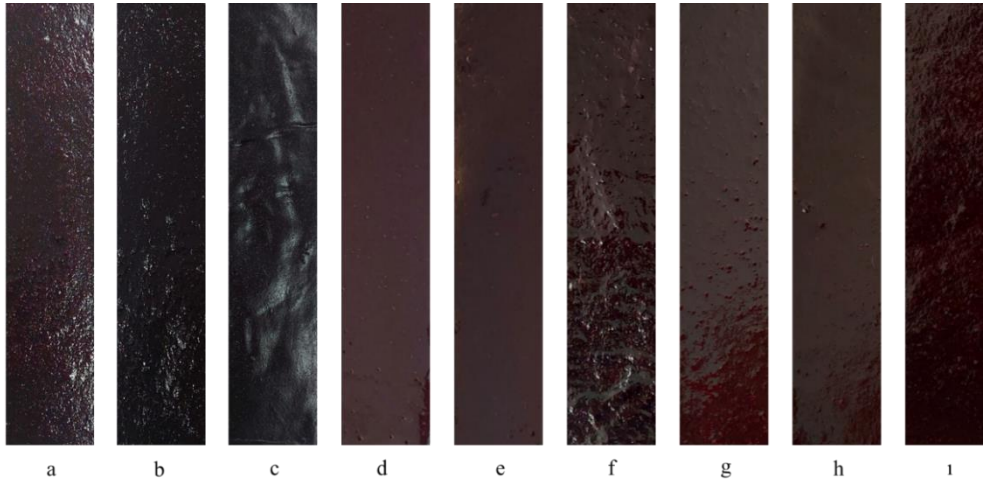
a) Sıfırıncı gün şekerless örnek; (b) Sıfırıncı gün %5 şekerli örnek; (c) Sıfırıncı gün %10 şekerli örnek; (d) Sıfırıncı gün %20 şekerli örnek; (e) Üçüncü gün şekerless örnek; (f) Üçüncü gün %5 şekerli örnek; (g) Üçüncü gün %10 şekerli örnek; (h) Üçüncü gün %20 şekerli örnek; (i) Altıncı gün şekerless örnek; (j) Altıncı gün %5 şekerli örnek; (k) Altıncı gün %10 şekerli örnek; (l) Altıncı gün %20 şekerli örnek; (m) Dokuzuncu gün şekerless örnek; (n) Dokuzuncu gün %5 şekerli örnek; (o) Dokuzuncu gün %10 şekerli örnek; (p) Dokuzuncu gün %20 şekerli örnek.

EK 6. Farklı şeker oranlarında %1 inokulum oranında sulandırılmış fermente aronya püreleri



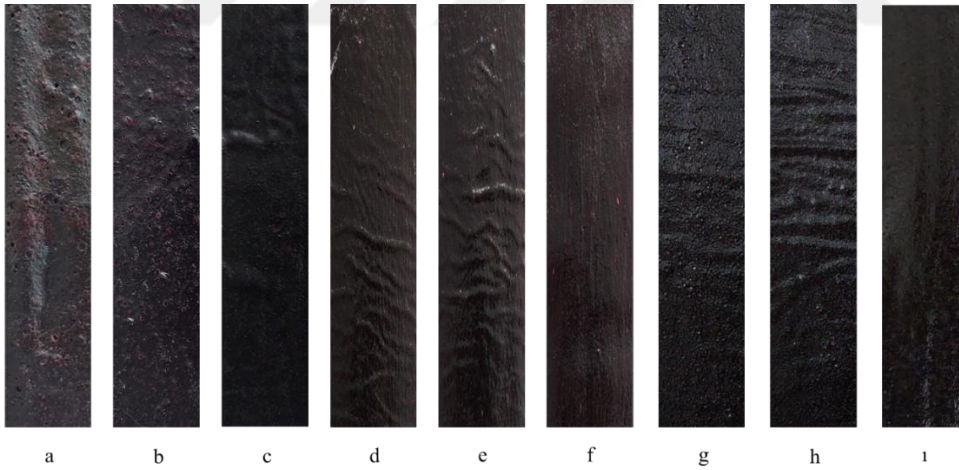
a) Sıfırıncı gün şekersiz örnek; (b) Sıfırıncı gün %5 şekerli örnek; (c) Sıfırıncı gün %10 şekerli örnek; (d) Sıfırıncı gün %20 şekerli örnek; (e) Üçüncü gün şekersiz örnek; (f) Üçüncü gün %5 şekerli örnek; (g) Üçüncü gün %10 şekerli örnek; (h) Üçüncü gün %20 şekerli örnek; (ı) Altıncı gün şekersiz örnek; (j) Altıncı gün %5 şekerli örnek; (k) Altıncı gün %10 şekerli örnek; (l) Altıncı gün %20 şekerli örnek; (m) Dokuzuncu gün şekersiz örnek; (n) Dokuzuncu gün %5 şekerli örnek; (o) Dokuzuncu gün %10 şekerli örnek; (p) Dokuzuncu gün %20 şekerli örnek.

EK 7. Pişirme işlemi sonrası hazırlanan aronya herleleri



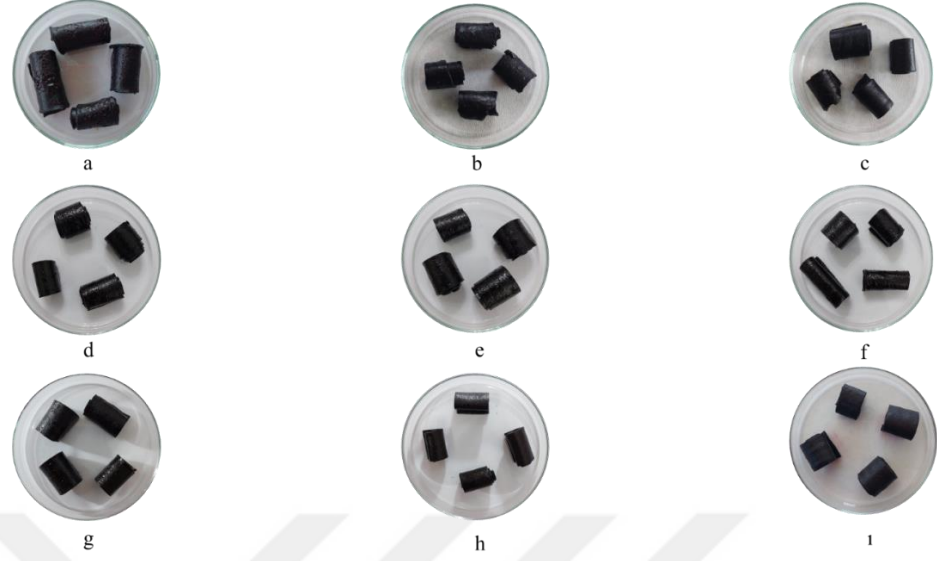
- a) %4 Nişasta b) %6 Nişasta c) %8 Nişasta d) %1 Ksantan Gam e) %1,5 Ksantan Gam
f) %2 Ksantan Gam g) %1 Guar Gam h) %1,5 Guar Gam i) %2 Guar Gam

EK 8. Kurutma işlemi sonrası aronya pestilleri



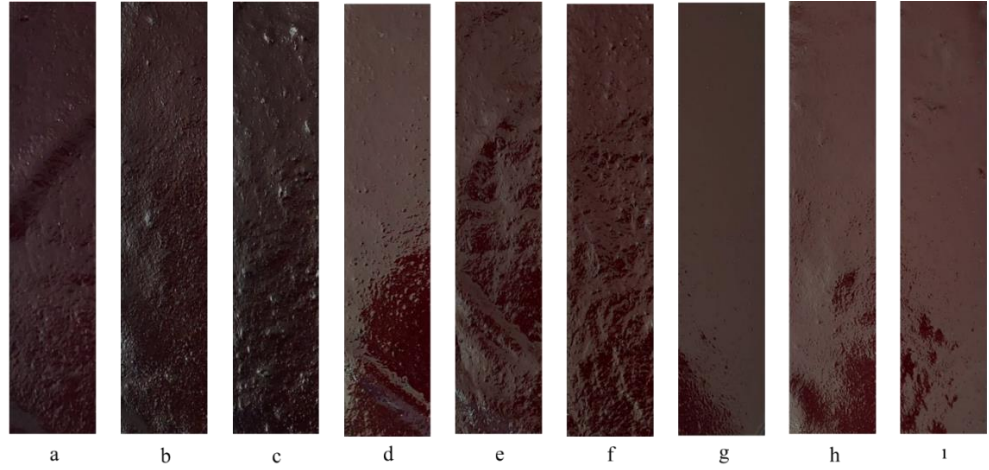
- a) %4 Nişasta b) %6 Nişasta c) %8 Nişasta d) %1 Ksantan Gam e) %1,5 Ksantan Gam
f) %2 Ksantan Gam g) %1 Guar Gam h) %1,5 Guar Gam i) %2 Guar Gam

EK 9. Kesme ve katlama işlemi sonrası rulo haline getirilen aronya pestilleri



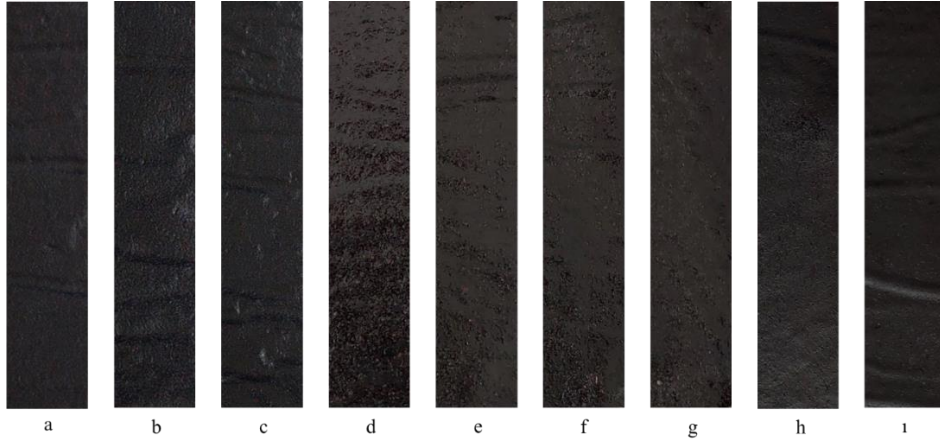
a) %4 Nişasta b) %6 Nişasta c) %8 Nişasta d) %1 Ksantan Gam e) %1,5 Ksantan Gam
f) %2 Ksantan Gam g) %1 Guar Gam h) %1,5 Guar Gam i) %2 Guar Gam

EK 10. Pişirme işlemi sonrası hazırlanan fermente aronya herleleri



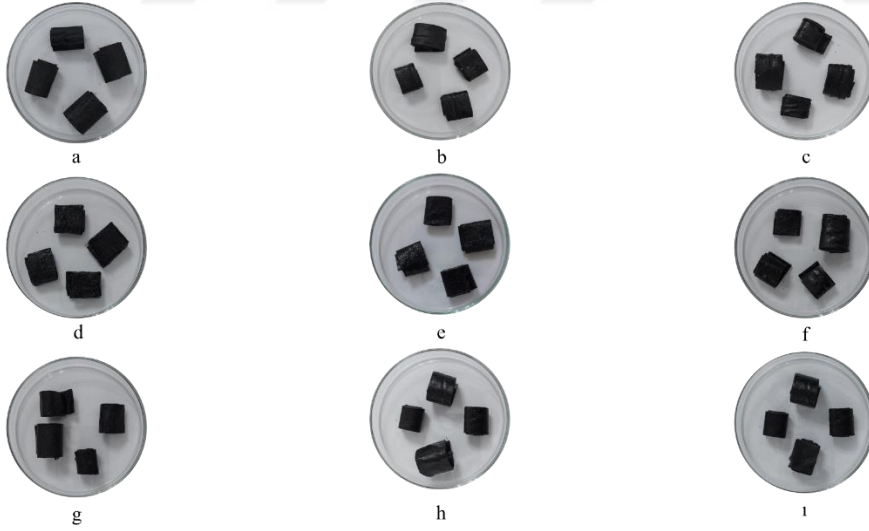
a) %4 Nişasta b) %6 Nişasta c) %8 Nişasta d) %1 Ksantan Gam e) %1,5 Ksantan Gam
f) %2 Ksantan Gam g) %1 Guar Gam h) %1,5 Guar Gam i) %2 Guar Gam

EK 11. Kurutma işlemi sonrası fermente aronya pestilleri



- a) %4 Nişasta b) %6 Nişasta c) %8 Nişasta d) %1 Ksantan Gam e) %1,5 Ksantan Gam
f) %2 Ksantan Gam g) %1 Guar Gam h) %1,5 Guar Gam i) %2 Guar Gam

EK 12. Kesme ve katlama işlemi sonrası rulo haline getirilen fermente aronya pestilleri

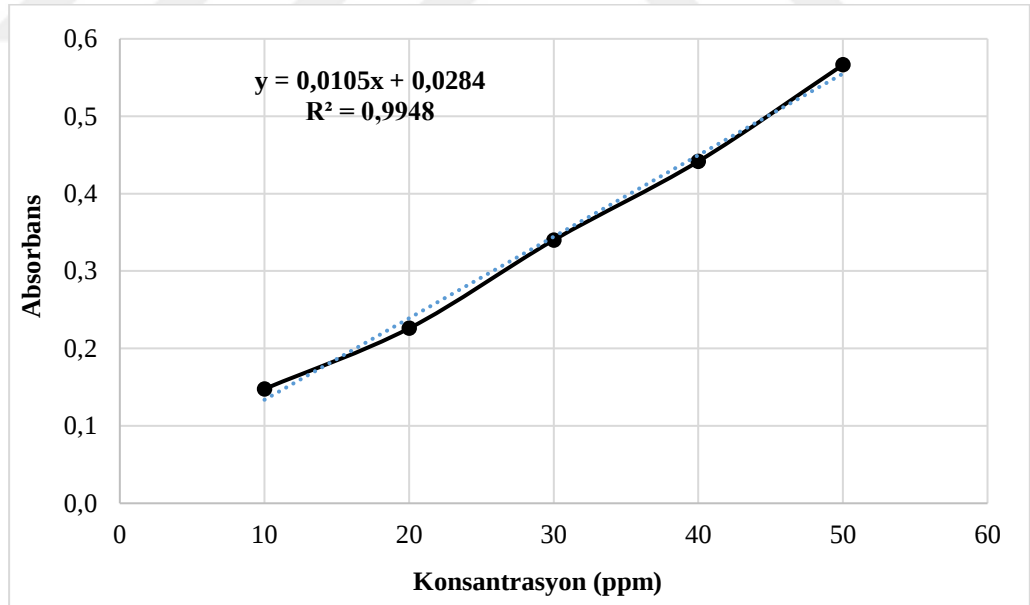


- a) %4 Nişasta b) %6 Nişasta c) %8 Nişasta d) %1 Ksantan Gam e) %1,5 Ksantan Gam
f) %2 Ksantan Gam g) %1 Guar Gam h) %1,5 Guar Gam i) %2 Guar Gam

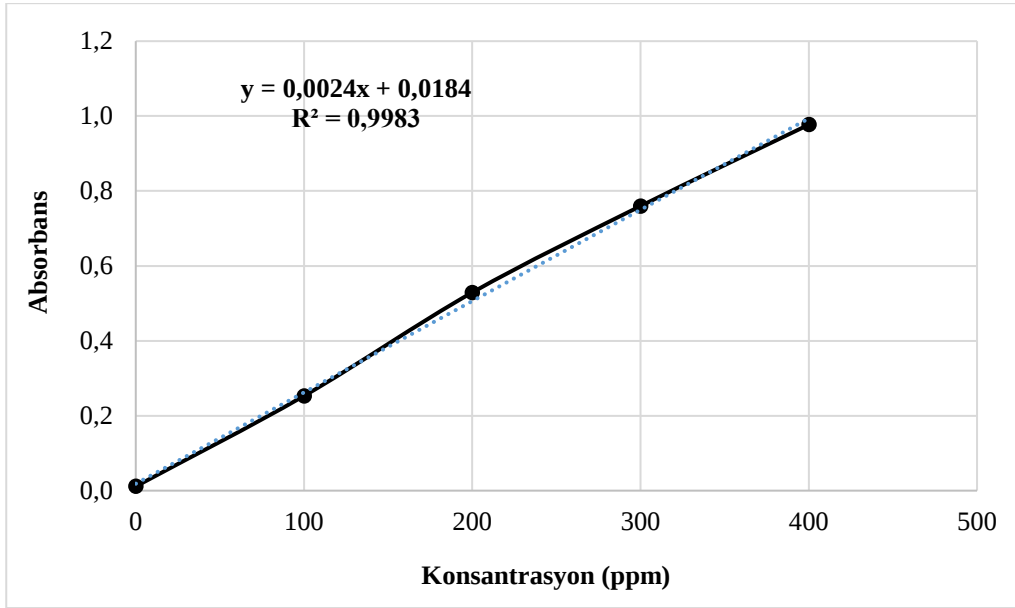
EK 13. *S. cerevisiae* için optik yoğunluk grafiği



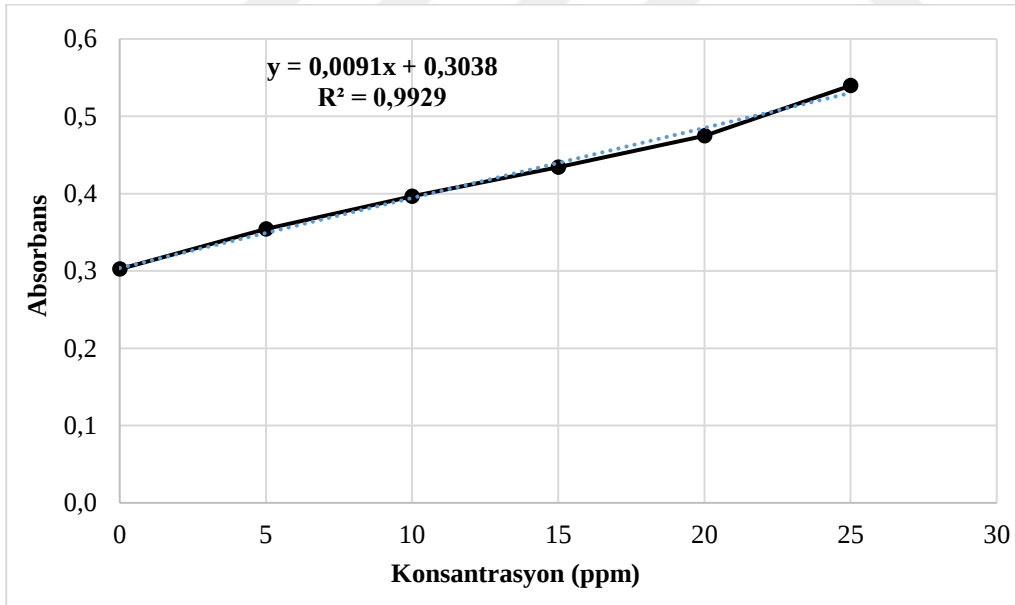
EK 14. Gallik asit konsantrasyonu kalibrasyon eğrisi



EK 15. Kateşin konsantrasyonu kalibrasyon eğrisi



EK 16. Glikoz konsantrasyonu kalibrasyon eğrisi



EK 17. Aronya pestiline ait duyuusal analiz formu

LÜTFEN BU DÖKÜMANI DİKKATLİCE OKUMAK İÇİN ZAMAN AYIRINIZ

Sizi Doç. Dr. Seda ERSUS tarafından yürütülen “Fermente Edilmiş Aronya (*Aronia melanocarpa*) Meyvesinden Geleneksel Yöntemle ve Hidrokolloid Eklenerek Pestil Üretimi ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi” başlıklı ve 28415 No’lu Yüksek Lisans Tez Projesi’ne davet ediyoruz. Bu araştırmaya katılıp katılmama kararını vermeden önce, araştırmanın neden ve nasıl yapılacağını bilmeniz gerekmektedir. Bu nedenle bu formun okunup anlaşılması büyük önem taşımaktadır. Eğer anlayamadığınız ve sizin için açık olmayan şeyler varsa, ya da daha fazla bilgi isterseniz bize sorunuz.

Bu çalışmaya katılmak tamamen **gönüllülük** esasına dayanmaktadır. Çalışmaya **katılmama** veya katıldıktan sonra herhangi bir anda çalışmadan **çıkma** hakkında sahipsiniz. **Çalışmayı yanıtlamanız, araştırmaya katılım için onam verdiğiniz** biçiminde yorumlanacaktır. Size verilen **formlardaki** soruları yanıtlarken kimsenin baskısı veya telkini altında olmayın. Bu formlardan elde edilecek kişisel bilgiler tamamen gizli tutulacak ve yalnızca araştırma amacı ile kullanılacaktır.

Panelistin Adı-Soyadı:

Tarih:

Açıklama: Size 3 farklı pestil örneği sunulmuştur. Lütfen örneklerin renk, doku, lezzet, yapışkanlık ve genel beğeni özelliklerini değerlendirip sıralayınız.

Renk		
	Sıra	Örnek Kodu
En Koyu	1	
	2	
En Açık	3	

Doku		
	Sıra	Örnek Kodu
En Sert	1	
	2	
En Yumuşak	3	

Lezzet		
	Sıra	Örnek Kodu
En Çok	1	
	2	
En Az	3	

Yapışkanlık		
	Sıra	Örnek Kodu
En Çok	1	
	2	
En Az	3	

Genel Beğeni		
	Sıra	Örnek Kodu
Çok Beğendim	1	
	2	
Az Beğendim	3	

EK 18. BAP Proje Kabul Yazısı

T.C.

Ege Üniversitesi REKTÖRLÜĞÜ

Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Koordinatörlüğü

Konu: Yürürlüğe giren proje öneriniz

10.02.2023

Sayın Doç. Dr. Seda ERSUS,

Aşağıda bilgileri özetlenen proje önerinize yönelik değerlendirme süreci tamamlanmış ve BAP Komisyonu tarafından desteklenmesi uygun görülen projeniz, proje sözleşmesinin Rektörlük Makamı tarafından onaylanmasıyla yürürlüğe girmiş bulunmaktadır.

Tebrik eder, çalışmalarınızda başarılar dilerim.

Saygılarımla,

Koordinatör Doç. Dr. İskender İNCE

Proje Bilgileri

Proje no	28415
Proje adı	Fermente Edilmiş Aronya (Aronia melanocarpa) Meyvesinden Geleneksel Yöntemle ve Hidrokolloid Eklenecek Pestil Üretimi ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi
Proje türü	Tez Projesi, Yüksek Lisans
Proje grubu	Fen Ve Mühendislik
Proje süresi	24 ay
Başlangıç tarihi	06.02.2023
Proje bütçesi	₺24.998,96
Proje yürütücüsü	Doç. Dr. Seda ERSUS
Araştırmacılar	Lisansüstü Öğrencisi Eylül Elif METİNER