“ARONYA (*Aronia melanocarpa)* PESTİLİ ÜRETİMİNDE YANIT YÜZEY YÖNTEMİ İLE BİLEŞEN OPTİMİZASYONU: FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE İN VİTRO BİYOERİŞİLEBİLİRLİKLERİNİN BELİRLENMESİ”

Ayşenur DOGAN

T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

"ARONYA (*Aronia melanocarpa)* PESTİLİ ÜRETİMİNDE YANIT YÜZEY YÖNTEMİ İLE BİLEŞEN OPTİMİZASYONU: FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE İN VİTRO BİYOERİŞİLEBİLİRLİKLERİNİN BELİRLENMESİ"

Ayşenur DOGAN
0009-0003-7536-5186

Doç. Dr. Senem SUNA
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2024
Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Ayşenur DOGAN tarafından hazırlanan "ARONYA (*Aronia melanocarpa)* PESTİLİ ÜRETİMİNDE YANIT YÜZEY YÖNTEMİ İLE BİLEŞEN OPTİMİZASYONU: FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE İN VİTRO BİYOERİŞİLEBİLİRLİKLERİNİN BELİRLENMESİ" " adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Senem SUNA

Başkan	**:**	Prof. Dr. Ömer Utku ÇOPUR 0000-0002-1951-7937 Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı	İmza
Üye	**:**	Doç. Dr. Senem SUNA 0000-0002-6947-2167 Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı	İmza
Üye	**:**	Dr. Adnan Fatih DAĞDELEN 0000-0002-6777-273X Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı	İmza
Üye	**:**	Aaaaa. Dr. Aaaaaaaa AAAAAAAA 000-000-000-000 Aaaaaaaaa Üniversitesi, Aaaaaaaaaaaa Fakültesi, Aaaaaaaa Aaaaaaaaaaa Anabilim Dalı	İmza
Üye	**:**	Aaaaa. Dr. Aaaaaaaa AAAAAAAA 000-000-000-000 Aaaaaaaaa Üniversitesi, Aaaaaaaaaaaa Fakültesi, Aaaaaaaa Aaaaaaaaaaa Anabilim Dalı	İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ali KARA
Enstitü Müdürü
../../….

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

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

beyan ederim.

…/…/……

Ayşenur DOGAN

TEZ YAYINLANMA
FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

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

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

Doç. Dr. Senem SUNA	Ayşenur DOGAN
Tarih	Tarih
İmza	İmza
Bu bölüme kişinin kendi el yazısı ile okudum anladım yazmalı ve imzalanmalıdır.	Bu bölüme kişinin kendi el yazısı ile okudum anladım yazmalı ve imzalanmalıdır.

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ TEZ TANITIMI
ÖĞRENCİ VE DANIŞMAN FORMU

FR 3.4.6_27

ÖĞRENCİ
Adı SOYADI : Ayşenur DOGAN
ÜNVANI : Gıda Mühendisi
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ABD
E-POSTA: 502108014@ogr.uludag.edu.tr
PROGRAMI:YÜKSEK LİSANS/
~~DOKTORA~~
ORCID : 0009-0003-7536-5186

TÜBİTAK ID :0159-3088
WOS RESEARCHER ID :
SCOPUS AUTHOR ID :
Google Scholar ID :

DANIŞMAN
Adı SOYADI : Senem SUNA
ÜNVANI : Doç. Dr.
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ABD
E-POSTA : syonak@uludag.edu.tr
YÖKSİS ARAŞTIRMACI ID : 168305
ORCID :0000-0002-6947-2167
TÜBİTAK ID : TBTK-0026-8481
WOS RESEARCHER ID : AAQ-8178-2020
SCOPUS AUTHOR ID : 55512747500
Google Scholar ID :5IL8PjYAAAAJ

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ YÜKSEK LİSANS/~~DOKTORA EĞİTİMİ~~
BOYUNCA
BİLİMSEL ÇALIŞMALARI VE FAALİYETLERİ*

1. Gönüllü, S., Canik, C., Karatay, H., **Dogan, A.,** Suna, S., Çopur, Ö.U. **2022.** Ceviz Sütü Kullanımı ile Alternatif Vegan Sütlaç Üretimi Üzerine Bir Araştırma. "12. Gıda Mühendisliği Öğrenci Kongresi"……
2. ……
3. ……
4. ……
5. ……
6. ……
7. ……
8. ……
9. ……
10. ……
11. ……
12. ……

*Makaleler, Bilimsel toplantılarda sunulan bildiriler, patentler, projeler, eğitimler vb. faaliyetler sıralanmalıdır.

BİRLEŞMİŞ MİLLETLER SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA HEDEFLERİ

☐

Anahtar Kelimeler

☐

Anahtar Kelimeler

■

Alzheimer's Disease (Alzheimer Hastalığı) Food Insecurity (Gıda Güvensizliği)

☐

Anahtar Kelimeler

☐

Anahtar Kelimeler

☐

Anahtar Kelimeler

☐

Anahtar Kelimeler

☐

Anahtar Kelimeler

☐

Anahtar Kelimeler

☐

Anahtar Kelimeler

☐

Anahtar Kelimeler

■

Urbain Agriculture (Kentsel Tarım), Sharing Economy (Paylaşım Ekonomisi)

■

Biological Control (Biyolojik Kontrol), Internal Erosion (İç Erozyon)

☐

Anahtar Kelimeler

☐

Anahtar Kelimeler

☐

Anahtar Kelimeler

■

Sustainable Development, (Sürdürülebilir Kalkınma)

Anahtar kelimeler aşağıdaki bağlantı üzerinden seçilecektir.
https://incites.help.clarivate.com/Content/Resources/Docs/SDG2023.xlsx

ÖZET

Yüksek Lisans/~~Doktora Tezi~~

ARONYA (*Aronia melanocarpa)* PESTİLİ ÜRETİMİNDE YANIT YÜZEY YÖNTEMİ İLE BİLEŞEN OPTİMİZASYONU: FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE İN VİTRO BİYOERİŞİLEBİLİRLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Ayşenur DOGAN

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Senem SUNA

Bu çalışmada, yeni bir formülasyon olarak sakkaroz ve stevya ile üretilen aronya pestilinde vakumla kurutma proses koşullarının yanıt yüzey yöntemi kullanılarak optimize edilmesi ve elde edilen ürünlerin toplam fenolik madde (TFM), toplam antioksidan kapasite (TAK) miktarlarının ortaya konularak, bu biyoaktif özelliklerin *in vitro* gastrointestinal sindirim süreci boyunca incelenmesi ve biyoerişilebilirliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Üretim koşullarının optimizasyonu için Box-Behnken deney tasarımı kullanılmış olup; bağımlı değişkenler TFM ve TAK (DPPH, CUPRAC, FRAP yöntemleri ile); bağımsız değişkenler ise sırasıyla kurutma sıcaklığı (60-70°C), vakum miktarı (200-300 mbar) ve pestil kalınlığı (2-4 mm) olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte bağımlı değişkenler ayrıca mide ve bağırsak sindirimi süreçlerinde analiz edilmiştir.

Aronya meyvesi, pestil ürününe işlendiğinde genel olarak L*, a*, b*, Kroma ve Hue değerlerinde artış gözlenmiştir ($p<0,05$). Vakumla kurutma işleminin, TFM, TAK ve TMA üzerine olan etkisi fenolik bileşiklerin stabilitesine, gıda matrisinin fiziksel özelliklerine ve uygulanan parametrelere bağlı olarak değişim göstermiştir. Taze Aronya meyvesinin sindirim öncesi toplam fenolik madde (TFM) ve toplam antioksidan kapasite (TAK) değerleri, pestil örneklerine kıyasla daha yüksektir. Mide sindirimi sonrasında, hem taze Aronya meyvesinde hem de tüm pestil örneklerinde TFM miktarı azalmış, ancak bağırsak sindirimi sonrasında artış göstermiştir ($p<0,05$). Benzer bir şekilde, taze aronya meyvesinin TAK değerleri de mide sindirimi ile azalmış, fakat bağırsak sindirimi sonrasında artmıştır ($p<0,05$). Pestil örneklerinde ise DPPH değerleri mide sindirimi sonrasında azalmış, bağırsak sindirimi sonrasında artış göstermiştir. Buna karşın, CUPRAC ve FRAP değerleri pestillerde bağırsak sindirimi sonrasında da düşüş göstermeye devam etmiştir ($p<0,05$).

Pestillerin sindirim öncesi toplam fenolik madde (TFM) içerikleri, 172,61-183,00 mg GAE/100 g k.a arasında değişim göstermiştir. Antioksidan kapasite parametreleri açısından değerlendirildiğinde, DPPH değerleri 46,45-51,39 µmol Troloks/g k.a, CUPRAC değerleri 209,07-391,95 µmol Troloks/g k.a ve FRAP değerleri 153,47-187,42 µmol Troloks/g k.a aralığında değişim göstermiştir. Mide sindirimi sonrasında pestilerdeki TFM değişimi 113,44-109,25 mg GAE/100 g k.a arasında, bağırsak sindirimi sonrası 166,57-139,73 mg GAE/100 g k.a değişiklik göstermiştir. Sindirim sonrası toplam

antioksidan kapasite (TAK) değerleri, mide ve bağırsak sindirimi sonrasında önemli değişiklikler göstermiştir. Mide sindirimi sonrası DPPH yöntemi ile belirlenen TAK değerleri 2.53-2.92 µmol Troloks/g kuru ağırlık aralığında iken, bağırsak sindirimi sonrasında bu değerler 45.05-26.87 µmol Troloks/g kuru ağırlık arasında değişmiştir. CUPRAC yöntemi ile belirlenen TAK değerleri ise, mide sindirimi sonrası 104.68-241.71 µmol Troloks/g kuru ağırlık, bağırsak sindirimi sonrasında ise 53.13-104.20 µmol Troloks/g kuru ağırlık aralığında bulunmuştur. FRAP yöntemi ile elde edilen TAK değerleri mide sindirimi sonrasında 61.88-106.70 µmol Troloks/g kuru ağırlık, bağırsak sindirimi sonrasında ise 40.56-97.30 µmol Troloks/g kuru ağırlık arasında değişim göstermiştir. Yanıt yüzeyi yöntemi kullanılarak yanıtlar (TFM, TAK ve *in-vitro* biyoyararlanım) ile değişkenler arasındaki ilişki, yüksek R^2 değerlerine sahip indirgenmiş kuadratik, indirgenmiş kübik ve 2FI modellerine en iyi şekilde uymuştur. Yapılan duyusal analizde sonuçlar istatiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Elde edilen pestillerin biyoaktif özelliklerini belirleyerek, farklı kurutma parametrelerinin polifenoller ve antioksidan kapasite üzerindeki biyoyararlanım etkisi belirlenmiş ve üretilen pestillerin sağlıklı bir atıştırmalık olarak değerlendirilme potansiyeli araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Aronya pestili, Stevya, Vakum kurutma, Yanıt Yüzey Yöntemi, Fenolik bileşikler, Antioksidan kapasite, Biyoerişilebilirlik
2024, xv + 58 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

"OPTIMIZATION OF THE COMPONENTS IN THE PRODUCTION OF ARONIA *(Aronia melanocarpa)* PESTIL USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY: DETERMINATION OF PHYSOCOCHEMICAL PROPERTIES AND IN VITRO BIOACCESSIBILITY"

Ayşenur DOGAN

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

Supervisor: Doç. Dr. Senem SUNA

In this study, the aim was to optimize the vacuum drying process conditions for Aronia pestil, produced with sucrose and stevia as a new formulation, using the response surface methodology (RSM), and to evaluate the total phenolic content (TPC) and total antioxidant capacity (TAC), levels of the resulting products. Furthermore, the bioactive properties of these products were analyzed throughout the in vitro gastrointestinal digestion process to determine their bioaccessibility. The optimization of production conditions was carried out using a Box-Behnken experimental design, where the dependent variables were TPC and TAC (measured by DPPH, CUPRAC, and FRAP methods), and the independent variables were drying temperature (60-70°C), vacuum pressure (200-300 mbar), and pestil thickness (2-4 mm). Additionally, the dependent variables were analyzed during the gastric and intestinal digestion processes.

When Aronia berries are processed into pestil products, significant increases in L*, a*, b*, Chroma, and Hue values were observed ($p<0.05$). The effect of vacuum drying on TPC, TAC, and TMA varied depending on the stability of phenolic compounds, the physical properties of the food matrix, and the applied parameters. The total phenolic content (TPC) and total antioxidant capacity (TAC) values of fresh Aronia berries before digestion were higher compared to pestil samples. After gastric digestion, the TPC decreased in both fresh Aronia berries and all pestil samples, but increased after intestinal digestion ($p<0.05$). Similarly, the TAC values of fresh Aronia berries decreased after gastric digestion but increased after intestinal digestion ($p<0.05$). In pestil samples, DPPH values decreased after gastric digestion but increased after intestinal digestion. However, CUPRAC and FRAP values continued to decrease after intestinal digestion in the pestil samples ($p<0.05$).

The total phenolic content (TPC) of the pestils prior to digestion ranged between 172.61 and 183.00 mg GAE/100 g dry weight. In terms of antioxidant capacity parameters, DPPH values ranged from 46.45 to 51.39 µmol Trolox/g dry weight, CUPRAC values

ranged from 209.07 to 391.95 µmol Trolox/g dry weight, and FRAP values ranged from 153.47 to 187.42 µmol Trolox/g dry weight. After gastric digestion, the TPC in the pestils ranged from 113.44 to 109.25 mg GAE/100 g dry weight, while post-intestinal digestion, it ranged from 166.57 to 139.73 mg GAE/100 g dry weight. Significant changes in total antioxidant capacity (TAC) were observed after both gastric and intestinal digestion. Following gastric digestion, TAC values determined by the DPPH method ranged between 2.53 and 2.92 µmol Trolox/g dry weight, while post-intestinal digestion these values ranged between 45.05 and 26.87 µmol Trolox/g dry weight. TAC values determined by the CUPRAC method were between 104.68 and 241.71 µmol Trolox/g dry weight after gastric digestion and between 53.13 and 104.20 µmol Trolox/g dry weight post-intestinal digestion. TAC values obtained using the FRAP method ranged from 61.88 to 106.70 µmol Trolox/g dry weight after gastric digestion, and from 40.56 to 97.30 µmol Trolox/g dry weight post-intestinal digestion. The relationship between responses (TPC, TAC, and *in vitro* bioavailability) and variables was best explained by reduced quadratic, reduced cubic, and 2FI models with high R^2 values using the response surface methodology. The sensory analysis results were not found to be statistically significant. By determining the bioactive properties of the produced pestils, the effect of different drying parameters on the bioavailability of polyphenols and antioxidant capacity was assessed, and the potential of the produced pestils to be evaluated as a healthy snack was explored.

Keywords: Aronia (*Aronia melanocarpa*), Pestil, Response Surface Methodology, Phenolic Compounds, Total Antioxidant Capacity, Bioaccessibility, Drying kinetics.

ÖNSÖZ ve/veya TEŞEKKÜR

Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimime başladığım ilk günden itibaren benden desteğini hiçbir zaman esirgemeyen eğitim süreci boyunca engin tecrübe ve bilgileri ile bana yol gösteren, motive eden, öz güvenimin artmasını sağlayan danışmanım Sayın Doç. Dr. Senem SUNA'ya sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tez dönemim boyunca çalışmalarıma destek veren Gıda Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Ö. Utku ÇOPUR'a; değerli hocalarım Prof. Dr. Canan Ece TAMER, Prof. Dr. Arzu AKPINAR BAYİZİT, Doç. Dr. Perihan YOLCI ÖMEROĞLU ve Araş. Gör. Dr. Ertürk BEKAR'a; tezimin yazım ve düzenleme aşamalarında yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr Elif ERTÜRK'e ve Araş. Gör. Dr. Süleyman Can BAYCAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin hammadde temini sürecinde bana destek olan Altınova Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğünde görev yapan Sayın Ziraat Yüksek Mühendisi Samet ÇİÇEK'e teşekkür ederim.

Tezimin laboratuvar çalışmalarında yanımda olan, beraber çalıştığımız arkadaşım Zehra DENİZ'e teşekkür ederim.

Doğduğum günden bu yana her zaman yanımda olan, beni içtenlikle ve sevgiyle destekleyen, her koşulda arkamda duran, kahrımı çeken, benimle gülen benimle ağlayan, çokça sevdiğim annem emekli öğretim görevlisi Dr. Berrin DOGAN ve babam emekli öğretim üyesi Prof. Dr. Ramazan DOGAN'a sonsuz teşekkürlerimi ve minnettarlığımı sunarım.

Ayşenur DOGAN
…/…/…….

İÇİNDEKİLER

Sayfa
ÖZET.....vi
ABSTRACT..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
ÖNSÖZ ve/veya TEŞEKKÜR viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ xv
ŞEKİLLER DİZİNİ..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
1. GİRİŞ…...……..1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI…….....6
2.1.MEYVELERİN DEĞERLENDİRİLME YÖNTEMLERİ …….....6
2.1.2. PESTİL……6
2.2. PESTİL ÜZERİNE YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR……..7
3. MATERYAL ve YÖNTEM…… 6
3.1. MATERYAL……....16
3.2. PESTİL ÜRETİMİ…….…...14
3.3. KURUTMA YÖNTEMİ…….....19
3.4. FİZİKOKİMYASAL ANALİZLER……19
3.5. ANALİZ YÖNTEMLERİ……19
3.5.1. KİMYASAL EKSTRAKSİYON……...19
3.5.2. TOPLAM FENOLİK MADDE MİKTARI (TFM)……..…..20
3.5.3.TOPLAM ANTİOKSİDAN KAPASİTE…….…….…20
3.5.4. TOPLAM MONOMERİK ANTOSİYANİN MİKTARI….……21
3.5.5. *İn vitro* GASTROİNTESTİNAL SİNDİRİM YÖNTEMİ …….....21
3.5.6. DUYUSAL ANALİZ……22
3.5.7. DENEYSEL TASARIM……...22
3.5.8. İSTATİSTİKSEL ANALİZ……..24
4. BULGULAR ve TARTIŞMA…….....25
4.1.TAZE ARONYANIN TFM, TAK, TMA DEĞERLERİ VE *in vitro* SİNDİRİMİ..…….……..25
4.2. FARKLI KURUTMA PARAMETRELERİNİN SİNDİRİM ÖNCESİ VE *in vitro* GASTROİNTESTİNAL SİNDİRİMDE TOPLAM FENOLİK MADDE MİKTARI, TOPLAM ANTİOKSİDAN KAPASİTE VE TOPLAM MONOMERİK ANTOSİYANİN ÜZERİNE ETKİLERİ……26
4.3. MODELLERİN UYGULANMASI……41
4.4. OPTİMİZASYON……43
4.5. TOPLAM FENOLİK MADDE ANALİZİ İÇİN YANIT YÜZEY YÖNTEMİ.....44
4.5.1. TPC‑ SİNDİRİM ÖNCESİ…...……..44
4.5.2. TPC –MİDE SİNDİRİMİ….……46
4.5.3. TPC-BAĞIRSAK SİNDİRİMİ …….……...47
4.6.TOPLAM ANTİOKSİDAN KAPASİTE ANALİZLERİ İÇİN YANIT YÜZEY YÖNTEMİ…….....49
4.6.1. DPPH- SİNDİRİM ÖNCESİ …..……..49
4.6.2. DPPH-MİDE SİNDİRİMİ ……..……...50
4.6.3. DPPH-BAĞIRSAKSİNDİRİMİ …….…….…….…....51

4.6.4. CUPRAC-SİNDİRİM ÖNCESİ..……...…….....53
4.6.5.CUPRAC-MİDE SİNDİRİMİ…….……...…....54
4.6.6.CUPRAC-BAĞIRSAK SİNDİRİMİ…….…….....55
4.6.7. FRAP-SİNDİRİM ÖNCESİ……..56
4.6.8. FRAP-MİDE SİNDİRİMİ…….57
4.6.9. FRAP-BAĞIRSAK SİNDİRİMİ……...59
4.7.ARONYA PESTİLLERİNİN FİZİKOKİMYASAL, RENK VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ……...…60
5. SONUÇ……...67
KAYNAKLAR……69
EKLER…… 86
ÖZGEÇMİŞ…… 87

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
a*	Kırmızı
b* (+)	Sarı
b* (-)	Mavi
°C	Santigrad derece
dk	Dakika
g/kg	Gram/kilogram
h°	Renk açısı
Hue	Renk açı değeri
Ka	Kuru ağırlık
ta	Taze ağırlık
L*	Renk açık ve koyuluğunun göstergesi
mbar	Milibar
mg	Miligram
mL	Mililitre
µmol	Mikromol
nm	Nanometre
X_1	Kurutma sıcaklığı
X_2	Kurutma basıncı
X_3	Pestil kalınlığı

Kısaltmalar	Açıklama
TAK	Toplam Antioksidan Kapasitesi
CUPRAC	Bakır İndirgeme Antioksidan Kapasitesi
DPPH	2,2-difenil-1-pikrilhidrazil hidrat
FRAP	Demir İndirgeme Antioksidan Gücü
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
HMF	Hidro Metil Furfural
YYY	Yanıt Yüzeyi Yöntemi
TE	Troloks eşdeğeri
TMA	Toplam Monomerik Antosiyanin
TFM	Toplam Fenolik Madde

ŞEKİLLER DİZİNİ

		Sayfa
Şekil 3.1.	Aronya pestili üretim akış diyagramı……...	18
Şekil 3.2.	Kurutma işleminden sonra aronya pestilleri	19
Şekil 4.2.	Kurutma sıcaklığının, pestil kalınlığının ve kurutma basıncının TFM sindirim öncesi, TFM mide sindirimi ve TFM bağırsak sindirimi (mg GAE/100 g ka) üzerindeki etkilerini gösteren 3 boyutlu yüzey grafikleri..	48
Şekil 4.3.	Kurutma sıcaklığının, pestil kalınlığının ve kurutma basıncının DPPH sindirim öncesi, DPPH mide sindirimi ve DPPH bağırsak sindirimi (µmol Troloks/g ka) üzerindeki etkilerini gösteren 3 boyutlu yüzey grafikleri..	54
Şekil 4.4.	Kurutma sıcaklığının, pestil kalınlığının ve kurutma basıncının CUPRAC sindirim öncesi, CUPRAC mide sindirimi ve CUPRAC bağırsak sindirimi (µmol Troloks/g ka) üzerindeki etkilerini gösteren 3 boyutlu yüzey grafikleri…….	56
Şekil 4.5.	Kurutma sıcaklığının, pestil kalınlığının ve kurutma basıncının FRAP sindirim öncesi, FRAP mide sindirimi ve FRAP bağırsak sindirimi (µmol Troloks/g ka) üzerindeki etkilerini gösteren 3 boyutlu yüzey grafikleri..	61

ÇİZELGELER DİZİNİ

		Sayfa
Çizelge 3.1.	YYY tasarımında kullanılan bağımsız değişkenlerin Box-Behnken matrisi…….	25
Çizelge 3.2.	Deney Tasarımı (kurutma sıcaklığı, pestil kalınlığı, vakum basıncı)……..	25
Çizelge 4.1.	Taze Aronyanın TFM, TAK ve TMA değerleri ve *in vitro* sindirimi……	27
Çizelge 4.2.	Pestillerin TFM, TAK değerleri ve *in vitro* sindirimi…….	28
Çizelge 4.3.	Pestillerin TMA değerleri ve *in vitro* sindirimi …….	38
Çizelge 4.4.	Pestillerin Regresyon Modelleri ve ANOVA Sonuçları…	44
Çizelge 4.5.	Proses Koşullarının Optimizasyon Kriterleri……..	45
Çizelge 4.6.	Optimum Pestil Analiz Sonuçları……..	46
Çizelge 4.7.	Taze Aronyanın Fizikokimyasal Özellikleri……..	63
Çizelge 4.8.	Aronya Meyvesinin ve Aronya Pestillerinin Renk Özellikleri	65
Çizelge 4.9.	Aronya Meyvesinin ve Aronya Pestillerinin Duyusal Özellikleri	68

1. GİRİŞ

Son yıllarda, gıdaların besleyici özellikleri ve sağlık üzerindeki olumlu etkileri, geniş bir araştırma ve ilgi konusu haline gelmiştir. Tüketiciler arasında gıdaların sağlık yararlarına ilişkin farkındalığın artmasıyla birlikte, polifenoller açısından zengin ve ekonomik değeri yüksek olan katma değerli gıdalara, özellikle de doğal meyve ve sebze ürünlerine olan talep giderek artmaktadır. Meyve ve sebzeler, antioksidan özelliklere sahip biyoaktif bileşenlerin yüksek içeriği nedeniyle önemli bir ilgi odağı olmaktadır (Jiménez-Moreno ve ark., 2023). Aronya meyvesi ise aromatik tadı, yüksek besin değeri ve içerdiği çeşitli biyoaktif bileşikler sayesinde, son yıllarda hem üretim hem de tüketim açısından hızlı bir artış göstermiştir (Tolic ve ark., 2015).

Kuzey Amerika'nın yerli bir çalı türü olarak kabul edilen Aronya (*Aronia melanocarpa* (*Michx.) Elliott*), Rosaceae ailesine mensup olup, daha sonra Avrupa'ya tanıtılmıştır (Platonova ve diğerleri, 2021). Bu cinste üç yaygın tür bulunduğu bildirilmiştir: birincisi, Aronia *melanocarpa (Michx*) Elliot olarak bilinen ve siyah aronya olarak adlandırılan türdür. İkinci tür, mor aronya olarak bilinen Aronia *prunifolia* (*Marsh*), üçüncü tür ise kırmızı aronya olarak bilinen Aronia *arbutifolia (L.) Elliot*'tur. Avrupa'da en yaygın olarak yetiştirilen aronya çeşitleri arasında; Danimarka'da 'Aron', Çek Cumhuriyeti'nde 'Nero', Finlandiya'da 'Viking', Rusya'da 'Rubin', İsveç'te 'Hugin', Macaristan'da 'Fertödi', ve Polonya'da 'Galicjanka' gibi çeşitler bulunmaktadır (Poyraz Engin, 2016). Ayrıca, aronya meyvesi acımsı tadı nedeniyle İngilizce literatürde "chokeberry" olarak da bilinmektedir (Kulling ve Rawel, 2008).

Aronya meyvesinin insan sağlığına olan faydalarının belirlenmesiyle, Almanya'dan sonra 1900'lü yılların başında Rusya'ya da tanıtıldığı bilinmektedir. Rusya'da büyük ölçekli aronya üretimi 1940'larda başlamış ve Doğu Avrupa ülkelerinde ticari aronya yetiştiriciliği 1950'lerde yaygınlaşmıştır. Aronya üretiminin en yoğun olarak Doğu Avrupa ülkeleri ve Almanya'da gerçekleştirildiği belirtilmektedir (Šnebergrová ve ark., 2014). Küresel aronya üretiminin yaklaşık %90'ı Polonya'da yapılmakta olup, yıllık üretim miktarı 50.000 ton olarak kaydedilmiştir (Walther ve Müller, 2012; Poyraz Engin ve diğerleri, 2021). Polonya'yı ABD 2.500 ton, Almanya 1.434 ton, Türkiye 130 ton ve Finlandiya 4 ton üretimle takip etmektedir (Poyraz Engin ve Boz, 2019).

Türkiye'de aronya yetiştiriciliği açısından önemli bir görev, 2000'li yıllarda Yalova Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü tarafından üstlenilmiştir. Bu bağlamda, ilk çalışmalar deneysel amaçlarla planlanmış ve yürütülmüştür. İlk aronya hasat festivali 2017 yılında gerçekleştirilmiştir. Bu araştırmalara ek olarak, başta Yalova, Sakarya, Kayseri ve Zonguldak illeri olmak üzere, diğer bazı illerde de Tarım ve Orman Bakanlığı ile İl Tarım ve Orman Müdürlükleri tarafından yayım projeleri başlatılmıştır. 2017 yılından itibaren Yalova, Çanakkale, Samsun, İstanbul, Antalya ve Bursa gibi birçok ilde aronya bahçeleri kurulmuştur (Poyraz Engin ve Boz, 2019). Üretilen aronya ürünlerine, özellikle kurutma ve diğer gıda şirketleri tarafından yüksek talep olduğu gözlemlenmektedir. Türkiye'de aronya üretiminin artışına paralel olarak, gıda sektöründeki payının da hızla gelişim göstereceği öngörülmektedir (Poyraz Engin ve Boz, 2019).

Aronya (Aronia melanocarpa), dünyanın en sağlıklı ve en yüksek antioksidan içeriğine sahip üzümsü meyvelerinden biri olarak kabul edilmekte olup, halk arasında bir tür "vitamin bombası" olarak tanımlanmaktadır (Michalak, 2015). Aronia melanocarpa meyvesi, karbonhidratlar, organik asitler, mineraller, vitaminler ve fenolik bileşikler açısından zengin bir yapıya sahiptir (Sidor ve Gramza-Michalowska, 2019; Jurendic ve Scetar, 2021). Günlük beslenmede fonksiyonel gıda veya gıda takviyesi olarak önerilen bu meyveler, 56 g/kg lif içeriği sunmakta olup, bu lifin %60'ından fazlası çözünmeyen lignin, selüloz ve hemiselülozdan oluşmaktadır (Jurendic ve Scetar, 2021; Borycka ve Stachowiak, 2008). Meyveler düşük yağ içeriği (%0,14) ile dikkat çekerken, bu yağın büyük çoğunluğu tohumlarda bulunmaktadır ve tohumdan elde edilen yağ fosfolipitler, steroller ve tokoferoller açısından oldukça zengindir. Aronya meyvelerinin karbonhidrat içeriği incelendiğinde, ana bileşen olarak şekerler öne çıkmakta olup, sorbitol en belirgin şeker olarak karşımıza çıkmaktadır (Trenka ve ark., 2020). Mineral madde kompozisyonunda makro elementler arasında potasyum ve kalsiyum, mikro elementler arasında ise demir ve çinko önemli miktarlarda bulunmaktadır. Ayrıca, meyveler A, E, C, K ve B kompleksi vitaminleri ve yüksek düzeyde β-karoten içeriğine sahiptir. Aronya meyvelerinde tespit edilen 74 uçucu bileşiğin 49'unun alkol, aldehit, keton, ester ve terpenoid gruplarına ait olduğu belirlenmiştir (Kraujalyte ve ark., 2013).

enolik bileşikler, beslenme alanında giderek artan bir ilgi odağı haline gelmiş olup, metabolizmayı düzenleyerek insan sağlığı üzerinde önemli roller üstlenmektedir (Cory ve ark., 2018). Aronia melanocarpa meyveleri ve yaprakları, vitaminler, mineraller ve polifenolik bileşikler gibi çeşitli biyoaktif bileşenlerin zengin içeriği sayesinde geniş bir yelpazede olumlu sağlık etkileri sunmaktadır (Jurikova ve ark., 2017; Szopa ve ark., 2017). Bu bileşiklerin kardiyovasküler hastalıklar ve kanserin önlenmesi potansiyeline sahip olduğu bildirilmektedir (Tolic ve ark., 2015). Ayrıca, Aronya meyvesi anti-inflamatuar özellikleriyle diyabet, kardiyovasküler hastalıklar ve bağışıklık sistemi ile ilgili hastalıkların gelişiminin önlenmesiyle ilişkilendirilmektedir. Hem insanlar hem de hayvanlar üzerinde yapılan deneysel çalışmalar, bu meyvenin glikoz metabolizmasını olumlu yönde etkileyerek diyabet tedavisinde etkili bir seçenek olabileceğini ortaya koymaktadır (Jurikova ve ark., 2017).

Aronya meyvesinden elde edilen ürünler, gıda endüstrisinde olduğu kadar ilaç sanayiinde de kullanılmakta olup, hem taze hem de kurutulmuş formda değerlendirilmektedir. İşlendiklerinde ekşi ve buruk tatları daha lezzetli hale gelmektedir (Shahin ve diğerleri, 2019). Aronya meyvesi genellikle meyve suyu, soslar, reçeller ve dondurma gibi çeşitli ürünlere dönüştürülmektedir. Ayrıca, gıda renklendiricisi, besin takviyesi ve yoğurt gibi ürünlerde tatlandırıcı olarak da yaygın şekilde kullanılmaktadır (Ochmian ve ark., 2012; Balcerek, 2010).

Aronya, içeriğinde bulunan doğal antosiyanin renk pigmentleri sayesinde siyah, koyu mor, menekşe ve kırmızı tonlarında renkler sergilemekte olup, bu özelliğiyle doğal bir gıda renklendiricisi olarak eczacılık ve kozmetik endüstrisinde de tercih edilmektedir (Borowska ve Brzoska, 2016; Li ve ark., 2017; Lupascu ve ark., 2019; Jurendic ve ark., 2021).

Meyve pestil üretimi, özellikle kış aylarında vitamin ve mineral açısından zengin meyveleri tüketebilmek, besin kayıplarını en aza indirmek ve biyolojik aktif bileşenleri uzun süre muhafaza edebilmek için etkili bir işleme yöntemi olarak kabul edilmektedir (Kaya ve Kahyaoğlu, 2005; Batu ve ark., 2007; Atıcı ve Fenercioğlu, 2014). Azeredo ve diğerlerinin (2006) bir çalışmasında, mango pestili fırın kurutma yöntemiyle üretilmiştir. Suna (2019), sıcak hava, mikrodalga ve vakum kurutma yöntemlerinin muşmula meyve

pestilinin kurutma özellikleri, toplam fenolik içeriği, antioksidan kapasitesi, renk ve in vitro gastrointestinal sindirimi üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Suna ve Karabacak (2019) ise mikrodalga (90 ve 180 W), sıcak hava (60 ve 70 °C) ve vakum (250 mbar ile 60 ve 70 °C) kurutma tekniklerinin dut pestillerinin kurutma özellikleri, toplam fenolik madde içeriği, antioksidan kapasitesi, renk ve doku özelliklerine olan etkilerini incelemiştir. Olcay ve ark. (2024) çalışmasında ise aronya pestilinin toplam fenolik madde miktarı, toplam antioksidan kapasitesi, proantosiyanidin içerikleri, toplam monomerik antosiyanin içeriği ve duyusal analiz sonuçları detaylı bir şekilde ele alınmıştır.

Vakumlu kurutma, geleneksel kurutma yöntemlerine kıyasla çeşitli üstün avantajlar sunmaktadır. Bu yöntem, hassas malzemelerin kalitesini koruyarak daha düşük sıcaklıklarda kurutma imkânı sağlamasıyla öne çıkmaktadır (Šumić ve ark., 2016). Vakumlu kurutma, oksijen miktarını azaltarak daha kontrollü bir kurutma ortamı oluşturur ve bu sayede ürünün oksidasyonunu engeller (Šumić ve ark., 2016). Ayrıca yüksek kuruma hızına sahip olması nedeniyle nemin hızlı ve etkili bir şekilde uzaklaştırılmasına olanak tanır (Šumić ve ark., 2016).

Bu yöntemin düşük sıcaklıklarda çalışabilme özelliği, enerji verimliliğini artırmakta ve diğer kurutma tekniklerine göre daha düşük enerji tüketimi sunmaktadır (Ambros ve diğerleri, 2019). Vakumlu kurutmada donma stresinin olmaması, kurutulmuş malzemenin bütünlüğünün korunmasına katkı sağlar (Ambros ve ark.,, 2019). Ayrıca vakumun mikrodalga veya ultrason gibi diğer teknolojilerle birleştirilmesi, kurutma sürecini iyileştirmektedir. Örneğin, ultrason destekli vakumlu kurutma, sadece kuruma hızını artırmakla kalmaz, aynı zamanda enzimatik esmerleşmeyi azaltarak ve besin içeriğini koruyarak kurutulmuş ürünün kalitesini artırır (Tekin ve ark., 2017). Vakumlu kurutma, kütle transferi açısından önemli bir itici güç sağlamakta olup, diğer yöntemlere kıyasla meyve pestillerinde daha kısa kuruma sürelerine ve daha yüksek kaliteye olanak tanımaktadır (Balzarini ve diğerleri, 2018). Dehidrasyon sırasında biyoaktif bileşiklerin korunmasında da etkili olan bu yöntem, yüksek kaliteli kurutulmuş ürünler elde etmek için umut verici bir yöntem olarak değerlendirilmektedir (Joshi ve ark.,, 2011).

Vakumlu kurutma, gıda işleme bağlamında, özellikle pestil gibi kurutulmuş meyve ürünlerinin üretiminde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Çeşitli araştırmalar, vakumlu kurutma da dahil olmak üzere farklı kurutma yöntemlerinin çeşitli gıda ürünlerinin kalite özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Bu çalışmalar, kurutma yönteminin meyve pestillerinin niteliklerini önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymaktadır (Ruiz ve diğerleri, 2014). Örneğin, Suna ve Karabacak (2019) tarafından gerçekleştirilen bir çalışma, vakumlu kurutma dahil olmak üzere farklı kurutma yöntemleriyle dut pestilinin kurutma kinetiğini ve fizikokimyasal özelliklerini araştırmıştır. Ayrıca, nar pestili üretiminde vakumlu kurutmanın en etkili yöntemlerden biri olduğu vurgulanmıştır (Sukasih ve Widayanti, 2022). Suna ve arkadaşları (2014), kayısı pestilinin fizikokimyasal ve duyusal özelliklerini mikrodalga, güneş ve vakum kurutma yöntemleriyle değerlendirerek, farklı kurutma tekniklerinin kayısı pestilinin nitelikleri üzerindeki etkilerini kapsamlı bir şekilde analiz etmişlerdir.

Çeşitli meyve ve sebzelerin kurutulması veya pestil üretimi için Yanıt Yüzeyi Yöntemi (YYY) uygulayan pek çok bilimsel çalışma mevcuttur. Ancak, bu çalışmalar genellikle ürünlerin genel özellikleri, toplam fenolik madde (TFM) ve toplam antioksidan kapasitesi (TAK) üzerinde yoğunlaşmıştır. Bilgilerimize göre, bu çalışma, fenolik içeriğin ve antioksidan kapasitenin biyoerişilebilirliğini *in vitro* mide ve bağırsak sindirim modeli ile her bir aşamada ortaya koyan ve optimizasyon sürecinin Yanıt Yüzey Yöntemi ile tasarlandığı ilk aronya pestili araştırmasıdır.

Bu bağlamda, çalışmanın birinci amacı, yüksek biyoaktif özelliklere sahip kurutulmuş ürünler elde etmek için sıcaklık, vakum basıncı ve ürün kalınlığı açısından işlem koşullarını YYY ile optimize ederek yüksek besin değerine sahip doğal bir aronya pestili üretmektir. İkinci amacı ise, farklı kurutma parametrelerinin toplam fenolik madde içeriği ,toplam antioksidan kapasitesi ve toplam monomerik antosiyanin üzerindeki etkilerini belirlemek ve bu etkilerin *in vitro* mide ve bağırsak sindirim yolundaki değişimlerini izlemektir.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Meyvelerin Değerlendirilme Yöntemleri

İnsan bünyesinde; oluşabilecek metabolik olayların desteklenmesinde, hastalıkların önlenmesinde faydalı olduğu bildirilen, ayrıca biyoaktif bileşenlerce zengin olduğu ifade edilen meyve ve sebzeler besin içeriği zengin, doğal fonksiyonel gıdalar olarak bilinmektedir (Bayrakdar, 2020).

Meyve ve sebzeler hasat edildikten bir süre sonra sonra canlılıklarını kaybetmektedirler ve bunu kontrol etmek oldukça zor olduğundan büyük kayıplar yaşanmaktadır. Bunun başlıca sebeplerinden birisinin de çürüme olduğu bildirilmiştir (Öz ve Süfer, 2012). Tarlada üretilen meyve ve sebzelerin hasadından tüketiciye ulaşana kadar geçen süre içerisinde çeşitli nedenlerden dolayı ürünün besin değerinde, tadında, kokusunda ve yapısal özelliklerinde oluşan değişiklikler üründe büyük kayıplara sebep olmaktadır. Biyoaktif bileşenlerde görülen kayıplar üretim yapan firmalara maddi sıkıntılar yaşatabilmekte, ithalat ve ihracat gibi konularda zorluklara neden olabilmektedir. Bu gibi nedenlerden dolayı meyve ve sebzelerin bünyesinde bulunan biyoaktif bileşenlerde yüksek düzeyde fayda sağlamak için çeşitli muhafaza yöntemleri geliştirilmektedir (Bayrakdar, 2020).

Meyvelerin pestil üretiminde kullanılarak besin değeri yüksek ve uzun raf ömrüne sahip bir ürün elde edilmesi ile, biyoaktif bileşenlerin korunarak ticari potansiyeli bulunan katma değeri yüksek bir son ürün ortaya konulmasını sağlanmaktadır.

2.1.2. Pestil Üretimi

Pestil; enerji, vitamin ve mineral içeriği açısından zengin, özellikle kış ayları için tercih edilen Türkiye'de üretimi yapılan geleneksel bir gıda olan bilinen meyve ürünüdür. Pestil, yapısında bulundurduğu meyvenin şırası ve meyve pekmezinden dolayı besin değeri ve enerji verici özelliği yüksek bir üründür. Bu nedenle enerji ihtiyacı yüksek olan bireylere doğal ve besleyici bir atıştırmalık gıda ürünü olarak tavsiye edilmektedir. Aynı zamanda yalnızca enerji bakımından yüksek ve besleyici değeri olmayan ve dengesiz beslenmeye

sebep olabilen hazır gıdalar (şekerlemeler, şekerli içecekler, cipsler, bisküviler vb.) yerine tercih edilmesi tavsiye edilmektedir. Pestil üretimi büyük çoğunlukla küçük işletmelerde gerçekleştirilmektedir. Bununla birlikte günümüzde geleneksel bir gıdamız olan pestil üzerine yapılan çalışmalar giderek artmakta ve bu çalışmaların literatüre kazandırılması ile global ölçekte ürün tanıtımı yapılmaktadır (Batu vd., 2007).

Pestil; ülkemizde özellikle Güneydoğu ve Doğu Anadolu bölgelerinde bastık olarak tanınan ve genellikle üzümden elde edilen geleneksel bir üründür. Yaş meyveler hasat edildikten sonra raf ömürlerinin kısa olmasından dolayı besin değerini kaybetmeden daha uzun süre muhafazasını sağlamak için uygulanan yöntemlerden birisi pestil yapımıdır (Özer ve Yağmur 2004). Yaygın olarak üretilen pestil çeşitleri; kayısı pestili, üzüm pestili, erik pestili ve dut pestili olarak sayılabilir. Pestil üretiminde farklı meyvelerin karıştırılmasıyla reçete oluşturulup değişik tatların elde edilmesi de mümkündür. Pestil yaygın olarak şekerleme ya da atıştırmalık olarak tüketilmektedir.

Pestil üretiminde uygulanan kurutma işleminden dolayı bünyesindeki mevcut suyun uzaklaştırılmasıyla birlikte meyvelerde bulunan şekerler, asitler, mineral ve vitaminler konsantre hale gelerek daha besleyici bir ürün elde edilmektedir (Kara ve Küçüköner 2019).

Aronya meyvesi oldukça önemli bir mineral ve enerji kaynağı olarak bilinmektedir. Özellikle kalsiyum, potasyum, sodyum ve demir bakımından zengin bir meyvedir. Ayrıca bünyesinde bulundurduğu biyoaktif bileşenler, fenolik maddeler, antioksidanlar ve diyet lifi açısından da günlük diyette rahatlıkla tüketilebilecek diğer ürünlerin popülaritesinin önüne geçebilecek, besleme özelliği yüksek olan bir gıda durumundadır (Valenzuela ve Aguilera, 2015). Bu noktada aronya meyvesi, yeni bir formülasyon ile pestil üretiminde değerlendirilmesi gereken önemli meyveler arasında yer almaktadır.

2.2. Pestil Üzerine Yapılan Çalışmalar

Kurutma işlemi, ısı uygulaması ile mevcut suyun gıdalardan uzaklaştırılması işlemidir. Bu işlem sırasında eş zamanlı olarak fiziksel reaksiyonlar gerçekleşmekte ve öncelikle ortamdaki sıcak hava ile temas ve ardından gıdanın yüzeyindeki nemin tamamen

uzaklaşıncaya kadar uygulanması ile kurutma meydana gelmektedir. Gıdanın iç kısmında kalan nem, difüzyon ile yüzeye taşınarak yüzeyden buharlaşması gerçekleşmektedir (Demiray, 2009).

Pestillerin kurutulması üzerine yapılan bir çalışmada (Boz, 2012)., materyal olarak dut meyvesi kullanılarak dut pestili üretimi tasarlanmıştır. Pestilin kimyasal, dokusal ve duyusal özellikleri üzerine farklı maddelerin ve uygulamaların örneğin: un: % 6 – 8 – 10), % 0 – 20 – 40 sakkaroz şurubu, % 0 – 20 – 40 glikoz şurubu ve 10 – 20 dk pişirme süresi, etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Buna göre; örneklerin pH değerinde ve L*, a*, b* renk değerlerinde un, sakkaroz şurubu ve glikoz şurubu ilavesi ile önemli artışlar saptanırken, örneklerin toplam asitlik ve toplam fenolik madde içeriklerinde ise genel olarak düşmeler meydana geldiği ifade edilmiştir. Araştırmada kullanılan örneklerde sakkaroz şurubu ilavesine paralel olarak toplam şeker ve sakkaroz içeriğinde artış, invert şeker içeriğinde ise azalış gözlenmiştir. Katkı maddesi ilavesi pestil örneklerinin duyusal özelliklerinde önemli değişimler meydana getirmiş, şeker şurubu yoğunluğundaki artışın renk, aroma ve tekstür değerlerinin azalmasına sebep olduğu bildirilmiştir ($p < 0,05$). Bununla birlikte pestil üretiminde uygulanan pişirme yöntemi ve süresinin hidroksimetil furfural ve akrilamid oluşumunda önemli rol oynadığı ifade edilmiştir.

Kalika Gupta ve Alam (2014) yapmış oldukları çalışmada, 3-7 mm aralığındaki kalınlıklarda, 55–75°C arasındaki farklı sıcaklıklarda pilot ölçekli geleneksel bir kurutucuda üzüm pestili üretmiştir. Farklı ince tabaka kurutma modellerinin uygulandığı araştırmada, üzüm pestillerinin kuruma kinetiğini tanımlayan en uygun model iki terimli eksponansiyel model olarak bildirilmiştir. Örneklerin efektif nem difüzyon katsayıları ve aktivasyon enerjileri sırasıyla, 7,18 – 2,56 m^2/dk ve 26,07 – 21,59 kj/mol olarak belirtilmiştir. Pestil numunelerine toplam şeker, enzimatik olmayan esmerleşme, protein, titrasyon asitliği, tekstür, renk, su aktivitesi ve genel kabul edilebilirlik analizleri uygulanmıştır. 55 °C de kurutulan pestillerde, her iki örnek kalınlığında da (3 ve 7 mm en yüksek kabul edilebilirlik görüldüğü ifade edilmiştir.

Yapılan diğer bir araştırmada (Quintero Ruiz, Demarchi ve Giner, 2014) kuşburnu pestili üretilmiş ve ürün kalitesine etki eden bazı uygulamaların (sıcak hava, vakum ve kızılötesi ışınlarla kurutma) etkileri incelenmiştir. Söz konusu çalışmada tüm yöntemler için 60 ve

70°C olmak üzere iki farklı sıcaklık değeri uygulanmıştır. Faktör olarak kullanılan sıcaklık uygulamaları ile tüm yöntemlerde hem esnek hem de yarı saydam meyve pestilleri üretilmiş olup, denemede kullanılan örneklerin renk ve su aktivite değerlerinde istatistiksel bir farklılık olmadığı gözlenmiştir ($p > 0,05$). % 57,5 ve % 25,1 olarak tespit edilen antioksidan kapasite ve toplam fenolik madde ile birlikte bu oranları en iyi koruyan yöntemin vakum kurutma ve 60 °C olduğu belirlenmiştir.

Suna ve ark. (2014) yapmış oldukları çalışmada, kayısı pesitilinin fizikokimyasal ve duyusal özelliklerini incelemiştir. Bu çalışmada 3 farklı kurutma yöntemi kullanmıştır (güneşte kurutma, vakumlu kurutucuda 55 °C sıcaklıkta kurutma ve mikrodalga fırında 90 W gücünde kurutma). Pestil materyalinin kurutma yöntemine göre HMF (Hidroksimetil Furfural) içeriğinde değişimler gözlenmiş, mikrodalga 13,62, vakum 19,39 ve güneşte kurutulan örneklerde 45,64 mg/kg Hidrometil Furfurol (HMF) analiz edilmiştir. Ayrıca değerlendirmeye alınan örneklerde 110,03 ile 121,24 mg GAE/100 g arasında toplam fenolik madde bulunduğu belirlenmiştir. Kurutma periyodu açısından kurutma yöntemleri mukayese edildiğinde, araştırma sonuçlarına göre; mikrodalga fırınlama yönteminin en düşük kurutma süresi oluşturduğu bildirilmiştir. Kurutma işlemlerinden birisi olan mikrodalga fırında kurutma yöntemi ile elde edilen a*, b*, ∆E*ab ve C*ab renk değerleri güneşte kurutma ve 55 °C vakumda kurutma metodlarından elde edilen değerlerden daha üstün özellik göstermiştir. Örneklerin mineral madde içeriklerinin taze meyve örneklerine göre daha yüksek olmasının kurutma işleminden sonra artan kuru madde miktarına bağlı olduğu ifade edilmiştir. Panelistlerin yapmış oldukları değerlendirmeler sonucunda tüm örnekler duyusal özellikler açısınıda kabul edilebilir limitlerde yer almıştır.

Milkova-Tomova ve diğerleri, (2015) yapmış oldukları çalışmada insan sağlığına faydalı etkileri olduğu bildirilen geleneksel ürünlerin üretilmesini amaçlamıştır. *Rubus idaeus*, *Rubus fruticosus* ve arı balı ile kombine edilmiş *Aronia melanocarpa Elliot*'un presinin (3,5 and 10%) eklenmesiyle *Cornus mas* L. bazlı meyve pestil ürünleri oluşturulmuş ve teknolojisi geliştirilmiştir. Ürünler duyusal değerlendirme ve doku parametreleri ile karakterize edilmiştir. Dokuz ürünün göreceli kontrolü için duyusal göstergelerin tadım kartı ve yoğunluk ölçekleri geliştirilmiştir. Meyve pestilinin %5'lik (bileşime

bakılmaksızın) presinin ilavesi ile organoleptik göstergelerde kontrol ile karşılaştırıldığında çok küçük farklılıklar oluşturduğu gözlemlenmiştir. Duyusal ve doku parametreleri depolamanın on günlük periyodu boyunca 0, 5. ve 10. gün olmak üzere 3 farklı zamanda araştırılmıştır. %5 aronya, aronya ile böğürtlen ve ahududu ile kombinasyonu içeren derinin (kabuk) depolanması sırasında yapışmanın azaldığı belirlenmiştir.

Diğer bir araştırmada elma, muz, ananas deneme materyali olarak ele alınmış olup, meyve pestili ve kek yapımında bu materyaller kullanılmıştır. Örneklerin briks, toplam titrasyon asitliği, uçucu ve uçucu olmayan asitlik değerleri, pH ve C vitamini analizleri yapılmıştır. % 40 muz, % 40 ananas: % 20, % 40 elma (A) ile yapılan örnek diğer örneklerden daha fazla farklılık göstermiştir *($p < 0,05$).* A örneğinin briks değeri 20,07 g ve toplam titrasyon asitilği 0,42 g/L olarak saptanmıştır.. Bunun yanında, % 20 muz: % 40 ananas: % 40 elma (B) içeren örnek diğer örneklere nazaran daha önemli farklılık göstermiş *($p < 0,05$),* ancak 26,00 g/L ile en yüksek uçucu ve 5,6 g/L ile uçucu olmayan asitliğe sahip olup, C vitamini bakımından 22,33 mg/100g değere sahip olduğu belirlenmiştir. % 1,20 kül, % 0,71protein ve % 84,77 karbonhidrat açısından A örneği öteki örneklerden önemli ölçüde daha yüksek değerler oluşturduğu; B örneğinde % 4,14 nem içeriği ve % 2,32 yağ içeriği ile en yüksek değerlere ulaştığı belirlenmiştir. Araştırmada % 12,47 ile en yüksek lif içeriği % 60 muz: % 20 ananas: % 20 elma (C) kapsayan deney örneğinde elde edilirken, bu özellikler bakımından A örneğinin en az değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Duyusal testler incelendiğinde ise denemede kullanılan tüm örneklerin kendi arasında istatistiksel olarak bir farklılık bulunmamıştır ($p > 0,05$) (Offia-Olua ve Ekwunife, 2015).

Calín-Sánchez ve diğerleri (2016) yapmış oldukları araştırmada kuş üzümünü materyal olarak kullanmış olup, kuş üzümünün farklı teknik ve yöntemlerle kurutulması ile oluşan duyusal ve mikroyapısal (gözeneklilik ve toplam gözenek hacmi) özellikleri ve kurutma kinetiğini araştırmıştır. Ozmotik dehidrasyon ve vakum mikrodalga kurutma ile kurutulan örneklerde yapışkanlık ve sertlik en düşük değerleri göstermiştir. Hem gözenekliliğin hem de toplam gözenek hacminin azaldığı bildirilmiştir. Diğer yandan kombine bir teknik olarak osmotik dehidrasyon ise hem gözenekliği hem de gözenek hacmini arttırdığı ifade edilmiştir. Ozmotik dehidrasyonun yüksek sıcaklık ve dolayısıyla nihai düşük nem

içeriği yüksek sıcaklık oluşturarak kurutulmuş örneklerin gevrekliğini önemli ölçüde arttırdığı belirtilmiştir. Duyusal açıdan en iyi iyileştirme yolunun 360 W'ta VMD olduğu gözlenmiştir.

Yapılan diğer bir çalışmada, insan sağlığına zararlı olmayan ve bünyesinde koruyucu madde bulundurmayan piyasada mevcut diğer ürünlerle rekabet edebilecek yeni bir meyve atıştırmalığı olarak çilek ve kivi pestilleri üretilmiştir. Meyvelerden elde edilen püre ve 60 °C' de 20 saat kurutulmuş meyve püresi daha sonra depolanmıştır. Elde edilen pişmiş ve taze pestil pürelerinde suda çözünür kuru madde, titre edilebilir asitlik, pH, su aktivitesi, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite (ORAC) ve renk değişimi (esmerleşme indeksi) gibi özellikler belirlenmiştir. Düzenlenen duyusal panel ile ürünlerin tüketiciler tarafından kabul edilebilirliği araştırılmıştır. Suda çözünür kuru madde taze çilekte 11, 24 ve kivi pürelerinde 13,04 °Brix iken, aynı örneklerin pH' ları 3,46 ile 3,39 arasında belirlenmiştir. Pestillerde 0,59 ile 0,67 arasında su aktivitesi, 21 kg su/100 kg nem içeriği saptanmıştır. Her iki pestilde de hızlandırılmış raf ömrü periyodunda esmerleşme indeksinde azalma olduğu belirlenmiştir. Meyve püresine göre çilek pestilinde ORAC değeri % 57, kivi pestilinde ise % 65 azalma eğiliminde olduğu gözlemlenmiştir. Depolama esnasında çilek pestillerinde toplam fenolik madde ve antioksidan aktivitede artış olduğu ifade edilmiştir. Araştırmacılar bu artışı depolama sürecinde Maillard reaksiyon ürünlerinin değişime uğraması olarak açıklamıştır.. Araştırma sonucunda; yeni, doğal, yüksek antioksidan içerikli ve sağlıklı bir atıştırmalık olarak çilek ve kivi pestillerinin, dünya pazarlarında kabul edilebileceği bildirilmiştir (Concha-Meyer, D'Ignoti, Saez, Diaz ve Torres 2016).

Li Yang ve diğerleri (2016), yapmış oldukları araştırmada 6 yetişkin üzerinde ve tek dozluk bir farmakokinetik uygulanması ve 500 mg aronya meyvesi ekstraktının tüketilmesinden sonra kolonik polifenol metabolitleri ile birlikte antosiyaninlerin biyoyararlanımını belirlemiştir. Araştırma sonucunda; antosiyaninler biyoyararlanımlı iken, plazma ve idrardaki mikrobiyal fenolik katabolitlerin antosiyaninlere göre 10 kat artış gösterdiği bildirilmiştir. Aronya polifenolleri absorbe edilmiş ve antosiyaninler ise tmax ve kapsamlı bir şekilde metabolize olmuştur. Farmakokinetik parametrelerde konsantrasyonlar bakımından kişiler arası önemli farklılıklar olmasına rağmen, 24 saatte

plazma ve idrardaki polifenol metabolitlerinin konsantrasyonu ile toplam AUC arasında pozitif bir ilişki saptanmıştır (sırasıyla; r = 0,93 ve r = 0,98). Buradaki öneriye göre; idrar biriktirme ve diyet kanında aronya polifenol tüketiminden sonra metabolizma ve polifenol bioyararlılığını tahmin edilmesinde kullanılabileceği ifade edilmektedir.

Momchilova, vd (2016), yapmış oldukları çalışmada erik pestili üretmiş ve bu pestillerin duyusal ve yapısal özelliklerini araştırmıştır. Bu çalışmada kuru meyvelerden % 3, 5 ve 10 oranlarında presleme ile ahududu (*Rubus idaeus*), böğürtlen (*Rubus fruticosus*) ve bal kombinasyonu ile aronya (*Aronia melocarpa* Elliot) karıştırılarak erik (*Prunus domestica*) pestilleri üretilmiştir. Bileşimden bağımsız olarak % 5 presleme ilavesiyle meyve pestili, kontrol ile mukayese edilmiş ve organoleptik (insanların duyu organlarını uyaran özellikler) özelliklerde istatistiksel olarak önemsiz farklılıklar ortaya koymuştur. Enstrümantal yapısal değerler yapısal profil analizi (TPA) ile ele alınmıştır.

Kayısı pestili ile yapılan bir çalışmada; kuruma kinetiği üzerine farklı hava sıcaklıklarının etkisi incelenmiştir. Bu araştırmada 40, 50, 60 ve 70 °C sıcaklıklar kullanılarak kayısı püreleri kabin tipi kurutucuda kurutulmuş ve elde edilen püreye 10 farklı matematiksel model uygulanmıştır. Kayısı pestilinin kuruma kinetiğini en iyi tanımlayan model olarak Aghbashlo ve Midilli modelleri öne çıkmıştır. 1,0149×10-9 ile 1,8599×10-9 m2 s-1 arasında değişim gösteren efektif nem difüzyon katsayısı. Fick' in ikinci difüzyon yasası kullanılarak hesaplanmıştır. Aktivasyon enerjisi 19,41 kj mol-1 olarak saptanmıştır. Bunun yanında L*, a*, b*, C* ve h açısı renk değerlerinin kurutma sıcaklığı artışına bağlı olarak azalışa doğru yöneldiği saptanmıştır (Kayran ve Doymaz, 2017).

Tontul ve Topuz (2017), yapmış oldukları çalışmada yanıt yüzey yöntemi (YYY) kullanarak nar pestil üretimini optimize etmiştir. Öncelikle % 0 – 4 ksantan gamı, % 0 – 10 keçiboynuzu gamı ve daha önceden jelatinize edilmiş % 0 – 10 nişasta gibi farklı hidrokolloid karışımları kullanarak nar pestili üretimi gerçekleştirilmiş ve akabinde de yanıt yüzey yöntemi ile optimize edilmiştir. Pestil üretiminin optimizasyonu için su aktivitesi, nem içeriği, renk özellikleri, esmerleşme indeksi, HMF içeriği, toplam monomerik antosiyanin, toplam fenolik madde, toplam flavanoid madde ve toplam proantosiyanidin içeriği, antioksidan aktivite, uzama kabiliyeti ve duyusal özellikler yanıt olarak belirlenmiştir. % 7,5 keçiboynuzu gamı ve % 2,5 önceden jelatinize edilmiş nişasta

kullanımı en uygun formül olarak saptanmıştır. En uygun formülasyonla üretilen pestilin, geleneksel yöntemle üretilen pestilden daha iyi özelliklere sahip olduğu ifade edilmiştir.

Yılmaz vd (2017)'nin yapmış oldukları araştırmada, nar pestili örneklerinin nem transferi ve kalitesi üzerine kurutma koşullarının etkisi incelenmiştir. Üç farklı kurutma tekniği olan vakum, kabin tipi ve açık havada kurutma teknikleri uygulanmış olup, kuruma özellikleri yanında ürünlerin besin içeriğinde görülen değişim kinetikleri araştırılmıştır. Efektif nem difüzyon katsayıları 3,1 $\times 10^{-9}$ ile 52,6 $\times 10^{-9}$ m^2/s arasında değişim gösterirken, kuruma kinetiklerini en iyi birinci dereceden reaksiyon modeli ile tanımladığı bildirilmiştir. Ürün kalınlığı ve kurutma sıcaklığı, ürünün kuruma hızı ve ürün kalitesi kurutma koşullarından etkilenmişlerdir. Vakumla kurutma yöntemi, kurutma kinetiği ve nihai ürün kalitesi bakımından daha hızlı kurutma yaparken, oksijenin sınırlı olması nedeniyle fenolik madde, antosiyanin ve askorbik asidin de daha iyi korunmasını sağlamıştır. Kurutma yönteminin, kurutma sıcaklığının ve ürün kalınlığının da antosiyanin içeriğini önemli ölçüde etkilediği ifade edilmiştir.

Kurutma, tarımsal ürünlerde suyun ürünlerden uzaklaştırılması işlemidir. Kurutma ile ürünün depolama ve muhafaza süresi uzatılmakta, yeni bir ürün pazarı oluşturulmakta ve ürünün pazar payı artırılmaktadır. Tüketiciler kurutulmuş ürünü pazarda renk, şekil, aroma ve görünüşüne göre tercih etmektedir. Bununla birlikte ürünlerin fiziksel özelliklerinin bilinmesi; ürün işleme ve sınıflandırma gibi çalışmalar için önem arz etmektedir. Ürünlerin optimum kurutma süresi, kurutma kalınlığı ve kurutma sıcaklığının sağlanması ürünün kalitesini ve kurutma karakteristiklerini iyileştirmektedir. Bu bağlamda Çetin, (2019) yapmış olduğu çalışmada, farklı kurutma koşullarında kurutulan elma ve portakalın renk özelliklerinin belirlenmesini amaçlamıştır. Bu amaçla farklı kalınlıklarda, sürelerde ve sıcaklıklarda kurutulan ürünlerin kurutma öncesi ve sonrası CIELab renk uzayında renk değişimleri belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre renk değerleri açısından en uygun kurutma şartının her iki üründe de 7 mm kalınlık, 8 saat süre ve 50°C olduğu tespit edilmiştir. Kurutma süresi ve sıcaklığının renk özelliklerini doğrudan etkilediği sonucuna varılmıştır.

Yapılan bir çalışmada yeni bir kurutma yöntemiyle cast-tape drying (dökme-bantla) önceden hazırlanmış ve materyal olarak belirlenmiş mango pestil örneklerinin fiziksel

özellikleri ve genel kabul edilebilirlikleri incelenmiştir. Örneklere nişasta ilavesi sonucunda kuruma süresinde bir değişme olmadığı belirlenmiştir. Mango pestilleri % 22,5 nispi neme sahip bir ortamda kurutulmuş olup çok gevrek olmalarına rağmen nişasta ilavesine gerek kalmadan tüketiciler tarafından beğenilmiştir. Yeni kurutma yöntemi olan dökme-bantla kurutma, sıcaklıkların kısa süreli ve orta derecedeki koşullarda uygulanmasıyla meyve pestillerinin kurutulmasında hem uygun ve hem de yeni bir yöntem olarak önerilmiştir (Simão, Moraes, Souza, Carciofi ve Laurindo, 2019).

Dut pestili üzerine yapılan bir araştırmada; 90 ve 180 W gücünde mikrodalga fırını kullanılmış olup, kurutmada 60 ve 70 °C sıcak hava ile birlikte 60 ve 70 °C – 250 mbar değerlerinde vakum kurutma metodu kullanılmıştır. Bu kurutma yöntemleri ile dut pestillerinin kuruma özelliği, toplam fenolik madde, toplam antioksidan kapasite, renk ve tekstürel (sertlik, esneklik, çiğnenebilirlik ve yapışkanlık) özellikleri gibi birçok parametre analiz edilmiştir. Kurutma yöntemleri ile dut pestil örneklerinin L*, b*, C* ve h° renk değerlerinde artış görülürken, a* renk değerinde ise azalma meydana geldiği bildirilmiştir. Pestil örneklerinin yapısal özelliklerinde kurutma yöntem ve koşulları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuşlardır ($p > 0,05$). Uygulanan kurutma kinetiği modelleri içinde Page ve Modifiye Page modelleri en iyi sonucu vererek dut pestilinin kuruma özelliklerini en iyi belirleyen kurutma modelleri olarak saptanmıştır. Araştırmada materyal olarak kullanılan dut pestil örneklerinin efektif nem difüzyon katsayıları $4,42 \times 10^{-8} – 8,47 \times 10^{-7}$ m^2/s arasında değişim göstermiştir. Dut pestillerinde uygulanan kurutma yöntemi ile örneklerin toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite değerlerinde artış olduğu gözlenmiştir (sırasıyla; % 1,41 – 57,13 ve % 0,37 – 72,79). Toplam fenolik madde: 209,14 mg GAE/100 g km ve toplam antioksidan kapasite (DPPH): 181,37 µmol TE/100 g km şeklinde en yüksek değerler olarak tespit edilmiş ve bu değerlerin 180 W mikrodalga ile kurutulan pestillerde ortaya çıktığı bildirilmiştir (Suna ve Özkan Karabacak, 2019).

Özkan Karabacak (2019), yapmış olduğu çalışmada üç farklı kurutma yöntemi ile (sırasıyla; 60 ve 70 °C sıcak hava, 60 ve 70 °C – 20 ve 30 kPa vakum ve 90 ve 180 W mikrodalga) güvem pestili üretmiştir. Kurutulan güvem pestilinin kuruma karakteristiği ile birlikte efektif nem difüzyon katsayısı, renk ve duyusal özellikleri ile fenolik madde

ve antoksidan kapasitenin *in vitro* biyoerişilebilirliği incelenmiştir. İstatistiksel analizlerin sonuçlarına göre uygulanan modeller arasından Page, Modifiye Page, Henderson & Pabis ve Logaritmik modellerin güvem pestilinin kuruma karakteristiğini en iyi şekilde tanımladıkları ifade edilmiştir. Efektif nem düfüzyon katsayıları $5,55 \times 10^{-8}$ ile $8,13 \times 10^{-7}$ m^2/s arasında hesaplanmıştır. a*, b*, Cab* ve h° renk değerleri kurutma uygulamalarına bağlı olarak artış gösterirken, L* değerinde ise düşüşler gözlemlenmiştir. Pestil karışımına bağlı olarak sindirilmemiş örnekler ile mide ve bağırsak sindirimine uğratılmış örneklerin toplam fenolik madde ve antioksidan kapasitesinin daha düşük olduğu belirlenmiştir. Örneklerde toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan kapasitesi bağırsak sindirimi sonrasında önemli derecede artış göstermiştir. ($p < 0,05$). Yapılan duyusal analiz sonucunda, panelistlerin sıcak hava ve vakumda kurutulan örnekleri daha çok tercih ettikleri belirlenmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Aronya meyveleri, Yalova-Türkiye'nin Safran Köyü'nden Eylül 2021'de hasat edilmiş ve işlenene kadar derin dondurucuda (-18±0.5°C) depolanmıştır. Pestil formülasyonunda kullanılan buğday nişastası (Pakmaya, Türkiye) ve sakkaroz (Torku, Türkiye) yerel marketlerden, sitrik asit (Akbel Kimya), askorbik asit (gıda kullanımına uygun) ve stevya (Sweta, Stevian Biotechnology Corporation) Biotechnology Corporation firmasından temin edilmiştir. Aronya meyvelerinin ortalama yükseklik, genişlik ve uzunluk ölçüleri kumpas ile sırasıyla 1,16 ± 0,30, 1,09 ± 0,08 ve 1,20 ± 0,08 cm olarak belirlenmiştir.

3.2. Pestil Üretimi

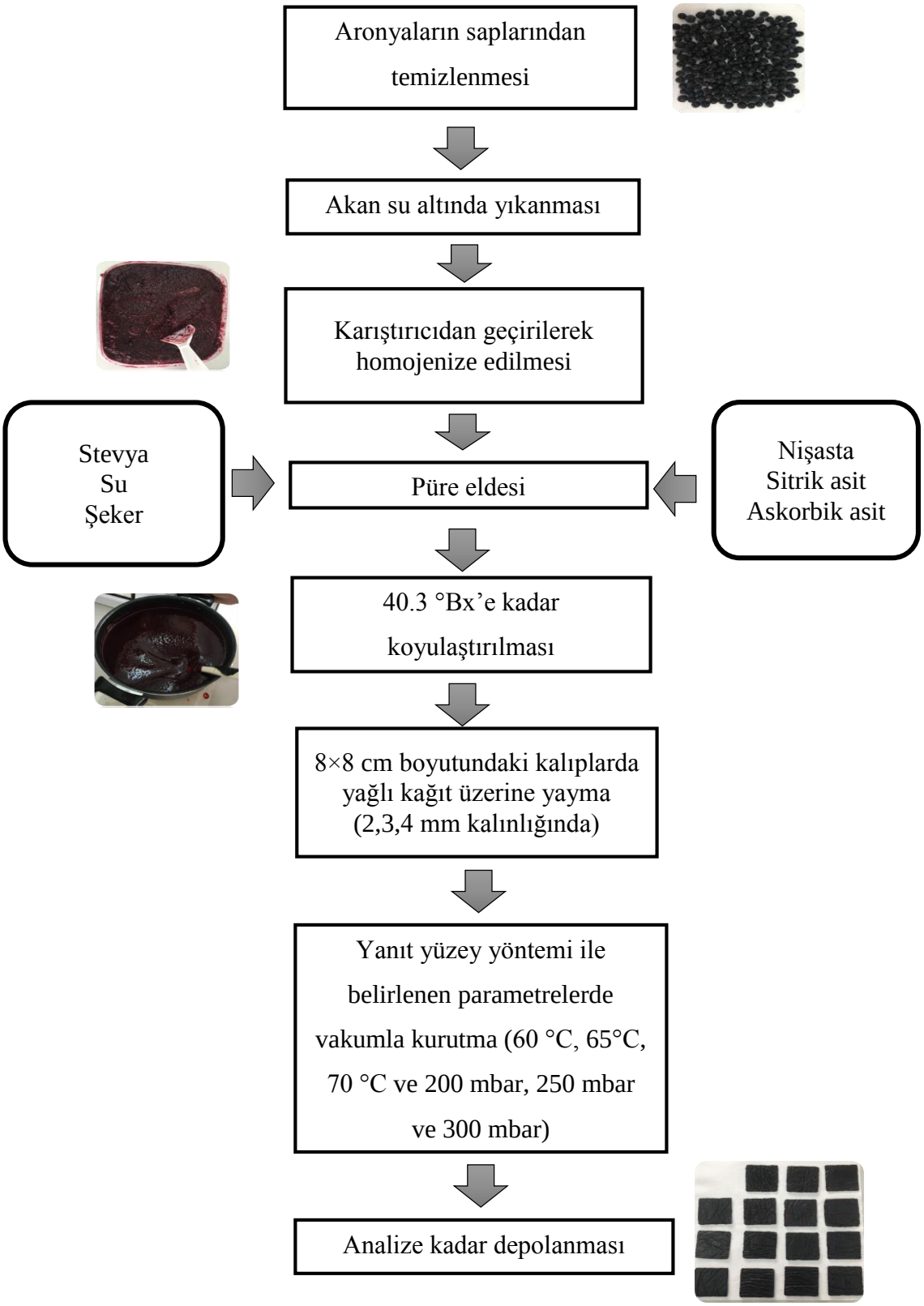
Öncelikle aronya meyveleri akar su altında yıkanmış ve bir mikser (Arzum, AR1092, Türkiye) yardımıyla homojenize edilerek aronya püresi haline getirilmiştir. Elde edilen aronya püresine sırasıyla su (%30), sakkaroz (%7,5), nişasta (%2,8), sitrik asit (%0,1) ve askorbik asit (%0,1) eklenmiştir. Sitrik asit, son ürün tat-lezzet dengesinin sağlanması, askorbik asit ise C vitamini olarak ve antioksidan etkisi nedeniyle reçetede yer almıştır.

Formülasyonda yer alan stevya miktarı, 100 g sakkaroz ile eşdeğer tatlılık sağlayacak şekilde hesaplanmıştır. Sakkarozun (toz şeker) tatlılık eş değeri 100 olarak kabul edilmektedir ve bu tatlılık derecesi üzerinden gidilerek hesaplama yapılmıştır. Örneğin; reçetesinde 100g sakkaroz içeren ürünün tatlılık derecesi “100 × 1 = 100” olarak hesaplanmıştır. Stevyanın tatlılık eş değeri 300 olarak bildirilmiştir (Suna ve ark., 2019; Wojtunik-Kulesza vd. 2020).

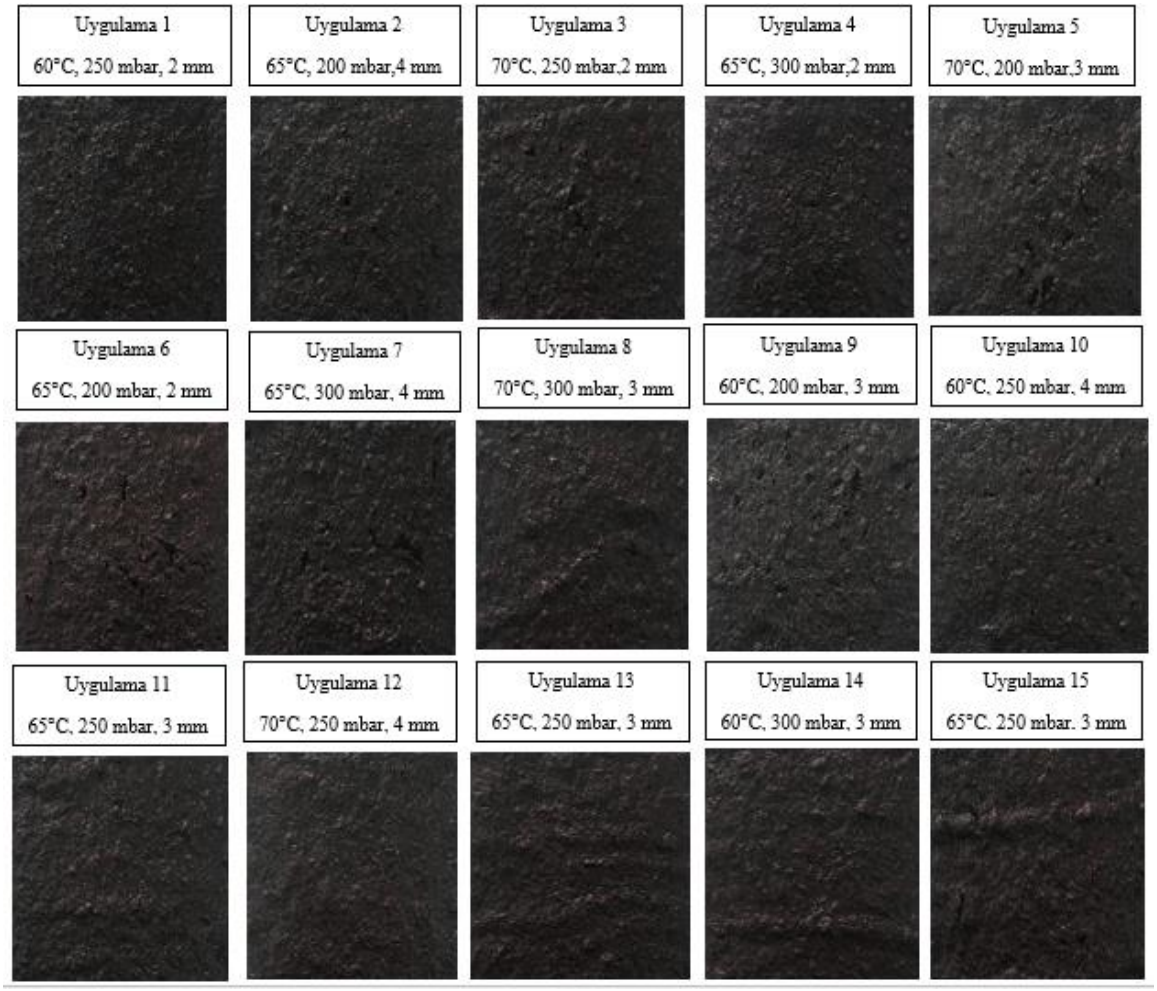
Böylelikle, aynı tatlılığın elde edilmesi için 100/300 = 0,33 g stevya eklenmelidir. Form stevya aynı tatlılığın sağlanması için (7,5*0,33)/100= 0,025 g stevya eklenmiştir. Stevya içeren örneklerde eksik kalan kuru madde miktarı, aronya püresi miktarı üzerinden yapılan hesaplama ile belirlenmiş ve kütle dengesi sağlanmıştır. Sitrik asit, askorbik asit, nişasta, sakkaroz ve stevya suda çözündürülerek ve sırasıyla pürelere eklenmiş, ardından sürekli karıştırılarak açık bir kazanda 40,3° briks (Suna ve ark., 2014) değerine ulaşana kadar koyulaştırılmıştır. Pişirilmiş pestil karışımı (yaklaşık 25 g) yağlı pişirme kağıdı

üzerinde 2, 3 ve 4 mm olmak üzere farklı kalınlık değerlerine sahip, 8 × 8 cm kare plastik kalıplara dökülmüştür. Daha sonra pestiller vakumlu kurutma kabini (Memmert VO400, Schwabach, Germany, 49 L hacim) kullanılarak YYY ile belirlenen parametreler üzerinden 60 °C, 65°C, 70 °C ve 200 mbar, 250 mbar ve 300 mbar mutlak basınç altında kurutulmuştur. Kurutulan pestil örnekleri analiz edilene kadar buzdolabı sıcaklığında (+4±0.5°C) düşük yoğunluklu polietilen ambalajlarda (Koroplast, ağzı kilitli buzdolabı poşetlerinde) muhafaza edilmiştir (Şekil 3.1).

Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından pestillerde nem oranının %15'in altında olması gerektiği belirtilmiştir (Anonim, 2023). Elde edilen pestiller, literatür çalışmaları ve TSE verileri göz önünde bulundurularak %7-%8 nem içeriğinde kurutulmuştur (Anonim, 2023).



Şekil 3.1. Aronya pestili üretim akış diyagramı



Şekil 3.2. Kurutma işleminden sonra aronya pestilleri

3.3. Kurutma Yöntemi

Vakumla kurutma işlemine başlamadan önce, kurutucunun kurutma koşullarını stabilize etmek için cihaz yaklaşık 20 dk boyunca çalıştırılmıştır. Vakum kurutma işlemleri, Almanya menşeli 49 L kapasiteli bir vakum kurutucuda (Memmert-VO400) yanıt yüzey yöntemi ile optimize edilen parametreler için; 60, 65 ve 70°C'de, 200, 250, 300 mbar mutlak basınçta ve 2, 3, 4 mm kalınlığındaki pestilllerde gerçekleştirilmiştir (Kalıpların en boy ve kalınlık değerleri 8x8x0,4 cm).

Yaklaşık 25 g olan örnekler yağlı kağıt üzerine homojen bir şekilde yerleştirilmiştir. Pestillerin nem değişimleri, nem analizörü (Sartorius- MA150, Almanya) kullanılarak belirli zaman aralıklarında kaydedilmiş ve nem takibi yapılmıştır. Kurutma işleminin

süresi, uygulanan farklı parametrelere bağlı olarak 88-221 dk arasında değişim göstermiştir. Kurutma işlemleri, başlangıçtaki %55,01 nem içeriği %7-8'e düşene kadar devam ettirilmiştir.

3.4. Fizikokimyasal Analizler

Taze aronya meyvelerinin ve kurutulmamış karışımın suda çözünebilen kuru madde miktarı (briks°), dijital bir refraktometre (KEM, RA-500 model, Japonya) ile 25 ± 2°C'de ölçülmüştür. Ölçüm, hazırlanan püre karışımının ince bir tülbentten geçirilmesinin ardından gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar g/100 g olarak ifade edilmiştir. Pestillerin nem içeriği bir nem analizörü (Sartorius MA150, Almanya) kullanılarak analiz edimiştir. Örneklerin nem içeriği % (g/100 g) olarak ifade edilmiştir. Aronya pestillerinin (0,20 cm kalınlığında) renk değerleri, Konica Minolta CR-5 (Bench-top, Japonya) kullanılarak analiz edilmiştir. L*, a*, b* değerleri sırasıyla açıklık/karanlık, kırmızılık/yeşillik ve sarılık/mavilik olarak ölçülmüştür. Kroma (C*) ve renk açısı (h°) değerleri ise sırasıyla rengin canlılık derecesi ve renk açısı olarak tanımlanmış ve tüm bu değerler üç tekerrürlü olarak analiz edilmiştir.

3.5. Analiz Yöntemleri

3.5.1. Kimyasal ekstraksiyon

Aronya pestillerinin ekstraktları, Vitali ve diğerleri, (2009) tarafından belirtildiği şekilde gerçekleştirilmiştir. Pestillerden 2,0 g örnek falkon tüplerine tartılarak alınmış ve üzerine 20 mL HCl/metanol/su (1:80:10, v/v) karışımı eklenerek ekstrakte edilmiştir. 20°C'de çalkalamalı su banyosunda 2 saat bekletildikten sonra, 3500 rpm'de 10 dakika 20°C'de santrifüj yapılmış (Sigma, 3K30, Almanya) ve santrifüj tüplerinin üstünde kalan (Eppendorf, 5417R, Almanya), süpernatantlar toplanılmıştır. Elde olunan ekstraktlar analiz edilene kadar -18°C'de depolanmıştır. Bu ekstraktlar, TFM, TAK (CUPRAC, FRAP, DPPH) ve TMA analizlerinde kullanılmıştır. Bu analizlerden elde edilen sonuçlar, sindirim öncesi örnekler şeklinde ifade edilmiştir.

3.5.2. Toplam fenolik madde miktarı (TFM)

Toplam fenolik madde miktarı (TFM) analizi, Folin-Ciocalteu spektrofotometrik yöntemi ile belirlenmiştir (Spanos, 1990). Bu analizde, 5–50 ppm aralığında farklı konsantrasyonlarda hazırlanan standart gallik asit çözeltileri kullanılarak bir kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur (R^2=0,9992). Sonuçlar, elde edilen kalibrasyon eğrisinin regresyon denklemi kullanılarak hesaplanmış ve mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/100 g kuru madde olarak ifade edilmiştir. Ekstrakt/deiyonize su/FC (0,25/2,3/0,15 mL) karışımı 25 ± 2°C'de 15 saniye boyunca vortekslenmiştir (Vortex Mixer Classic, Velp Scientifica, Italia). Daha sonra, 0.3 mL Na_2CO_3 (%35) eklenerek homojen olacak şekilde karıştırılmıştır. Karanlıkta 2 saat inkübe edildikten sonra, absorbans değeri 725 nm'de köre karşı okunmuştur (Shimadzu UV 1208, Japonya). Kör için deiyonize su/ FC (2,55/ 0,5 mL) karışımı 15 sn vortekslenmiş, 5 dk sonra 0,3 mL Na_2CO_3 (%35) eklenerek karıştırılmıştır. Pestillerin toplam fenolik içeriği, mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/100 g kuru ağırlık (ka) olarak ifade edilirken, taze meyvenin toplam fenolik içeriği (TFM) ise gallik asit eşdeğeri (GAE)/100 g taze ağırlık (ta) olarak hesaplanmıştır.

3.5.3. Toplam antioksidan kapasite (TAK)

Toplam antioksidan kapasite (TAK) analizi için farklı indirgeme mekanizmalarına sahip 3 farklı yöntem kullanılmıştır. Örneklerin Toplam antioksidan kapasite (TAK) miktarları DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil hidrat), CUPRAC (Bakır iyonu indirgeme antioksidan kapasitesi) ve FRAP (Demir indirgeme antioksidan gücü) yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir. Analizler spektrofotometrik olarak (Shimadzu UV 1208, Japonya) gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, pestil numunelerinin toplam antioksidan kapasitesi (TAK) mg Trolox eşdeğeri (TE)/g kuru ağırlık (ka) cinsinden ifade edilirken, taze meyvenin toplam antioksidan kapasitesi ise mg TE / g taze ağırlık (ta) olarak verilmiştir. Her bir analiz, numuneler üzerinde üç kez tekrarlanarak gerçekleştirilmiştir.

DPPH analizinde; 100 µL ekstrakt, DPPH radikali (3,9 mL, 6×10^{-5} M) ile karıştırılarak 15-30 sn vortekslenmiştir (Vortex Mixer Classic, Velp Scientifica, Italia). Test tüpleri, 25

± 2°C'de 30 dk karanlık bir ortamda bekletildikten sonra karılımın absorbansı 515 nm'de saf metanole karşı okunmuştur. Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan Troloks çözeltileri (5–200 ppm) kullanılarak, DPPH çözeltisinin absorbansındaki azalma ölçülmüş ve bir Troloks kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur (R^2=0,9997). Kalibrasyon eğrisi denklemi ve numune seyreltme faktörü dikkate alınarak sonuçlar, mikromol Troloks eşdeğeri (TE)/g kuru ağırlık olarak ifade edilmiştir (Katalinic ve diğerleri, 2006).

CUPRAC yönteminde; 900 µL distile H_2O ve 100 µL örnek ekstraktı, 1 mL (10 mM) bakır (II) klorür, 1 mL (7,5 mM) neokuproin ve 1 mL (1 M) amonyum asetat (pH: 7) çözeltileriyle hazırlanan CUPRAC reaktifine eklenmiştir. Oda sıcaklığında (25 ± 2°C) 30 dk sonra inkünasyondan sonra, örneğin absorbansı 450 nm'de saf suya karşı ölçülmüştür. Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan Troloks (6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit) çözeltileri (5–400 ppm) kullanılarak CUPRAC çözeltisinin absorbansındaki değişim ölçülmüş ve bir Troloks kalibrasyon eğrisi elde edilmiştir (R^2=0,9978). Kalibrasyon eğrisi denklemi ve numune seyreltme faktörü dikkate alınarak, sonuçlar mikromol Troloks eşdeğeri (TE)/g kuru ağrılık olarak ifade edilmiştir. (Apak ve diğerleri, 2008).

FRAP yönteminde; 300 µL saf su ve 100 µL ekstrakt, 37°C'de günlük olarak taze hazırlanan ve inkübe edilen 3 mL FRAP reaktifine eklenmiştir. FRAP reaktifi; 25 mL 0,3 mol/L asetat tamponu (pH: 3,6), 2,5 mL 20 mmol/L $Fe_3Cl \times 6H_2O$ ve 2,5 mL 10 mmol/L TPTZ (2,4,6-Tris(2-piridil)-s-triazin) çözeltisi 40 mmol/L HCl ile karıştırılarak hazırlanmıştır. Analiz için, 37°C'de inkübe edilen FRAP çözeltisinden 3 mL alınarak 0,3 mL distile su ve 0,1 mL ekstrakt ile birleştirilmiştir. Ardından, 37°C'de 30 dakika inkübasyon gerçekleştirilmiş ve reaksiyon karışımının absorbansı 595 nm'de ölçülmüştür. Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan Troloks çözeltileri (10–600 ppm) kullanılarak bir Troloks kalibrasyon eğrisi oluşturulmuş (R^2=0,9971), antioksidan kapasite değeri kalibrasyon grafiği yardımıyla µmol Troloks eşdeğeri (TE) / g kuru ağırlık olarak ifade edilmiştir (Benzie & Strain, 1996).

3.5.4. Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarı (TMA)

Örneklerin içeriğinde bulunan toplam monomerik antosiyanin miktarları, pH-diferansiyel yöntemi kullanılarak AOAC (2006) metoduna göre spektrofotometrik olarak analiz edilmiştir. Bu yöntem, monomerik antosiyaninlerin pH 1,0'de renkli oksonyum formunun ve pH 4,5'te renksiz hemiketal formunun baskınlığına dayanmaktadır. 100 µL ekstrakta, 400 µL pH 1,0 (KCl, 0,025 M) tampon çözeltisi ve ayrı olarak 100 µL ekstrakta 400 µL pH 4,5 (CH_3 CO_2 Na, 0,4 M) tampon çözeltisi eklenmiştir. Absorbans ölçümleri, saf suya karşı 512 nm ve 700 nm'de spektrofotometrede (UV-1800, Shimadzu, Japonya) gerçekleştirilmiştir. Pestillerin toplam monomerik antosiyanin (TMA) içeriği mg C3G / kg kuru ağırlık (ka) olarak, taze meyvenin TMA içeriği ise mg C3G / kg taze ağırlık (ta) olarak ifade edilmiştir.

3.5.5 *İn vitro* gastrointestinal sindirim yöntemi

Örnekler, mide (gastrik) ve bağırsak (intestinal) fazını temsil eden iki aşamalı bir gastrointestinal sindirime tabi tutulmuştur. Sindirimde kullanılan simüle edilmiş gastrik sıvı (SGS) ve simüle edilmiş intestinal sıvı (SIS), Minekus ve diğerleri (2014) yöntemine göre hazırlanmıştır. Bu işlemden sonra, SGS, pepsin çözeltisi (25,000 U/mL, Sigma-Aldrich P6887; ABD), kalsiyum klorür (0,3M) ve hidroklorik asit (1M) ile karıştırılmıştır. Elde edilen karışım 37°C'de 2 saat inkübe edilmiş ve karışımın pH'sı hidroklorik asit kullanılarak 3'e ayarlanmış ardından her örnek için 4 mL olacak şekilde toplanmıştır. Kalan karışım, SIS, pankreatin çözeltisi (800 U/mL, Sigma Aldrich P3292), safra (160 mM), kalsiyum klorür ve sodyum hidroksit (1M) ile aşamalı olarak karıştırılmıştır. Karışım, çalkalamalı su banyosunda 37°C'de 2 saat inkübe edilmiş ve karışımın pH'sı sodyum hidroksit kullanılarak 7'ye ayarlanmıştır. Son işlem olarak, örnekler 3500 rpm'de 10 dakika boyunca 4°C'de santrifüj edilmiş, filtreden geçirilerek süzülen süpernatantlar toplanmıştır. Elde edilen ekstraktlar analiz edilinceye kadar -18 °C' de depolanmıştır.

3.5.6. Duyusal Analiz

Üretilen pestiller, renk, görünüş koku, tat, çiğnenebilirlik, yapışkanlık ve genel kabul edilebilirlik özellikleri yönüyle duyusal olarak değerlendirilmiştir.

Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü'nden akademisyenler ve lisansüstü öğrencilerden oluşan, yaşları 24 ile 65 arasında değişen ve duyusal değerlendirme konusunda deneyimli yedi birey, değerlendirme prosedürü hakkında bilgilendirilmiştir. Her pestil, ürünün net bir şekilde değerlendirilmesini sağlamak için oda sıcaklığında cam tabaklar üzerinde, rastgele atanmış üç haneli bir numara ile panelistlere sunulmuştur. Değerlendirme, "1: çok beğenmedim" ile "9: çok beğendim" arasında değişen dokuz puanlık bir hedonik ölçek kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçları yorumlamak için istatistiksel analiz kullanılmıştır.

3.5.7. Deneysel Tasarım

Aronya pestili üretiminde optimizasyonun sağlanabilmesi ve bağımsız değişkenler olan kurutma sıcaklığı (60°C, 65°C, 70°C), vakum kurutma basıncının (200 mbar, 250 mbar, 300 mbar) ve pestil kalınlığı (2mm, 3mm, 4 mm); bağımlı değişkenler (yanıtlar) üzerindeki etkisini analiz etmek için Yanıt Yüzey Yöntemi (YYY), Box-Behnken metodu kullanılmıştır.

Bağımlı değişkenler olarak TFM, TAK (DPPH, FRAP ve CUPRAC) gibi biyoaktif özellikler seçilmiştir. Optimizasyon sürecinde, tüm bu özellikler hem sindirilmemiş örneklerde, hem de *in vitro* gastrointestinal sindirim sürecindeki tüm aşamalarda analiz edilmiştir. Böylelikle biyoaktif potansiyelin biyoalınabilirliğinin ve bundan elde edilebilecek biyoyararlanımın ortaya konulması amaçlanmıştır.

YYY Box-Behnken tasarımında; deneysel tasarım oluşturmak için bağımsız değişkenler üç seviyede (-1, 0, 1) 15 deneme belirlenmiştir. Faktör seviyeleri belirlenirken, 1 yüksek değeri, 0 optimal değeri ve -1 düşük değeri temsil etmektedir. Bu deneysel tasarım, denemelerin analiz sonuçlarının üç boyutlu grafiklerde oluşturulmasını ve formülle çözülmesini sağlamaktadır. Çizelge 3.1 ve 3.2'de faktörler, seviyeleri ve deneysel tasarım gösterilmiştir. Her deneme için bağımlı değişkenlerin analitik sonuçları elde edilmiş ve Design Expert yazılımı (sürüm 13, Stat-Ease, Inc., Minneapolis, ABD) ile istatistiksel olarak incelenmiştir. İncelenen faktörlerin bireysel yanıt üzerindeki etkisi %5 anlamlılık testi kullanılarak değerlendirilmiş ve tanımlanmıştır. Yanıt değişkenlerini tahmin etmek için genel polinomial model denklemi uygulanmıştır. Tasarım seçildikten sonra, model

denklemi tanımlanmış ve model denkleminin katsayıları tahmin edilmiştir. YYY' de kullanılan model genellikle tam ikinci dereceden denklemdir veya bu denklemin azaltılmış formudur. İkinci dereceden model şu şekilde yazılabilir:

$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{3} \beta_i X_i + \sum_{i=1}^{3} \beta_{ii} X_i + \sum \sum_{i<j=1}^{3} \beta_{ii} X_i X_j$ (Zekovic ve ark., 2014)

Burada y yanıt değişkenini X_i ve $X_j$yanıtı etkileyen bağımsız değişkenleri ve β_0, β_i, β_{ii} ve β_{ij} kesişim, doğrusal, karesel ve etkileşim terimleri için regresyon katsayılarını temsil etmektedir.

Çizelge 3.1. YYY tasarımında kullanılan bağımsız değişkenlerin Box-Behnken matrisi

Değişkenler	***Parametreler***	***Seviyeler***		
		-1	0	1
X1	Kurutma Sıcaklığı (℃)	60	65	70
X2	Vakum Kurutma Basıncı (mbar)	200	250	300
X3	Pestil Kalınlığı (mm)	2	3	4

Çizelge 3.2. Deney Tasarımı

Uygulamalar	***Kurutma Sıcaklığı (℃)***	***Vakum Kurutma Basıncı (mbar)***	***Pestil Kalınlığı (mm)***
9	60	200	3
1	60	250	2
10	60	250	4
14	60	300	3
6	65	200	2
2	65	200	4
11	65	250	3
13	65	250	3
15	65	250	3
4	65	300	2
7	65	300	4
5	70	200	3
3	70	250	2
12	70	250	4
8	70	300	3

3.5.8 İstatistiksel analiz

Tüm analizler 3 tekerrürlü olmak üzere istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ortalama ± standart sapma şeklinde ifade edilmiştir. Tüm veriler JMP programı (SAS Institute-Inc. NC. 27513-Version 8.0.) kullanılarak tek yönlü ANOVA analizi ile değerlendirilmiş ve örnekler arasındaki farklılıkların belirlenmesi F testi kullanılarak 0.05 olasılık düzeyinde yapılmıştır ($p < 0,05$).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Taze aronyanın TFM ,TAK, TMA değerleri ve *in vitro* sindirimi

Çizelge 4.1. Taze aronyanın TFM, TAK ve TMA değerleri

Analizler	Sindirim Öncesi	Sindirim Sonrası	
		Mide Sindirimi Sindirimi	Bağırsak
TPC (mg GAE /100g k.a)	640,41 ± 4,14	177,14 ± 2,31	284,09 ± 18,36
DPPH (µmol Troloks/g k.a)	168,97 ± 2,09	5,47 ± 0,61	63,77 ± 5,78
CUPRAC (µmol Troloks/g k.a)	544,12 ± 162,93	62,16 ± 3,92	96,87 ± 8,00
FRAP (µmol Troloks/g k.a)	415,35 ± 12,09	56,99 ± 1,55	104,21 ± 6,75
TMA (mg CGE/kg)	2008,04 ± 75,01	239,80 ± 3,01	65,29 ± 8,11

Aronya, yüksek fenolik içeriği sebebiyle "süper meyve" olarak adlandırılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan aronya meyvesinin toplam fenolik madde içeriği (TFM) 640,41 ± 4,14 mg GAE/100g taze ağırlık (ta) olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Literatürdeki çalışmalara bakıldığında, Hırvatistan'da yetişen farklı aronya çeşitlerinde TFM'nin 856,38-1205,57 mg GAE/100g taze ağırlık arasında olduğu bildirilmiştir (Jakobek ve ark., 2012). Yine Hırvatistan'da yetişen bir diğer aronya çeşidinde ise TFM değeri 1063 ± 571 mg GAE/100g kuru ağırlık (ka) olarak rapor edilmiştir (Jakobek ve ark., 2007). Romanya'da yapılan bir çalışmada bu değer 1756 ± 3,5 mg GAE/100g olarak belirlenmiştir (Tirla ve ark., 2023). Polonya'da TFM değerleri 1845-2340 mg GAE/100g taze ağırlık aralığında değişirken (Ochmian, 2012), Kore'de farklı aronya çeşitlerinde bu değer 13550 ± 3,2 mg GAE/100g kuru ağırlık olarak tespit edilmiştir (Kim ve ark., 2021). Amerika'da yetişen aronya örneklerinde ise toplam fenolik içerik 12700-19700 mg GAE/100g kuru ağırlık aralığında rapor edilmiştir (Taheri ve ark., 2015).

Fenolik içeriklerdeki bu değişiklikler, kullanılan ekstraksiyon yöntemleri, analitik prosedürlerdeki farklılıklar, işleme teknolojileri ve depolama koşulları gibi birçok faktörle ilişkilendirilmektedir. Ayrıca, iklim koşulları ve meyvenin olgunluk seviyesi de bu farklılıklara katkı sağlamaktadır (Denev ve ark., 2012; Kim ve ark., 2021).

4.2. Farklı kurutma parametrelerinin sindirim öncesi ve *in vitro* gastrointestinal sindirimde toplam fenolik madde miktarı, toplam antioksidan kapasite ve toplam monomerik antosiyanin üzerine etkileri

Çizelge 4.2. Aronya pestillerinin toplam fenolik madde ve toplam antioksidan kapasite değerleri

No	TFM (mg GAE/ 100 g ka)			DPPH (µmol Troloks/g ka)			CUPRAC (µmol Troloks/g ka)			FRAP (µmol Troloks/g ka)		
	Sindirim Öncesi	Mide Sindirimi	Bağırsak Sindirimi	Sindirim Öncesi	Mide Sindirimi	Bağırsak Sindirimi	Sindirim Öncesi	Mide Sindirimi	Bağırsak Sindirimi	Sindirim Öncesi	Mide Sindirimi	Bağırsak Sindirimi
9	182,39 ± 5,55^{aA}	111,47 ± 2,51^{abC}	157,84 ± 3,02^{abcB}	51,04 ± 0,80^{aA}	2,74 ± 0,02^{abC}	35,09 ± 0,36^{efgB}	391,95 ± 11,99^{aA}	241,71 ± 7,39^{aA}	72,73 ± 3,76^{fB}	180,17 ± 2,69^{bcdA}	92,10 ± 1,47^{cdB}	61,52 ± 2,07^{deC}
1	172,61 ± 4,1^{cA}	109,25 ± 0,95^{bC}	145,11 ± 4,70^{defB}	48,16 ± 0,84^{bcA}	2,92 ± 0,04^{aC}	28,57 ± 2,52^{hB}	209,07 ± 11,29^{bA}	104,68 ± 9,09^{cA}	58,17 ± 2,63^{gA}	171,18 ± 5,45^{eA}	103,78 ± 3,00^{aB}	66,92 ± 12,54^{dC}
10	177,82 ± 3,36^{abcA}	110,22 ± 1,25^{abC}	151,37 ± 2,48^{cdeB}	50,47 ± 0,90^{abA}	2,67 ± 0,04^{abC}	42,81 ± 0,36^{abB}	287,63 ± 11,18^{abA}	177,18 ± 6,89^{abcAB}	104,20 ± 3,52^{aB}	175,98 ± 2,67^{deA}	93,03 ± 1,84^{cB}	78,19 ± 2,08^{cC}
14	179,49 ± 2,65^{abA}	112,55 ± 1,41^{abC}	156,15 ± 3,59^{bcB}	46,45 ± 2,92^{cA}	2,62 ± 0,35^{bC}	32,19 ± 2,27^{gB}	249,44 ± 10,26^{abA}	153,98 ± 6,33^{abcAB}	56,37 ± 1,97^{gB}	153,47 ± 4,04^{gA}	78,59 ± 1,63^{fB}	40,56 ± 2,54^{iC}
6	180,31 ± 1,74^{abA}	112,92 ± 0,70^{abC}	166,57 ± 9,35^{aB}	50,09 ± 1,63^{abA}	2,53 ± 0,01^{bC}	32,39 ± 2,30^{gB}	323,06 ± 10,76^{abA}	199,38 ± 6,64^{abcAB}	84,82 ± 3,48^{cdB}	183,36 ± 1,45^{abcA}	82,97 ± 1,79^{eB}	53,05 ± 2,40^{efgC}
2	178,28 ± 1,84^{abcA}	109,90 ± 7,63^{abC}	144,19 ± 2,96^{efB}	50,26± 3,03^{abA}	2,67 ± 0,02^{abC}	34,94 ± 3,17^{fgB}	334,60 ± 9,85^{abA}	206,10 ± 6,06^{abcAB}	84,01 ± 2,06c^{cdB}	178,41 ± 2,84^{bcdA}	106,70 ± 0,68^{aB}	66,43 ± 6,29^{dC}
11	182,04 ± 4,58^{aA}	112,36 ± 0,72^{abC}	155,62 ± 5,07^{bcB}	50,39 ± 0,62^{abA}	2,60 ± 0,25^{bC}	38,26 ± 3,58^{cdeB}	237,79 ± 14,92^{abA}	155,45 ± 1,11^{abcdB}	80,24 ± 1,97^{deC}	175,78 ± 5,03^{deA}	89,41 ± 2,30^{dB}	43,43 ± 1,07^{hiC}
13	178,19 ± 2,86^{abcA}	114,25 ± 3,78^{aC}	160,48 ± 6,94^{abcB}	51,39 ± 1,16^{aA}	2,64 ± 0,14^{abC}	36,89 ± 0,85^{defB}	241,42 ± 15,00^{abA}	148,35 ± 7,00^{abcB}	78,76 ± 1,72^{eC}	177,51 ± 2,24^{cdeA}	85,15 ± 3,80^{eB}	49,79 ± 1,65^{ghiC}
15	180,13 ± 4,92^{abA}	113,44 ± 2,06^{abC}	162,17 ± 5,88^{abB}	51,14 ± 0,82^{aA}	2,67 ± 0,23^{abC}	42,70 ± 0,66^{abB}	247,61 ± 11,34^{abA}	146,69 ± 8,92^{abcB}	80,79 ± 2,36^{cdeC}	180,89 ± 1,04^{bcdA}	92,02 ± 0,65^{cdB}	50,34 ± 1,99^{ghC}
4	178,92 ± 2,12^{abA}	112,36 ± 2,88^{abC}	154,60 ± 2,24^{bcdB}	50,63 ± 1,12^{abA}	2,64 ± 0,05^{abC}	26,87 ± 1,26^{hB}	356,94 ± 11,36^{abA}	220,33 ± 7,01^{abA}	53,13 ± 2,81^{gB}	187,42 ± 2,55^{aA}	105,24 ± 0,83^{aB}	44,62 ± 3,26^{ghiC}
7	175,70 ± 1,16^{bcA}	111,21 ± 2,20^{abC}	152,76 ± 8,87^{bcdeB}	49,58 ± 2,30^{abA}	2,66 ± 0,07^{abC}	45,05 ± 1,5^{aB}	214,77 ± 9,51^{bA}	132,14 ± 5,85^{bcAB}	82,67 ± 2,10^{cdeB}	164,36 ± 1,03^{fA}	62,34 ± 1,40^{gC}	88,15 ± 5,37^{abB}
5	179,25 ± 1,63^{abA}	113,30 ± 1,10^{abC}	151,90 ± 3,38^{cdeB}	50,37 ± 1,06^{abA}	2,81 ± 0,03^{abC}	40,48 ± 1,76^{bcB}	271,01 ± 9,30^{abA}	167,00 ± 5,73^{abcAB}	97,46 ± 4,08^{bB}	176,78 ± 3,89^{deA}	61,88 ± 2,49^{gC}	84,89 ± 10,67^{bcB}
3	180,23 ± 5,73^{abA}	111,11 ± 2,61^{abC}	139,73 ± 5,68^{fB}	50,20 ± 1,15^{abA}	2,79 ± 0,07^{abC}	39,41 ± 1,61^{cdB}	223,64 ± 11,07^{bA}	138,02 ± 6,83^{bcA}	85,60 ± 5,71^{cA}	174,78 ± 7,37^{deA}	91,54 ± 2,71^{cdB}	97,30 ± 8,26^{aB}
12	183,00 ± 1,42^{aA}	114,17 ± 2,21^{aC}	158,37 ± 9,07^{abcB}	49,28± 1,00^{abA}	2,61 ± 0,34^{bC}	37,84 ± 1,74^{cdefB}	260,15 ± 11,98^{abA}	160,12 ± 7,37^{abcAB}	83,88 ± 2,19^{cdB}	158,98 ± 6,97^{fgA}	94,76 ± 0,83^{bcB}	60,48 ± 2,85^{defC}
8	178,77 ± 2,03^{abA}	109,83 ± 3,09^{abC}	165,77 ± 5,45^{aB}	48,13 ± 2,79^{bcA}	2,62 ± 0,13^{bC}	32,90 ± 1,69^{gB}	317,31 ± 11,40^{abA}	195,17 ± 7,01^{abcAB}	78,29 ± 2,25^{eB}	184,71 ± 0,48^{abA}	97,20 ± 2,17^{bB}	52,13 ± 4,31^{fghC}

Çizelge 4.2. Aronya pestillerinin sindirim öncesi, mide sindirimi ve bağırsak sindiriminden sonra Toplam Fenolik Madde Miktarı (TFM) ve Toplam Antioksidan Kapasite (TAK) değerleri. Sütundaki farklı küçük harfler ve satırdaki büyük harfler anlamlı derecede farklıdır ($p < 0,05$). Küçük harfler uygulamalar arasındaki farklılıkları, büyük harfler sindirim öncesi ve sindirim sonrasındaki farklılıkları ifade etmektedir. Uygulama 1: 60°C, 250 mbar, 2 mm; Uygulama 2: 65°C, 200 mbar, 4 mm; Uygulama 3: 70°C, 250 mbar, 2 mm; Uygulama 4: 65°C, 300 mbar, 2 mm; Uygulama 5: 70°C, 200 mbar, 3 mm; Uygulama 6: 65°C, 200 mbar, 2 mm; Uygulama 7: 65°C, 300 mbar, 4 mm; Uygulama 8: 70°C, 300 mbar, 3 mm; Uygulama 9: 60°C, 200 mbar, 3 mm; Uygulama 10: 60°C, 250 mbar, 4 mm; Uygulama 11: 65°C, 250 mbar, 3 mm; Uygulama 12: 70°C, 250 mbar, 4 mm; Uygulama 13: 65°C, 250 mbar, 3 mm; Uygulama 14: 60°C, 300 mbar, 3 mm; Uygulama 15: 65°C, 250 mbar, 3 mm

Kurutma koşullarının ve in vitro sindirimin aronya pestilleri için Toplam Fenolik Madde Miktarı (TFM), Toplam Antioksidan Kapasite (TAK) ve Toplam Monomerik Antosiyanin (TMA) üzerindeki etkisi Çizelge 4.2'de ve Çizelge 4.3'te gösterilmiştir. Farklı kurutma parametreleri toplam biyoaktif bileşik miktarını istatistiksel olarak önemli ölçüde etkilemiştir ($p<0.05$).

Aronya meyvesi hammadde olarak pestil ürünlerine işlendiğinde, sindirim öncesi örnekler için meyvenin toplam fenolik madde içeriğinde (TFM) %71-73 oranında bir azalma meydana gelmiştir (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2). Kurutma işlemi, taze aronya ile kıyaslandığında, aronya pestillerinin toplam fenolik içeriğinde belirgin bir düşüşe yol açmıştır. Bu azalma, pürenin işlenmesi esnasında uygulanan ısıl işlem, polifenol oksidaz ve peroksidaz gibi oksidatif enzimlerin aktivasyonu, termal bozunma ve kompleks bileşiklerin oluşumu gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır (Silva ve ark., 2018; Cordeiro, 2021; Qu ve ark., 2010). Benzer şekilde, sıcak hava ile 50, 60 ve 70°C'de kurutulan hünnap ve goji meyvelerinde de fenolik içerikte azalmalar rapor edilmiştir (Tepe ve Ekinci, 2021; Batu ve Kadakal, 2021).

Yadav ve arkadaşlarının (2018) çalışmasında da haşlama ve kavurma gibi ısıl işlemler sonucunda börülce tohumlarının TFM değerlerinde azalmalar gözlemlenmiştir. Kurutma sırasında hücresel bileşenlerin bozulması, kurutulmuş meyvelerin taze meyvelere göre daha düşük TFM değerlerine sahip olmasına neden olabilir. Bu çalışmada da aronya

meyvesinin pestil ürünlerine işlenmesi sonucu TFM değerlerinde bir düşüş saptanmıştır. Benzer bulgular, muşmula (Suna, 2019; Phuong ve ark., 2016), burdekin eriği (Chen ve ark., 2024), yaban mersini (Chen ve Martynenko, 2018) ve nar (Ersus ve Hepçimen, 2021) pestil ürünlerinde de rapor edilmiştir.

Bu çalışmalar, kurutma işleminin, formülasyondaki bileşenler, kullanılan kurutma teknikleri ve işlem parametrelerindeki değişiklikler nedeniyle toplam fenolik içerikte düşüşe yol açtığını göstermektedir. Kurutma süreçlerinde hücresel yapıların bozulması, ürünlerin ham maddelere kıyasla daha düşük TFM değerlerine sahip olmasına neden olmaktadır. Ayrıca, kimyasal bileşenlerin (fenolikler, lifler, su), oksidatif enzim aktivitelerinin (polifenol oksidaz, peroksidaz ve katalaz) ve ekstraksiyon verimliliğinin (ekstraksiyon süresi/sıcaklığı, solvent türü) TFM değişimlerini ve fenolik bileşiklerin bozulmalarını açıklayan temel faktörler olduğu belirtilmiştir (Gümüşay ve ark., 2015).

Bu çalışmada, aronya pestillerinin toplam fenolik madde miktarı (TFM) 172.61±4.10 mg GAE/100g kuru ağırlık (ka) ile 183.00±1.42 mg GAE/100g kuru ağırlık arasında değişmiştir ($p < 0.05$) (Çizelge 4.2). Suna (2019), sıcak hava ile kurutulan dut pestillerinde TFM'yi 60°C ve 70°C'de sırasıyla 138.78-197.51 mg GAE/100g kuru ağırlık olarak rapor etmiştir. Diğer çalışmalarda da çeşitli pestil ürünlerine ilişkin şu TFM değerleri bildirilmiştir: dut pestillerinde 29.21-32.24 mg GAE/100g kuru ağırlık (Yıldız, 2013), kivi pestillerinde 141-171 mg GAE/100g kuru ağırlık (Barman ve ark., 2021), karamuk pestillerinde 150.13-152.38 mg GAE/100g kuru ağırlık (Özkan-Karabacak, 2019), kaktüs armudu pestillerinde 176-192 mg GAE/100g kuru ağırlık (İncedayı ve ark., 2022), kayısı pestillerinde 481 mg GAE/100g kuru ağırlık (Kamiloglu ve Capanoglu, 2014), burdekin eriği pestillerinde 1890 mg GAE/100g kuru ağırlık (Chen ve ark., 2024), aronya pestillerinde 2043 mg GAE/100g kuru ağırlık (Olcay ve ark., 2024) ve nar pestillerinde 2974.75-4807.92 mg GAE/100g kuru ağırlık (Ersus ve Hepçimen, 2021). Bu çalışma bulguları, literatürde bildirilen TFM değerleriyle genel olarak uyum göstermektedir.

Aronya pestillerinin toplam fenolik madde içeriği (TFM) değerlendirildiğinde, Uygulama 1 (60°C, 250 mbar, 2 mm) örneğinin TFM değerinin, Uygulama 3 (70°C, 250 mbar, 2 mm) örneğine göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Uygulama 10 (60°C, 250 mbar, 4 mm) ve Uygulama 12 (70°C, 250 mbar, 4 mm) karşılaştırmalarında da benzer bir eğilim gözlemlenmiştir. Sonuçlarımız, genel olarak daha yüksek

sıcaklıklarda kurutulan pestillerin daha yüksek TFM değerlerine sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Literatürdeki benzer çalışmalarda da kurutma sıcaklığındaki artışın, daha yüksek TFM değerleri ile sonuçlandığı bildirilmiştir; bu artış, kurutma süresiyle ilişkilendirilmiştir (Samoticha ve ark., 2016). Vega-Valvez ve arkadaşlarının (2009) kırmızı biberler üzerine yaptığı çalışmada, 60°C'de kurutulan örneklerin TFM değerlerinin 50°C'de kurutulanlara göre daha yüksek olduğu, 90°C'de kurutulanların ise 70°C'de kurutulanlara göre daha yüksek TFM sergilediği tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Yang ve arkadaşlarının (2022) hurma dilimleri üzerinde yaptığı çalışmada, kurutma sıcaklığı 60°C'den 70°C'ye çıkarıldığında TFM'nin maksimum seviyeye ulaştığı gözlemlenmiştir. Bu durum, fenolik bileşiklerin termal hassasiyetiyle açıklanabilir; daha düşük sıcaklıklarda daha uzun kurutma sürelerinin gerekliliği, fenolik bileşiklerin bozulmasına yol açabilmektedir (Kayacan ve ark., 2020).

Bu çalışmada ayrıca vakum basıncının toplam fenolik madde içeriği (TFM) üzerindeki etkisi de incelenmiştir. Uygulama 9 (60°C, 200 mbar, 3 mm) ve Uygulama 14 (60°C, 300 mbar, 3 mm) karşılaştırıldığında, daha düşük vakum basıncında kurutulan aronya pestillerinin daha yüksek TFM değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Aynı eğilim, Uygulama 4 (65°C, 300 mbar, 2 mm) ile Uygulama 6 (65°C, 200 mbar, 2 mm) ve Uygulama 5 (70°C, 200 mbar, 3 mm) ile Uygulama 8 (70°C, 300 mbar, 3 mm) karşılaştırmalarında da gözlemlenmiştir. Sumic ve arkadaşlarının (2013) kurutulmuş vişneler üzerine yaptıkları çalışmada da benzer sonuçlar rapor edilmiştir. Namavar ve ark. (2018) 20 kPa basınç altında vakumlu püskürtmeli kurutmanın, 35 kPa ve 50 kPa basınçlarına kıyasla hindiba kökü özütlerinin toplam fenolik içeriğini anlamlı düzeyde artırdığını bildirmiştir. Araştırmacılar, bu artışı aktif bileşiklerin oksidatif bozunmasını en aza indiren düşük oksijen koşullarına bağlamaktadır (Namavar ve ark., 2018).

Aronya pestillerinin toplam fenolik madde içeriği (TFM) üzerindeki *in vitro* gastrik ve intestinal sindirimin etkileri Çizelge 4.2'de gösterilmiştir ($p<0.05$). Hem gastrik hem de intestinal sindirim aşamalarında ürünlerin TFM değerleri taze meyveye göre daha düşük bulunmuştur (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2). Sindirilmemiş pestillerde olduğu gibi, kurutma işlemi sonrasında TFM'deki azalmanın, polifenollerin proteinlere bağlanması ve kimyasal yapıdaki değişiklikler gibi çeşitli faktörlere bağlı olabileceği düşünülmektedir (Shu ve ark., 2021; Liu ve ark., 2016).

Gastrik sindirim sonrasında, sindirilmemiş örneklere kıyasla TFM'de %36-%39 oranında önemli bir azalma tespit edilmiştir ($p<0.05$) (Çizelge 4.2). Gastrik sindirim sonunda örnekler arasında en düşük ve en yüksek TFM değerleri sırasıyla Uygulama 1'de 109.25±0.95 mg GAE/100g kuru ağırlık ve Uygulama 13'te 114.25±3.78 mg GAE/100g kuru ağırlık olarak belirlenmiştir. Gastrik ortamın düşük pH seviyesinin, makromoleküler fenoliklerin kararsız hale gelmesine neden olduğu ve bunun TFM'de azalmaya yol açtığı düşünülmektedir (Zhang ve ark., 2023). Benzer bulgular yenidünya pestili (Özkan ve ark., 2024) ve muşmula pestili (Suna, 2019) üzerine yapılan çalışmalarda da rapor edilmiştir.

İntestinal sindirim aşamasında ise TFM'de belirgin bir azalma görülmüştür. Bu çalışmada kullanılan pestil formülasyonlarının ve kurutma işlemlerinin, yanıt yüzey yöntemi (YYY) ile tasarlandığı için birbirine benzer özellikler taşıdığı, bu nedenle örnekler arasında büyük farklar gözlemlenmediği düşünülmektedir. Sindirilmemiş örneklere kıyasla intestinal sindirim sonrası TFM'deki bu azalma, yenidünya pestili (Özkan ve ark., 2024), kiraz-kapia biber pestili (Özkan-Karabacak ve ark., 2023), taflan yaprağı ekstraktları (Özkan ve ark., 2023), kiraz ekstraktı (Oksuz ve ark., 2019) ve armut fermente ürünü (Zhang ve ark., 2023) çalışmalarında da benzer şekilde rapor edilmiştir.

Bu bulgular, sindirim sürecinde fenolik bileşiklerin yapısal dönüşümleri hakkında önemli veriler sağlamaktadır. Ayrıca, kurutma işlemi sırasında uygulanan ısıl işlemin, diyet polifenollerinin bozulma derecesini ve *in vitro* biyoyararlanımını etkileyebileceği düşünülmektedir (Arfaoui ve ark., 2021).

Toplam antioksidan kapasitenin (TAK) belirlenmesinde her bir analiz yönteminin farklı ölçüm mekanizmalarına sahip olması nedeniyle, çalışmada birden fazla analiz yöntemi eş zamanlı olarak kullanılmıştır. Bu kapsamda, aronya meyvesi, pestil ürünleri ve bu ürünlerin *in vitro* gastrointestinal sindirim sürecindeki biyoyararlanımı DPPH, CUPRAC ve FRAP analizleri ile değerlendirilmiştir (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2). Polifenoller, özellikle antosiyaninler, güçlü antioksidan kapasiteye sahip bileşikler olarak bilinmektedir. Antosiyaninler açısından zengin olduğu bilinen aronya meyvesi, diyet yoluyla alındığında, oksidanlar ve antioksidanlar arasındaki dengenin yeniden sağlanmasında önemli bir rol üstlenebilir.

Antioksidanlar, bağışıklık hücrelerinden salınan reaktif oksijen türlerini yakalayarak, bu hücrelerin aşırı reaktif oksijen türlerinin üretimi nedeniyle kendilerine zarar vermelerini önler ve böylece hücresel hasarı azaltır. Ayrıca, antioksidanlar, antioksidan enzimlerin indüklenmesini sağlayarak, zayıflayan bağışıklık yanıtının yeniden etkin hale gelmesine katkıda bulunabilir. Bu durum, antioksidan potansiyelin bağışıklık sistemi üzerindeki olumlu etkilerini vurgulamaktadır (Mocanu ve Amariei, 2022; Ciliberti ve ark., 2020).

Bu bulgular, çalışmada kullanılan aronya pestillerinin antioksidan kapasitelerinin, özellikle sindirim sonrasında biyoyararlanımlarının incelenmesi açısından önemli veriler sağlamaktadır.

Aronya meyvesinin DPPH analizi ile belirlenen toplam antioksidan kapasitesi (TAK) 168,97 ± 2,09 µmol TE/g kuru ağırlık (ka) olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). Literatürde yer alan diğer çalışmalarda ise Wroclaw, Polonya'dan toplanan aronya örneklerinde DPPH değeri 2,79 µmol TE/g kuru madde olarak bildirilmiştir (Oszmiański ve Wojdyło, 2005); Varşova, Polonya'daki yerel pazarda 30,40 µmol TE/g taze ağırlık olarak rapor edilmiştir (Catana ve ark., 2017); Arancibia-Avila ve ark. (2012) tarafından ise 87,2 µmol TE/g kuru madde olarak belirlenmiştir. Ayrıca, Sırbistan'dan elde edilen örneklerde 106,5 µmol TE/g kuru madde ve Lublin, Polonya'dan elde edilen Nero çeşidi aronya örneklerinde ise 199,4 µmol TE/g taze ağırlık değerleri bildirilmiştir (Mitic ve ark., 2014; Najda ve Labuda, 2013). Her bir çalışmada sunulan sonuçlar farklı birimlerde ve hesaplama temelinde (kuru madde veya ekstrakt) verildiğinden, mevcut bulguların birebir karşılaştırılması mümkün olmamakla birlikte, elde edilen sonuçların benzer birimlerle ifade edilen verilerle tutarlılık gösterdiği gözlemlenmiştir.

Aronya meyvesi hammadde olarak kullanıldığında ve pestil ürünlerine işlendiğinde, DPPH değeri %46-51 oranında azalma göstermiştir (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2). Miletic ve ark. (2014), kurutulmuş aronya örneklerinin DPPH değerini 18,15 µmol TE/g kuru madde olarak analiz ederek, kurutma işleminin toplam antioksidan kapasitesi üzerinde olumsuz bir etki yarattığını bildirmiştir. Benzer şekilde, diğer çalışmalarda da DPPH değerlerinde azalma rapor edilmiştir (Ersus ve Hepçimen, 2021; Suna, 2019; İncedayı ve ark., 2022; Olcay ve ark., 2024). Bu bulgular, kurutma işleminin aronya meyvesinin antioksidan potansiyeli üzerinde belirgin bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada, aronya pestilinin DPPH değerleri, sırasıyla 46,45 ± 2,92 (Uygulama 14) ile 51,39 ± 1,16 µmol TE/g kuru ağırlık (Uygulama 13) arasında değişiklik göstermiştir (Şekil 4.2.2) ($p < 0,05$). Önceki literatür çalışmalarında, DPPH ile belirlenen toplam antioksidan kapasitesi (TAK) dut pestilinde 1,05-18,13 µmol TE/g kuru ağırlık olarak rapor edilmiştir (Suna ve Özkan-Karabacak, 2019); kuşburnu-biber pestilinde ise 6,47-7,05 µmol TE/g kuru ağırlık bulunmuştur (Özkan-Karabacak ve ark., 2023). Yenidünya pestilinde DPPH değeri 6,51-6,87 µmol TE/g kuru ağırlık olarak belirlenirken (Suna, 2019), yaban mersini pestilinde bu değer 59,19–73,38 µmol TE/g kuru ağırlık olarak bildirilmiştir (Chen ve Martynenko, 2018). Mevcut bulgular, farklı kurutma yöntemleri, meyvenin menşei ve ürün formülasyonu gibi faktörlerin etkisiyle önceki verilerle uyumlu bir sonuç göstermektedir.

Aronya pestilinin *in vitro* gastrointestinal sindiriminin toplam antioksidan kapasitesi (TAK) üzerindeki etkisi Çizelge 4.2'de sunulmuştur ($p < 0,05$). Sindirim öncesi örneklere kıyasla DPPH analizi ile TAK'ta anlamlı bir azalma gözlemlenmiştir; mide fazında %94-95 ve bağırsak fazında %9-47 oranında bir azalma kaydedilmiştir ($p < 0,05$). Bu azalma eğilimi, mide sindirimi sonrası yapılan DPPH analizlerinde de benzer şekilde gözlemlenmiştir (Tomas ve ark., 2017; Tomas ve ark., 2020).

Aronya meyvesinin CUPRAC ve FRAP analizleri ile belirlenen TAK değerleri sırasıyla 544,12 ± 16,2 ve 415,35 ± 12,09 µmol TE/g kuru ağırlık olarak bulunmuştur (Çizelge 4.1). Literatürde yapılmış önceki çalışmalara göre aronya meyvelerinin CUPRAC değeri 212,9 µM TE/g kuru ağırlık (Arancibia-Avila ve ark., 2012); 215,85 µM TE/g kuru ağırlık (Arancibia-Avila ve ark., 2011); ve 270,49 µmol TE/g taze ağırlık olarak (Kapcı ve ark., 2013) olarak rapor edilmiştir. Ayrıca, aronya meyvelerinin FRAP değeri de 57,4 µM TE/g kuru ağırlık (Arancibia-Avila ve ark., 2012); 94,24 mmol TE/kg kuru ağırlık (Podsedek ve ark., 2014); 122,5 mmol TE/kg taze ağırlık (Najda ve Labuda, 2013); ve 154 µmol Fe/g kuru ağırlık özütü olarak (Mitic ve ark., 2014) bildirilmiştir. Bu veriler, aronya meyvesinin antioksidan kapasitesinin belirlenmesinde önemli bir kaynak oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, hem CUPRAC hem de FRAP analizlerinde, aronya pestilinin taze meyveyle karşılaştırıldığında sırasıyla %28-62 ve %55-63 oranında bir azalma gözlemlenmiştir (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2). Benzer eğilimler, Suna (2019) tarafından

yenidünya pestilinde, Özkan-Karabacak ve ark. (2023) tarafından kuşburnu-biber pestilinin FRAP verilerinde ve Addai ve ark. (2016) tarafından papaya pestilinde rapor edilmiştir. Kurutma sürecinde toplam antioksidan kapasitesindeki (TAK) azalmalar, biyolojik olarak aktif bileşenlerin yüksek sıcaklıklarda enzimatik, kimyasal veya termal parçalanmasıyla ilişkilidir (Ersus ve Hepçimen, 2021; Suna, 2019).

Araştırmamızda aronya pestilinin TAK değeri, CUPRAC için 209,07 ± 11,2 (Uygulama 1) ile 391,95 ± 11,9 µmol TE/g kuru ağırlık (Uygulama 9) arasında; FRAP analizlerinde ise 153,47 ± 4,04 (Uygulama 14) ile 187,42 ± 2,55 µmol TE/g kuru ağırlık (Uygulama 4) arasında bulunmuştur (Şekil 4.2.3 ve Şekil 4.2.4) ($p < 0,05$). Pestil ürünleri ile ilgili önceki literatürdeki CUPRAC ve FRAP sonuçları ise 2616,3 mg TE/100g (CUPRAC) (Özkan ve ark., 2024); 46,79-58,94 (CUPRAC) ve 150,1-186,72 (FRAP) µmol TE/g kuru ağırlık (Özkan-Karabacak ve ark., 2023); 53,81-125,77 (CUPRAC) ve 21,94-23,19 (FRAP) µmol TE/g kuru ağırlık (Suna, 2019) olarak bildirilmiştir.

Aronya pestillerinin TAK'ı tüm analizler göz önüne alındığında değerlendirildiğinde, DPPH için en yüksek sonuçlar Uygulama 13'te (65°C, 250 mbar, 3 mm); CUPRAC için Uygulama 9'da (60°C, 200 mbar, 3 mm); FRAP için ise Uygulama 4'te (65°C, 300 mbar, 2 mm) elde edilmiştir (Çizelge 4.2). Öte yandan, DPPH, CUPRAC ve FRAP analizlerinde en düşük TAK değerleri sırasıyla Uygulama 14'te (65°C, 300 mbar, 3 mm), Uygulama 1'de (60°C, 250 mbar, 2 mm) ve tekrar Uygulama 14'te (65°C, 300 mbar, 3 mm) belirlenmiştir.

Kurutma sıcaklığı, aronya pestillerinin antioksidan kapasitesinde kritik bir rol oynamakta olup, özellikle 60°C ile 70°C arasında belirgin farklılıklar gözlemlenmiş, artan kurutma sıcaklığı ile DPPH değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Örneğin, Uygulama 1 (60°C, 250 mbar, 2 mm) ile Uygulama 3 (70°C, 250 mbar, 2 mm) karşılaştırıldığında, Uygulama 1'in DPPH değerinin daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Benzer bir eğilim, Uygulama 14 (60°C, 300 mbar, 3 mm) ile Uygulama 8 (70°C, 300 mbar, 3 mm) arasında da gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, aronya pestili örnekleri arasındaki karşılaştırmalar, artan kurutma sıcaklıklarıyla CUPRAC değerlerinde genel bir azalış olduğunu ortaya koymuştur. Benzer bir sonuç alıç pestilinde de gözlenmiştir. Bu durum, yüksek kurutma sıcaklığının antioksidan bileşikler üzerinde olumsuz etkileri olduğunu göstermektedir (Eyiz ve ark., 2020). Kurutma işlemi sırasında sıcaklık artışı fenolik bileşiklerin

azalmasına neden olabilir. Bununla birlikte, ısıya maruz kalma süresi, antioksidan aktivite de dahil olmak üzere antioksidan bileşiklerin içeriğini etkileyebilir (Vega-Valvez ve ark., 2012). Örneğin, Uygulama 10 (60°C, 250 mbar, 4 mm), Uygulama 12 (70°C, 250 mbar, 4 mm) ile karşılaştırıldığında daha yüksek bir CUPRAC değerine sahiptir. FRAP değerlerini karşılaştırırken de DPPH sonuçlarına benzer bir sonuç elde edilmiş; 70°C'de kurutulan meyve pestillerinde (Uygulama 8) daha yüksek FRAP değerleri gözlemlenirken, 60°C'de kurutulanlarda (Uygulama 14) daha düşük değerler kaydedilmiştir. Yüksek sıcaklıklarda kurutulan meyvelerin daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu bulguları, literatürle de desteklenmektedir (Samoticha ve ark., 2016; Mandrau ve ark., 2009; Papoutsis ve ark., 2017). Bu fenomen, yüksek sıcaklıklarda daha kısa kurutma süresi ile birlikte Maillard reaksiyonu ürünlerinin ve karamelizasyonun potansiyel oluşumu gibi faktörlerle açıklanabilir; bu durum serbest radikal süzme kapasitesine katkıda bulunmaktadır (Bober & Oszmiański, 2004). Ayrıca, kurutma sırasında gerçekleşen hidrolojenik reaksiyonlar ve polifenollerin oksidasyonu, doğal bileşenlerin daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip oligomerler haline dönüşmesine yol açabilmektedir (Mrkic ve ark., 2006).

TAK analizleri (DPPH, CUPRAC, FRAP) genel olarak değerlendirildiğinde, vakum basıncının artmasıyla TAK değerlerinde bir azalma gözlemlenmiştir. Bu eğilim, Uygulama 2 (65°C, 200 mbar, 4 mm) ile Uygulama 7 (65°C, 300 mbar, 4 mm) ve ayrıca Uygulama 9 (60°C, 200 mbar, 3 mm) ile Uygulama 14 (60°C, 300 mbar, 3 mm) arasındaki karşılaştırmalarda belirgin şekilde ortaya çıkmıştır. Namavar ve ark., (2018) 20 kPa basınç altında gerçekleştirilen vakumlu püskürtmeli kurutma işleminin, 35 kPa ve 50 kPa basınçlarına kıyasla, hindiba kökü özütlerinin DPPH değerlerini artırdığını bildirmiştir. Bu artışın, oksidasyonun azalması ve kurutma süresinin kısalmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir (Namavar ve ark., 2018). Benzer şekilde, Süfer ve Palazoğlu (2019), nar tanelerinin FRAP değerlerinin düşük basınç (40 mbar) ve yüksek mikrodalga gücü (150 W) koşullarında en yüksek seviyeye ulaştığını belirlemişlerdir. Bu koşullar altında daha kısa kurutma sürelerinin antioksidanların korunmasını desteklediği öne sürülmektedir (Süfer & Palazoğlu, 2019). Öte yandan, Uygulama 5 (70°C, 200 mbar, 3 mm) ile Uygulama 8 (70°C, 300 mbar, 3 mm) karşılaştırmasında, CUPRAC ve FRAP analizlerinde vakum basıncının artmasıyla birlikte değerlerde bir artış gözlemlenmiştir.

Bu bulgu, literatürdeki çalışmalarla tutarlılık göstermektedir (McInerney ve ark., 2007; Vega-Gálvez ve ark., 2014; Nuñez-Mancilla ve ark., 2013; Suna, 2019). Bu artışın büyük olasılıkla vakumun yarattığı düşük oksijen ortamından kaynaklandığı ve antioksidanların termal bozunmasını en aza indirdiği düşünülmektedir (Dash ve ark.,2023).

Aronya pestillerinin CUPRAC üzerindeki in vitro gastrointestinal sindirim etkisi Çizelge 4.2'de gösterilmiştir ($p < 0,05$). İşlemler sonucunda elde edilen CUPRAC değerleri, sindirim öncesi örneklere kıyasla mide fazında %35-50 oranında bir azalma göstermiştir; bu bulgular, Tomas ve ark. (2017) ve Özkan ve ark. (2024) tarafından elde edilen sonuçlarla büyük benzerlik göstermektedir. Benzer şekilde, FRAP sonuçları da sindirilmemiş örneklere kıyasla mide sindirimi sırasında genel olarak azalma göstermiştir (Çizelge 4.2), ($p < 0,05$). Literatürde de bu azalmaya dair benzer bulgulara rastlanmıştır (Lucas-González ve ark., 2018).

Bağırsak sindirimi süreci için CUPRAC, DPPH ve FRAP analizlerinde (sindirim öncesi örneklere kıyasla) azalmalar gözlemlenmiştir (Çizelge 4.2). Literatürde, sindirilmemiş ve *in vitro* gastrointestinal sindirimi gerçekleştirilmiş kuşburnu meyveleri arasında CUPRAC analizinde benzer bir azalma bildirilmiştir (García-Pérez ve ark., 2024) ve yenidünya meyvesi pestilinde (Suna, 2019). Benzer bir azalma, yenidünya pestil örneklerinin DPPH ve CUPRAC analizlerinde de gözlemlenmiştir (Özkan ve ark., 2024). Ayrıca, makui meyvesi özütlerinde in vitro bağırsak sindirimi sonrasında DPPH ve FRAP analizlerinde bir azalma tespit edilmiştir (Lucas-Gonzalez ve ark., 2016). Nemli ve ark. (2023) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada ise domates sosu örneklerinin %50'sinin gastrointestinal sindirimden sonra azalma gösterdiği bildirilmiştir. Bununla birlikte, in vitro gastrointestinal sindirim öncesi ve sonrası analiz edilen örneklerde DPPH analizinde de bir azalma rapor edilmiştir (Suna ve ark., 2023).

Araştırmalar, *in vitro* gastrointestinal sindirim sonrası toplam antioksidan kapasitesindeki (TAK) azalmanın, toplam fenolikler ve antosiyaninler gibi biyoaktif antioksidan bileşenlerin azalmasıyla ilişkili olduğunu göstermektedir (Yücetepe, 2021). Ayrıca, sindirim sırasında antioksidanlardaki yapısal değişikliklerin reaktiviteyi etkileyerek TAK'nin göz ardı edilmesine yol açabileceği belirtilmiştir (Kamiloğlu & Çapanoğlu, 2013). Bunun yanı sıra, sindirimin bağırsak fazında alkalin pH etkisiyle antioksidanların

bozulması, genel antioksidan kapasitesinde bir kayba katkıda bulunmaktadır (Ryan & Prescott, 2010).

Uygulamalar	TOPLAM MONOMERİK ANTOSİYANİN (mg CGE/ kg)		
	Sindirim Öncesi	Mide Sindirimi	Bağırsak Sindirimi
9(60°C,200mbar,3mm)	1647,01 ± 32,43^{abA}	855,57 ± 39,24^{aB}	113,95 ± 18,16^{cdC}
1(60°C,250mbar,2mm)	1742,25 ± 32,19^{aA}	790,87 ± 40,98^{abB}	139,48 ± 10,42^{bcC}
10(60°C,250mbar,4mm)	1696,89 ± 194,19^{aA}	775,08 ± 101,78^{abB}	157,99 ± 13,41^{abC}
14(60°C,300mbar,3mm)	1752,55 ± 49,28^{aA}	713,14 ± 39,17^{bB}	84,82 ± 4,35^{deC}
6(65°C,200mbar,2mm)	1638,44 ± 35,62^{abA}	857,96 ± 28,18^{aB}	91,65 ± 13,71^{deC}
2(65°C,200mbar,4mm)	1776,20 ± 90,83^{aA}	797,30 ± 64,47^{abB}	180,84 ± 49,85^{aC}
11(65°C,250mbar,3mm)	1450,85 ± 92,95^{bA}	800,49 ± 64,61^{abB}	99,72 ± 6,71^{deC}
13(65°C,250mbar,3mm)	1449,74 ± 252,87^{bA}	858,80 ± 45,34^{aB}	99,45 ± 15,85^{deC}
15(65°C,250mbar,3mm)	1569,97 ± 107,08^{abA}	782,52 ± 57,26^{abB}	143,08 ± 11,27^{bcC}
4(65°C,300mbar,2mm)	1686,03 ± 187,30^{aA}	689,57 ± 119,20^{bB}	83,50 ± 6,44^{eC}
7(65°C,300mbar,4mm)	1687,98 ± 6,80^{aA}	829,98 ± 140,39^{aB}	102,66 ± 23,16^{deC}
5(70°C,200mbar,3mm)	1567,19 ± 46,01^{abA}	860,77 ± 26,02^{aB}	100,98 ± 11,46^{deC}
3(70°C,250mbar,2mm	1689,37 ± 74,50^{aA}	834,635 ± 70,59^{aB}	139,33 ± 14,87^{bcC}
12(70°C,250mbar,4mm)	1600,87 ± 209,54^{abA}	772,08 ± 51,02^{abB}	94,82 ± 5,91^{deC}
8(70°C,300mbar,3mm)	1623,69 ± 218,20^{abA}	849,84 ± 24,40^{aB}	88,22 ± 6,73^{deC}

Çizelge 4.3. Aronya pestil örneklerinin sindirimden önce, mide sindiriminden sonra ve bağırsak sindiriminden sonra Toplam Monomerik Antosiyanin Miktarı (TMA). Sütundaki farklı küçük harfler ve satırdaki büyük harfler anlamlı derecede farklıdır ($p < 0,05$). Küçük harfler uygulamalar arasındaki farklılıkları, büyük harfler sindirim öncesi ve sindirim sonrasındaki farklılıkları ifade etmektedir.

Aronya meyveleri, toplam ve bireysel polifenol içeriklerinde belirgin farklılıklar göstermektedir. Bu varyasyonlar, kullanılan analitik yöntemlerdeki farklılıklara ek olarak, kültivar, hasat zamanı, yetiştirme koşulları, gübreleme uygulamaları, iklim ve olgunluk gibi çevresel ve genetik faktörlere bağlı olarak açıklanabilir (Denev ve ark., 2012). Aronya meyvesi, diğer meyvelerle karşılaştırıldığında oldukça basit bir antosiyanin profiline sahiptir ve neredeyse tamamen siyanidin glikozitlerinden oluşur. Bu

bileşikler arasında siyanidin-3-arabinozit, siyanidin-3-galaktozit, siyanidin-3-glükozid ve siyanidin-3-ksilozit bulunur. Özellikle siyanidin-3-galaktozit ve siyanidin-3-arabinozit baskın olup, toplam antosiyanin içeriğinin %90'ından fazlasını oluşturur (Błaszczak ve Górecki, 2017).

Bu çalışmada, aronya meyvesinin toplam monomerik antosiyanin içeriği (TMA) 2008.04±75.01 mg CGE (Siyanidin-3-O-glükozid eşdeğeri)/kg taze ağırlık olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Daha önceki araştırmalarda, TMA miktarı Bulgaristan'da yetiştirilen *Aronia melanocarpa* 'Nero' kültivarında 2782-6860 mg CGE/kg taze ağırlık (Denev ve ark., 2018); ABD, Jonesboro'da yetişen yabani aronya meyvelerinde 4280 mg CGE/kg (Zheng ve Wang, 2003); Hırvatistan, Slavonya'da yetişen meyvelerde 4341.06 mg CGE/kg taze ağırlık (Jakobek ve ark., 2007a); Güney İtalya'da yetiştirilen 'Nero' kültivarında ise 4605 mg CGE/kg taze ağırlık (Benvenuti ve ark., 2004) olarak rapor edilmiştir. Bu sonuçlar, çalışmamızla niteliksel olarak uyumlu bulunmuştur.

Aronya pestilinde antosiyaninlerin korunumu üzerine kurutma koşullarının etkisi, Çizelge 4.3'te detaylı şekilde sunulmuştur. Pestil üretimi sonrasında, sindirim öncesi örnekler baz alındığında, toplam monomerik antosiyanin (TMA) içeriğinde %12 ile %28 arasında bir azalma gözlemlenmiştir. Benzer sonuçlar, Olcay ve ark. (2024) tarafından aronya pestillerinin TMA içeriğinde, meyveye kıyasla azalma olduğunu bildirdikleri çalışmada da belirtilmiştir. Vakum kurutma yöntemi ile kurutulan dondurulmuş vişnelerde, kurutma işlemi sonrasında TMA miktarında bir azalma gözlenmiştir (Sumic ve ark.,2013). Chen ve Martynenko (2018), yaban mersini pestillerinde, yaban mersini püresi ile karşılaştırıldığında TMA'da belirgin bir azalma olduğunu rapor etmişlerdir. Tomas ve ark. (2014) ise yaban mersini püresi üretim sürecinde toplam antosiyaninlerde %43'lük bir azalma olduğunu ve bu azalmanın yüksek sıcaklık uygulamalarına bağlı olduğunu bildirmiştir. Shibata ve ark. (2021) tarafından yürütülen başka bir çalışma, kurutulmuş yaban mersinlerinde, taze örneklere kıyasla antosiyanin içeriğinde yaklaşık %42 oranında bir azalma olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, Avila ve ark. (2022), pişirilmiş kırmızı lahanalarda antosiyanin içeriğinde, pişirilmemiş örneklere oranla bir düşüş kaydetmiştir. Senica ve ark. (2016) ise mürver meyvesinin biyolojik aktif bileşenlerinin ve fenolik içeriğinin, meyve çayı, likör ve meyve suyu ürünlerine işlendikten sonra azaldığını göstermiştir.

Antosiyaninler, ısıya en duyarlı biyoaktif bileşiklerden biri olarak kabul edildiğinden, işleme teknolojisinin bu bileşikler üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla sıkça bir gösterge olarak kullanılmaktadır (Brownmiller ve ark., 2008). Bu bozulma, çoğunlukla sıcak hava ile kurutma işlemi sırasında meydana gelen oksidatif koşulların etkisiyle hızlanmakta ve bu durum, polimerizasyon ile renk stabilitesinin kaybına neden olabilmektedir (Suzme ve ark., 2013). Antosiyaninlerde gözlenen bu olumsuz değişikliklerin temel nedeni, ısıl işlemin etkisiyle antosiyaninlerin kimyasal yapısında meydana gelen bozunmalar olarak açıklanabilir (Yang ve ark., 2019).

Çalışmada, toplam monomerik antosiyanin (TMA) değerlerinin kurutma koşullarına bağlı olarak değişimi ayrıntılı olarak incelenmiştir. En yüksek TMA değeri, Uygulama 2'de (65°C, 200 mbar, 4 mm) tespit edilirken, en düşük değer Uygulama 13'te (65°C, 250 mbar, 3 mm) elde edilmiştir. Uygulama 8 (70°C, 300 mbar, 3 mm) ile Uygulama 14 (60°C, 300 mbar, 3 mm) karşılaştırması da düşük kurutma sıcaklıklarının antosiyaninlerin korunmasında kritik bir faktör olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.3). Benzer eğilim Uygulama 5 (70°C, 200 mbar, 3 mm) ile Uygulama 9 (60°C, 200 mbar, 3 mm) arasında da gözlenmiştir. (Horszwald ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada da, vakum altında 40°C'de fırın kurutmaya tabi tutulan aronya meyvelerinin, daha yüksek sıcaklıklarda (60°C ve 80°C) kurutulanlara göre daha yüksek antosiyanin içeriğine sahip olduğu rapor edilmiştir. Literatürdeki çalışmalar, daha yüksek kurutma sıcaklıklarının antosiyaninlerin bozunmasını hızlandırdığına işaret etmektedir. Örneğin, Tan ve ark. (2022) tarafından yapılan çalışmada, kurutma sürecinin başında siyanidin-3-O-glükozid (CGE) içeriğinin daha yüksek olduğu, ancak uzun süreli yüksek sıcaklıklara maruz kalmanın antosiyanin yapısında bozulmalara neden olarak genel içerikte azalmaya yol açtığı belirtilmiştir.

TMA sonuçları genel anlamda değerlendirildiğinde, vakum basıncındaki artışın, toplam monomerik antosiyanin (TMA) değerlerinde artışa yol açtığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.3). Bu durum, Uygulama 9 (60°C, 200 mbar, 3 mm) ile Uygulama 14 (60°C, 300 mbar, 3 mm) ve Uygulama 5 (70°C, 200 mbar, 3 mm) ile Uygulama 8 (70°C, 300 mbar, 3 mm) karşılaştırmalarında açıkça görülmektedir. Sumic ve ark. (2013) tarafından dondurulmuş vişneler üzerinde yapılan çalışmada benzer bir eğilim gözlenmiştir. Araştırmada, basıncın 10 mbar’dan 300 mbar’a yükseltilmesiyle TMA (Toplam Monomerik Antosiyanin)

miktarında artış olduğu tespit edilmiştir. Ancak, Uygulama 2 (65°C, 200 mbar, 4 mm) ile Uygulama 7 (65°C, 300 mbar, 4 mm) karşılaştırmasında vakum basıncı artmasına rağmen TMA değerlerinde bir azalma tespit edilmiştir. Bu bulgu, literatürdeki diğer çalışmalarla da uyumludur. Örneğin, Yuan ve ark. (2018) ile Patras ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmalarda benzer sonuçlar rapor edilmiştir. Peroksidaz, polifenol oksidaz ve glukozidaz enzimleri, antosiyaninlerin bozunmasında önemli rol oynamaktadır (Araya ve ark., 2024). Yüksek basınç uygulamasının bu enzimlerin her biri üzerinde farklı etkiler yarattığı bilinmekte olup, aronya pestillerinde kalan toplam enzimatik aktivitenin tahmin edilmesi zor olabilir (Zabetakis ve ark., 2000). Farklı basınç ve sıcaklık koşulları altında pestillerde kalan enzimlerin varlığı, farklı sonuçların elde edilmesini açıklayabilir.

Çalışmamızda aronya pestillerinin toplam monomerik antosiyanin (TMA) değerleri 1449.74 ± 252.87 (Uygulama 13) ile 1776.20 ± 90.83 mg CGE/kg (Uygulama 2) arasında analiz edilmiştir ($p < 0.05$) (Çizelge 4.3). TMA, daha önce yapılan çalışmalarda erik pestilinde 96 mg CGE/kg ka (Kamiloglu ve Capanoglu, 2014); kızılcık-kapia biber pestilinde 81.19-156.39 mg CGE/kg ka (Özkan-Karabacak ve ark., 2023); nar pestilinde 100.6-155.4 mg CGE/kg ka (Tontul ve Topuz, 2017); aronya pestilinde 381.7 mg CGE/kg ka (Olcay ve ark., 2024) ve yaban mersini pestilinde 5140-6760 mg CGE/kg (Chen ve Martynenko, 2018) olarak rapor edilmiştir. Mevcut sonuçlar özellikle antosiyanin açısından zengin kırmızı ve koyu mor meyvelerin hammadde olarak kullanılmasına, ardından ürünün formülasyonuna ve uygulanan kurutma işlemlerine bağlıdır.

İn vitro sindirim sürecinde, taze meyvenin TMA değerleriyle karşılaştırıldığında pestil örneklerinin mide fazında genel olarak %92-139 oranında bir artış gözlemlenmiştir. Öte yandan, pestil örneklerinin bağırsak fazındaki değerleri taze meyvenin TMA değerleriyle karşılaştırıldığında %5-44 oranında önemli bir azalma göstermiştir (Uygulama 2 ve Uygulama 10 hariç) (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.3) ($p < 0.05$). Aronya meyvesinin TMA değeri, sindirim öncesinden mide ve bağırsak sindirimi aşamalarına doğru analiz edildiğinde sırasıyla 2008.04±75.01, 359.46±25.81 ve 150.08±25.81 mg CGE/kg taze ağırlık olarak bir azalma eğilimi göstermiştir (Çizelge 4.1). Tomas ve ark. (2024), aronya meyvesinin taze formundaki TMA değerinin (1079 mg CGE/kg fm) *in vitro* gastrointestinal sindirilmiş forma kıyasla (94 mg CGE/kg fm) bir düşüş gösterdiğini de bildirmiştir. Benzer şekilde, Yu ve ark. (2021) çalışmalarında, aronya meyvesinin

sindirim öncesi TMA içeriği 310 mg CGE/kg olarak belirlenmiştir. Gastrik sindirimden sonra bu miktar 220 mg CGE/kg'a düşerken, bağırsak sindirimi sonrasında ise 90 mg CGE/kg'a kadar azalmış olup, bu sonuçlar çalışmamızla uyum içerisindedir.

Ayrıca, pestillerin en düşük ve en yüksek TMA değerleri sırasıyla mide sindirimi sonrasında 689,57 ± 119,20 ve 858,80 ± 45,34 mg CGE/kg, bağırsak sindirimi sonrasında ise 84,82 ± 4,35 ve 180,84 ± 49,85 mg CGE/kg olarak tespit edilmiştir ($p < 0.05$) (Şekil 4.2.5). Sindirilmemiş örneklere kıyasla sindirilmiş mide ve bağırsak örneklerinin TMA değerlerinde önemli bir azalma (%41-59 ve %90-95) gözlemlenmiştir (Çizelge 4.3) ($p < 0.05$). Benzer bir antosiyanin bozunması, Kamiloglu ve Capanoglu (2014) tarafından erik pestilinin mide sindirimi sonunda TMA değerinde %45'lik bir düşüşle de gözlemlenmiştir. Kimyasal olarak suda çözünen glikozitler olarak tanımlanan antosiyaninler, 2-fenilbenzopirilyum veya flavylium tuzlarından türetilmiştir. Bu bileşikler, ortamın pH değerine bağlı olarak renk değiştirme yetenekleri ile benzersizdir ve kırmızıdan mavi veya mora dönüşebilirler. Ayrıca, antosiyaninler flavylium katyonları olarak asidik çözeltilerde (pH:1-3) bulunduklarında daha kararlıdırlar. Bu bağlamda, bağırsak sindirimi sonrasında çevresel koşullar nötr pH değerine ulaştığında, flavylium formu baskın formda olmayacaktır. Bu bağlamda, statik in vitro insan bağırsak sindirimi modeli kullanıldıktan sonra gözlemlenen TMA kayıpları, antosiyaninlerin oksidasyonu, renk kaybı ve diğer maddelerle parçalanması ve son olarak tanımlanamaz bir özellikte olmaları ile birlikte sindirim enzimleri ile olan olumsuz etkileşimlerle açıklanabilir (Osman ve ark., 2023; Cásedas ve ark., 2020; Bouayed ve ark., 2011).

4.3. Modellerin Uygulanması

Toplam Fenolik Madde ve Toplam Antioksidan Kapasite'nin DPPH, CUPRAC, DPPH yöntemleri *ve in vitro* biyoyararlanımı açısından optimum koşulları elde etmek için YYY (Yanıt Yüzeyi Yöntemi) ile BBT (Box-Behnken Tasarımı) oluşturulmuştur. Bağımsız değişkenler olarak kurutma sıcaklığı (60, 65, 70°C), vakum basıncı (200, 250, 300 mbar) ve pestil kalınlığı (2, 3, 4 mm) üç farklı seviyede uygulanmıştır (Çizelge 3.2). TFM, TAK'ın CUPRAC, DPPH ve FRAP analizleri ile in vitro biyoyararlanımına ait yanıtlar Şekil 4.2.2, Şekil 4.2.3 ve Şekil 4.2.4 'te gösterilmiştir.

BBT (Box Behnken Tasarım) pestil üretimine ilişkin regresyon modelleri ve ANOVA sonuçları Çizelge 4.2'de belirtilmiştir. BBD matrisi, polinomial denklemleri oluşturmak için kullanılmış ve regresyon analizinin özeti, regresyon katsayısı, uyumsuzluk, R^2, Düzeltilmiş R^2 ve *p* değerlerini içeren analiz Çizelge 4.2'de sunulmuştur.

Model terimlerinin anlamlılığı, *p* değeri 0,05'ten küçük olan katsayılar dikkate alınarak belirlenmiştir. Uyumsuzluk değerlerinin *p* değeri 0,05'ten büyükse, polinomial modelin tasarıma yeterli uyum sağladığı kabul edilmiştir. Ayrıca, R^2 ve Düzeltilmiş R^2 değerlerinin 0,80'den büyük olması, modelin iyi bir uyum gösterdiği anlamına gelmektedir (Usta-Gorgun ve ark., 2022).

Bu kriterlere bağlı olarak, TFM (sindirim öncesi, gastrik sindirim ve intestinal sindirim) ve TAK değerleri için CUPRAC (sindirim öncesi ve gastrik sindirim), DPPH (sindirim öncesi ve gastrik sindirim), FRAP (intestinal sindirim) analizlerinde İndirgenmiş Kübik modelin en iyi model olduğu bulunmuştur; CUPRAC (intestinal sindirim) ve FRAP (gastrik sindirim) ile elde edilen TAK sonuçları için 2FI modeli uyum sağlamış ve DPPH (intestinal sindirim) ve FRAP (sindirim öncesi) analizlerinde İndirgenmiş Kuadratik model en iyi model olarak belirlenmiştir ($p<0.05$). Uyumsuzluk değerleri tüm modeller için önemsiz olarak belirlenmiş olup, bu durum modellerin test edilen aralıklar dahilinde bağımsız faktörlerin herhangi bir kombinasyonu için yanıtları doğru bir şekilde tahmin edebileceğini göstermektedir. *p* değerine göre ($p<0.05$), modellerdeki her bir terim anlamlı bulunmuştur. Deneysel ve tahmin edilen değerler arasında yüksek R^2 ve Düzeltilmiş R^2 değerleri ile iyi bir uyum sağlandığı gösterilmiştir.

Kuadratik model, bağımsız değişkenlerin derecelerinin bir yanıt değişkeni üzerindeki etkisini gösteren matematiksel bir modeldir. Bu modelde bağımsız değişkenler hem doğrusal (birinci dereceden) hem de kuadratik (ikinci dereceden) terimlere sahiptir. Kuadratik modelin tek adımda sadeleştirilmiş bir varyantı "azaltılmış kuadratik model" olarak adlandırılır. Bağımsız değişkenlerin yanıtlar üzerindeki etkisini daha derinlemesine incelemek için "azaltılmış kübik model" kullanılır. Bu modelde bağımsız değişkenlerin birinci dereceden (doğrusal), ikinci dereceden (kuadratik) ve üçüncü dereceden (kübik) terimleri bulunmaktadır (Gao ve ark., 2022). Yanıt Yüzey Yöntemi'nde (YYY) iki faktörlü etkileşim modeli, iki bağımsız değişkenin bir bağımlı yanıt değişkeni

üzerindeki birleşik etkilerini analiz etmek için kullanılan bir istatistiksel yaklaşımdır. Bu model özellikle, bu değişkenlerin birbirleriyle nasıl etkileşimde bulunduğuna odaklanır (Naderi ve ark., 2023).

Modelin bağımlı değişkenin varyansını ne kadar açıkladığını gösteren regresyon katsayısı veya R^2'dir. Deneysel ve tahmin edilen sonuçlar arasındaki iyi uyum, yüksek (>0.80) R^2 ve düzeltmilmiş R^2 değerleri ile gösterilmiştir. En yüksek R^2 ve düzeltilmiş R^2 değerleri Y_7 (CUPRAC-Sindirim öncesi) analizinde sırasıyla 0.9935 ve 0.9849 olarak hesaplanmış ve modele oldukça iyi uyum sağladığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.4. Pestillerin Regresyon Modelleri ve ANOVA Sonuçları

Regresyon Katsayısı	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12
b_0	180,04	112,99	158,56	50,88	2,63	38,07	243,90	150,16	78,74	178,25	89,11	47,63
X_1	3,20	1,45	0,6629	0,2326	-0,0149	1,50	-8,25	-2,15	6,72		-2,76	5,95
X_2	-0,9201					-0,7325	-22,77	-14,07	-8,57	-3,59	-0,0345	3,32
X_3					-0,1055	4,18	-32,66	-20,37	9,13	4,88	-3,34	14,23
X_1X_2	0,6025	-1,14	3,89	0,5881	-0,0165	-1,17	47,20	28,97	-0,7028	8,66	12,21	-2,95
X_1X_3		0,5225	3,09	-0,8081	0,0176	-3,95	-10,51	-12,60	-11,94	-5,15	3,49	-12,02
X_2X_3			5,14	-0,3052	-0,0290	3,91	-38,43	-23,73	7,59	-4,53	-16,66	7,54
X_1^2	-0,0062	-0,9403		-1,28	0,0898			-2,59		-6,24		12,32
X_2^2				-0,6702		-3,08	63,49	41,89				
X_3^2	-1,68	-1,13	-6,98					-2,57				15,61
$X_1^2X_2$				-1,71	-0,0766							-16,75
$X_1^2X_3$	2,00	1,01	6,22				61,43	44,02				-20,62
$X_1X_2^2$	-4,17	-1,67										
$X_1X_3^2$												
$X_2^2X_3$	-1,31	-1,04	-6,05		0,1459							
$X_2X_3^2$												
Model Uygunsuzluğu	0,7823	0,5477	0,3703	0,7323	0,2756	0,5802	0,3238	0,1206	0,183	0,1203	0,1089	0,3206
R^2	0,9020	0,8498	0,8347	0,9475	0,8609	0,8382	0,9935	0,9810	0,8715	0,7413	0,7491	0,9787
Düzeltilmiş R^2	0,7714	0,6494	0,6695	0,8950	0,6754	0,6765	0,9849	0,9334	0,7751	0,5473	0,5609	0,9256
p değeri	0,0150	0,0475	0,0243	0,0006	0,0388	0,0227	<0,0001	0,0052	0,0033	0,0424	0,0381	0,0064
Model	İndirgenmiş	İndirgenmiş	İndirgenmiş	İndirgenmiş	İndirgenmiş	İndirgenmiş	İndirgenmiş	İndirgenmiş	2FI	İndirgenmiş	2FI	
İndirgenmiş	Kubik	Kubik	Kubik	Kubik	Kubik	Kuadratik	Kubik	Kubik		Kuadratik		Kubik

Çizelge 4.4. Model uygunsuzluğu > 0,05 ise model uygundur. X_1: kurutma sıcaklığı; X_2: vakum basıncı; X_3: pestil kalınlığını belirtmektedir. *: Anlamlı olan farkları göstermek için kullanılmıştır ($p < 0,05$). Y1, Y2 ,Y3, Y4, Y5, Y6, Y7, Y8, Y9, Y10, Y11, Y12 sırasıyla TFM- sindirim öncesi, TFM- mide sindirimi, TFM- bağırsak sindirimi, DPPH- sindirim öncesi, DPPH- mide sindirimi, DPPH- bağırsak sindirimi, CUPRAC- sindirim öncesi, CUPRAC-mide sindirimi, CUPRAC- bağırsak sindirimi, FRAP- sindirim öncesi, FRAP- mide sindirimi, FRAP-bağırsak sindirimi ifade etmektedir.

4.4. Optimizasyon

Son ürünü iyileştirmek amacıyla bağımsız değişkenlerin (sıcaklık, vakum basıncı ve kalınlık) değerlerini maksimize etmek için tekrarlara, nihai ürün kalitesine etkilerine göre eşit ağırlık verilmiştir. Kullanılan parametreler, deneysel ve tahmin edilen sonuçlar Çizelge 4.5'te listelenmiştir. 60°C optimum kurutma sıcaklığı, 200 mbar vakum basıncı, 3,36 mm kalınlık ve 0.764 bileşik arzu edilebilirlik değeri ile yenilikçi bir fonksiyonel meyve pestili tasarımı için bu koşulların gerekli olduğu sonucuna varılmıştır. Optimum pestile ait TFM, TAK ve TMA sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.5. Proses Koşullarının Optimizasyon Kriterleri

Parametre Adı	Hedef	En Düşük Limit	En Yüksek Limit	Tahmini Değer	Deneysel Değer
TFM Sindirim Öncesi	Maksimum	172,61	183,00	182,55	179,14
TFM Mide Sindirimi	Maksimum	109,25	114,25	110,79	111,89
TFM Bağırsak Sindirimi	Maksimum	139,73	166,57	157,93	154,84
DPPH Sindirim Öncesi	Maksimum	46,45	51,39	51,40	49,84
DPPH Mide Sindirimi	Maksimum	2,53	2,91	2,82	2,68
DPPH Bağırsak Sindirimi	Maksimum	26,87	45,05	34,60	36,43
CUPRAC Sindirim Öncesi	Maksimum	209,07	391,95	413,92	277,76
CUPRAC Mide Sindirimi	Maksimum	104,68	241,71	256,17	169,75
CUPRAC Bağırsak Sindirimi	Maksimum	53,13	104,20	84,80	78,74
FRAP Sindirim Öncesi	Maksimum	153,47	187,42	186,01	174,92
FRAP Mide Sindirimi	Maksimum	61,88	106,70	107,70	89,11
FRAP Bağırsak Sindirimi	Maksimum	40,56	97,30	65,85	62,52
Bileşik Arzu Edilebilirlik = 0.764					

Çizelge 4.6. Optimum Pestil Analiz Sonuçları

Analizler	Sindirim Öncesi	Sindirim Sonrası	
		Mide Sindirimi	Bağırsak Sindirimi
TFM (mg GAE /100g k.a)	177,33 ± 7,33	109,97 ± 7,47	164,48 ± 2,22
DPPH (µmol Troloks/g k.a)	52,05 ± 7,52	2,54 ± 0,49	44,02 ± 2,69
CUPRAC (µmol Troloks/g k.a)	310,17 ± 6,25	139,87 ± 4,44	86,65 ± 1,78
FRAP (µmol Troloks/g k.a)	153,75 ± 6,95	110,75 ± 0,31	84,67 ± 4,25
TMA (CGE mg/kg)	1486,20 ± 42,63	835,81 ± 28,97	165,72 ± 13,10

4.5. Toplam Fenolik Madde Analizi için Yanıt Yüzey Yöntemi

4.5.1. TFM- Sindirim Öncesi (Y_1)

Aronya pestillerinin TFM- Sindirm Öncesi değerleri 172,61 ± 4,1 ile 183,00 ± 1,42 mg GAE/100 g kuru ağırlık (ka) arasında değişmiştir (Çizelge 4.2). Aşağıdaki denklem (2), TFM- Sindirim Öncesi (Y_1) için indirgenmiş kübik modeli temsil etmektedir.

TFM (Sindirim Öncesi) değeri için indirgenmiş kübik model, aşağıdaki denklem (2) ile ifade edilebilir:

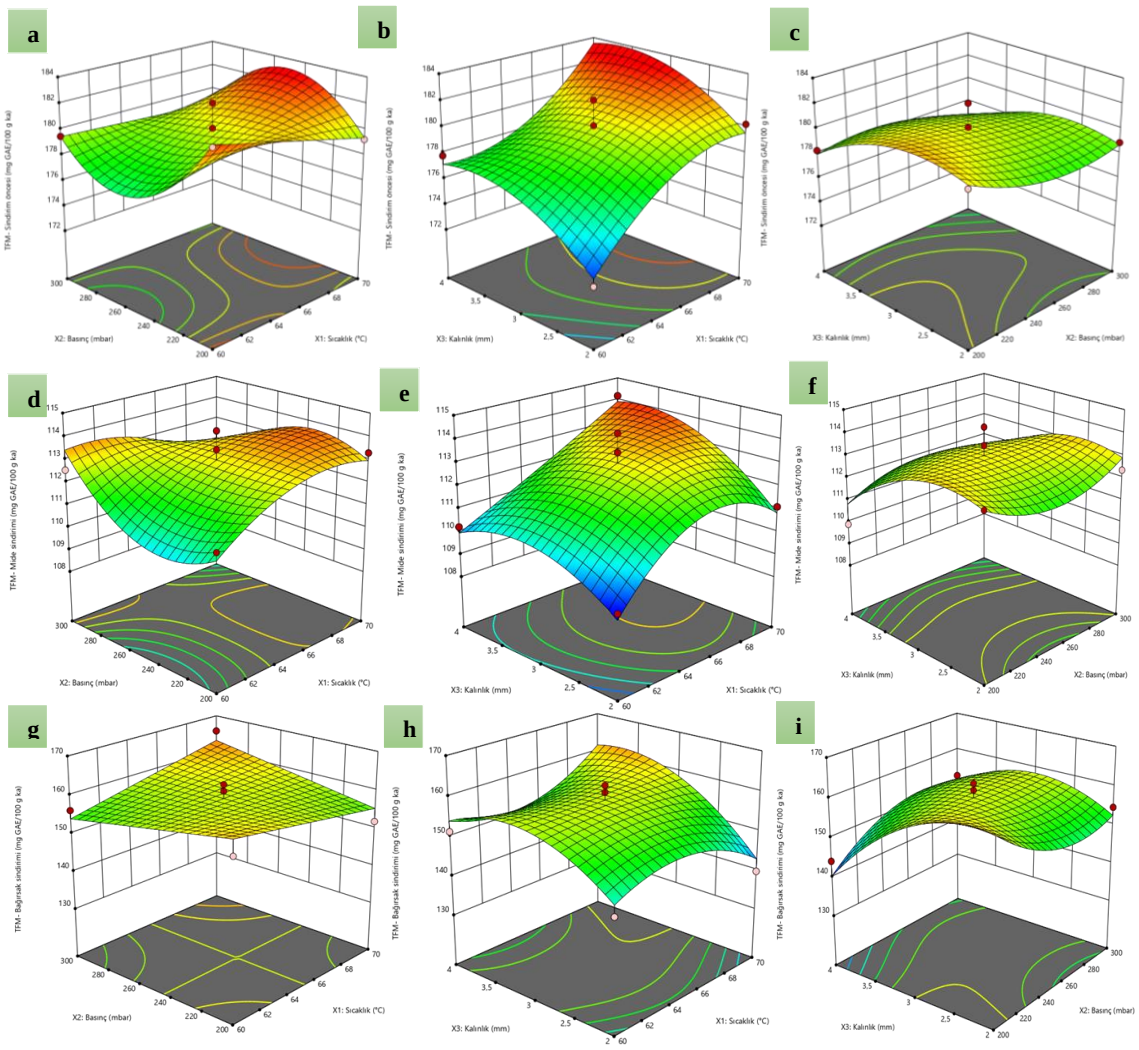
$$Y_1(TFM - Sindirim\ öncesi) = 180.04 + 3.20X_1 - 0.9201X_2 + 0.6025X_1X_2 - 1.68X_3^2 + 2.00X_1^2X_3 - 4.17X_1X_2^2 - 1.31X_2^2X_3 \quad (2)$$

Terimlerin büyüklüğü ve "+" ile "−" işaretleri, parametrelerin yanıtlar üzerindeki etkisini vurgulamaktadır. Negatif bir parametre işareti antagonistik etkiyi, pozitif bir parametre işareti ise sinerjik etkiyi gösterir (Emeji & Patel, 2024). Denklem (2), kurutma sıcaklığının (X_1) pozitif, basıncın (X_2) ise negatif etkisinin olduğunu göstermektedir. Buna göre sıcaklık arttıkça (Uygulama 12> Uygulama 10), TFM değerinde bir artış gözlenmiştir. Öte yandan, kalınlığın azalmasıyla (Uygulama 6> Uygulama 2) TFM değeri artmıştır.

Kalınlıkla ilişkili ikinci dereceden faktör (X_3^2), negatif bir korelasyon göstermekte olup, bu etki anlamlıdır ($p<0.05$). Pestil örneklerinin sindirim öncesi TFM değerleri, kurutma

sıcaklığı ve basıncın ikinci dereceden terimi ($X_1X_2^2$) arasındaki etkileşimden önemli ölçüde etkilenmiştir ($p<0.05$). Ayrıca, kurutma sıcaklığı ve basıncın ikinci dereceden terimi ($X_1X_2^2$) ile etkileşim, TFM (Sindirim Öncesi) üzerinde en yüksek etkiye sahip olmuştur ($p<0.05$). En yüksek TFM Uygulama 12'de gözlenirken, en düşük değer Uygulama 1'de kaydedilmiştir (Şekil 4.2.1).

Şekil 4.2.a'da, sindirim öncesi pestil örnekleri için kurutma sıcaklığı ile basınç arasındaki etkileşim 3D yüzey grafikleriyle gösterilmiştir. Burada, kurutma sıcaklığı arttıkça ve basınç azaldıkça, TFM (Sindirim Öncesi) değerlerinde artışa neden olmuştur (Uygulama 3>Uygulama 1, Uygulama>Uygulama 14). Şekil 4.2.b'de ise kalınlık ve kurutma sıcaklığı arasında pozitif bir korelasyon gösterilmiştir. Kurutma sıcaklığı arttıkça ve kalınlık azaldıkça TFM artmıştır (Uygulama 12> Uygulama 10, Uygulama 6> Uygulama 2). Şekil 1c ayrıca kalınlık ve basınç azaldığında TFM miktarının arttığını göstermiştir (Uygulama 9> Uygulama 14, Uygulama 4> Uygulama 7).



Şekil 4.2 Kurutma sıcaklığının, kurutma basıncının ve pestil kalınlığının TFM sindirim öncesi, TFM mide sindirimi ve TFM bağırsak sindirimi (mg GAE/100 g ka) üzerindeki etkilerini gösteren 3 boyutlu yüzey grafikleri.

4.5.2. TFM –Mide Sindirimi (Y_2)

Aronia pestilinin gastrik sindirime tabi tutulan örneklerindeki Toplam Fenolik Madde içeriği (TFM) değerleri, 114,25 ± 3,78 ile 109,25 ± 0,95 mg GAE/100 g ka arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.2). Denklem (3), TFM- Mide Sindirimi için indirgenmiş kübik modelin bir ifadesini sunmaktadır.

TFM (Mide Sindirimi) değeri için indirgenmiş kübik model, aşağıdaki denklem (3) ile ifade edilebilir:

$$Y_2(TFM - Mide\ Sindirmi) = 122.99 + 1.45X_1 - 0.14X_1X_2 + 0.5225X_1X_3 - 0.9403X_1^2 - 1.13X_3^2 + 1.01X_1^2X_3 - 1.67X_1X_2^2 - 1.04X_2^2X_3 \quad (3)$$

Bu denkleme göre sıcaklık (X_1), TFM- Mide Sindirimi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olmuştur. Sıcaklık arttıkça TFM- Mide Sindirimi değerinin de arttığı görülmektedir (R3 > R1). Kurutma sıcaklığının (X_1^2) ve kurutma basıncının (X_3^2) ikinci dereceden terimleri, TFM üzerinde negatif bir etki göstermiştir ($p < 0,05$). Ayrıca, sıcaklık ile kalınlık (X_1X_3) arasındaki etkileşim ile kurutma sıcaklığının ikinci dereceden terimi ve kalınlığın ($X_1^2X_3$), negatif bir korelasyon sergilemiştir ($p < 0,05$). En yüksek TFM- Mide Sindirimi değeri 15. Uygulama Koşulunda elde edilirken, en düşük değer 1. Uygulama Koşulunda kaydedilmiştir (Şekil 4.2.1). TFM-Mide Sindirimi, kurutma sıcaklığı (X_1) ile basıncın ikinci dereceden terimi (X_2^2) arasındaki etkileşimden belirgin şekilde etkilenmiştir ($p < 0,05$).

TFM-Mide Sindirimi, kurutma sıcaklığının 60°C ve basıncın 250 mbar olduğu durumda en düşük seviyesine ulaşmıştır. Basınç ve kurutma sıcaklığının etkilerini gösteren grafikte (Şekil 4.2.d), sıcaklığın artması ve basıncın azalmasının TFM-Mide Sindirimi'nin artmasına neden olduğu açıkça görülmektedir (Uygulama 3> Uygulama 1, Uygulama 5 > Uygulama 8). Şekil 4.2.e'de ise kalınlığın azalması ve sıcaklığın artması ile gastrik sindirimdeki toplam fenolik içeriğin arttığı gösterilmektedir. Şekil 4.2.f'de de kalınlık ve basıncın azalmasının TFM-Mide Sindirimi'nin artmasına yol açtığı gözlemlenmiştir (Uygulama 4> Uygulama 7, Uygulama 6> Uygulama 4).

4.5.3. TFM-Bağırsak Sindirimi (Y_3)

Aronya pestil örneklerinin bağırsak sindirimine tabi tutulan örneklerindeki toplam fenolik madde içeriği (TFM), 139,73 ± 5,68 ile 166,57 ± 9,35 mg GAE/100 g ka arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.2). Denklem (4), TFM- Bağırsak Sindirimi için indirgenmiş kübik modelin bir ifadesini sunmaktadır.

TFM (Bağırsak Sindirimi) değeri için indirgenmiş kübik model, aşağıdaki denklem (4) ile ifade edilebilir:

$$Y_3(TFM - Bağırsak\ Sindirimi) = 158.56 + 0.6629X_1 + 3.89X_1.X_2 + 3.09X_1.X_3 + 5.14X_2.X_3 - 6.98X_3^2 + 6.22X_1^2.X_3 - 6.05X_2^2.X_3 \quad (4)$$

TFM-Bağırsak Sinridimi, basınç (X_2) ve kalınlık (X_3) ile bir korelasyon göstermemiş; ancak sıcaklık (X_1) ile pozitif bir korelasyon bulunmuştur. Sıcaklık-basınç ($X_1.X_2$), sıcaklık-kalınlık ($X_1.X_3$) ve kalınlık-basınç ($X_2.X_3$) etkileşim terimlerinin TFM-Bağırsak Sindirimi üzerinde pozitif etkiler gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca, kalınlığın ikinci dereceden terimi (X_3^2), TFM-Bağırsak Sindirimi üzerinde önemli bir pozitif etkiye sahip olmuştur ($p < 0,05$).

En yüksek TFM-Bağırsak Sindirimi değeri Uygulama 6'da elde edilirken, en düşük değer Uygulama 'te kaydedilmiştir. Kurutma sıcaklığının artması ve basıncın azalması ile TPC-ID değerlerinin arttığı, TFM-Bağırsak Sindirimi için 3D yüzey grafikleriyle de gösterilmiştir (Uygulama 8> Uygulama 14, Uygulama 9> Uygulama 14) (Şekil 4.2.g). Ayrıca, basıncın ve kalınlığın azalması ile TPC-ID'nin arttığı gözlemlenmiştir (Uygulama 6> Uygulama 4, Uygulama 6> Uygulama 2) (Şekil 4.2.h). Şekil 4.2.i'de de görüldüğü üzere, kurutma sıcaklığındaki artış ve kalınlığın azalması, TFM-Bağırsak Sindirimi'nin artmasına yol açmıştır.

Sonuçlar, özellikle vakum uygulaması (200, 250, 300 mbar) açısından Yanıt Yüzey Yöntemi (YYY) ile incelendiğinde, basınç seviyesinin (X_2), TFM-Mide Sindirimi ve TFM-Bağırsak Sindirimi üzerinde tek başına bir korelasyon göstermediği belirlenmiştir. Bununla birlikte, aynı vakum seviyesindeki uygulamalarda; Uygulama 12 (70°C, 250 mbar, 4 mm) TFM-Sindirim Öncesi, Uygulama 13 (65°C, 250 mbar, 3 mm) ise TFM-Mide Sindirimi açısından en yüksek değerlere ulaşmıştır.

Çalışmamızda, sindirilmemiş aronya pestilleri ile hem gastrik hem de intestinal ortamda gerçekleştirilen sindirimlerde elde edilen TFM-YYY sonuçları, aronya pestilinin inceldikçe toplam fenolik madde miktarının (TFM) arttığını göstermiştir. Bu durum,

uygulanan üretim yöntemi ve parametrelerinin yanı sıra seçilen hedef ürünün biyoaktif değerini artırma fikrini desteklemektedir.

4.6. Toplam Antioksidan Kapasite Analizleri İçin Yanıt Yüzey Yöntemi

4.6.1. DPPH- Sindirim Öncesi (Y_4)

Aronya pestil örneklerindeki DPPH- Sindirim Öncesi değeri, 46,45 ± 2,92 ile 51,39 ± 1,16 µmol Troloks/g ka arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.2) Aşağıdaki denklem (5), DPPH- Sindirim Öncesi (Y_4) için indirgenmiş kübik modelin bir ifadesini sunmaktadır.

DPPH (Sindirim Öncesi) değeri için indirgenmiş kübik model, aşağıdaki denklem (5) ile ifade edilebilir:

$$Y_4(DPPH - Sindirim\ \text{Öncesi}) = 50.88 + 0{,}2326X_1 + 0.5581X_1X_2 - 0.8081X_1X_3 - 0.3052X_2X_3 - 1.28X_1^2 - 0.6702X_2^2 - 1.71X_1^2X_2 \quad (5)$$

Denklem (5), kurutma sıcaklığının (X_1) pozitif bir etkisi olduğunu, basınç (X_2) ve kalınlığın (X_3) ise DPPH-Sindirim Öncesi üzerinde bir korelasyon göstermediğini ortaya koymaktadır. Sıcaklık-basınç (X_1X_2) etkileşim terimi pozitif bir etkiye sahipken, sıcaklık-kalınlık (X_1X_3) ve kalınlık-basınç (X_2X_3) etkileşim terimlerinin DPPH-Sindirim Öncesi üzerinde negatif etkileri olduğu bulunmuştur.

Kurutma sıcaklığının ikinci dereceden terimi (X_1^2), DPPH-Sindirim Öncesi ile negatif bir korelasyon göstermiştir ($p < 0{,}05$). Ayrıca, kurutma sıcaklığının ve basıncın ikinci dereceden terimleriyle olan etkileşim ($X_1^2X_2$), DPPH-Sindirim Öncesi üzerinde en etkili faktör olarak bulunmuştur ($p < 0{,}05$). En yüksek DPPH-Sindirim Öncesi değeri Uygulama 15'te gözlemlenirken, en düşük değer Uygulama 14'te kaydedilmiştir (Şekil 4.2.2). Sindirim öncesi aronya pestil örneklerinde, kurutma sıcaklığı ve basınç etkileşimleri Şekil 4.3.a'da 3D yüzey grafikleri ile gösterilmiştir. Bu grafikte, daha yüksek kurutma sıcaklıklarının ve daha düşük basınçların DPPH-Sindirim Öncesi değerinde bir artışa neden olduğu görülmektedir (Uygulama 3> Uygulama 1, Uygulama 2 > Uygulama

7). Şekil 4.3.b'de ise kurutma sıcaklığı ile kalınlık arasında negatif bir korelasyon gösterilmiştir. Kurutma sıcaklığı arttıkça ve kalınlık azaldıkça DPPH'ın yükseldiği gözlemlenmiştir (Uygulama 14> Uygulama 8, Uygulama 4> Uygulama 7). Şekil 4.2.c'de de kalınlık ve basıncın azaltılmasının daha yüksek DPPH miktarlarına yol açtığı görülmektedir (Uygulama 4> Uygulama 7, Uygulama 9> Uygulama 14).

4.6.2. DPPH - Mide Sindirimi (Y_5)

Aronya pestillerinin gastrik sindirime tabi tutulan örneklerindeki DPPH değeri, 2,53 ± 0,01 ile 2,92 ± 0,04 µmol Trolox/g ka arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.2). Denklem (6), DPPH- Mide Sindirimi için indirgenmiş kübik modelin bir ifadesini sunmaktadır.

DPPH (Mide Sindirimi) değeri için indirgenmiş kübik model, aşağıdaki denklem (6) ile ifade edilebilir:

$$Y_5(DPPH - Mide\ Sindirimi) = 2.63 - 0{,}0149X_1 - 0.1055X_3 - 0.0165X_1X_2 + 0.0176X_1X_3 - 0.0290X_2X_3 + 0.0898X_1^2 - 0.0766X_1^2X_2 + 0.1459X_2^2X_3 \quad (6)$$

Denklem (6)'ya göre, sıcaklık (X_1) ve kalınlık (X_3) DPPH-Mide Sindirimi üzerinde negatif bir etkiye sahiptir. Sıcaklık arttıkça DPPH-Mide Sindirimi değerinin azaldığı görülmektedir (Uygulama 1> Uygulama 3). Kurutma sıcaklığının ikinci dereceden terimleri (X_1^2), DPPH-Mide Sindirimi üzerinde negatif bir etki göstermiştir ($p < 0{,}05$). Ayrıca, sıcaklık-basınç (X_1X_2) ve basınç-kalınlık (X_2X_3) etkileşimleri negatif bir korelasyon göstermiştir. DPPH-Mide Sindirimi, basıncın ikinci dereceden terimi (X_2^2) ve kalınlık (X_3) arasındaki etkileşimden önemli ölçüde etkilenmiştir ($p < 0{,}05$). En yüksek DPPH-Mide Sindirimi değeri Uygulama 1'de gözlemlenirken, en düşük değer Uygulama 6'da kaydedilmiştir (Şekil 4.2.2).

DPPH-Mide Sindirimi, kurutma sıcaklığının 65°C ve basıncın 200 mbar olduğu koşullarda en düşük seviyeye ulaşmıştır. Basınç ve kurutma sıcaklığının etkilerini

gösteren grafikte (Şekil 4.3.d), sıcaklık ve basınç azaldıkça DPPH-Mide Sindirimi'nin arttığı açıkça görülmektedir (Uygulama 1> Uygulama 3, Uygulama 5> Uygulama 8). Şekil 4.3.e'de, kalınlığın ve sıcaklığın azalmasının gastrik sindirimdeki DPPH miktarını artırdığı gösterilmektedir (Uygulama 1> Uygulama 10, Uygulama 1> Uygulama 3). Şekil 4.3.f'de ise kalınlık ve basıncın azalmasının DPPH-Mide Sindirimi'nin artmasına yol açtığı görülmektedir (Uygulama 3> Uygulama 12, Uygulama 9> Uygulama 14).

4.6.3. DPPH -Bağırsak Sindirimi (Y_6)

Aronya pestil örenklerinin DPPH (Bağırsak Sindrimi) değeri, 28,57 ± 2,52 ile 45,05 ± 1,51 µmol Troloks/g kuru ağırlık (ka) arasında değişmiştir (Çizelge 4.2). Denklem (7), DPPH-Bağırsak Sindirimi için indirgenmiş kuadratik modelin bir ifadesini sunmaktadır.

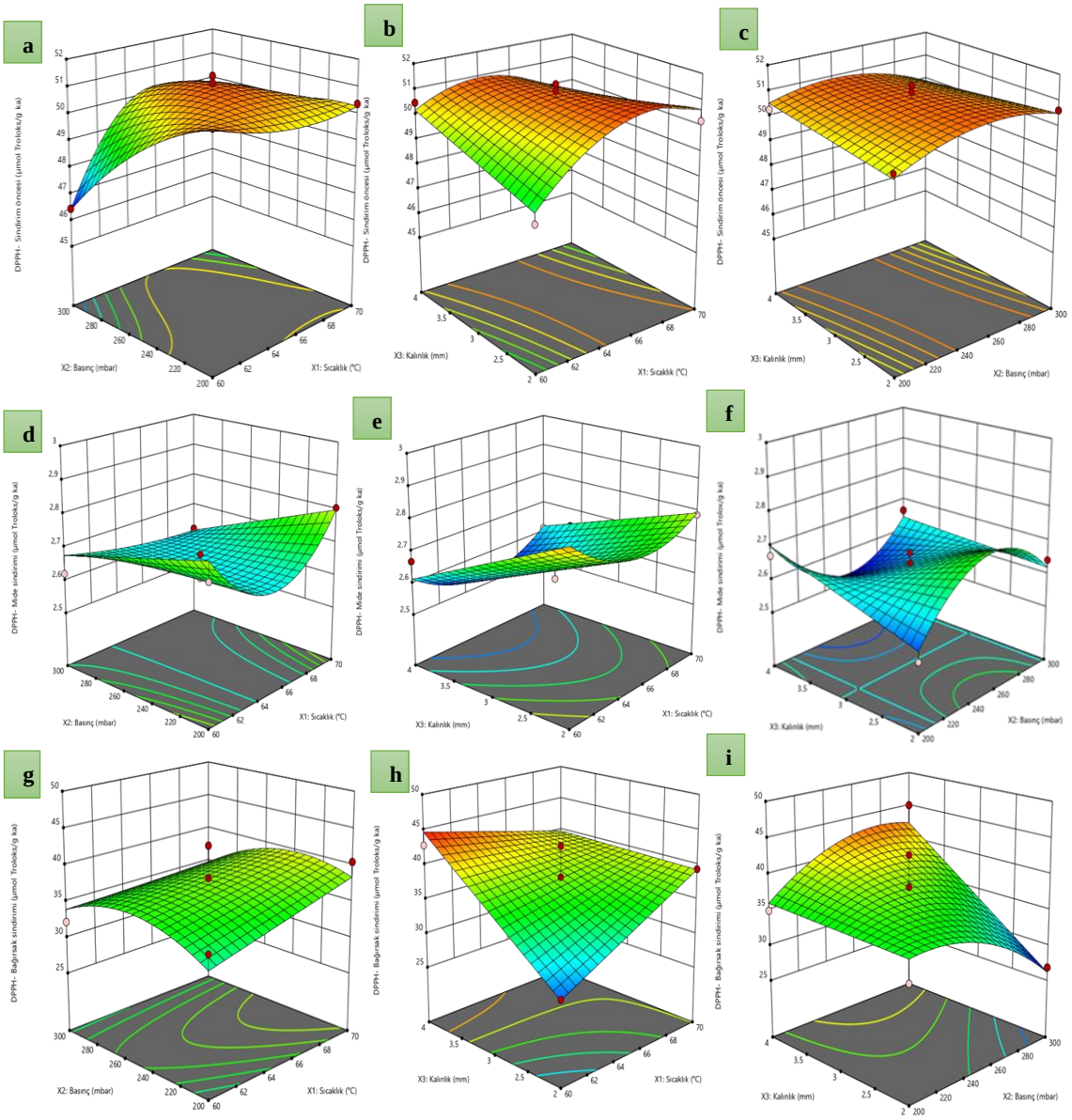
DPPH (Bağırsak Sindirimi) değeri için indirgenmiş kuadratik model, aşağıdaki denklem (7) ile ifade edilebilir:

$$Y_6(DPPH - Bağırsak\ Sindirimi) = 38.07 + 1.50X_1 - 0.7375X_2 + 4.18X_3 - 1.17X_1X_2 - 3.95X_1X_3 + 3.91X_3 - 3.08X_2^2 \quad (7)$$

DPPH-Bağırsak Sindirimi analizleri, basınç (X_2) ile negatif bir korelasyon olduğunu, ancak sıcaklık (X_1) ve kalınlık (X_3) ile pozitif bir korelasyon bulunduğunu göstermiştir. Sıcaklık-basınç (X_1X_2), sıcaklık-kalınlık (X_1X_3) etkileşim terimlerinin ve basıncın ikinci dereceden terimi (X_2^2) DPPH-Bağırsak Sindirimi üzerinde negatif etkilerinin olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, sıcaklık ve kalınlık etkileşim terimlerinin (X_1X_3), DPPH-Bağırsak Sindirimi üzerinde önemli bir negatif etkiye sahip olduğu bulunmuştur ($p<0.05$). En yüksek DPPH- Bağırsak Sindirimi değeri Uygulama 7'de gözlenirken, en düşük değer Uygulama 4'te kaydedilmiştir (Şekil 4.2.2).

DPPH değeri, kurutma sıcaklığı arttıkça ve basınç azaldıkça artış göstermiştir (Uygulama 3>R1, Uygulama 9> Uygulama 14) (Şekil 4.3.g). Kurutma sıcaklığı ve kalınlık arttığında DPPH- Bağırsak Sindirimi değerlerinde de artış gözlenmiştir (Uygulama 5> Uygulama 9, Uygulama 10> Uygulama 1) (Şekil 4.3.h). Ayrıca, basınç azaldığında ve kalınlık

arttığında DPPH- Bağırsak Sindirimi artışı meydana gelmiştir (Uygulama 6> Uygulama 4, Uygulama 2> Uygulama 6) (Şekil 4.3.i).



Şekil 4.3. Kurutma sıcaklığının, kurutma basıncının ve pestil kalınlığının DPPH sindirim öncesi, DPPH mide sindirimi ve DPPH bağırsak sindirimi (µmol Troloks/g ka) üzerindeki etkilerini gösteren 3 boyutlu yüzey grafikleri.

4.6.4. CUPRAC- Sindirim Öncesi (Y_7)

Aronya pestillerinin CUPRAC (Sindirim Öncesi) değeri 209,07 ± 112,97 ile 391,95 ± 119,96 µmol Troloks/g kuru ağırlık (ka) arasında değişmiştir (Çizelge 4.2). Aşağıdaki

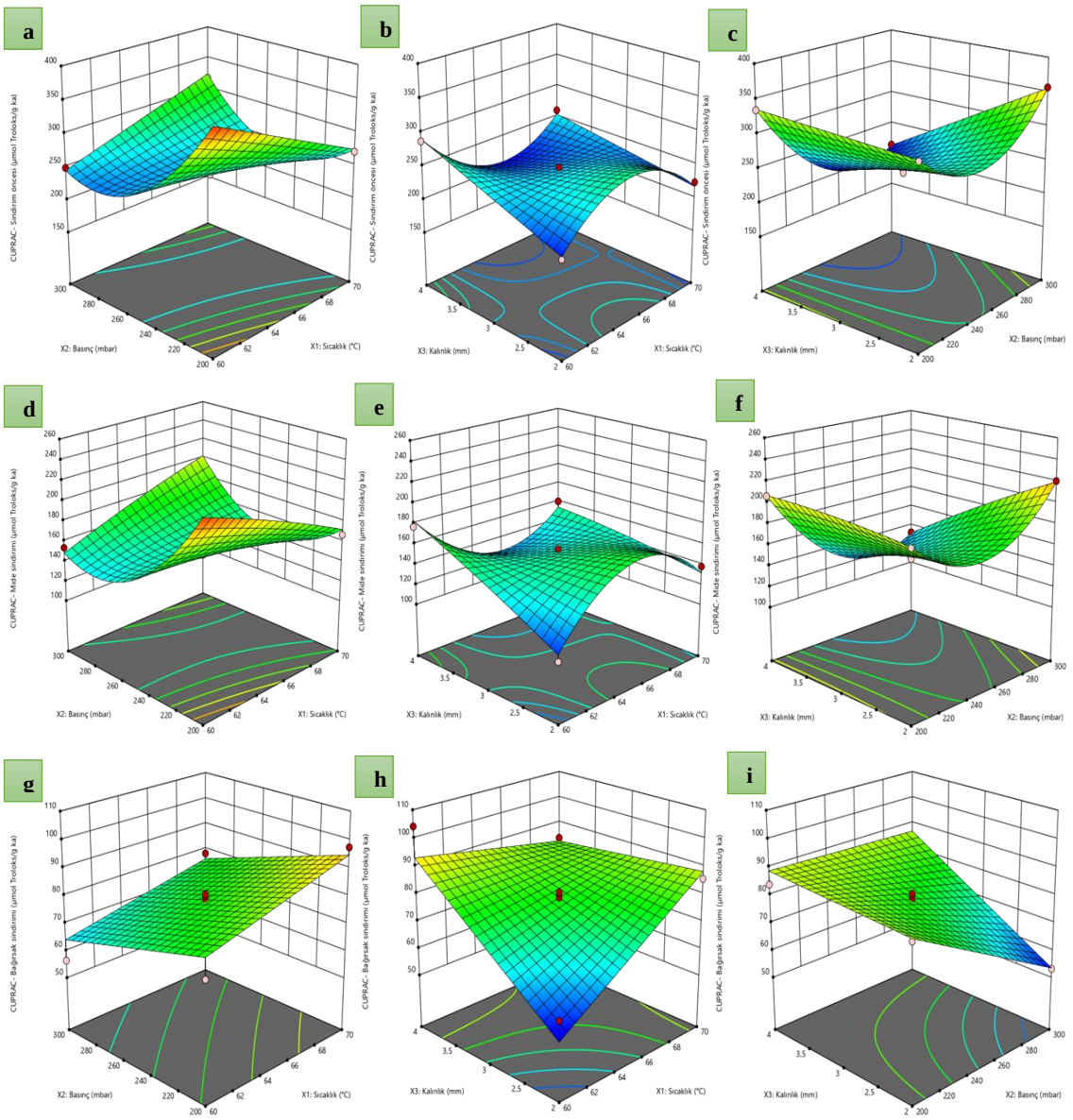
denklem (8), CUPRAC- Sindirim Öncesi için indirgenmiş kübik modeli temsil etmektedir.

CUPRAC (Sindirim Öncesi) değeri için indirgenmiş kübik model, aşağıdaki denklem (8) ile ifade edilebilir:

$$Y_7(CUPRAC - Sindirim\ Öncesi) = 243.90 - 8.25X_1 - 22.77X_2 - 32.66X_3 + 47.20X_1X_2 - 10.51X_1X_3 - 10.46X_2X_3 + 63.48X_2^2 + 61.43X_1^2X_3 \quad (8)$$

Denklem (8), kurutma sıcaklığı (X_1), basınç (X_2) ve kalınlık (X_3) terimlerinin CUPRAC-Sinirim Öncesi üzerinde negatif korelasyona sahip olduğunu göstermektedir ($p<0.05$). Sıcaklık-basınç (X_1X_2) etkileşim teriminin pozitif etkisi bulunurken, sıcaklık-kalınlık (X_1X_3) ve kalınlık-basınç (X_2X_3) etkileşim terimlerinin CUPRAC- Sinirim Öncesi üzerinde negatif etkileri olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Basıncın ikinci dereceden terimi (X_2^2), pozitif bir korelasyon göstermiştir ($p<0.05$). Ayrıca, bu terim CUPRAC-Sinirim Öncesi üzerinde en yüksek etkiye sahip olmuştur ($p< 0.05$). En yüksek CUPRAC-Sinirim Öncesi değeri Uygulama 9'da gözlemlenirken, en düşük değer Uygulama 1'de kaydedilmiştir (Şekil 4.2.3).

CUPRAC- Sindirim Öncesi pestil örnekleri için kurutma sıcaklığı ve basınç arasındaki etkileşim, 3D yüzey grafikleri ile Şekil 4.4.a'da gösterilmiştir. Burada, kurutma sıcaklığı ve basıncın azalması, CUPRAC- Sindirim Öncesi değerlerinin artışı ile sonuçlanmıştır (Uygulama 10> Uygulama 12, Uygulama 2> Uygulama 7). Şekil 4.4.b'de, kalınlık ve kurutma sıcaklığı arasındaki negatif korelasyon gösterilmiştir. Kurutma sıcaklığı ve kalınlık azaldıkça CUPRAC değerleri artmıştır (Uygulama 10> Uygulama 12, Uygulama 4> Uygulama 7). Şekil 4.4.c de, kalınlık ve basıncın azaltılmasının daha yüksek CUPRAC değerlerine yol açtığını göstermiştir (Uygulama 4> Uygulama 7, Uygulama 9> Uygulama 14).



Şekil 4.4. Kurutma sıcaklığının, pestil kalınlığının ve kurutma basıncının CUPRAC sindirim öncesi, CUPRAC mide sindirimi ve CUPRAC bağırsak sindirimi (µmol Troloks/g k.a) üzerindeki etkilerini gösteren 3 boyutlu yüzey grafikleri.

4.6.5. CUPRAC- Mide Sindirimi (Y_8)

CUPRAC (Mide Sindirimi) değeri 104,68 ± 90,96 ile 220,33 ± 70,16 µmol Trolok/g kuru ağırlık (ka) arasında değişmiştir (Çizelge 4.2). Denklem (9), CUPRAC-Mide Sindirimi için indirgenmiş kübik modelin bir ifadesini sunmaktadır.

CUPRAC (Mide Sindirimi) değeri için indirgenmiş kübik model, aşağıdaki denklem (9) ile ifade edilebilir:

$$Y_8(CUPRAC - Mide\ Sindirimi) = 150.16 - 2.15X_1 - 14.07X_2 - 20.37X_3 + 28.97X_1X_2 - 12.60X_1X_3 - 23.73X_2X_3 - 2.59X_1^2 + 41.89X_2^2 - 2.57X_3^2 + 44.02X_1^2X_3 \quad (9)$$

Denklem (9)'a göre, sıcaklık (X_1), basınç (X_2) ve kalınlığın (X_3) CUPRAC-Mide Sindirimi üzerinde negatif bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Sıcaklık, basınç ve kalınlık azaldıkça, CUPRAC-Mide Sindirimi değeri artış göstermiştir. Kurutma sıcaklığının (X_1^2) ve kalınlığın (X_3^2) ikinci dereceden terimlerinin de negatif bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, sıcaklık ve basınç arasındaki etkileşim (X_1X_2) pozitif bir korelasyon gösterirken, sıcaklık ve kalınlık (X_1X_3) ile basınç ve kalınlık (X_2X_3) arasındaki etkileşim negatif bir korelasyon göstermiştir. CUPRAC-Mide Sindirimi değerleri, özellikle sıcaklığın ikinci dereceden terimi (X_1^2) ile kalınlık (X_3) arasındaki etkileşimden önemli ölçüde etkilenmiştir ($p<0.05$). En yüksek CUPRAC- Mide Sindirimi değeri Uygulama 9'da, en düşük değer ise Uygulama 1'de kaydedilmiştir (Şekil 4.2.3).

Şekil 4.4.d'de, sıcaklık ve basıncın azalmasının CUPRAC- Mide Sindirimi değerinde bir artışa yol açtığı görülmektedir (Uygulama 9> Uygulama 5, Uygulama 2> Uygulama 7). Şekil 4.4.e, kalınlık ve sıcaklığın azalmasının gastrik sindirimde CUPRAC miktarını artırdığını göstermektedir (Uygulama 4> Uygulama 7, Uygulama 10> Uygulama 12). Şekil 4.4.f'de, kalınlık ve basıncın azalmasının CUPRAC- Mide Sindirimi artışına yol açtığı görülmektedir (Uygulama 4> Uygulama 7, Uygulama 2> Uygulama 7).

4.6.6. CUPRAC- Bağırsak Sindirimi (Y_9)

CUPRAC (Bağırsak Sindirimi) değeri 53,13 ± 2,81 ile 104,20 ± 3,52 µmol Troloks/g kuru ağırlık (ka) arasında değişmiştir (Çizelge 4.2). Denklem (10), CUPRAC-Bağırsak Sindirimi için 2FI modelinin bir ifadesini sunmaktadır.

CUPRAC (Bağırsak Sindirimi) değeri için 2FI model, aşağıdaki denklem (10) ile ifade edilebilir:

$$Y_9(CUPRAC - Bağırsak\ Sindirimi) = 78.74 + 6.72X_1 - 8.57X_2 + 9.13X_3 - 0.7028X_1X_2 - 11.94X_1X_3 + 7.59X_2X_3 \quad (10)$$

CUPRAC-Bağırsak Sindirimi, basınç (X_2) ile negatif, ancak sıcaklık (X_1) ve kalınlık (X_3) ile pozitif bir korelasyon göstermiştir (p<0.05). Sıcaklık-basınç (X_1X_2) ve sıcaklık-kalınlık (X_1X_3) etkileşim terimlerinin CUPRAC-Bağırsak Sindirimi üzerinde negatif etkileri olduğu belirlenirken, basınç-kalınlık (X_2X_3) etkileşiminin pozitif bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, sıcaklık ve kalınlık etkileşim terimleri (X_1X_3) CUPRAC-Bağırsak Sindirimi üzerinde önemli bir negatif etkiye sahip olmuştur (p<0.05). En yüksek CUPRAC-Bağırsak Sindirimi değeri Uygulama 10'da, en düşük değer ise Uygulama 4'te kaydedilmiştir (Şekil 4.2.3).

Şekil 4.4.g'de görüldüğü üzere, CUPRAC- Bağırsak Sindirimi, kurutma sıcaklığının artması ve basıncın azalmasıyla artış göstermiştir (Uygulama 3> Uygulama 1, Uygulama 9> Uygulama 14). Şekil 4.4.h, kurutma sıcaklığı ve kalınlığın artmasıyla CUPRAC-I Bağırsak Sindirimi 'nin arttığını göstermektedir (Uygulama 5> Uygulama 9, Uygulama 10> Uygulama 1). Ayrıca, basıncın azalması ve kalınlığın artmasıyla CUPRAC- Bağırsak Sindirimi artışı gerçekleşmiştir (Uygulama 2> Uygulama 7, Uygulama 7> Uygulama 4) (Şekil 4.4.i).

4.6.7. FRAP- Sindirim Öncesi (Y_{10})

FRAP (Sindirim Öncesi) değeri, 158,98 ± 6,97 ile 187,42 ± 2,55 µmol Troloks/g kuru ağırlık (ka) arasında değişmiştir (Çizelge 4.2). Denklem (11), FRAP- Sindirim Öncesi için indirgenmiş kuadratik modelinin bir ifadesini sunmaktadır.

FRAP (Sindirim Öncesi) değeri için indirgenmiş kuadratik model, aşağıdaki denklem (11) ile ifade edilebilir:

$$Y_{10}(FRAP - Sindirim\ Öncesi) = 178.25 - 3.59X_2 - 4.88X_3 + 8.66X_1X_2 - 5.15X_1X_3 - 4.53X_2X_3 - 6.24X_1^2 \quad (11)$$

Denklem (11), basınç (X_2) ve kalınlık (X_3) terimlerinin FRAP-Sindirim Öncesi değerleri üzerinde negatif bir korelasyon gösterdiğini ortaya koymaktadır. Sıcaklık-basınç (X_1X_2) etkileşim teriminin pozitif bir etkiye sahip olduğu, buna karşın sıcaklık-kalınlık (X_1X_3) ve kalınlık-basınç (X_2X_3) etkileşim terimlerinin FRAP-Sindirim Öncesi üzerinde negatif etkiler gösterdiği tespit edilmiştir. Sıcaklığın ikinci dereceden terimi (X_1^2), FRAP ile negatif bir korelasyon göstermektedir. Ayrıca, sıcaklık-basınç (X_1X_2) etkileşim terimi FRAP- Sindirim Öncesi üzerinde en yüksek etkiye sahip olmuştur *($p < 0.05$)*. En yüksek FRAP- Sindirim Öncesi değeri Uygulama 4'te, en düşük değer ise Uygulama 14'te kaydedilmiştir (Şekil 4.2.4).

Sindirilmemiş meyve derisi örneklerinin kurutma sıcaklığı ve basınç içeriği arasındaki etkileşim, Şekil 4.5.a'da 3D yüzey grafikleri ile gösterilmiştir. Burada, artan kurutma sıcaklıkları ve azalan basınç ile FRAP- Sindirim Öncesi 'de bir artış gözlenmiştir (Uygulama 3> Uygulama 1, Uygulama 2> Uygulama 7). Şekil 4.5.b'de ise kalınlık ve kurutma sıcaklığı arasında negatif bir korelasyon olduğu gösterilmiştir. Kurutma sıcaklığının artması ve kalınlığın azalmasıyla FRAP değerleri yükselmiştir (Uygulama 3> Uygulama 1, Uygulama 4> Uygulama 7). Şekil 4.5.c ayrıca, kalınlık ve basıncın azalmasıyla daha yüksek FRAP değerlerinin elde edildiğini göstermiştir (Uygulama 4> Uygulama 7, Uygulama 9> Uygulama 14).

4.6.8. FRAP- Mide Sindirimi (Y_{11})

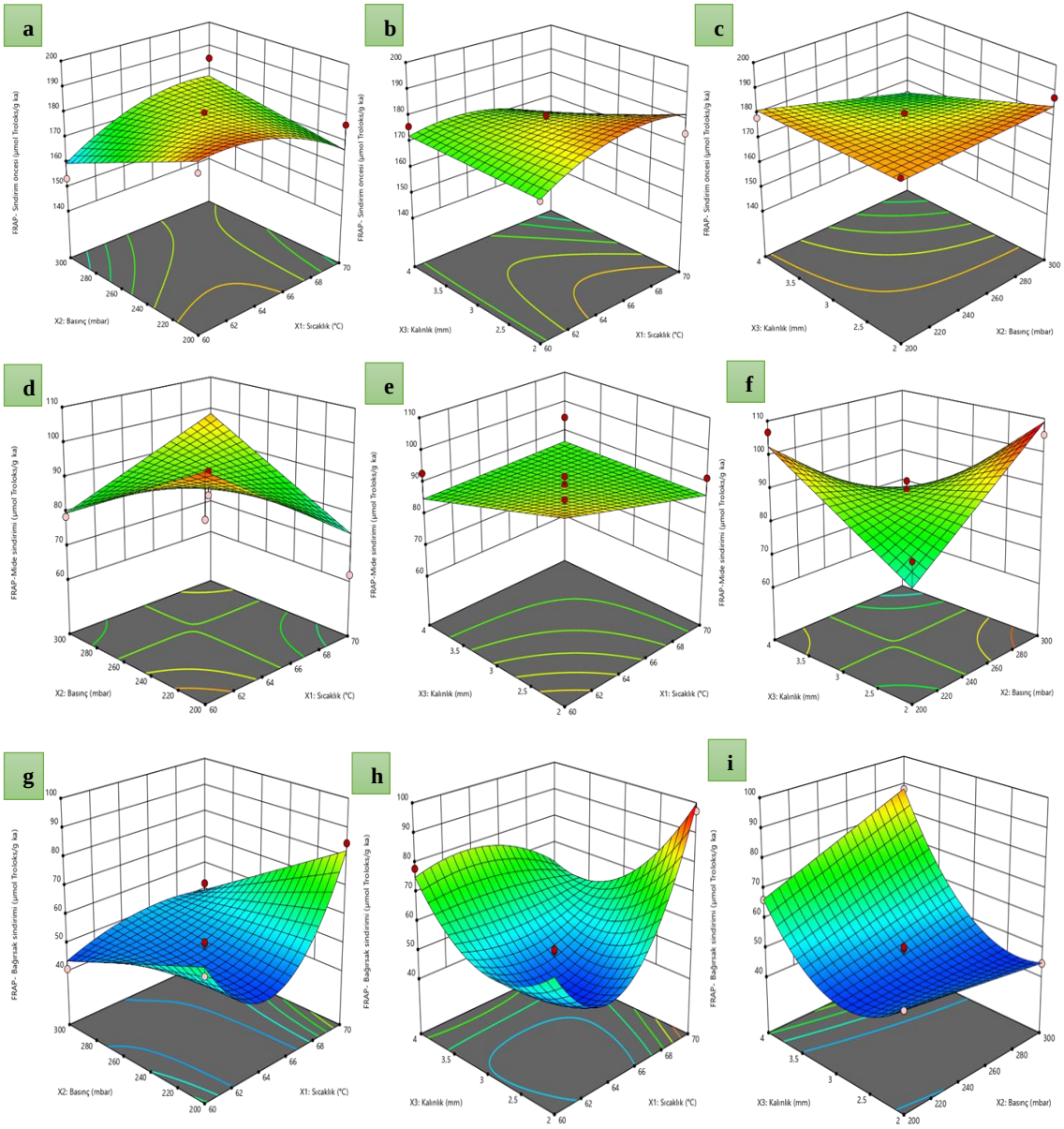
FRAP (Mide Sindirimi) değeri, 61,88 ± 2,49 ile 106,70 ± 0,68 µmol Troloks/g kuru ağırlık (ka) arasında değişmiştir (Çizelge 4.2). Denklem (12), FRAP-Mide Sindirimi için 2FI modelinin bir ifadesini sunmaktadır.

FRAP (Mide Sindirimi) değeri için 2FI model, aşağıdaki denklem (12) ile ifade edilebilir:

$$Y_{11}(FRAP - Mide\ Sindirimi) = 89.11 - 2.76X_1 - 0.0345X_2 - 3.34X_3 - 12.21X_1X_2 + 3.49X_1X_3 - 16.66X_2X_3 \quad (12)$$

Denklem (12)'ye göre, sıcaklık (X_1), basınç (X_2) ve kalınlık (X_3) FRAP- Mide Sindirimi üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir. Bu doğrultuda, sıcaklık, basınç ve kalınlık azaldıkça, FRAP- Mide Sindirimi değeri artmıştır. Sıcaklık-basınç (X_1X_2) ve basınç-kalınlık (X_2X_3) etkileşimleri negatif bir korelasyon gösterirken, sıcaklık-kalınlık (X_1X_3) etkileşimi pozitif bir korelasyon göstermiştir. FRAP- Mide Sindirimi, özellikle sıcaklık ve basınç (X_1X_2) etkileşiminden olumsuz yönde etkilenmiştir ($p<0.05$). En yüksek FRAP- Mide Sindirimi değeri Uygulama 2'de gözlemlenirken, en düşük değer Uygulama 5'te kaydedilmiştir (Şekil 4.2.4).

Şekil 4.5.d'de, sıcaklık ve basıncın azalmasının FRAP- Mide Sindirimi değerinde bir artışa yol açtığı açıkça görülmektedir (Uygulama 9> Uygulama 5, Uygulama 2> Uygulama 7). Şekil 4.5.e, kalınlık ve sıcaklığın azalmasının mide sindirimi koşullarında FRAP miktarında bir artışa neden olduğunu göstermektedir (Uygulama 4> Uygulama 7, Uygulama 1> Uygulama 3). Şekil 4.5.f'de ise, kalınlık ve basıncın azalmasının FRAP-Mide Sindirimi'nde bir artışa yol açtığı gözlemlenmektedir (Uygulama 4> Uygulama 7, Uygulama 2> Uygulama 7).



Şekil 4.5. Kurutma sıcaklığının, pestil kalınlığının ve kurutma basıncının FRAP sindirim öncesi, FRAP mide sindirimi ve FRAP bağırsak sindirimi (µmol Troloks/g ka) üzerindeki etkilerini gösteren 3 boyutlu yüzey grafikleri.

4.6.9 FRAP- Bağırsak Sindirimi (Y_{12})

FRAP (Bağırsak sindirimi) değeri, 40,56 ± 2,54 ile 97,30 ± 8,26 µmol Troloks/g kuru ağırlık (ka) arasında değişmiştir (Çizelge 4.2). Denklem (13), FRAP-Bağırsak Sindirimi için indirgenmiş kübik modelin bir ifadesini sunmaktadır.

FRAP (Bağırsak Sindirimi) değeri için indirgenmiş kübik model, aşağıdaki denklem (13) ile ifade edilebilir:

$$Y_{12}(FRAP - Bağırsak\ Sindirimi) = 47.63 + 5.95X_1 + 3.32X_2 + 14.23X_3 - 2.95X_1X_2 - 12.02X_1X_3 + 7.54X_2X_3 + 12.32X_1^2 + 15.61X_3^2 - 16.75X_1^2X_2 - 20.62X_1^2X_3 \quad (13)$$

FRAP-Bağırsak Sindirimi, sıcaklık (X_1), basınç (X_2) ve kalınlık (X_3) ile pozitif bir korelasyon göstermiştir. Sıcaklık-basınç (X_1X_2) ve sıcaklık-kalınlık (X_1X_3) etkileşim terimlerinin FRAP- Bağırsak Sindirimi üzerinde olumsuz etkileri olduğu tespit edilirken, basınç-kalınlık (X_2X_3) etkileşim terimi üzerinde pozitif bir etki bulunmuştur. Ayrıca, sıcaklığın ikinci dereceden terimi (X_1^2) ile kalınlık (X_3) arasındaki etkileşim, FRAP-Bağırsak Sindirimi üzerinde önemli bir olumsuz etkiye sahiptir ($p<0.05$). En yüksek FRAP- Bağırsak Sindirimi değeri Uygulama 3'te, en düşük değer ise Uygulama 14'te kaydedilmiştir Şekil (4.2.4).

Şekil 4.5.g'de, kurutma sıcaklığı ve basıncının artmasıyla FRAP- Bağırsak Sindirimi 'nin arttığı açıkça görülmektedir (Uygulama 3> Uygulama 1, Uygulama 7> Uygulama 2). Şekil 4.5.h, sıcaklık ve kalınlığın artmasıyla FRAP- Bağırsak Sindirimi 'nin arttığını göstermektedir (Uygulama 5> Uygulama 9, Uygulama 10> Uygulama 1). Ayrıca, basınç ve kalınlığın artmasıyla FRAP- Bağırsak Sindirimi nin arttığı tespit edilmiştir (Uygulama 7> Uygulama 2, Uygulama 7> Uygulama 4) (Şekil 4.5.i).

Çalışmamızda, sindirilmemiş aronya pestilleri ile hem gastrik ortamda gerçekleştirilen sindirimlerde elde edilen TAK-YYY sonuçları, aronya pestilinin inceldikçe toplam antioksidan kapasitenin (TAK) arttığını ortaya koymuştur. Bununla birlikte, intestinal ortamda ise ters bir durum gözlemlenmiş olup, pestil kalınlığı arttıkça TAK değerlerinin de arttığı tespit edilmiştir.

4.7. Aronya Pestillerinin Fizikokimyasal, Renk ve Duyusal Özellikleri

Aronya meyvelerinin ağırlığı, Briks ve nem içeriği Çizelge 4.7'de özetlenmiştir. Aronya meyvelerinin Briks değeri 17.50 ± 0.19 g/100 g olarak analiz edilmiş olup, bu değer literatürde bildirilen 24.1 g/100 g (Skupien ve Oszmianski, 2007) ve 14.2-18.7 g/100 g (Ochmian ve ark., 2012) aralıkları ile uyum içerisindedir. Çalışmamızda ham madde olarak kullanılan meyvelerin toplam nem miktarı ise 76.00 ± 0.30 g/100 g olarak belirlenmiş olup, bu değer daha önceki verilerle (69.2-78.8 g/100 g: Brand ve ark., 2017) uyum göstermektedir.

Çizelge 4.7 Taze Aronyanın Fizikokimyasal Özellikleri

Analizler	Değerler
Ağırlık (g)	1.05 ± 0.07
Briks (º) (g/100 g)	17.50 ± 0.19
Toplam Nem Miktarı (g/100g)	76.00 ± 0.30

Renk, tüketicilerin gıda tercihlerini tahmin etmede bir kalite göstergesi olarak önemli bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda, L*, a*, b*, Kroma (C*) ve Hue açısı (h°) parametreleri, bu önemli özelliğin ortaya konulmasında öne çıkmaktadır. Burada, L* rengin parlaklık değerini temsil ederken, a* ve b* sırasıyla kırmızı-yeşil ve sarı-mavi eksenini ifade etmektedir. Buna göre, a ve b değerlerine dayalı olarak hesaplanan Kroma ve Hue açısı, sırasıyla rengin canlılık-doygunluk derecesini ve rengin tonunu tanımlamaktadır (Gong ve ark., 2022).

Pestillerin genel rengi morumsu siyah olarak tanımlanmış ve L* değeri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.8). Bu çalışmada aronya meyvesinin L* değeri 20.88 ± 1.61 olarak analiz edilmiş olup, Olcay ve ark. (2024) 24.06 ± 0.36, Ochmian ve ark. (2017) ise 18.32 değerini bildirmiştir. Renk özelliklerindeki değişiklikler genellikle meyvenin genotipine, hasat zamanına ve yetiştirildiği bölgeye bağlı olarak değişiklik göstermektedir (İncedayı ve ark., 2022).

Taze meyve ile karşılaştırıldığında, farklı kurutma işlemleri L* değerini önemli ölçüde etkilemiştir (Uygulama 5: 20.67 ± 2.25 ve Uygulama 6: 23.71 ± 0.38) ve tüm pestil

örneklerinde (Uygulama 5 hariç) %0.7-13 oranında bir artış gözlenmiş ve aronya meyvesine göre daha parlak bir renk elde edilmiştir.

Mevcut L* değeri sonuçları, daha önceki çeşitli çalışmalarda bildirilen bulgularla uyumludur. Örneğin, Özkan-Karabacak (2019), çakal eriğinde (mavi renkli bir meyve) L* değerlerini 21.78 ile 25.37 arasında rapor ederken, Olcay ve ark. (2024) aronya pestilinde 23.11 olarak bildirmiştir. Benzer şekilde, Tontul ve Topuz (2017), nar pestilinde (kırmızı renkli bir meyve) L* değerlerini 29.08 ile 32.51 arasında, Suna ve Özkan-Karabacak (2019) dut pestilinde 28.57 ile 35.42 arasında, Yüksekkaya (2013) ise nar pestilinde 34.19 ile 39.19 arasında kaydetmiştir.

Kurutma sıcaklığının azalmasıyla birlikte L* değeri artış göstermiştir (Uygulama 1 > Uygulama 3, Uygulama 10 > Uygulama 12, Uygulama 9 > Uygulama 5, Çizelge 4.5). Bu bulgular, muşmula meyve pestillerinde kurutma sıcaklığının azalmasıyla L* değerinin arttığını bildiren Suna (2019) çalışmasıyla uyumlu bulunmuştur. Daha yüksek kurutma sıcaklıkları, Maillard reaksiyonunu hızlandırarak, daha düşük kurutma sıcaklıklarına kıyasla renk bileşiklerinin daha fazla bozulmasına neden olmaktadır (Hosseinpour ve ark., 2013).

Çalışmamız ayrıca L* değerinin vakum basıncından etkilendiğini ve vakum basıncı arttıkça L* değerinin de arttığını göstermiştir (Uygulama 7 > Uygulama 2, Uygulama 14 > Uygulama 9, Uygulama 8 > Uygulama 5). Benzer bir eğilim kurt üzümünde de gözlemlenmiş olup, bu durum daha kısa kurutma süresi ve vakum koşullarının etkisine atfedilmiştir (Xie ve ark., 2018).

Çizelge 4.8. Aronya Meyvesinin ve Aronya Pestillerinin Renk Özellikleri

Örnekler	**L***	**a***	**b*(**)**	***Kroma***	***Hue***
Taze Aronya	0,07 ± 0,05^{g}	0,06 ± 0,03^{d}	-0,02 ± 0,01^{a}	0,06 ± 0,03^{d}	336,84 ± 7,37^{d}
9(60°C,200mbar,3mm)	21,83 ± 0,26^{bcdef}	1,19 ± 0,13^{bc}	-0,09 ± 0,07^{a}	1,19 ± 0,13^{bc}	355,24 ± 4,10^{ab}
1(60°C,250mbar,2mm)	22,14 ± 0,28^{bcde}	1,23 ± 0,15^{bc}	-0,18 ± 0,06^{a}	1,25 ± 0,15^{bc}	351,54 ± 3,42^{abc}
10(60°C,250mbar,4mm)	22,26 ± 0,38^{bcde}	1,45 ± 0,13^{ab}	-0,08 ± 0,01^{a}	1,45 ± 0,12^{ab}	356,84 ± 0,66^{a}
14(60°C,300mbar,3mm)	21,95 ± 0,92^{bcdef}	1,04 ± 0,17^{c}	-0,22 ± 0,11^{a}	1,06 ± 0,14^{c}	347,39 ± 8,38^{abc}
6(65°C,200mbar,2mm)	23,71 ± 0,38^{a}	1,74 ± 0,14^{a}	-0,09 ± 0,03^{a}	1,74 ± 0,14^{a}	356,86 ± 0,87^{a}
2(65°C,200mbar,4mm)	21,03 ± 0,95^{ef}	1,05 ± 0,01^{c}	-0,15 ± 0,03^{a}	1,06 ± 0,01^{c}	351,88 ± 1,36^{abc}
11(65°C,250mbar,3mm)	22,84 ± 0,66^{abc}	1,36 ± 0,46^{abc}	-0,05 ± 0,06^{a}	1,36 ± 0,46^{bc}	356,93 ± 4,66^{a}
13(65°C,250mbar,3mm)	22,41 ± 0,58^{abcd}	1,32 ± 0,52^{bc}	-0,17 ± 0,13^{a}	1,34 ± 0,51^{bc}	351,20 ± 6,80^{abc}
15(65°C,250mbar,3mm)	21,14 ± 0,78^{def}	1,01 ± 0,13^{c}	-0,25 ± 0,03^{a}	1,04 ± 0,12^{c}	345,96 ± 3,40^{bcd}
4(65°C,300mbar,2mm)	23,15 ± 0,36^{ab}	0,97 ± 0,31^{c}	-0,18 ± 0,02^{a}	0,99 ± 0,31^{c}	349,08 ± 3,24^{abc}
7(65°C,300mbar,4mm)	22,46± 0,40^{abcd}	1,14 ± 0,28^{bc}	-0,14 ± 0,09^{a}	1,15 ± 0,26^{bc}	351,58 ± 7,20^{abc}
5(70°C,200mbar,3mm)	20,67 ± 2,25^{f}	1,23 ± 0,13^{bc}	-0,11 ± 0,12^{a}	1,23 ± 0,14^{bc}	355,11 ± 4,97^{ab}
3(70°C,250mbar,2mm	21,16 ± 0,99^{def}	1,21 ± 0,16^{bc}	-0,24 ± 0,09^{a}	1,24 ± 0,17^{bc}	348,97 ± 2,52^{abc}
12(70°C,250mbar,4mm)	21,79 ± 0,69^{cdef}	1,31 ± 0,08^{bc}	-0,18 ± 0,03^{a}	1,32 ± 0,08^{bc}	352,19 ± 1,30^{abc}
8(70°C,300mbar,3mm)	22,72 ± 0,20^{abc}	1,00 ± 0,22^{c}	-0,27 ± 0,27^{a}	1,07 ± 0,15^{c}	343,86 ± 17,28^{cd}

Çizelge 4.8. Aynı sütundaki farklı harfler anlamlı farklılıkları göstermektedir ($p<0,05$). (**) Anlamlı olmayan değerleri göstermektedir. Örnekler vakumlu kurutma sistemi ile kurutulmuştur.

Pestil örneklerinin kırmızılık (a*) değeri göz önüne alındığında, pestillerin (Uygulama 4: 0.97 ± 0.31 - Uygulama 7: 1.74 ± 0.14) aronya meyvesine (0.06 ± 0.03) kıyasla daha yüksek değere sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 4.8). Benzer bir a* değeri artışı kurutma sonrası yaban mersini pestilinde de rapor edilmiştir (Chen & Martynenko, 2018). Ayrıca bu sonuçlar, Sengül ve ark. (2010) tarafından bildirilen erik pestilinde a* değerinin 1.25 olduğu bulgularla da uyumludur.

Kurutma sıcaklığındaki artış, a* değerinde azalmaya yol açmıştır (Uygulama 1 > Uygulama 3, Uygulama 10 > Uygulama 12) ve bu eğilim, Aral ve ark. (2016) çalışmasında da benzer şekilde rapor edilmiştir. Bu a* değeri değişiklikleri, pigment bozulmasına veya enzimatik olmayan Maillard kahverengileşme reaksiyonlarına bağlanabilir (Aral ve ark., 2016). Aynı şekilde, vakum basıncındaki artış, a* değerinde

azalmaya neden olmuştur (Uygulama 2 > Uygulama 7, Uygulama 9 > Uygulama 14) ve bu bulgular Meda ve ark. (2007) çalışmasıyla uyum göstermektedir.

Pestil örneklerinde, b* değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir ($p > 0.05$). Kurutma sonrası b* değerindeki değişim, taze aronyayla karşılaştırıldığında bir azalma göstermiştir. Önceki çalışmalar, meyveye kıyasla pestil ürünlerinde b* değerlerinde %29.29 ile %63.14 arasında bir azalma bildirmiştir (Gómez-Pérez ve ark., 2019). Örnekler arasında en yüksek b* değeri (-0,08 ± 0,01) Uygulama 10 (60°C, 250 mbar ve 4 mm) ile elde edilirken, en düşük b* değeri (-0,27 ± 0,27) Uygulama 8'de (70°C, 300 mbar ve 3 mm) gözlemlenmiştir (Çizelge 4.5). Olcay ve ark. (2024) aronya pestili için b* değerini -0.42 ± 0.17 olarak bildirmiştir.

Kurutma sıcaklığı ve vakum basıncındaki artış, b* değerinin azalmasına yol açmıştır (Uygulama 1 > Uygulama 3, Uygulama 9 > Uygulama 14). Gözlemlenen b* değerlerindeki azalmalar, ısıya dayanıklı yeşil ve sarı pigmentlerin bozulmasına atfedilebilir. Negatif (-) b* değerleri, mavi rengi temsil ederken, pozitif b* değerleri sarı rengin varlığını göstermektedir (Şahin ve ark., 2012).

Kroma (C*), renk teorisinde önemli bir yere sahiptir çünkü renklerin uyumu, kontrastı ve etkisi bu değer aracılığıyla değerlendirilebilir. Renk yoğunluğunu belirtmek için kullanılan kroma, 0 (solgun) ile 60 (canlı) arasında değişmektedir ve aronya meyvesinde 0.06 ± 0.03 olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.8). Ayrıca, kroma değeri farklı kurutma parametrelerinden önemli ölçüde etkilenmiş ve pestillerde taze aronyaya kıyasla artan bir eğilim göstermiştir ($p < 0.05$). En yüksek kroma değeri (1.74), Uygulama 6'da (65°C, 200 mbar, 2 mm) kaydedilirken, en düşük değer (0.99) Uygulama 4'te (65°C, 300 mbar, 3 mm) gözlemlenmiştir (Çizelge 4.5). Kroma değeri, artan kurutma sıcaklığı ile hem bir artış (Run 5 > Run 9) hem de bir azalma (Run 1 > Run 3) göstermiştir. Öte yandan, kroma değeri vakum basıncının artışıyla (Run 9 > Run 14) azalmıştır.

Aronya pestillerinin hue açısı (h°) değerleri, aronya meyvesine kıyasla %3-6 oranında artış göstermiştir (Çizelge 4.8) ($p < 0.05$). Hue açısı değeri, gıdalardaki renk dağılımını değerlendirmek için kullanılır. 0° ve 360° hue açıları, kırmızılığın yoğunluğunu gösterirken, 90° değeri sarılığı temsil eder. 180° hue açısı yeşilliğin yoğunluğunu, 270°

ise maviliğin yoğunluğunu ifade eder (Rifna ve ark., 2021). En yüksek hue açısı değeri Uygulama 11'de (65°C, 250 mbar ve 3 mm) elde edilirken, en düşük hue açısı değeri Uygulama 8'de (70°C, 300 mbar ve 3 mm) kaydedilmiştir. Kurutma sıcaklığı arttıkça hue açısı değeri azalmıştır (Uygulama 1 > Uygulama 3). Benzer şekilde, vakum basıncındaki artış hue açısı değerinde bir azalmaya neden olmuştur (Uygulama 6 > Uygulama 4).

Vakum basıncının temel etkilerinden biri, düşük oksijen varlığının meyvelerdeki renk bozulmasından genellikle sorumlu olan enzimatik esmerleşme reaksiyonlarını azaltmasıdır (Zielińska ve ark., 2017). Bunun yanı sıra, birçok meyvedeki kırmızı, mavi ve mor tonlardan sorumlu pigmentler olan antosiyaninlerin konsantrasyonu, vakum işleminin etkisinde önemli ölçüde değişkenlik göstermektedir. Antosiyaninlerin stabilitesi pH'a bağlıdır ve optimum stabilitenin genellikle daha düşük pH seviyelerinde ortaya çıktığı bilinmektedir (Aydogdu ve ark., 2023; Teneva ve ark., 2022). Vakum işleme teknikleriyle birleştirildiğinde, pH kontrol etme yeteneği antosiyaninlerin renk tutulumunu daha da artırabilir. Örneğin, vakum koşulları antosiyaninlerin oksijene maruz kalmasını sınırlayarak oksidatif bozunmayı azaltabilir ve canlı renklerini koruyabilir (Iborra-Bernad ve ark., 2014; Morata, 2023). Bu durum, rengin gıda uygulamalarında önemli bir kalite özelliği olduğunu vurgulamaktadır.

Aronya pestillerinin görünüş, koku, tat, yapışkanlık, çiğnenebilirlik ve genel kabul edilebilirlik gibi özelliklerinin duyusal değerlendirmesi Çizelge 4.9'da gösterilmiştir. Nihai puanlara göre, tüm örnekler panelistler tarafından kabul edilmiştir. Sonuçlar arasında istatistiksel bir fark görülmemiştir ($p > 0,05$).

Pestillerin renk, koku, tat, yapışkanlık ve genel kabul edilebilirlik kriterleri göz önünde bulundurulduğunda, en yüksek puan Uygulama 5'e (70°C, 200 mbar, 3 mm) verilmiştir. Buna karşılık, en yüksek çiğnenebilirlik puanı Uygulama 3'e (70°C, 250 mbar, 2 mm) aittir. Benzer bir çalışmada, Suna ve Karabacak (2019), dut pestili üzerinde yaptıkları araştırmada vakum kurutma sıcaklığının artmasıyla çiğnenebilirlik ve yapışkanlık değerlerinin arttığını tespit etmişlerdir. Suna (2019) tarafından muşmula pestili üzerinde yapılan bir çalışmada, en yüksek koku ve genel kabul edilebilirlik puanları 70°C ve 200

mbar basınç koşulları altında elde edilmiştir. Bu çalışmadaki bulgular, literatürdeki verilerle uyum göstermektedir.

Görünüş kriteri açısından en yüksek puanlar, Uygulama 3 (70°C, 250 mbar, 2 mm), Uygulama 6 (65°C, 200 mbar, 2 mm), Uygulama 8 (70°C, 300 mbar, 3 mm), Uygulama 10 (60°C, 250 mbar, 4 mm), Uygulama 12 (70°C, 250 mbar, 4 mm), Uygulama 13 (65°C, 250 mbar, 3 mm) ve Uygulama 14 (60°C, 300 mbar, 3 mm) tarafından elde edilmiştir.

Uygulamalar	Renk	Görünüş	Tat	Koku	Çiğnenebilirlik	Yapışkanlık	Genel Kabul Edilebilirlik
9	8,33 ± 0,82[a]	8,17 ± 0,75[a]	5,83 ± 1,17[a]	6,67 ± 1,37[a]	7,00 ± 1,26[a]	6,17 ± 1,17[a]	6,83 ± 0,98[a]
1	8,00 ± 0,89[a]	8,17 ± 0,75[a]	6,67 ± 1,75[a]	7,00 ± 1,09[a]	7,50 ± 0,55[a]	7,00 ± 1,79[a]	7,17 ± 0,98[a]
10	8,50 ± 0,84[a]	8,33 ± 0,82[a]	6,50 ± 1,38[a]	6,50 ± 1,52[a]	6,83 ± 0,75[a]	6,33 ± 1,37[a]	6,83 ± 0,98[a]
14	8,00 ± 0,89[a]	8,33 ± 0,82[a]	6,33 ± 0,82[a]	6,67 ± 1,37[a]	7,00 ± 0,89[a]	6,50 ± 1,05[a]	7,17 ± 0,75[a]
6	8,50 ± 0,84[a]	8,33 ± 0,82[a]	5,67 ± 1,63[a]	6,33 ± 1,21[a]	7,17 ± 0,98[a]	6,00 ± 1,10[a]	6,33 ± 1,03[a]
2	8,50 ± 0,84[a]	8,17 ± 0,75[a]	6,33 ± 1,51[a]	7,00 ± 1,26[a]	7,33 ± 0,52[a]	6,67 ± 1,51[a]	7,00 ± 0,89[a]
11	8,50 ± 0,84[a]	8,17 ± 0,98[a]	6,17 ± 1,17[a]	6,50 ± 1,52[a]	6,67 ± 0,82[a]	6,00 ± 1,10[a]	6,83 ± 1,17[a]
13	8,50 ± 0,84[a]	8,33 ± 0,82[a]	6,17 ± 0,75[a]	6,83 ± 1,33[a]	7,17 ± 1,17[a]	7,00 ± 1,41[a]	7,00 ± 1,10[a]
15	8,00 ± 0,89[a]	8,17 ± 0,75[a]	6,00 ± 1,26[a]	6,50 ± 1,05[a]	6,17 ± 0,75[a]	5,67 ± 1,03[a]	6,67 ± 0,82[a]
4	8,50 ± 0,84[a]	8,33 ± 0,82[a]	5,83 ± 0,98[a]	6,83 ± 1,33[a]	7,00 ± 0,63[a]	6,33 ± 0,82[a]	6,83 ± 1,17[a]
7	8,50 ± 0,84[a]	8,17 ± 0,98[a]	5,83 ± 1,60[a]	6,67 ± 1,51[a]	7,33 ± 0,82[a]	6,33 ± 1,37[a]	6,83 ± 1,60[a]
5	8,50 ± 0,84[a]	8,33 ± 0,82[a]	6,17 ± 1,17[a]	6,83 ± 1,33[a]	7,50 ± 0,84[a]	6,67 ± 1,21[a]	7,00 ± 1,55[a]
3	8,50 ± 0,84[a]	8,33 ± 0,82[a]	6,00 ± 1,67[a]	6,67 ± 1,03[a]	7,83 ± 0,75[a]	7,00 ± 1,54[a]	7,00 ± 0,89[a]
12	8,50 ± 0,84[a]	8,33 ± 0,82[a]	6,17 ± 1,72[a]	6,67 ± 1,03[a]	7,33 ± 1,03[a]	6,50 ± 1,22[a]	7,00 ± 1,26[a]
8	8,50 ± 0,84[a]	8,33 ± 0,82[a]	6,17 ± 1,17[a]	6,50 ± 1,52[a]	6,67 ± 1,21[a]	6,33 ± 1,37[a]	7,00 ± 0,89[a]

Çizelge 4.9. Aronya pestillerinin duyusal profili. Pestillerin duyusal özellikleri arasında istatiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p>0,05). Tüm örnekler vakum kurutma sistemi ile kurutulmuştur. Uygulama 1: 60°C, 250 mbar, 2 mm; Uygulama 2: 65°C, 200 mbar, 4 mm; Uygulama 3: 70°C, 250 mbar, 2 mm; Uygulama 4: 65°C, 300 mbar, 2 mm; Uygulama 5: 70°C, 200 mbar, 3 mm; Uygulama 6: 65°C, 200 mbar, 2 mm; Uygulama 7: 65°C, 300 mbar, 4 mm; Uygulama 8: 70°C, 300 mbar, 3 mm; Uygulama 9: 60°C, 200 mbar, 3 mm; Uygulama 10: 60°C, 250 mbar, 4 mm; Uygulama 11: 65°C, 250 mbar, 3 mm; Uygulama 12: 70°C, 250 mbar, 4 mm; Uygulama 13: 65°C, 250 mbar, 3 mm; Uygulama 14: 60°C, 300 mbar, 3 mm; Uygulama 15: 65°C, 250 mbar, 3 mm

5. SONUÇ

Bu çalışmada, sakkaroz ve stevya kullanılarak üretilen aronya pestilinde vakumla kurutma koşullarının yanıt yüzey yöntemi (YYY) ile optimize edilmesi ve elde edilen ürünlerin toplam fenolik madde (TFM), toplam antioksidan kapasite (TAK) ve toplam monomerik antosiyanin (TMA) miktarlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Aynı zamanda bu biyoaktif özelliklerin *in vitro* gastrointestinal sindirim süreci boyunca incelenmesi ve biyoerişilebilirliklerinin ortaya konulması da hedeflenmiştir. Üretim koşullarının optimizasyonu için Box-Behnken deney tasarımı kullanılmış olup; bağımlı değişkenler TFM ve TAK (DPPH, CUPRAC, FRAP yöntemleri ile); bağımsız değişkenler ise kurutma sıcaklığı (60-70°C), vakum basıncı (200-300 mbar) ve pestil kalınlığı (2-4 mm) olarak belirlenmiştir. Ayrıca bağımlı değişkenler mide ve bağırsak sindirimi süreçlerinde de analiz edilmiştir.

Aronya meyvesi pestil üretimine tabi tutulduğunda genel olarak L*, a*, b*, Kroma ve Hue değerlerinde anlamlı artışlar gözlenmiştir ($p<0,05$). Vakumla kurutma işleminin TFM, TAK ve TMA üzerindeki etkisi, fenolik bileşiklerin stabilitesine, gıda matrisinin fiziksel özelliklerine ve uygulanan parametrelere bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Taze aronya meyvesi, sindirim öncesi TFM ve TAK değerleri açısından pestil örneklerine kıyasla daha yüksek değerlere sahiptir. Mide sindirimi sonrasında hem taze aronya meyvesinde hem de tüm pestil örneklerinde TFM miktarında azalma gözlenmiş, fakat bağırsak sindirimi sonrasında bu değerler artış göstermiştir ($p<0,05$). Benzer şekilde, taze aronya meyvesinin TAK değerleri de mide sindirimi sonrasında düşmüş, ancak bağırsak sindirimi sonrası artmıştır ($p<0,05$). Pestil örneklerinde ise DPPH yöntemi ile belirlenen TAK değerleri mide sindirimi sonrasında azalma göstermiş, bağırsak sindirimi sonrasında ise artış gözlenmiştir. Ancak CUPRAC ve FRAP yöntemleriyle ölçülen TAK değerleri, pestil örneklerinde bağırsak sindirimi sonrasında da azalmaya devam etmiştir ($p<0,05$).

Pestil örneklerinin sindirim öncesi TFM içerikleri 172,61-183,00 mg GAE/100 g kuru ağırlık arasında değişim göstermiştir. Antioksidan kapasite parametreleri açısından değerlendirildiğinde DPPH değerleri 46,45-51,39 µmol Troloks/g kuru ağırlık, CUPRAC değerleri 209,07-391,95 µmol Troloks/g kuru ağırlık ve FRAP değerleri 153,47-187,42 µmol Troloks/g kuru ağırlık aralığında bulunmuştur. Mide sindirimi sonrasında pestillerdeki TFM miktarları 109,25-113,44 mg GAE/100 g kuru ağırlık arasında,

bağırsak sindirimi sonrasında ise 139,73-166,57 mg GAE/100 g kuru ağırlık arasında değişmiştir. Sindirim sonrası TAK değerleri ise mide ve bağırsak sindirimi süreçlerine bağlı olarak önemli ölçüde değişiklik göstermiştir. Mide sindirimi sonrası DPPH yöntemiyle belirlenen TAK değerleri 2,53-2,92 µmol Troloks/g kuru ağırlık aralığında, bağırsak sindirimi sonrasında ise 26,87-45,05 µmol Troloks/g kuru ağırlık aralığında bulunmuştur. CUPRAC yöntemiyle belirlenen TAK değerleri mide sindirimi sonrasında 104,68-241,71 µmol Troloks/g kuru ağırlık aralığında, bağırsak sindirimi sonrasında ise 53,13-104,20 µmol Troloks/g kuru ağırlık aralığında değişim göstermiştir. FRAP yöntemiyle elde edilen TAK değerleri ise mide sindirimi sonrasında 61,88-106,70 µmol Troloks/g kuru ağırlık aralığında, bağırsak sindirimi sonrasında ise 40,56-97,30 µmol Troloks/g kuru ağırlık aralığında bulunmuştur.

Yanıt yüzeyi yöntemi kullanılarak yapılan analizlerde, TFM, TAK ve *in vitro* biyoerişilebilirliği ile deneysel değişkenler arasında yüksek R^2 değerlerine sahip indirgenmiş kuadratik, indirgenmiş kübik ve 2FI modelleriyle en iyi uyum sağlanmıştır.

Yapılan duyusal analiz sonuçlarına göre, pestillerin duyusal özellikleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$). Sonuç olarak, elde edilen aronya pestillerinin biyoaktif özellikleri belirlenmiş, farklı kurutma parametrelerinin polifenoller ve antioksidan kapasite üzerindeki biyoerişim etkisi ortaya konmuş ve üretilen pestillerin sağlıklı bir atıştırmalık olarak değerlendirilme potansiyeli incelenmiştir.

KAYNAKLAR

Addai, Z. R., Abdullah, A., Mutalib, S. A., & Musa, K. H. (2016). Evaluation of fruit leather made from two cultivars of papaya. *Italian Journal of Food Science*, *28*(1), 73-82.

Aktas, R. N. and Tontul, İ. (2020). Usability of soapwort and horse chestnut saponin extracts as foaming agents in foam mat drying of pomegranate juice. Journal of the Science of Food and Agriculture, 101(2), 786-793. https://doi.org/10.1002/jsfa.10770

Anonim. (2023). Üzüm pestili, TS12680, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.

AOAC, (2006). Official methods of analysis of AOAC International, Official Method 2005.02,Gaithersburg, MD

Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., & Çelik, S. E. (2008). Mechanism of antioxidant capacity assays and the CUPRAC (cupric ion reducing antioxidant capacity) assay. *Microchimica Acta*, *160*, 413-419.

Aral, S., & Beşe, A. V. (2016). Convective drying of hawthorn fruit (Crataegus spp.): Effect of experimental parameters on drying kinetics, color, shrinkage, and rehydration capacity. *Food chemistry*, *210*, 577-584.

Arancibia-Avila, P., Namiesnik, J., Toledo, F., Werner, E., Martinez-Ayala, A. L., Rocha-Guzmán, N. E., ... & Gorinstein, S. (2012). The influence of different time durations of thermal processing on berries quality. *Food Control*, *26*(2), 587-593.

Arancibia-Avila, P., Toledo, F., Werner, E., Suhaj, M., Leontowicz, H., Leontowicz, M., ... & Gorinstein, S. (2011). Partial characterization of a new kind of Chilean Murtilla-like berries. *Food Research International*, *44*(7), 2054-2062.

Araya, V., Gatica, M., Uribe, E., & Román, J. (2024). In Silico Analysis of the Molecular Interaction between Anthocyanase, Peroxidase and Polyphenol Oxidase with Anthocyanins Found in Cranberries. *International Journal of Molecular Sciences*, *25*(19), 10437.

Arfaoui, L. (2021). Dietary plant polyphenols: Effects of food processing on their content and bioavailability. *Molecules*, *26*(10), 2959.

Arnao, M. B.: Some methodological problems in the determination of antioxidant activity using chromogen radicals: a practical case. Trends in Food Science and Technology, *11*, 2000, pp. 419–421.

Atici, G. (2013). *Erik pestilinin kalite parametreleri ve kuruma davranışı üzerine 'sıcak havalı kurutma ve mikrodalga kurutma'yöntemlerinin etkisinin belirlenmesi üzerine bir araştırma* (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana).

Aydoğdu, A., Yıldız, E., Öz, E., Amarowicz, R., Proestos, C., Khan, M. R., … & Öz, F. (2023). Development of simultaneous antioxidant and visual ph- sensing films based on guar gum loaded with aronia melanocarpa extract. International Journal of Food Science &Amp; Technology, 58(8), 4376-4385. https://doi.org/10.1111/ijfs.16542

Aykın- Dinçer, E. & Erbaş, M. (2024). A comparative study of cold drying conditions on the physicochemical, microbial and sensory properties of dried chicken slices. *International Journal of Food Science & Technology*, *59*(3), 1979-1989.

Azeredo, H. M., Brito, E. S., Moreira, G. E., Farias, V. L., & Bruno, L. M. (2006). Effect of drying and storage time on the physico- chemical properties of mango leathers. *International journal of food science & technology*, *41*(6), 635-638.

Balcerek, M. (2010). Carbonyl compounds in aronia spirits. *Polish journal of food and nutrition sciences*, *60*(3).

Batu, A., Kaya, C., Çatak, J., & Şahin, C. (2007). Pestil üretim tekniği. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, *1*, 71-81.

Bayrakdar, M. G. (2020). *Fonksiyonel meyve cipsinin fizikokimyasal ve duyusal özelliklerinin araştırılması* (Doctoral dissertation, Bursa Uludag University (Turkey)).

Bayram, H. M., Ozkan, K., Ozturkcan, A., Sagdic, O., Gunes, E., & Karadag, A. (2024). Effect of drying methods on free and bound phenolic compounds, antioxidant capacities, and bioaccessibility of Cornelian cherry. *European Food Research and Technology*, 1-18.

Benvenuti, S., Pellati, F., Melegari, M. A., & Bertelli, D. (2004). Polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid, and radical scavenging activity of Rubus, Ribes, and Aronia. *Journal of food science*, *69*(3), FCT164-FCT169.

Benzie, I. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical biochemistry*, *239*(1), 70-76.

Błaszczak, W., Amarowicz, R., & Górecki, A. R. (2017). Antioxidant capacity, phenolic composition and microbial stability of aronia juice subjected to high hydrostatic pressure processing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *39*, 141-147

Bober, I., & Oszmiański, J. (2004). Zastosowanie wytłoków aronii do naparów herbat owocowych. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment*, *3*(1), 63-72.

Bohn, T. (2014). Dietary factors affecting polyphenol bioavailability. *Nutrition reviews*, *72*(7), 429-452.

Borges, G. D. S. C., Vieira, F. G. K., Copetti, C., Gonzaga, L. V., & Fett, R. (2011). Optimization of the extraction of flavanols and anthocyanins from the fruit pulp of

Euterpe edulis using the response surface methodology. *Food Research International*, *44*(3), 708-715.

Borowska, S., & Brzóska, M. M. (2016). Chokeberries (*Aronia melanocarpa*) and their products as a possible means for the prevention and treatment of noncommunicable diseases and unfavorable health effects due to exposure to xenobiotics. *Comprehensive Reviews in Food Science and food safety*, *15*(6), 982-1017.

Borycka, B., & Stachowiak, J. (2008). Relations between cadmium and magnesium and aronia fractional dietary fibre. *Food chemistry*, *107*(1), 44-48.

Boz, H. (2012). Dut pestilının kimyasal, dokusal ve duyusal özelliklerine buğday unu, sakkaroz şurubu, glikoz şurubu ve pişirme süresinin etkileri. (Doktora Tezi). Erişim adresi:https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=ScAyIcH18cxS8DNuFBP-RA&no=1i_BW6Pnz3sy5Jj8FYEEuQ

Brand, M. H., Connolly, B. A., Levine, L. H., Richards, J. T., Shine, S. M., & Spencer, L. E. (2017). Anthocyanins, total phenolics, ORAC and moisture content of wild and cultivated dark-fruited Aronia species. *Scientia Horticulturae*, *224*, 332-342.

Brownmiller, C., Howard, L. R., & Prior, R. L. (2008). Processing and storage effects on monomeric anthocyanins, percent polymeric color, and antioxidant capacity of processed blueberry products. *Journal of food science*, *73*(5), H72-H79.

Calabuig-Jiménez, L., Hinestroza-Córdoba, L. I., Barrera, C., Seguí, L., & Betoret, N. (2022). Effects of processing and storage conditions on functional properties of powdered blueberry pomace. Sustainability, 14(3), 1839. https://doi.org/10.3390/su14031839

Calín-Sánchez, Á., Kharaghani, A., Lech, K., Figiel, A., Carbonell-Barrachina, Á. A., & Tsotsas, E. (2015). Drying kinetics and microstructural and SensoryProperties of black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) as affected by drying method. *Food and Bioprocess Technology*, *8*, 63-74.

Cárdenas- Castro, A. P., Pérez- Jiménez, J., Bello- Pérez, L. A., Tovar, J., & Sáyago-Ayerdi, S. G. (2020). Bioaccessibility of phenolic compounds in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) after in vitro gastrointestinal digestion: A comparison of two cooking procedures. *Cereal Chemistry*, *97*(3), 670-680.

Cásedas, G., Les, F., & López, V. (2020). Anthocyanins: Plant pigments, food ingredients or therapeutic agents for the CNS? A mini-review focused on clinical trials. *Current Pharmaceutical Design*, *26*(16), 1790-1798.

CATANĂ, L., CATANĂ, M., IORGA, E., ASĂNICĂ, A. C., LAZĂR, A. G., LAZĂR, M. A., & BELC, N. (2017). Vitamin C and total polyphenol content and antioxidant capacity of fresh and processed fruits of Aronia melanocarpa. *Scientific Papers. Series B. Horticulture*, *61*.

Chen, G., Mantilla, S. M. O., Netzel, M. E., Cozzolino, D., Sivakumar, D., & Sultanbawa, Y. (2024). Physicochemical, antioxidant and microbial stability of Burdekin plum leathers. *International Journal of Food Science & Technology*, *59*(4), 2716-2726.

Chen, Y., & Martynenko, A. (2018). Combination of hydrothermodynamic (HTD) processing and different drying methods for natural blueberry leather. *Lwt*, *87*, 470-477.

Ciliberti, M. G., Albenzio, M., De Palo, P., Santillo, A., & Caroprese, M. (2020). Nexus between immune responses and oxidative stress: The role of dietary hydrolyzed lignin in ex vivo bovine peripheral blood mononuclear cell response. *Frontiers in Veterinary Science*, *7*, 9.

Concha- Meyer, A. A., D'Ignoti, V., Saez, B., Diaz, R. I., & Torres, C. A. (2016). Effect of storage on the physico- chemical and antioxidant properties of strawberry and kiwi leathers. *Journal of food science*, *81*(3), C569-C577.

Corfield, R., Allievi, M. C., Rivero, R., López, T. A., Pérez, O. E., Salvatori, D., & Schebor, C. (2024). An Apple and Acáchul Berry Snack Rich in Bioaccessible Antioxidants and Folic Acid: A Healthy Alternative for Prenatal Diets. *Foods*, *13*(5), 692.

Cory, H., Passarelli, S., Szeto, J., Tamez, M., & Mattei, J. (2018). The role of polyphenols in human health and food systems: A mini-review. *Frontiers in nutrition*, *5*, 370438.

Çetin, N. E. C. A. T. İ. (2019). Kurutma koşullarının elma ve portakalda renk özelliklerine etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17), 463-470.

Da Silva Simão, R., de Moraes, J. O., de Souza, P. G., Carciofi, B. A. M., & Laurindo, J. B. (2019). Production of mango leathers by cast-tape drying: Product characteristics and sensory evaluation. *Lwt*, *99*, 445-452.

Dai, J., Gupte, A., Gates, L., & Mumper, R. J. (2009). A comprehensive study of anthocyanin-containing extracts from selected blackberry cultivars: Extraction methods, stability, anticancer properties and mechanisms. *Food and chemical toxicology*, *47*(4), 837-847.

Dalla Nora, C., Müller, C. D. R., de Bona, G. S., de Oliveira Rios, A., Hertz, P. F., Jablonski, A., ... & Flôres, S. H. (2014). Effect of processing on the stability of bioactive compounds from red guava (Psidium cattleyanum Sabine) and guabiju (Myrcianthes pungens). Journal of Food Composition and Analysis, 34(1), 18-25.

Dash, K. K., Boro, S., & Raj, G. V. S. B. (2023). Effect of ultrasound pretreatment and microwave vacuum drying in the production of dried poniol fruit. Journal of Food Process Engineering, 46(6). https://doi.org/10.1111/jfpe.14301

David, L., Danciu, V., Moldovan, B., & Filip, G. A. (2019). Effects of in vitro gastrointestinal digestion on the antioxidant capacity and anthocyanin content of

cornelian cherry fruit extract. Antioxidants, 8(5), 114. https://doi.org/10.3390/antiox8050114

Dave, R. K., Ramana Rao, T. V., & Nandane, A. S. (2017). Improvement of post-harvest quality of pear fruit with optimized composite edible coating formulations. *Journal of food science and technology*, *54*, 3917-3927.

Demiray, E. (2009). Kurutma işleminde domatesin likopen, beta-karoten, askorbik asit ve renk değişim kinetiğinin belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi* , Pamukkale Üniversitesi *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.

Denev, P., Kratchanov, C., Číž, M., Lojek, A., & Kratchanova, M. (2012). Bioavailability and antioxidant activity of black chokeberry (aronia melanocarpa) polyphenols: in vitro and in vivo evidences and possible mechanisms of action: a review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 11(5), 471-489. https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2012.00198.x

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, 2018, 1-11. https://doi.org/10.1155/2018/9574587

Devahastin, S., & Niamnuy, C. (2010). Invited review: modelling quality changes of fruits and vegetables during drying: a review. *International Journal of Food Science & Technology*, *45*(9), 1755-1767.

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*, *2014*.

Din, A., Vîlcoci, D. Ş., Ducu, C., Şuțan, A. N., Moga, S. G., Sumedrea, D., … & Mogoşanu, G. (2020). Influence of the extraction parameters of antocianes from the fruits of aronia melanocarpa (michx.) elliott in the extraction assisted with ultrasound. preliminary results. Current Trends in Natural Sciences, 9(17), 296-300. https://doi.org/10.47068/ctns.2020.v9i17.037

Dumitrașcu, L., Brumă (Călin), M., Turturică, M., Enachi, E., Cantaragiu Ceoromila, A. M., & Aprodu, I. (2024). Ultrasound-assisted maillard conjugation of yeast protein hydrolysate with polysaccharides for encapsulating the anthocyanins from aronia. Antioxidants, 13(5), 570. https://doi.org/10.3390/antiox13050570

Engin, S. P., & Boz, Y. (2019). Ülkemiz üzümsü meyve yetiştiriciliğinde son gelişmeler. *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, *1*(5), 108-115.

Eyiz, V., Tontul, İ., & Türker, S. (2020). Effect of variety, drying methods and drying temperature on physical and chemical properties of hawthorn leather. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *14*, 3263-3269.

Figiel, A., & Michalska, A. (2016). Overall quality of fruits and vegetables products affected by the drying processes with the assistance of vacuum-microwaves. *International Journal of Molecular Sciences*, *18*(1), 71.

Gao, Z., Wang, Y., Huang, M., Luo, J., & Tang, S. (2022). A kernel-free fuzzy reduced quadratic surface ν-support vector machine with applications. *Applied Soft Computing*, *127*, 109390.

Gong, S. M., Liou, F. Y., & Lee, W. Y. (2023). The effect of lightness, chroma, and hue on depth perception. *Color Research & Application*, *48*(6), 793-800.

Gümüşay, Ö. A., Borazan, A. A., Ercal, N., & Demirkol, O. (2015). Drying effects on the antioxidant properties of tomatoes and ginger. *Food chemistry*, *173*, 156-162.

Hastürk Şahin, F., ÜLGER, P., AKTAŞ, T., & ORAK, H. H. (2012). FARKLI ÖNİŞLEMLERİN VE VAKUM KURUTMA YÖNTEMİNİN DOMATESİN KURUMA KARAKTERİSTİKLERİ VE KALİTE KRİTERLERİ ÜZERİNE ETKİSİ. *JOTAF/Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, *9*(1).

Hosseinpour, S., Rafiee, S., Mohtasebi, S. S., & Aghbashlo, M. (2013). Application of computer vision technique for on-line monitoring of shrimp color changes during drying. *Journal of Food Engineering*, *115*(1), 99-114.

Huang, X., & Hsieh, F. H. (2005). Physical properties, sensory attributes, and consumer preference of pear fruit leather. *Journal of food science*, *70*(3), E177-E186.

Iborra-Bernad, C., García-Segovía, P., & Martínez-Monzó, J. (2014). Effect of vacuum cooking treatment on physicochemical and structural characteristics of purple- flesh potato. International Journal of Food Science &Amp; Technology, 49(4), 943-951. https://doi.org/10.1111/ijfs.12385

Iglesias-Carres, L., Mas-Capdevila, A., Bravo, F. I., Aragonès, G., Muguerza, B., & Arola-Arnal, A. (2019). Optimization of a polyphenol extraction method for sweet orange pulp (*Citrus sinensis* L.) to identify phenolic compounds consumed from sweet oranges. *PLoS One*, *14*(1), e0211267.

Incedayi, B., Dogan, N., & Copur, O. U. (2022). Assessment of cactus pear leather (pestil) as a new snack food. *Journal of Food Science and Technology*, *59*(8), 3158-3166.

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.

Jakobek, L., Šeruga, M., Medvidović-Kosanović, M., & Novak, I. (2007). Antioxidant activity and polyphenols of Aronia in comparison to other berry species. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, *72*(4), 301-306.

Jakobek L, Seruga M, Medvedovic-Kosanovic M, Novak I. 2007a. Antioxidant activity and polyphenols of aronia in comparison to other berry species. Agr Consp Sci 72(4):301–6.

Jakobek L, Seruga M, Novak I, Medvidovic-Kosanovic M. 2007b. Flavonols, phenolic acids and antioxidant activity of some red fruits. Deut Lebensm-Rundsch 103(8):369–78.

Jiménez-Moreno, N., Esparza, I., & Ancín-Azpilicueta, C. (2023). Antioxidant Properties of Bioactive Compounds in Fruit and Vegetable Waste. *Antioxidants*, *12*(8), 1647.

Jiao, X., B, L., Zhang, Q., Gao, N., Zhang, X., & Meng, X. (2017). Effect of in vitro-simulated gastrointestinal digestion on the stability and antioxidant activity of blueberry polyphenols and their cellular antioxidant activity towards hepg2 cells. International Journal of Food Science &Amp; Technology, 53(1), 61-71. https://doi.org/10.1111/ijfs.13516

Jurendić, T., & Ščetar, M. (2021). *Aronia melanocarpa* products and by-products for health and nutrition: A review. *Antioxidants*, *10*(7), 1052.

Jurikova, T., Mlcek, J., Skrovankova, S., Sumczynski, D., Sochor, J., Hlavacova, I., ... & Orsavova, J. (2017). Fruits of black chokeberry *Aronia melanocarpa* in the prevention of chronic diseases. *Molecules*, *22*(6), 944.

Kalika Gupta, K. G., & Alam, M. S. (2014). Modeling of thin layer drying kinetics of grape juice concentrate and quality assessment of developed grape leather.

Kamiloglu, S., & Capanoglu, E. (2014). In vitro gastrointestinal digestion of polyphenols from different molasses (pekmez) and leather (pestil) varieties. *International journal of food science & technology*, *49*(4), 1027-1039.

Kamiloglu, S., Demirci, M., Selen, S., Toydemir, G., Boyacioglu, D., & Capanoglu, E. (2014). Home processing of tomatoes (Solanum lycopersicum): effects on in vitro bioaccessibility of total lycopene, phenolics, flavonoids, and antioxidant capacity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *94*(11), 2225-2233.

Kapci, B.; Neradová, E.; ˇCížková, H.; Voldˇrich, M.; Rajchl, A.; Capanoglu, E. Investigating the antioxidant potential of chokeberry (Aronia melanocarpa) products. J. Food Nutr. Res. 2013, 52, 219–229.

Kara, O. O., & Küçüköner, E. (2019). Geleneksel bir meyve çerezi: Pestil. *Akademik Gıda*, *17*(2), 260-268.

Karabacak, A. Ö., & ÇOPUR, Ö. (2021). FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİ İLE ÜRETİLEN KARIŞIK SEBZE PESTİLİNİN KURUMA KARAKTERİSTİKLERİ, RENK DEĞİŞİM KİNETİĞİ, MİNERAL MADDE İÇERİĞİ VE TEKSTÜREL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ. *Gıda*, *46*(1), 1-20.

Kaya, S., & Kahyaoglu, T. (2005). Thermodynamic properties and sorption equilibrium of pestil (grape leather). *Journal of Food Engineering*, *71*(2), 200-207.

Kayacan, S., Karasu, S., Akman, P. K., Goktas, H., Doymaz, I., & Sagdic, O. (2020). Effect of different drying methods on total bioactive compounds, phenolic profile, in vitro bioaccessibility of phenolic and HMF formation of persimmon. *Lwt*, *118*, 108830.

Kayran, S., & Doymaz, I. (2017). Determination of drying kinetics and physicochemical characterization of apricot pomace in hot-air dryer. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, *130*, 1163-1170.

Kim, D., Han, H. J., Kim, J., Kim, D., & Kim, M. (2021). Comparison of phytochemicals and antioxidant activities of berries cultivated in korea: identification of phenolic compounds in aronia by hplc/q-tof ms. Preventive Nutrition and Food Science, 26(4), 459-468. https://doi.org/10.3746/pnf.2021.26.4.459

Kocer, S., Copur, O. U., Tamer, C. E., Suna, S., Kayahan, S., Uysal, E., ... & Akman, O. (2024). Optimization and characterization of chestnut shell pigment extract obtained microwave assisted extraction by response surface methodology. *Food Chemistry*, *443*, 138424.

Kraujalytė, V., Leitner, E., & Venskutonis, P. R. (2013). Characterization of *Aronia melanocarpa* volatiles by headspace-solid-phase microextraction (HS-SPME), simultaneous distillation/extraction (SDE), and gas chromatography-olfactometry (GC-O) methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *61*(20), 4728-4736.

Kulling, S. E., & Rawel, H. M. (2008). Chokeberry (*Aronia melanocarpa*)–A review on the characteristic components and potential health effects. *Planta medica*, *74*(13), 1625-1634.

Kurniadi, M., Parnanto, N. H. R., Saputri, M. W., Sari, A. M., Indrianingsih, A. W., Herawati, E. R. N., ... & 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.

Li, D., Wang, P., Luo, Y., Zhao, M., & Chen, F. (2017). Health benefits of anthocyanins and molecular mechanisms: Update from recent decade. *Critical reviews in food science and nutrition*, *57*(8), 1729-1741.

Lucas-González, R., Viuda-Martos, M., Álvarez, J. A. P., & Fernández-López, J. (2018). Changes in bioaccessibility, polyphenol profile and antioxidant potential of flours obtained from persimmon fruit (Diospyros kaki) co-products during in vitro gastrointestinal digestion. *Food chemistry*, *256*, 252-258.

Lupascu, N., Cadar, E., Cherim, M., Erimia, C. L., & Sîrbu, R. (2019). Research Concerning the Efficiency of *Aronia Melanocarpa* for Pharmaceutical Purpos. *European Journal of Medicine and Natural Sciences*, *2*(2), 1-7.

Ma, Y., Wang, Y., Wu, Z., Mei, J., Zhang, W., Shang, Y., … & Wei, Z. (2022). Profile and activity of phenolic antioxidants in chrysanthemum (huangshan gongju) as affected by simulated digestions. Journal of Food Biochemistry, 46(12). https://doi.org/10.1111/jfbc.14458

Madrau, M. A., Piscopo, A., Sanguinetti, A. M., Del Caro, A., Poiana, M., Romeo, F. V., & Piga, A. (2009). Effect of drying temperature on polyphenolic content and antioxidant activity of apricots. *European food research and technology*, *228*, 441-448.

Mahawar, M. K., Jalgaonkar, K., Bibwe, B., Kulkarni, T., Bhushan, B., & Meena, V. S. (2018). Optimization of mixed *aonla-guava* fruit bar using response surface methodology. *Nutrition & Food Science*, *48*(4), 621-630.

Maragos, C. M., Busman, M., Ma, L., & Bobell, J. (2015). Quantification of patulin in fruit leathers by ultra-high-performance liquid chromatography-photodiode array (UPLC-PDA). *Food Additives & Contaminants: Part A*, *32*(7), 1164-1174.

Masztalerz, K., Łyczko, J., Lech, K., Szumny, A., & Figiel, A. (2021). The effect of filtrated osmotic solutions based on chokeberry juice enriched with mint extract on volatile compounds in dried apples. *Journal of Food Process Engineering*, *44*(7), e13728.

Meda, V., & Anthony Opoku, M. G. (2007). Drying kinetics and quality characteristics of microwave-vacuum dried Saskatoon berries. *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, *42*(4), 4-12.

McInerney, J. K., Seccafien, C. A., Stewart, C. M., & Bird, A. R. (2007). Effects of high pressure processing on antioxidant activity, and total carotenoid content and availability, in vegetables. *Innovative food science & emerging technologies*, *8*(4), 543-548.

Michalak, P. (2015). Aronıa Planter's Guıde. *Ed: Piotr Michalak, 1st Edition, Dąbie*.

Miletić, N., Popović, B., Mitrović, O., Kandić, M., & Leposavić, A. (2014). Phenolic compounds and antioxidant capacity of dried and candied fruits commonly consumed in Serbia. *Czech Journal of Food Sciences*, *32*(4), 360-368.

Milkova-Tomova, I., Dojkina, P., Zsivanovits, G., Buhalova, D., & Paraskova, P. (2015). Sensory and texture profiles of fruit leather from cornel (*Cornus mas* L.).

Minekus, M., Alminger, M., Alvito, P., Ballance, S., Bohn, TORSTEN., Bourlieu, C., ... & Brodkorb, A. (2014). A standardised static in vitro digestion method suitable for food–an international consensus. *Food & function*, *5*(6), 1113-1124.

Mitic, V.; Stankov Jovanovic, V.; Dimitrijevic, M.; Cvetkovic, J.; Simonovic, S.; Nikolic Mandic, S. Chemometric analysis of antioxidant activity and anthocyanin content of selected wild and cultivated small fruit from Serbia. Fruits 2014, 69, 413–422.

Mocanu, M. L., & Amariei, S. (2022). Elderberries—A source of bioactive compounds with antiviral action. *Plants*, *11*(6), 740.

Momchilova, M., Zsivanovits, G., Milkova-Tomova, I., Buhalova, D., & Dojkova, P. (2016). Sensory and texture characterisation of plum (*Prunus domestica*) fruit leather. *Bulgarian Chemical Communications*, *48*, 428-434.

Morata, A., del Fresno, J. M., Gavahian, M., Guamis, B., Palomero, F., & López, C. (2023). Effect of hhp and uhph high-pressure techniques on the extraction and stability of grape and other fruit anthocyanins. Antioxidants, 12(9), 1746. https://doi.org/10.3390/antiox12091746

Mrkìc, V., Cocci, E., Rosa, M. D., & Sacchetti, G. (2006). Effect of drying conditions on bioactive compounds and antioxidant activity of broccoli (Brassica oleracea L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *86*(10), 1559-1566.

Naderi, K., Foroughi, A., & Ghaemi, A. (2023). Analysis of hydraulic performance in a structured packing column for air/water system: RSM and ANN modeling. *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification*, *193*, 109521.

Najda, A., & Łabuda, H. (2013). Content of phenolic compounds and antioxidant properties of fruits of selected orchard shrub species. *Mod. Phytomorp*, *3*, 105-109.

Namavar, S. S., Chayjan, R. A., Parian, J. A., & Zolfigol, M. A. (2018). Experimental optimization of chicory root (cichorium intybus l.) aqueous extracts formulation by novel approach of ongoing ultrasonic vacuum spray drying using response surface methodology. Journal of Food Process Engineering, 41(6). https://doi.org/10.1111/jfpe.12830

Nicoli, M. C., Anese, M., & Parpinel, M. (1999). Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, *10*(3), 94-100.

Nuñez-Mancilla, Y., Pérez-Won, M., Uribe, E., Vega-Gálvez, A., & Di Scala, K. (2013). Osmotic dehydration under high hydrostatic pressure: Effects on antioxidant activity, total phenolics compounds, vitamin C and colour of strawberry (Fragaria vesca). *LWT-Food Science and Technology*, *52*(2), 151-156.

OCHMIAN, I. D., 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.

Offia-Olua, B. I., & Ekwunife, O. A. (2015). Production and evaluation of the physico-chemical and sensory qualities of mixed fruit leather and cakes produced from apple (*Musa Pumila*), banana (*Musa Sapientum*), pineapple (*Ananas Comosus*). *Nigerian Food Journal*, *33*(1), 22-28.

Olcay, H. S., Ceyhan, T., & Yildirim-Yalcin, M. (2024). Development, Chemical and Sensory Characterization of Chokeberry (Aronia melanocarpa) Sour Concentrate and Fruit Leather (Pestil). *Journal of Culinary Science & Technology*, 1-15.

Oliveira, A., & Pintado, M. (2015). Stability of polyphenols and carotenoids in strawberry and peach yoghurt throughout in vitro gastrointestinal digestion. *Food & Function*, *6*(5), 1611-1619.

Oksuz, T., Tacer-Caba, Z., Nilufer-Erdil, D., & Boyacıoğlu, D. (2019). Changes in bioavailability of sour cherry (prunus cerasus l.) phenolics and anthocyanins when consumed with dairy food matrices. Journal of Food Science and Technology, 56(9), 4177-4188. https://doi.org/10.1007/s13197-019-03888-2

Oszmiański, J., & Wojdylo, A. (2005). Aronia melanocarpa phenolics and their antioxidant activity. *European Food Research and Technology*, *221*(6), 809-813.

Ozkan, G., Oner, M.E., Tas, D. *et al.* Effect of various food processing techniques on the retention of loquat phenolics and their antioxidant capacity during in vitro digestion. *Food Measure* **18**, 428–436 (2024). https://doi.org/10.1007/s11694-023-02179-x

Öz, A. T., & Süfer, Ö. (2012). Meyve ve sebzelerde hasat sonrası kalite üzerine yenilebilir film ve kaplamaların etkisi. *Akademik Gıda*, *10*(1), 85-91.

Özer, E. A., & Yağmur, C. (2004). Pestilin Bileşimi Beslenmemizdeki Yeri ve Önemi. *Gıda Müh. Odası, ANKARA*, 40-44.

Özkan Karabacak, A. (2019). Effects of different drying methods on drying characteristics, colour and in-vitro bioaccessibility of phenolics and antioxidant capacity of blackthorn pestil (leather). *Heat and Mass Transfer*, *55*, 2739-2750.

Özkan-Karabacak, A., Durgut-Malçok, S., Tunçkal, C., Tamer, C. E., & Pandiselvam, R. (2023). Optimization of Heat Pump Dryer Conditions on Bioaccessibility of Some Secondary Metabolites of Cornelian Cherry- Capia Pepper Pestil. *Journal of Food Biochemistry*, *2023*(1), 5443962.

Özkan Karabacak, A., Tunçkal, C., Tamer, C. E., Çopur, Ö. U., & Yolci Ömeroğlu, P. (2022). Bioaccessibility of total phenolics and antioxidant activity of melon slices dried in a heat pump drying system. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *16*(3), 2154-2171.

Papoutsis, K., Pristijono, P., Golding, J. B., Stathopoulos, C. E., Bowyer, M. C., Scarlett, C. J., & Vuong, Q. V. (2017). Effect of vacuum- drying, hot air- drying and freeze-

drying on polyphenols and antioxidant capacity of lemon (Citrus limon) pomace aqueous extracts. *International Journal of Food Science & Technology*, *52*(4), 880-887.

Parekh, J. H., Senapati, A. K., Bal, L. M., & Pandit, P. S. (2014). Quality evaluation of mango bar with fortified desiccated coconut powder during storage. *Journal of Bioresource Engineering and Technology*, *1*, 40-47.

Phuong, H. M. K., Hoa, N. D. H., & Ha, N. V. H. (2016). Effects of added pectin amounts and drying temperatures on antioxidant properties of mulberry fruit leather. *Journal of Biotechnology*, *14*(1A), 487-495.

Pineda-Vadillo, C., Nau, F., Dubiard, C. G., Cheynier, V., Meudec, E., Sanz-Buenhombre, M., ... & Dupont, D. (2016). In vitro digestion of dairy and egg products enriched with grape extracts: Effect of the food matrix on polyphenol bioaccessibility and antioxidant activity. *Food Research International*, *88*, 284-292.

Platonova, E. Y., Shaposhnikov, M. V., Lee, H. Y., Lee, J. H., Min, K. J., & Moskalev, A. (2021). Black chokeberry (Aronia melanocarpa) extracts in terms of geroprotector criteria. *Trends in Food Science & Technology*, *114*, 570-584.

Podsedek, A., Majewska, I., Redzynia, M., Sosnowska, D., & Koziołkiewicz, M. (2014). In vitro inhibitory effect on digestive enzymes and antioxidant potential of commonly consumed fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *62*(20), 4610-4617.

Pompeu, D. R., Silva, E. M., & Rogez, H. J. B. T. (2009). Optimisation of the solvent extraction of phenolic antioxidants from fruits of Euterpe oleracea using Response Surface Methodology. *Bioresource technology*, *100*(23), 6076-6082.

Poyraz Engin, S., Mert, C., Fidancı, A., & Boz, Y. (2016). Aronya (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot) meyve türünde morfolojik incelemeler. *Bahçe*, *45*(2), 71-78.

Poyraz Engin, S. & Boz, Y. (2019). Ülkemiz üzümsü meyve yetiştiriciliğinde son gelişmeler. *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, *1*(5), 108-115.

Poyraz Engin, S., Öztürk, A., Çetin, G., Bıyıklı, M. (2021). Yeni Üzümsü Meyve Aronya. Tarım ve Orman Bakanlığı, Enstitü Yayın No: 113.

Quirós-Sauceda, A. E., Palafox-Carlos, H., Sáyago-Ayerdi, S. G., Ayala-Zavala, J. F., Bello-Perez, L. A., Alvarez-Parrilla, E., ... & González-Aguilar, G. A. (2014). Dietary fiber and phenolic compounds as functional ingredients: interaction and possible effect after ingestion. *Food & function*, *5*(6), 1063-1072.

Qu W, Pan Z, Ma H. Extraction modeling and activities of antioxidants from pomegranate marc. J Food Eng. 99: 16–23 (2010).

Rifna, E. J., & Dwivedi, M. (2021). Optimization and validation of microwave–vacuum drying process variables for recovery of quality attribute and phytochemical properties in

pomegranate peels (Punica granatum L. cv. Kabul). *Journal of Food Measurement and Characterization*, *15*, 4446-4464.

Rocha, J. D. C. G., Procopio, F. R., Mendonca, A. C., Vieira, L. M., Perrone, I. T., Barros, F. A. R. D., & Stringheta, P. C. (2017). Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from jussara (*Euterpe edulis* M.) and blueberry (*Vaccinium myrtillus*) fruits. *Food Science and Technology*, *38*, 45-53.

Ruiz, N. A. Q., Demarchi, S. M., Massolo, J. F., Rodoni, L. M., & Giner, S. A. (2012). Evaluation of quality during storage of apple leather. *LWT*, *47*(2), 485-492.

Sagar, V. R., & Suresh Kumar, P. (2010). Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review. *Journal of food science and technology*, *47*, 15-26.

Sengül, M., Ertugay, M. F., & Sengül, M. (2005). Rheological, physical and chemical characteristics of mulberry pekmez. *Food control*, *16*(1), 73-76.

Sengul, M., Yildiz, H., Gungor, N., & Okcu, Z. (2010). Total phenolic content, antioxidant activity, some physical and chemical properties of pestil. *Asian Journal of Chemistry*, *22*(1), 448-454.

Shahin, L., Phaal, S. S., Vaidya, B. N., Brown, J. E., & Joshee, N. (2019). *Aronia* (Chokeberry): an underutilized, highly nutraceutical plant. *Journal of medicinally active plants*, *8*(4).

SHIBATA, Y., Ohara, K., Matsumoto, K., Hasegawa, T., & Akimoto, M. (2021). Total anthocyanin content, total phenolic content, and antioxidant activity of various blueberry cultivars grown in togane, chiba prefecture, japan. Journal of Nutritional Science and Vitaminology, 67(3), 201-209. https://doi.org/10.3177/jnsv.67.201

Sidor, A., & Gramza-Michałowska, A. (2019). Black chokeberry *Aronia melanocarpa* L.—A qualitative composition, phenolic profile and antioxidant potential. *Molecules*, *24*(20), 3710.

Skupien, K., & Oszmianski, J. (2007). The effect of mineral fertilization on nutritive value and biological activity of chokeberry fruit. *Agricultural and Food Science*, *16*(1), 46-55.

Šnebergrová, J., Čížková, H., Neradova, E., Kapci, B., Rajchl, A., & Voldřich, M. (2014). Variability of characteristic components of aronia.

Spanos, G. A., & Wrolstad, R. E. (1990). Influence of processing and storage on the phenolic composition of Thompson Seedless grape juice. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 38(7), 1565–1571.

Šumić, Z., Tepić, A., Vidović, S., Jokić, S., & Malbaša, R. (2013). Optimization of frozen sour cherries vacuum drying process. *Food Chemistry, 136*(1), 55-63.

Šumić, Z., Vakula, A., Tepić, A., Čakarević, J., Vitas, J., & Pavlić, B. (2016). Modeling and optimization of red currants vacuum drying process by response surface methodology (RSM). *Food chemistry, 203*, 465-475.

Suna, S. (2019). Effects of hot air, microwave and vacuum drying on drying characteristics and in vitro bioaccessibility of medlar fruit leather (pestil). *Food Science and Biotechnology, 28*(5), 1465-1474.

Suna, S., Kalkan, S., Dinç, M., & Çopur, Ö. U. (2023). Production of low calorie persimmon marmalades with stevia and maltitol: physicochemical properties and in vitro bioaccessibility of polyphenols. *Journal of Food Measurement and Characterization, 17*(1), 1082-1095.

Suna, S., & Özkan- Karabacak, A. (2019). Investigation of drying kinetics and physicochemical properties of mulberry leather (pestil) dried with different methods. *Journal of Food Processing and Preservation, 43*(8), e14051.

Suna, S., Tamer, C. E., Inceday, B., Sinir, G. Ö., & Çopur, Ö. U. (2014). Impact of drying methods on physicochemical and sensory properties of apricot pestil. Indian Journal of Traditional Knowledge, 13, 47–55. doi:nopr.niscair.res.in/handle/123456789/26016.

Suzme, S., Boyacıoğlu, D., Toydemir, G., & Capanoglu, E. (2013). Effect of industrial juice concentrate processing on phenolic profile and antioxidant capacity of black carrots. International Journal of Food Science &Amp; Technology, 49(3), 819-829. https://doi.org/10.1111/ijfs.12370

Süfer, Ö. and Palazoğlu, T. K. (2019). Microwave–vacuum drying of pomegranate arils (punica granatum l. cv. hicaznar): effect on quality and nutrient content. Journal of Food Processing and Preservation, 43(9). https://doi.org/10.1111/jfpp.14085

Szopa, A., Kokotkiewicz, A., Kubica, P., Banaszczak, P., Wojtanowska-Krośniak, A., Krośniak, M., ... & Ekiert, H. (2017). Comparative analysis of different groups of phenolic compounds in fruit and leaf extracts of Aronia sp.: *A. melanocarpa, A. arbutifolia,* and *A.* × *prunifolia* and their antioxidant activities. *European Food Research and Technology, 243*, 1645-1657.

Taheri, R., Connolly, B. A., Brand, M. H., & Bolling, B. W. (2013). Underutilized chokeberry (aronia melanocarpa, aronia arbutifolia, aronia prunifolia) accessions are rich sources of anthocyanins, flavonoids, hydroxycinnamic acids, and proanthocyanidins. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 61(36), 8581-8588. https://doi.org/10.1021/jf402449q

Tan, S., Miao, Y., Zhou, C., Luo, Y., Lin, Z., Xie, R., … & Li, W. (2022). Effects of hot air drying on drying kinetics and anthocyanin degradation of blood-flesh peach. Foods, 11(11), 1596. https://doi.org/10.3390/foods11111596

Tekin, Z. H., Başlar, M., Karasu, S., & Kilicli, M. (2017). Dehydration of green beans using ultrasound□assisted vacuum drying as a novel technique: drying kinetics and quality parameters. *Journal of Food Processing and Preservation*, *41*(6), e13227.

Teneva, D., Pencheva, D. N., Petrova, A., Ognyanov, M., Georgiev, Y., & Denev, P. (2022). Addition of medicinal plants increases antioxidant activity, color, and anthocyanin stability of black chokeberry (aronia melanocarpa) functional beverages. Plants, 11(3), 243. https://doi.org/10.3390/plants11030243

Tirla, A., Timar, A. V., Becze, A., Memete, A. R., Vicas, S. I., Popoviciu, M. S., & Cavalu, S. (2023). Designing new sport supplements based on aronia melanocarpa and bee pollen to enhance antioxidant capacity and nutritional value. *Molecules*, *28*(19), 6944.

Tolić, M. T., Landeka Jurčević, I., Panjkota Krbavčić, I., Marković, K., & Vahčić, N. (2015). Phenolic content, antioxidant capacity and quality of chokeberry (*Aronia melanocarpa*) products. *Food technology and biotechnology*, *53*(2), 171-179.

Tomas, M., García-Pérez, P., Rivera-Pérez, A., Patrone, V., Giuberti, G., Lucini, L., & Capanoglu, E. (2024). The addition of polysaccharide gums to Aronia melanocarpa purees modulates the bioaccessibility of phenolic compounds and gut microbiota: A multiomics data fusion approach following in vitro digestion and fermentation. *Food chemistry*, *439*, 138231.

Tomas, M., Rocchetti, G., Ghisoni, S., Giuberti, G., Capanoglu, E., & Lucini, L. (2020). Effect of different soluble dietary fibres on the phenolic profile of blackberry puree subjected to in vitro gastrointestinal digestion and large intestine fermentation. *Food Research International*, *130*, 108954.

Tomas, M., Toydemir, G., Boyacioglu, D., Hall, R. D., Beekwilder, J., & Capanoglu, E. (2017). Processing black mulberry into jam: Effects on antioxidant potential and in vitro bioaccessibility. Journal of the Science of Food and Agriculture, 97(10), 3106-3113.

Tontul, I., & Topuz, A. (2017). Effects of different drying methods on the physicochemical properties of pomegranate leather (pestil). *LWT*, *80*, 294-303.

Trenka, M., Nawirska-Olszańska, A., & Oziembłowski, M. (2020). Analysis of selected properties of fruits of black chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.) from organic and conventional cultivation. *Applied Sciences*, *10*(24), 9096.

Tripodo, G., Ibáñez, E., Cifuentes, A., Gilbert- López, B., & Fanali, C. (2018). Optimization of pressurized liquid extraction by response surface methodology of Goji berry (*Lycium barbarum* L.) phenolic bioactive compounds. *Electrophoresis*, *39*(13), 1673-1682.

Turkmen, N., Sari, F., & Velioglu, Y. S. (2005). The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food chemistry*, *93*(4), 713-718.

Trych, U., Buniowska, M., Skąpska, S., Starzonek, S., & Marszałek, K. (2020). The bioaccessibility of antioxidants in black currant puree after high hydrostatic pressure treatment. Molecules, 25(15), 3544. https://doi.org/10.3390/molecules25153544

Usta-Gorgun, B., Yilmaz-Ersan, L., & Sahin, S. (2022). Optimization of formulation and process conditions of chestnut-based functional beverage using response surface methodology. *Journal of Food Science and Technology*, *59*(8), 3210-3219.

Walther, E., & Müller, S. (2012). Aronia, Apfelbeere (*Aronia melanocarpa* [Michx.] Elliott). *Hoppe B*, *4*, 95-110.

Wojdyło, A., Figiel, A., & Oszmianski, J. (2009). Effect of drying methods with the application of vacuum microwaves on the bioactive compounds, color, and antioxidant activity of strawberry fruits. *Journal of agricultural and food chemistry*, *57*(4), 1337-1343.

Xie LiYang, X. L., Lee SangGil, L. S., Vance, T. M., Wang Ying, W. Y., Kim BohKyung, K. B., Lee JiYoung, L. J., ... & Bolling, B. W. (2016). Bioavailability of anthocyanins and colonic polyphenol metabolites following consumption of aronia berry extract.

Xie, L., Zheng, Z. A., Mujumdar, A. S., Fang, X. M., Wang, J., Zhang, Q., ... & Gao, Z. J. (2018). Pulsed vacuum drying (PVD) of wolfberry: Drying kinetics and quality attributes. *Drying Technology*, *36*(12), 1501-1514.

Valenzuela, C., & Aguilera, J. M. (2015). Effects of maltodextrin on hygroscopicity and crispness of apple leathers. *Journal of Food Engineering*, *144*, 1-9.

Vega-Gálvez, A., Di Scala, K., Rodríguez, K., Lemus-Mondaca, R., Miranda, M., López, J., & Perez-Won, M. (2009). Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (Capsicum annuum, L. var. Hungarian). *Food chemistry*, *117*(4), 647-653.

Vega-Gálvez, A., Ah-Hen, K., Chacana, M., Vergara, J., Martínez-Monzó, J., García-Segovia, P., ... & Di Scala, K. (2012). Effect of temperature and air velocity on drying kinetics, antioxidant capacity, total phenolic content, colour, texture and microstructure of apple (var. Granny Smith) slices. *Food chemistry*, *132*(1), 51-59.

Vega-Gálvez, A., López, J., Torres-Ossandón, M. J., Galotto, M. J., Puente-Díaz, L., Quispe-Fuentes, I., & Di Scala, K. (2014). High hydrostatic pressure effect on chemical composition, color, phenolic acids and antioxidant capacity of Cape gooseberry pulp (Physalis peruviana L.). *LWT-Food Science and Technology*, *58*(2), 519-526.

Vitali, D., Dragojević, I. V., & Šebečić, B. (2009). Effects of incorporation of integral raw materials and dietary fibre on the selected nutritional and functional properties of biscuits. *Food chemistry*, *114*(4), 1462-1469.

Yang, K. W., Wang, D., Vidyarthi, S. K., Li, S. B., Liu, Z. L., Wang, H., ... & Xiao, H. W. (2022). Pulsed vacuum drying of persimmon slices: Drying kinetics, physicochemical properties, microstructure and antioxidant capacity. *Plants*, *11*(19), 2500.

Yılmaz, F. M., Yüksekkaya, S., Vardin, H., & Karaaslan, M. (2017). The effects of drying conditions on moisture transfer and quality of pomegranate fruit leather (pestil). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, *16*(1), 33-40.

Yi, J., Zhao, Y., Bi, J., Hou, C., Peng, J., & Guo, Y. (2020). Evaluation of processing methods and oral mastication on the carotenoid bioaccessibility of restructured carrot chips. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *100*(13), 4858-4869.

Yu, Y., Jin, T., & Xiao, G. (2017). Effects of pulsed electric fields pretreatment and drying method on drying characteristics and nutritive quality of blueberries. Journal of Food Processing and Preservation, 41(6), e13303. https://doi.org/10.1111/jfpp.13303

Yu, W., Gao, J., Hao, R., Yang, J., & Wei, J. (2021). Effects of simulated digestion on black chokeberry (Aronia melanocarpa (Michx.) Elliot) anthocyanins and intestinal flora. *Journal of Food Science and Technology*, *58*, 1511-1523.

Yüksekkaya, S. (2013). *Farklı üretim teknikleri ile üretilmiş nar pestilinde kurutma kinetiği, fenolik ve antosiyanin bileşiminin belirlenmesi/Determination of drying kinetics, phenolic and anthocyanin contents of pomegranate fruit pestil produced by different techniques* (Doctoral dissertation).

Zabetakis, I., Leclerc, D., & Kajda, P. (2000). The effect of high hydrostatic pressure on the strawberry anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *48*(7), 2749-2754.

Zhang, X., Li, Y., Li, Y., Zhao, J., Cheng, Y., Wang, Y., … & Guan, J. (2023). Changes of bioactive components and antioxidant capacity of pear ferment in simulated gastrointestinal digestion in vitro. Foods, 12(6), 1211. https://doi.org/10.3390/foods12061211

Zekovic, Z., Pavlic, B., Ramic, M., Vladic, J., Cvejin, A., & Vidovic, S. (2014). Optimization of ultrasound-assisted extraction of anthocyanins from *Aronia melanocarpa* by-product from filter-tea factory. *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara*, *12*(4), 185.

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.

Zielińska, M., Zielińska, D., & Markowski, M. (2017). The effect of microwave-vacuum pretreatment on the drying kinetics, color and the content of bioactive compounds in osmo-microwave-vacuum dried cranberries (vaccinium macrocarpon). Food and Bioprocess Technology, 11(3), 585-602. https://doi.org/10.1007/s11947-017-2034-9

Zlatanov, M. D. (1999). Lipid composition of Bulgarian chokeberry, black currant and rose hip seed oils. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *79*(12), 1620-1624.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ayşenur DOGAN
Doğum Yeri ve Tarihi : Bursa- 08.03.1996
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu
Lise : Şükrü Şankaya Anadolu
Lisans : Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ)
Yüksek Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi /Fen Bilimleri Enstitüsü/Gıda Mühendisliği

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Marmarabirlik

İletişim (e-posta) : 502108014@ogr.uludag.edu.tr

Yayınları : Gönüllü, S., Canik, C., Karatay, H., **Dogan, A.,** Suna, S., Çopur, Ö.U. **2022.** Ceviz Sütü Kullanımı ile Alternatif Vegan Sütlaç Üretimi Üzerine Bir Araştırma. "12. Gıda Mühendisliği Öğrenci Kongresi".

EKLER

EK 1 Uygulama 1’e ait görsel

EK 2 Uygulama 2’ye ait görsel

EK 3 Uygulama 3’e ait görsel

EK 4 Uygulama 4’e ait görsel

EK 5 Uygulama 5’e ait görsel

EK 6 Uygulama 6’ya ait görsel

EK 7 Uygulama 7’ye ait görsel

EK 8 Uygulama 8’e ait görsel

EK 9 Uygulama 9’a ait görsel

EK 10 Uygulama 10’a ait görsel

EK 11 Uygulama 11’e ait görsel

EK 12 Uygulama 12’ye ait görsel

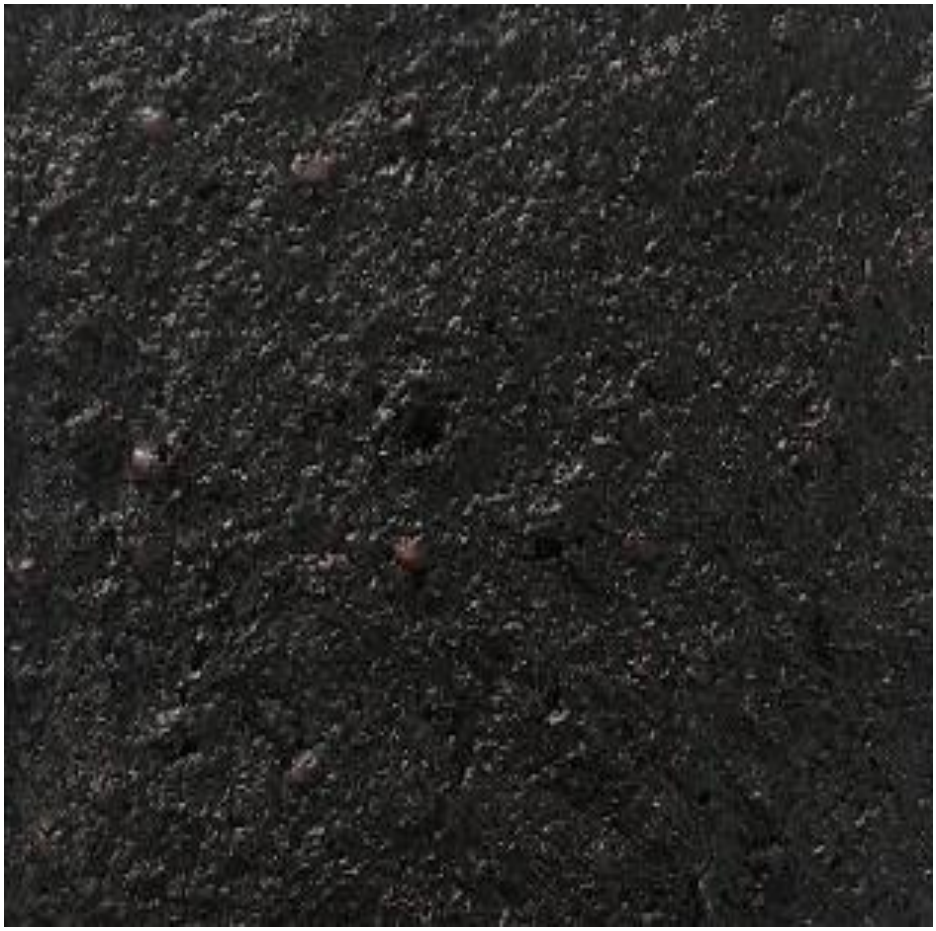
EK 13 Uygulama 13’e ait görsel

EK 14 Uygulama 14’e ait görsel

EK 15 Uygulama 15’e ait görsel

EK 1 Uygulama 1’e ait görsel

EK 2 Uygulama 2’ye ait görsel



EK 3 Uygulama 3’e ait görsel

EK 4 Uygulama 4’e ait görsel

EK 5 Uygulama 5’e ait görsel

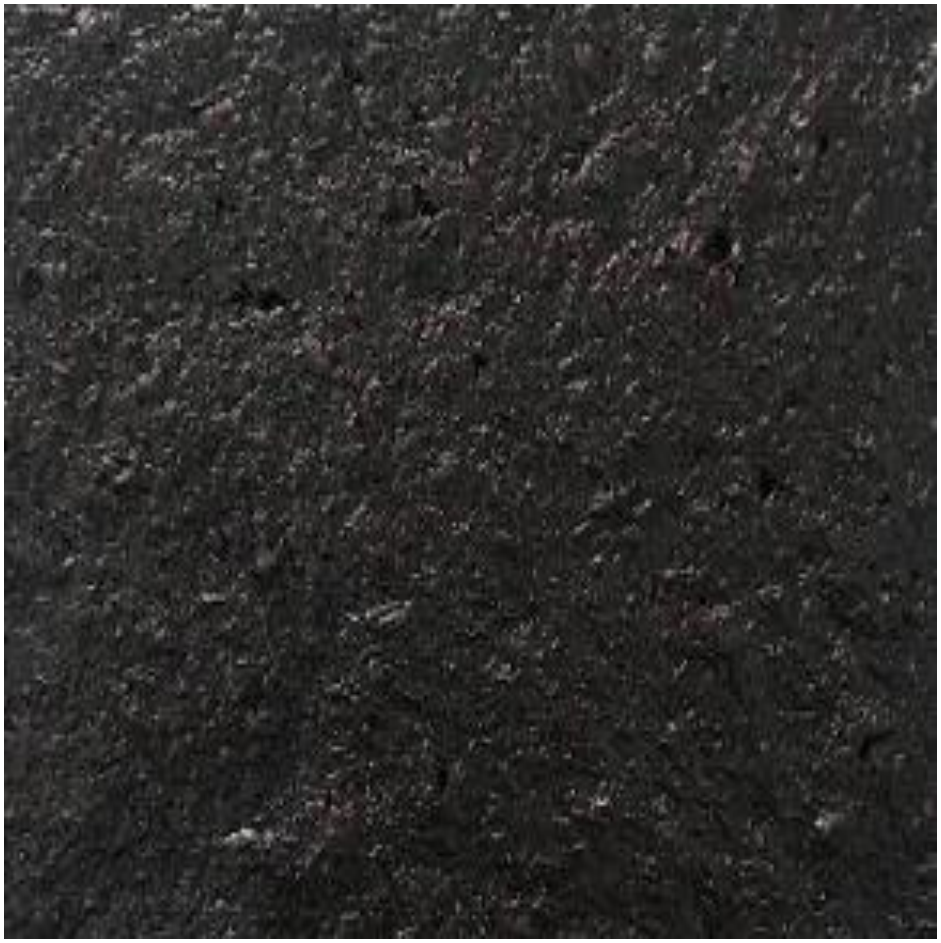
EK 6 Uygulama 6’ya ait görsel

EK 7 Uygulama 7’ye ait görsel

EK 8 Uygulama 8’e ait görsel

EK 9 Uygulama 9’a ait görsel

EK 10 Uygulama 10’a ait görsel



EK 11 Uygulama 11’e ait görsel

EK 12 Uygulama 12’ye ait görsel

EK 13 Uygulama 13’e ait görsel

EK 14 Uygulama 14’e ait görsel

EK 15 Uygulama 15’e ait görsel