

T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



ZEYTİN PİRİNASININ KURUTULMASI İLE ÜRETİLEN TOZ
ÜRÜNÜN FONKSİYONEL GIDA ÜRETİMİNDE KULLANIM
POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BEYZANUR COŞKUN

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Semra TURAN

BOLU, TEMMUZ - 2024

KABUL VE ONAY SAYFASI

Beyzanur COŞKUN tarafından hazırlanan “ZEYTİN PİRİNASININ KURUTULMASI İLE ÜRETİLEN TOZ ÜRÜNÜN FONKSİYONEL GIDA ÜRETİMİNDE KULLANIM POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI” adlı tez çalışması jürimiz tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak oy birliğiyle kabul edilmiştir. 24/07/2024

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Prof. Dr. Semra TURAN
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye
Dr. Öğr. Üyesi Derya ATALAY
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye
Doç. Dr. İlyas ATALAR
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. İbrahim KÜRTÜL
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir,

aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Teze ilişkin Turnitin adlı programında enstitü müdürlüğünce belirlenen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan benzerlik raporuna göre, tezin benzerlik oranı %30'u geçmemektedir.

BEYZANUR COŞKUN

ÖZET

**ZEYTİN PİRİNASININ KURUTULMASI İLE ÜRETİLEN TOZ
ÜRÜNÜN FONKSİYONEL GIDA ÜRETİMİNDE KULLANIM
POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BEYZANUR COŞKUN
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. SEMRA TURAN)
BOLU, TEMMUZ - 2024
XIII + 72**

Bu çalışmada zeytin yan ürünlerinden pirinanın farklı sıcaklıkta kurutularak bileşim ve fonksiyonel açıdan uygun bir gıda bileşeni olma potansiyeli araştırılmış ve gerçek bir gıda matriksi olarak kurabiyelerde pirina tozu katkısı olarak kullanımı değerlendirilmiştir.

Taze pirina tepsili kurutucuda farklı sıcaklıklarda (60, 70 ve 80°C’lerde) kurutulmuş ve işlem süresince nem ve kuru madde miktarları belirlenerek kinetik hesaplamalar yapılmıştır. Kurutulan toz pirinaların besinsel bileşenleri, biyoaktif içeriği ve fonksiyonel özellikleri belirlenmiştir. Taze pirinada bulunan kül, yağ, pH ve besin değeri, kurutma işlemi sonrasında önemli düzeyde artış gösterirken, nem, su aktivitesi ve çözünür kuru madde miktarında azalış saptanmıştır. Ayrıca farklı sıcaklıklarda kurutmanın nem miktarı, yağ miktarı, biyoaktif madde içeriği, renk değerleri (L^* , a^* ve b^*) ve teknofonksiyonel özellikler üzerine önemli bir etkisi olmadığı gözlenmiştir ($p>0.05$). Toplam fenolik madde, toplam flavonoid içeriği ve antiradikal aktivite bir gram kuru madde içerisinde taze pirina için sırasıyla 9.78 ± 1.01 mg kafeik asit eşdeğeri (KAE), 7.22 ± 0.66 mg kateşin eşdeğeri (KE) ve 60.21 ± 8.74 μ mol troloks eşdeğeri (TE) iken, kurutulmuş toz pirinalarda 4.39 - 4.68 mg KAE, 5.23 - 5.30 mg KE ve 38.17 - 39.02 μ mol TE şeklinde değişim göstermiştir. Biyoaktif bileşiklerde en az kaybın yaşandığı ve en kısa sürede nemin uzaklaştığı 80°C’de kurutulmuş toz pirinaların kurabiyelerde kullanılmasına karar verilmiştir.

Kurabiye hamuruna farklı oranlarda kurutulmuş pirina tozları (%1, 2 ve 3) eklenerek pişmiş kurabiyelerde nem, kül, protein, yağ miktarları, besin değeri, pişme kaybı, kabarma oranı, renk, duyusal ve tekstürel özellikleri ile biyoaktif özellikleri (toplam fenolik madde, toplam flavonoid miktarı ve antioksidan aktiviteleri) belirlenmiştir. Toz pirina ile zenginleştirilmiş (%1, 2 ve 3) kurabiyeler, kontrol kurabiyeye göre daha yüksek L^* (daha koyu) ile a^* değerine (kırmızılık) ve daha düşük ise b^* değerine (daha az sarımsılık) sahip olmuştur. Eklenen toz pirina konsantrasyonu artıkça bu değerlerde istatistiksel olarak önemli artış gözlenmiştir ($p<0.05$). Pirina tozu eklenmesi kurabiyelerin biyoaktif bileşen miktarını artırmıştır. Elde edilen sonuçlara göre %1 oranında toz pirina içeren kurabiye duyusal olarak en fazla tercih edilen kurabiye denemesi olmuştur.

ANAHTAR KELİMELELER: Zeytin Pirinası, Biyoaktif Bileşenler, Fonksiyonel Gıda, Atık Değerlendirme, Kurabiye

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE POTENTIAL USAGE OF THE POWDER PRODUCT BY DRYING OLIVE POMACE IN FUNCTIONAL FOOD PRODUCTION

MSC THESIS

BEYZANUR COŞKUN

BOLU ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY

INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

(SUPERVISOR: PROF. DR. SEMRA TURAN)

BOLU, JULY 2024

XIII + 72

In this study, the potential of pomace, one of the olive by-products, as a suitable food ingredient in terms of composition and functionality by drying at different temperatures was investigated and its use as a real food matrix as pomace powder additive in cookies was evaluated.

Fresh olive pomace was dried in a tray dryer at different temperatures (60, 70, and 80°C), and moisture and dry matter determinations were made throughout the process to calculate the drying kinetics. Nutritional composition, bioactive content, and functional properties of the dried olive pomace powders were determined. The ash, fat, pH, and nutritional value in the fresh olive pomace showed significant increases after the drying process, while moisture, water activity and soluble dry matter decreased. Additionally, it was observed that drying at different temperatures had no significant effect on the analyzed moisture content, fat content, bioactive content, color values (L^* , a^* , and b^*), or techno-functional properties ($p > 0.05$). The total phenolic content, total flavonoid content, and antiradical activity per gram of dry matter were 9.78 ± 1.01 mg caffeic acid equivalent (CAE), 7.22 ± 0.66 mg catechin equivalent (CE), and 60.21 ± 8.74 μmol trolox equivalent (TE) for fresh olive pomace, respectively, while they varied between 4.39-4.68 mg CAE, 5.23-5.30 mg CE, and 38.17-39.02 μmol TE in the dried olive pomace powders. The olive pomace powders dried at 80°C, which showed the least loss of bioactive compounds and the quickest moisture removal, were preferred for use in cookies.

Cookies were prepared by adding dried olive pomace powders at different ratios (1%, 2%, and 3%) to the cookie dough. The moisture, ash, protein, fat content, nutritional value, baking loss, rising ratio, color, sensory and textural properties, and bioactive properties (total phenolic content, total flavonoid content, and antioxidant activities) of the baked cookies were determined. Cookies enriched with olive pomace powder (1%, 2%, and 3%) had higher L^* (darker) and a^* values (redder) and lower b^* values (less yellow) compared to the control cookies. A statistically significant increase in these values was observed as the concentration of added olive pomace powder increased ($p < 0.05$). The addition of olive pomace powder increased the bioactive compound content of the cookies. According to the results obtained, the cookie containing 1% olive pomace powder was the most preferred in sensory evaluations.

KEYWORDS: Olive Pomace, Bioactive Ingredients, Functional Food, Waste Recycling, Cookie

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL VE ONAY SAYFASI	iii
ETİK BEYAN	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
TABLO LİSTESİ	x
FOTOĞRAF LİSTESİ.....	xi
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ.....	xii
TEŞEKKÜR.....	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI..	4
2.1 Pirinanın Değerlendirilmesinin Önemi	4
2.2 Pirinanın Biyoaktif Bileşenleri ve Sağlık Üzerine Etkileri.....	5
2.3 Pirinanın Gıdalarda Kullanımı.....	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	14
3.1 Materyal	14
3.2 Zeytin Pirinasının Tepsili Kurutucuda Kurutulması ve Kurutma Kinetiği	14
3.2.1 Kurutma İşlemi ve Örnek Alma	14
3.2.2 Kurutma Kinetiğinin İncelenmesi	15
3.2.3 Etkin Yayılma Katsayısı (D_{eff}) ve Aktivasyon Enerjisinin (E_a) Hesaplanması	17
3.2.4 80°C’de Kurutma Sırasında Toplam Fenolik Madde, Flavonoid Miktarları ve Antiradikal Aktivitedeki Değişim.....	18
3.3 Farklı Sıcaklıklarda Kurutulmuş Toz Pirinaların Analizler için Hazırlanması	18
3.4 Farklı Sıcaklıklarda Kurutulmuş Toz Pirinaların Bileşimlerinin Belirlenmesi	18
3.4.1 Nem İçeriği.....	18
3.4.2 Çözünür Kuru Madde Miktarı	19
3.4.3 Kül Miktarı	19
3.4.4 Yağ Miktarı	19
3.4.5 Ham Protein Miktarı.....	19
3.4.6 Besin Değerinin Hesaplanması	19
3.4.7 Besinsel Lif Miktarı.....	20
3.5 Taze ve Farklı Sıcaklıklarda Kurutulmuş Toz Pirinaların Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi	20
3.5.1 Su Aktivitesi ve pH Ölçümü	20
3.5.2 Titrasyon Asitliği.....	21

3.5.3	FTIR ile Bağ Yapılarının İncelenmesi	21
3.5.4	Mikroskop Görüntüsü.....	21
3.5.5	Renk Analizi.....	21
3.6	Farklı Sıcaklıklarda Kurutulmuş Pirinaların Biyoaktif Özelliklerinin Belirlenmesi.....	22
3.6.1	Toplam Fenolik İçeriğinin Belirlenmesi	22
3.6.2	Toplam Flavonoid Miktarının Belirlenmesi.....	23
3.6.3	Antiradikal Aktivitenin Belirlenmesi	23
3.7	Toz Pirinaların Teknofonksiyonel Özelliklerin Belirlenmesi.....	24
3.7.1	Suda Çözünürlük İndeksi	24
3.7.2	Higroskopiklik.....	24
3.7.3	Su ve Yağ Bağlama Kapasitesi	25
3.8	Zeytin Pirina Tozu Katkı Kurabiyelerin Üretimi ve İncelenmesi.....	25
3.8.1	Kurabiye (Tatlı-Tuzlu) Üretimi.....	25
3.8.2	Kurabiyelerin Bileşimlerinin Belirlenmesi	26
3.8.3	Kurabiyelerin Kabarma Oranı ve Pişme kaybı.....	26
3.8.4	Kurabiyelerin Renk Analizi.....	27
3.8.5	Kurabiyelerin Tekstür Analizi.....	27
3.8.6	Kurabiyelerin Duyusal Analizi.....	28
3.8.7	Kurabiyelerin Biyoaktif Özelliklerinin Belirlenmesi	28
3.9	İstatistiksel Analiz.....	29
4.	BULGULAR VE TARTIŞMA.....	30
4.1	Zeytin Pirinasının Kurutma Kinetiği ve Efektif Kurutma Değeri.....	30
4.2	80°C’de Kurutma Sırasında Toplam Fenolik Madde, Flavonoid Miktarları ve Antiradikal Aktivitedeki Değişim.....	35
4.3	Taze ve Farklı Sıcaklıklarda Kurutulmuş Toz Pirinaların Bileşimlerinin Belirlenmesi	37
4.4	Farklı Sıcaklıklarda Kurutulmuş Toz Pirinaların Su Aktivitesi, pH’sı ve Titrasyon Asitliği	40
4.5	Taze ve Farklı Sıcaklıklarda Kurutulmuş Toz Pirinanın Biyoaktif Özelliklerinin Karşılaştırılması.....	43
4.6	Farklı Sıcaklıklarda Kurutulmuş Toz Pirinaların FTIR ile Bağ Yapılarının İncelenmesi	45
4.7	Farklı Sıcaklıklarda Kurutulmuş Toz Pirinaların Mikroskop Görüntüsü.....	47
4.8	Farklı Sıcaklıklarda Kurutulmuş Toz Pirinaların Renk Analizi	49
4.9	Farklı Sıcaklıklarda Kurutulmuş Toz Pirinaların Teknofonksiyonel Özellikleri	50
4.9.1	Kurabiyelerin Bileşimlerinin Belirlenmesi	52
4.9.2	Kurabiyelerin Kabarma Oranı ve Pişme Kaybı.....	53
4.9.3	Kurabiyelerin Renk Analizi.....	54
4.9.4	Kurabiyelerin Tekstür Analizi.....	56
4.9.5	Kurabiyelerin Duyusal Analizleri	57
4.9.6	Kurabiyelerin Biyoaktif Özelliklerinin Belirlenmesi	58
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	61
6.	KAYNAKLAR	64
7.	EKLER	71

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 4.1. Farklı sıcaklıklarda kurutulan taze pirinanın zamana bağlı kuru madde bazına göre nem oranı (MR).	31
Şekil 4.2. Taze pirina ve kurutulmuş toz pirinaların su aktivitesi	40
Şekil 4.3. Taze pirina ve kurutulmuş toz pirinaların pH değerleri.....	41
Şekil 4.4. Kurutulmuş toz pirinaların titrasyon asitliği.....	42
Şekil 4.5. Kurutulmuş pirina tozlarının 4000-500 cm ⁻¹ dalga sayısı aralığında FTIR spektrumları.....	45
Şekil 7.1. Toplam fenolik madde tayini kafeik asit kalibrasyon eğrisi.....	71
Şekil 7.2. Flavonoid miktarı tayini kateşin kalibrasyon eğrisi.....	71
Şekil 7.3. Antiradikal madde tayini troloks kalibrasyon eğrisi.....	72

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1. Matematiksel kurutma modelleri.	16
Tablo 3.2. Hazırlanan kurabiyelerin formülasyonu.....	26
Tablo 3.3. Duyusal analiz değerlendirme formu.	28
Tablo 4.1. Kurutma kinetiği için kullanılan matematiksel modeller, kurutma sabitleri ve istatistiksel verileri.....	32
Tablo 4.2. Kurutma prosesi etkili yayılma katsayısı.	34
Tablo 4.3. 80°C’de kurutulmuş toz pirinaların biyoaktif özellikleri.	36
Tablo 4.4. Taze pirina ve kurutulmuş toz pirinaların bileşimi.	37
Tablo 4.5. Taze pirina ve kurutulmuş toz pirinaların biyoaktif özellikleri.	43
Tablo 4.6. Taze pirina ve kurutulmuş toz pirinaların L*, a*, b* renk değerleri, toplam renk farkı (ΔE) ve esmerleşme indeksi (BI).....	49
Tablo 4.7. Farklı sıcaklıklarda kurutulmuş toz pirinaların teknofonksiyonel özellikleri.....	51
Tablo 4.8. Hazırlanan kurabiyelerin bileşimleri.....	52
Tablo 4.9. Kurabiyelerin kabarma oranı ve pişme kayıpları.	54
Tablo 4.10. Kurabiyelerin L*, a*, b* renk değerleri, toplam renk farkı (ΔE) ve esmerleşme indeksi (BI).....	55
Tablo 4.11. Kurabiyelerin tekstürel özellikleri.....	56
Tablo 4.12. Kurabiyelerin duyusal analiz sonuçları.	57
Tablo 4.13. Kurabiyelerin biyoaktif özellikleri.	59

FOTOĞRAF LİSTESİ

Sayfa

Fotoğraf 3.1. Tepsili kurutma makinesi dış (solda) ve iç (sağda) görünümü. .15	
Fotoğraf 3.2. Tekstür analiz cihazı (solda) ve tekstür analizi görseli (sağda). 27	
Fotoğraf 4.1. Kurutma öncesi (solda) ve kurutma sonrası (sağda) pirina.....30	
Fotoğraf 4.2. Kurutulmuş pirina tozlarının 4x ve 10x mikroskop görüntüsü. .48	
Fotoğraf 4.3. Kontrol ve toz pirina katkılı tatlı-tuzlu kurabiyeler.52	



KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

χ^2	: Ki-kare değeri
a^*	: CIE renk sistemine göre kırmızı-yeşil renk
a_w	: Su aktivitesi
b^*	: CIE renk sistemine göre sarı-mavi renk
CIE	: International Commission on Illumination
DPPH	: 2,2-difenil-1-pikril-hidrazil
dak	: Dakika
D_{eff}	: Efektif difüzyon katsayısı
E_a	: Aktivasyon enerjisi
FTIR	: Fourier dönüşümlü kızılötesi spektrometresi
GAE	: Gallik asit eşdeğeri
KAE	: Kafeik asit eşdeğeri
KE	: Kateşin eşdeğeri
km	: Kuru madde
Kontrol	: Buğday unu kullanılarak hazırlanan sade tatlı-tuzlu kurabiye
KP1	: Hamur ile ağırlıkça %1 oranında kurutulmuş toz pirina yer değiştirilerek hazırlanan tatlı-tuzlu kurabiye
KP2	: Hamur ile ağırlıkça %2 oranında kurutulmuş toz pirina yer değiştirilerek hazırlanan tatlı-tuzlu kurabiye
KP3	: Hamur ile ağırlıkça %3 oranında kurutulmuş toz pirina yer değiştirilerek hazırlanan tatlı-tuzlu kurabiye
L^*	: CIE renk sistemine göre rengin açıklık-koyuluğu
MR	: Kurutma işleminde hesaplanan boyutsuz nem oranı
R^2	: Regresyon katsayısı
RMSE	: Hata karelerinin karekökü
SSE	: Hata karelerinin toplamı
TE	: Troloks eşdeğeri

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez dönemim boyunca bilgi birikimi ve deneyimlerinden yararlandığım, sabırla ve içtenlikle beni karşılayan, yönlendiren, her zaman motive eden ve disiplinli çalışmayı öğreten Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi değerli tez danışman hocam Prof. Dr. Semra TURAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans tez dönemim boyunca her zaman sorunlarıma çözüm olan, bilimsel görüşlerini ve tavsiyelerini benimle paylaşan Dr. Deniz Günal Köroğlu'na teşekkürlerimi sunarım.

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne Yüksek Lisans Tez Projesi (2024-TYL-6.12.54-0008) kapsamındaki desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Desteklerinden dolayı Yenilikçi Gıda Teknolojileri Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne (YENİGIDAM) ve Bilimsel Endüstriyel ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne (BETUM) teşekkür ederim.

NovaVera Gıda ve Tarım San.Tic. Anonim Şirketi'ne tez çalışmam için hammadde kaynağı sağladığı için teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim süresince desteklerini esirgemeyen ve FTIR analizleri için yardımcı olan Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Başkanı değerli hocam Doç. Dr. İlyas ATALAR'a teşekkür ederim.

Protein tayini analizi için destek veren Bursa Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Doç. Dr. Furkan Türker SARICAOĞLU'na teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarım sırasında bana destek sağlayan Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Başkanı Prof. Dr. İbrahim Çakır'a, bölüm hocalarıma, laboratuvar arkadaşlarıma ve duyusal analizlerime katılan panelistlere teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olarak bana güven ve destek veren canım aileme, yüksek lisans tez sürecim boyunca beni yalnız bırakmayan Samet BAYRAK'a teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından iyi tarım uygulamaları ve geleneksel zeytin bahçeleri rehabilitasyon desteği gibi zeytinciliğe verilen destekler ile birlikte coğrafi olarak zeytincilikte önemli konumu sebebiyle Türkiye’de zeytin üretimi devlet tarafından desteklenmektedir (Resmi Gazete, 2021). TÜİK verilerine göre Türkiye’de 2022 yılında 2.98 milyon ton tane zeytin üretilirken, bunun 2 milyon tonu yağlık (%68.5) zeytindir (TÜİK, 2023). Görüldüğü üzere zeytinyağı üretimi Türkiye’nin önemli bir gelir sektörüdür. Bu sektöre ait zeytinyağı işleme tesislerinde; zeytinyağı yanında karasu, pirina ve zeytin yaprakları yan ürünler olarak açığa çıkmaktadır. Bu yan ürünlerin miktarı ihmal edilmeyecek düzeydedir. Zeytinin %20’si yağ olarak alındıktan sonra yaklaşık %80’i yan ürün olarak açığa çıkmaktadır ve işleme tekniğine göre yaklaşık %40 oranında pirina elde edilmektedir (Keser vd., 2010). Zeytinyağı teknolojisi oluşturduğu atıklar yönünden bakıldığında üretim teknolojisinden dolayı dünyada en fazla atık üreten tarımsal sektörlerden biridir.

Pirina, zeytin posası ve zeytin keki gibi isimler de alabilmektedir (Akbağ ve Çetinkeşane, 2021). Pirina, zeytinyağının işlenmesi sırasında zeytine farklı ekstraksiyon yöntemleri uygulandıktan sonra, zeytine ait su ve yağ fazının büyük kısmının uzaklaşması sonucu oluşan yarı katı bir yan üründür ve zeytinin %35-40’ı kadar pirina açığa çıkmaktadır (Rivero-Pino vd., 2023). Bileşiminde zeytine ait kabuk (%10-11), pulp (%21-33), ezilmiş çekirdek (%42-54), su ve bir miktar yağ bulunmaktadır (Paulo ve Santos, 2021). Geleneksel hidrolik pres, sürekli 2-fazlı veya 3-fazlı santrifüj işleme sistemlerinde farklı bileşimlerde pirinalar elde edilmektedir. Kullanılan ekstraksiyon yöntemine göre özellikle su ve yağ miktarları değişmektedir. Presleme ile elde edilen pirinalarda yağ içeriği yüksek ve nem oranı düşüktür. Santrifüj dekantasyon ile işlenen zeytinlerden elde edilen pirinanın ise yağ içeriği düşük, nem oranı yüksektir. Örneğin üç fazlı sistemden elde edilen pirinada %40-45 su, iki fazlı sistemlerden elde edilenlerde ise %50-70 düzeyinde su bulunabilmektedir. Pirinanın kimyasal kompozisyonu zeytinyağı ekstraksiyon işleminin yanında zeytinlerin kökeni, tipi ve iklim şartlarına bağlı olarak geniş sınırlar arasında değişir (Akbağ ve Çetinkeşane, 2021). Türkiye Çevre ve Şehircilik Bakanlığının yayımladığı “Zeytinyağı İşletmelerinin 2 Fazlı Üretime

Geçiş Genelgesi” ne göre hareket edildiğinde, 3 fazlı üretimle hali hazırda zeytinyağı işletmelerinden kaynaklanan atık su miktarının 2 faza geçişle birlikte yaklaşık yüzde 75 oranında, toplam su tüketiminin de yaklaşık %63 oranında azalacağı ön görülmektedir (Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2023).

Fonksiyonel gıdalar, var olan gıdanın besinsel değerine ek sağlık faydaları ve hastalıkları önleme özellikleri sağlayacak düşük konsantrasyonlarda biyoaktif bileşikler içeren gıdalardır. Bitkilerdeki fitokimyasallar, makro ve mikro besinlere atfedilenlerin ötesinde terapötik faydalara sahip, biyolojik olarak aktif, doğal olarak oluşan kimyasal bileşiklerdir. Bu bileşikler, antioksidan aktivite, anti-mikrobiyal aktivite, enzim detoksifikasyon regülasyonu, bağışıklık sistemi modülasyonu, azaltılmış trombosit agregasyonu, hormon metabolizması ve antikanser özelliği gibi biyolojik özelliklere sahip olup bitkilerde ikincil metabolitler olarak kabul edilir (Soumya vd., 2021).

Tarım ve gıda yan ürünleri, hayvan yemi üretiminde ve ayrıca yeni ve sürdürülebilir fonksiyonel gıdaların geliştirilmesinde önemli bir role sahiptir. Çünkü bu tür ürünler biyoaktif bileşikler açısından zengin olup, potansiyel bir besin değerine sahiptir. Ancak fenolik bileşikler, karotenoidler, çoklu doymamış yağ asitleri, vitaminler ve pigmentler gibi bu biyoaktif bileşikler, çevresel ve endüstriyel proses koşullarına maruz kaldıklarında konsantrasyonları azalmaktadır. Bu nedenle, atıkların hammadde olarak verimli kullanılması, yeşil ve sürdürülebilir teknolojilere dayalı stratejilerin teşvik edilmesi yoluyla atık yönetimi ve kaynak tükenmesi sorunlarına ortak çözüm bulunması gerekmektedir (Comunian vd., 2021).

Bu çalışmanın amacı, öncelikle minimum işlenmiş gıda bileşeni olarak pirinanın maliyeti düşük olacak şekilde kurutulması, fonksiyonel gıda bileşeni olma potansiyelinin araştırılması için fizikokimyasal özelliklerinin araştırılması ve biyoaktif bileşen içeriğinin belirlenmesidir. Farklı sıcaklıklarda (60, 70 ve 80 °C) tepsili kurutucuda kurutulan pirinanın kurutma kinetiği pirinanın başlangıç nemi, kütle kayıpları ve son nemine göre hesaplanmıştır. Elde edilen bu kurutulmuş pirina tozlarında kül, nem, yağ, protein miktarı ile besinsel lif içeriği, su aktivitesi (a_w), çözünür kuru madde, pH, titrasyon asitliği, fourier dönüşümlü kızılötesi spektrometresi (FTIR) ile bağ yapılarının incelenmesi, mikroskop görüntüsü ve renk ölçümleri ile fizikokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Toz pirinanın ayrıca

biyoaktif özellikleri toplam fenolik madde ve toplam flavonoid miktarı ile DPPH-radikalleri indirgeme gücü ile belirlenen antiradikal aktivite analizleri ile araştırılmıştır. Pirinanın teknofonksiyonel özellikleri olan suda çözünürlük indeksi, higroskopiklik, su ve yağ bağlama kapasitesi belirlenmiştir. Bu yüksek lisans tezinin son aşamasında pirina tozu katkılı fonksiyonel gıda olarak kurabiye seçilmiş ve belli oranda (%1, 2 ve 3) pirina tozları kurabiye hamuruna eklenmiştir. Bu kurabiyelerin besinsel bileşimleri (yağ, kül, nem, protein) araştırılmış, tekstür ve duyusal analizleri yapılmış, biyoaktif madde içerikleri (toplam fenolik madde, toplam flavonoid miktarı ve DPPH-radikali yakalama gücü) belirlenmiştir.



2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1 Pirinanın Değerlendirilmesinin Önemi

FAO'nun yayımladığı “Atıksız bir geleceğe doğru” (Towards a waste-free future) ve “Sıfır Açlık” (Zero Hunger) stratejileri mevcut biyolojik kaynakları daha verimli kullanmayı ve daha az israf etmeyi amaçlamaktadır (FAO, 2023a, 2023b). Günümüzde en önemli atık oluşturan sektörlerden biri gıda sektörüdür. FAO, küresel gıda üretiminin yüzde 13'ten fazlasının tedarik zincirinin üretim ve toptan satış aşamaları arasında kaybolduğunu ve hatta perakende, gıda hizmeti ve tüketici aşamalarında ilave yüzde 17'lik bir oranın israf edildiğini ifade etmiştir (FAO, 2023a). Diğer bir yandan ülkemizde 12. Kalkınma planında “yeşil ve dijital dönüşümle rekabetçi üretim” konusunda öncelikli gelişim alanı olarak tarım ve gıda üretimi yer almaktadır. Bu alanda yatırımların arttırılması, iklim değişikliği sebebiyle ortaya çıkan kıtlığı önlemek amacıyla alternatif gıda kaynaklarının kullanımı desteklenmektedir (Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2023). Diğer bir yandan da “Sıfır Atık Yönetmeliği”nde de atık oluşumunun önlenmesinin mümkün olmadığı durumlarda atıkların azaltılması ile ürün ve malzemelerin yeniden kullanım olanaklarının değerlendirilmesi esastır (Resmi Gazete, 2019). Bu açıdan bakıldığında özellikle gıda zincirindeki her bir aşamada açığa çıkan atıklar ve yan ürünlerin azaltılması ve ileri dönüştürülerek potansiyel gıda bileşenleri olarak değerlendirilmesi ülkemiz kalkınmasında yatırımların artması açısından büyük önem taşımaktadır.

İşlenmemiş zeytinyağı yan ürünlerinin bertarafı, esas olarak yüksek derecede toksik organik bileşik yükü, düşük pH'sı ve şekerlerin, azotlu bileşiklerin, uçucu asitlerin, polialkollerin, pektinlerin, yağların ve en önemlisi polifenollerin varlığı nedeniyle çevresel bir sorun olarak kabul edilmektedir (Paulo ve Santos, 2021). Pirina içerdiği yağ sebebiyle (%2-3) kozmetik ve sabun sanayinde veya kalitesine göre rafine edilmiş pirina yağı şeklinde yemeklik olarak değerlendirilmektedir. Pirinadan yağ elde edilmesi uzun zaman ve enerji gerektiğinden zor bir işlemdir (Difonzo vd., 2021; Paulo ve Santos, 2021). Bunun yanında yağsız pirina, enerji üretiminde, hayvan yemi ve kompost olarak da kullanılmaktadır. Türkiye’de yağı alınmış pirinanın neredeyse tamamı yakıt üretiminde kullanılmaktadır (Duman vd., 2020). Duman vd. (2020) Türkiye’de

çevresel açıdan bakıldığında, zeytinyağı üretmek ve pirinadan yararlanmak için en iyi seçeneğin geleneksel veya iki fazlı santrifüj dekantasyon yönteminin kullanılması ve ardından zeytin pirinasından yakıt amaçlı pelletlerin üretilmesi olduğunu vurgulamıştır. Pirina ülkemizde çeşitli yollarla geri dönüştürülse de pirina tesislerinin yetersiz olması veya alternatif pirina değerlendirme yöntemlerine olan ihtiyacın her geçen gün artması söz konusudur. Çünkü bu işlemlerin hiçbiri alternatif ve aynı zamanda sürdürülebilir yöntemler değildir (Difonzo vd., 2021). Bu nedenle, pirina, ciddi bir şekilde çevreye zararlı etkilerinin özellikle zeytinyağı üretimin yoğun olduğu ülkelerde ulusal ve uluslararası organizasyonlar ve devlet yaptırımları ile önlenmeye çalışıldığı bir yan üründür. Var olan atık bertarafı ve değerlendirme yöntemlerinin ise oluşan biyokütlenin fazla olmasından dolayı, henüz yeterli bir düzeye ulaşmadığı gözlemlenmiştir. Alternatif değerlendirme yöntemlerinin yetersizliği durumun önemini ortaya koymaktadır. Bu sebeple, bu tez çalışmasında pirinanın alternatif değerlendirilmesi ve ileri dönüştürülmesi amaçlanmıştır.

2.2 Pirinanın Biyoaktif Bileşenleri ve Sağlık Üzerine Etkileri

Pirina bileşiminde polisakkaritler (diyet lifi), proteinler, yağ asitleri, pigmentler, mineraller ve polifenoller bulunmaktadır. Pirinanın alternatif ve sürdürülebilir şekilde bu önemli bileşenlerinin geri kazanımı, bu yan ürüne değer katmaktadır. Pirina büyük oranda biyoaktif bileşiklerin bir kaynağıdır. İki fazlı sistemlerde fenolikler gibi biyoaktif bileşenlerin yağ ekstraksiyonu sırasında sadece %2'si yağa geçebilmekte, %98'i pirinada kalmaktadır (Rivero-Pino vd., 2023).

Pirinada yapılan farklı çalışmalar sonucunda fenolik asitler (protokateşik asit, kafeik asit, kafeik asit 3-glukozit, kumarik asit, gallik asit, ferulik asit, vanilik asit, sinamik asit), flavonoidler (luteolin, kuersitin, apigenin, apigenin 7-glucoside), sekoiridoit ve türevleri (verbaskosit, oleosit, kafeoil-6'-sekologanosit, oleuropein, komselogosit) ile hidroksitirozol ve tirozol türevleri (hidroksitirozol, dihidroksitirozol, hidroksitirozol glukozit, tirozol glukozit, tirozol) gibi biyoaktif bileşikleri içerdiği saptanmıştır. Sekoiridoit ve türevleri ile fenolik alkollerin ise pirinada baskın olduğu görülmektedir. Bu biyoaktif bileşenler arasında en yüksek miktarlarda bulunanlar hidroksitirozol, verbaskosit, hidroksitirozol glukozit, tirozol, tirozol glukozit ve oleuropein-aglikon-dialdehid'dir (Balli vd., 2021;

Cecchi vd., 2022; Monteiro vd., 2024; Ribeiro, Oliveira, vd., 2021a; Ribeiro vd., 2020; Selim vd., 2020; Zhao vd., 2022).

Ribeiro vd. (2020) fiziksel ayırma ile çekirdekçe zengin, pulpça zengin ve sıvı olarak ayırdıkları üç farklı fraksiyonun verimini sırasıyla %20-26, %65-71 ve %9 olarak belirlemişlerdir ve fenolik madde içeriklerini sırasıyla kuru maddede (km) 22.73-24.51, 8.32-14.86 ve 21.21-22.67 mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/g olarak saptamışlardır. Gomez-Cruz vd. (2021) kurutulmuş ve yağı alınmış pirinada su, asitlendirilmiş su, %20 veya %50 etanol çözeltisi ve %50 aseton çözeltileri ile ekstraksiyonun fenolik madde ve antioksidan aktivite üzerine etkilerini değerlendirmişler ve su ile ekstraksiyonun optimum koşullarını 85°C'de 90 dak olarak belirlemişlerdir. Bu koşullara göre ekstraktların 44.5 mg GAE/g toplam fenolik madde ve 114.9 mg rutin eşdeğeri/g flavonoid içeriğine sahip olduğu açıklanmıştır.

Günümüzde antioksidan bileşiklerin geri kazanımı için ekstraksiyon proseslerinde yeni stratejilerin kullanılmasına yönelik bir eğilim vardır. Pirinadan biyoaktiflerin ekstraksiyonunda yeşil teknolojilerin geri kazanımı arttırdığı belirtilmiş ve bu teknolojiler de literatürde değerlendirilmiştir. Bunlardan ultrasondestekli, soxhlet veya geleneksel ekstraksiyon yöntemleri (Stramarkou vd., 2023) ile karşılaştırıldığında mikrodalga-destekli yöntemin daha iyi ekstraksiyon verimi sağladığı belirtilmiştir (Silva vd., 2024). Mikrodalga, homojenizasyon, ultrases veya yüksek basınç yöntemleri karşılaştırıldığında en iyi verimin homojenizasyon ile sağlandığı açıklanmıştır (Abbas vd., 2021). Daha yoğun atımlı elektriksel alan ve yüksek basınç koşullarında ekstraksiyon ile ekstraktlarda fenolik konsantrasyonunda sırasıyla %91.6 ve %71.8'e kadar önemli bir artış olduğu bildirilmiştir (Andreou vd., 2020). Nunes vd. (2021) 200-300 bar basınçta 30 dak bekletilen ve sonrasında dondurarak kurutulan farklı zeytin çeşitlerinden elde edilen pirinaların kuru maddede %3.05-3.83 g GAE toplam fenolik maddeye ve %1.96-3.17 g kateşin eşdeğeri (KE) flavonoid içeriğine sahip olduğu ve aynı zamanda patojenlere karşı da antimikrobiyal özellik gösterdiği belirtilmiştir. Termal olmayan bu yeni ekstraksiyon teknikleri, yüksek ekstraksiyon performansı sağlarken ekstraksiyon sıcaklığının, süresinin ve enerji tüketiminin de daha düşük olmasını sağlamaktadır (Abbas vd., 2021).

Bu amaçla biyoaktif bileşenlerin geri kazanılması, izole edilmesi ve saflaştırılması üzerine birçok çalışma vardır. Bu çalışmalarda görüldüğü üzere,

pirina doğal, ekonomik ve ekolojik olarak alternatif değer katılmış bir bileşen olma potansiyeline sahiptir.

Cecchi vd. (2022) 17 gün boyunca depolanan pirinada fenolik değişimi incelemişlerdir. Fabrikalarda kurutma işleminden önce pirinanın 7-10 gün soğukta ve kapalı alanda depolanmasının fenoliklerin parçalanmasını yavaşlattığını, kesinlikle açıkta depolanmaması gerektiğini vurgulamışlardır.

Son yıllarda herhangi bir ekstraksiyon olmadan toz halindeki ürünlerin geliştirilmesi üzerine çalışmalar yoğunlaşmaktadır. Çünkü bu durum organik çözücülerin kullanımını içeren ve yüksek işletme maliyetlerine sahip olan geleneksel ve yeni teknolojilere göre daha uygulanabilir ve çevreye olumsuz etkisi daha düşük bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. Bunun yanı sıra doğrudan kurutma ile bileşiminde bulunan yağ asitleri, polisakkaritler, mineraller ve fenolikler gibi çeşitli fonksiyonel bileşikler birbirleriyle sinerjik etkileşim içinde olacaklarından sağlık üzerine faydaları daha fazla olacaktır (Ribeiro, Oliveira, vd., 2021a). Kurutma pirinanın değerlendirmesinde en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Baysan vd. (2022) farklı kurutma sıcaklığı (70-90 °C), hava hızı (0.5-1.8 m/s) ve pirina kalınlıklarını (0.5-1.5 cm) esas alarak tamburlu kurutucu ile %8 neme kadar kuruttukları 2-fazlı sistemden alınan pirinaya ait optimum işlem koşullarını; hava sıcaklığı 85.2 °C, hava akış hızını 1.72 m/s ve 0.5 cm numune kalınlığı olarak belirlemişlerdir. Zhao vd. (2022) bir gram yağı alınmış ve tamburlu kurutucu ile kurutulmuş pirinanın 36–43 mg GAE/g toz pirina fenolik madde içerdiğini belirtmişlerdir. Büyük gözenekli reçine ile fraksiyonlandığında ise fenolik madde içeriğinin 4.6 kat arttığı kaydedilmiştir.

Pirinanın sağlık üzerine olası olumlu etkisi büyük oranda içerdiği biyoaktif bileşenlerden kaynaklanmaktadır. Antioksidan, anti-inflamatuar, antibakteriyel ve antikanser özellikleri olan bu biyoaktiflerin gıdalarda kullanılabileceği bildirilmiştir. Ribeiro, Costa vd. (2021b) pirinanın kurutulmuş sulu fazı ile çekirdeği uzaklaştırılmış kurutulmuş pirina pulpu tozlarının %0.125-2 konsantrasyonları arasında sitotoksositeye neden olmadığını ve *S. typhimurium* kültüründe hücre canlılığını etkilemediğini yani mutajenik olmadığını göstermişlerdir. Sitotoksosite ve mutajenitenin bulunmaması, pirina tozlarındaki bileşenlerin hücre ve DNA hasarına neden olmadığını ve bu nedenle test edilen konsantrasyonlarda güvenli kabul edilebileceğini göstermiştir. Diğer bir yandan, Katsinas vd. (2021) yağı alınmış pirinanın etanol ekstraktının insan korneal

hücrelerinde antiinflamatuvar sitokinlerin azalmasını (güçlü anti-inflamatuvar etki) interlökin salgısında azalma ile (IL-1 β , IL-6, IL-8 ve IL-17A sekresyonlarında) sağladığını ve konjonktival epitel hücre hatlarında interferon γ kaynaklı protein-10 salgılanmasını baskıladığını göstermişlerdir. Ayrıca korneal ve konjonktival epitel hücre hatlarında konsantrasyona bağlı reaktif oksijen üretimini azaltıcı (antioksidan) etkiye sahip olduğunu analiz etmişlerdir. İnsanlarda göz ile ilgili oksido-inflamatuvar ile ilişkili hastalıklarda potansiyel terapötik etkisi ortaya konmuştur.

Diğer bir yandan Di Nunzio vd. (2018) insan bağırsak hücresi (Caco-2) çalışmasında proinflamatuvar sitokinlerde (IL-8'in salgılanmasının azalması) belirgin bir azalma ile birlikte, anoreksijenik hormon salgılanmasını ve iştah bastırıcı etkiyi korumak için gerekli olduğu bildirilen glikoz tasarrufu/birikimi yönünde metabolik değişimleri desteklemiştir. Farklı bir çalışmada Di Nunzio vd. (2020), kurutulmuş ve yağı alınmış pirina bisküviye (%2.5) ve fermente veya ekşi mayalı ekmeğe (%4) eklendiğinde fenolik içeriğinde önemli bir artış sağlarken, ekşi maya fermentasyonu ile ekmekte tokoferol konsantrasyonunu artırmıştır. Biyoaktif içerikleri ne kadar çok olsa da pişirme işlemi sebebiyle belirgin anti-inflamatuvar etki gözlenememiştir. Diğer bir yandan, %4 pirina ile zenginleştirilmiş geleneksel fermente ekmek ve ekşi hamurla fermente edilmiş, zenginleştirilmemiş ekmek, Caco-2 hücrelerinde IL-8 salgılanmasını önemli ölçüde azaltarak en büyük anti-inflamatuvar etkiye sahip olmuştur.

Caco-2 hücre modelleri aracılığıyla kolorektal kanserin tedavisinde ve önlenmesinde su ve %50 etanol kullanılarak ohmik ısıtma destekli ekstraksiyon ve konvansiyonel ısıtma yoluyla elde edilen farklı pirina ekstraktlarının biyolojik özelliklerini Quero vd. (2022) araştırmıştır. Fenolik bileşik içeriğinin yüksek olması ile doğrusal olarak ekstraktların yüksek anti-proliferatif etkiye sahip olduğu, mitokondriyal membranda potansiyel modifikasyonları indüklediği ve p53 veya kaspaz-3 proteinlerinin aktivasyonu ile G1/S fazlarında hücre döngüsünün durdurulması yoluyla apoptoza yol açtığı gözlenmiştir. Ayrıca Caco-2 hücrelerinde H₂O₂'nin neden olduğu oksidatif strese (ROS) karşı pirina fenolikleri bağırsağı korumuştur.

Inzunza-Soto vd. (2021) yüksek yağlı diyetle beslenen farelerde çekirdeği alınmış yağsız pirina tozunun azalan vücut yağı ve ağırlığı ile pozitif bir korelasyon olduğunu, karaciğer ağırlığı ve yağ dokusunda azalma gerçekleştiğini tespit

etmişlerdir. Ribeiro, Costa vd. (2021b) pirinadan elde ettikleri sıvı fazın yüksek oranda fenol içerdiğini çekirdeği uzaklaştırılmış pulp fraksiyonunun ise çözünmeyen lifçe zengin olduğunu belirtmişlerdir. Bu iki farklı pirina fraksiyonunun bağırsak mikrobiyota çeşitliliğini olumsuz yönde etkilemediğini; pozitif kontrole kıyasla *Firmicutes/Bacteroidetes* türlerinin oranının benzer olduğunu göstermişlerdir. Sıvı pirina fazının içerdiği biyoaktifler sayesinde *Prevotella spp./Bacteroides spp.* oranı üzerinde pozitif bir etki sağladığı saptanmıştır. Ayrıca, her iki faz da kontrole kıyasla kısa zincirli yağ asitlerinin (esas olarak asetat > bütirat > propiyonat) üretimini daha fazla teşvik etmiş ve ayrıca 48 saate kadar fekal fermantasyonu sırasında belirgin toplam fenolik içerik ve oksijen radikali emme kapasitesi göstermişlerdir.

Pirina ve fenolik ekstraktları, tek mideli hayvanların diyetlerine eklendiklerinde performans parametrelerini iyileştirerek, et ve türevi ürünlerin oksidatif stabilitesini koruyarak birçok yararlı ve umut verici etki göstermiştir. Kurutulmuş zeytin küspesi ile yapılan hayvanlar için besin takviyesi, yavaş büyüyen çiftlik hayvanlarının beslenmesi için iyi bir strateji olarak düşünülebilir, çünkü hayvanın üretkenlik performansı, karkas ağırlığı, yağ asidi bileşimi üzerinde olumsuz bir etkisi olmadığı gözlenmiştir (Ferlisi vd., 2023).

Bu yüksek lisans tezi sonucunda kurutulmuş pirina tozu içerdiği biyoaktifler sayesinde sadece gıda üretimi ve depolanması aşamalarında koruyucu gıda katkı maddesi olarak görev yapmayacaktır, olumlu sağlık etkileri ile birlikte gıda tüketicisiye ulaştıktan ve tüketildikten sonra da etkin bir bileşen olacaktır. Özetle, gıda bileşeni olarak değerlendirildiğinde tek bir kullanım amacı olmayacak aynı anda iki önemli amacı karşılayacaktır ki bu sentetik gıda katkıları ile ulaşılamayan bir sonuçtur. Yani gıda güvenliği yanında ek sağlık faydası da sunacaktır.

2.3 Pirinanın Gıdalarda Kullanımı

Birçok araştırmacı tarafından yüksek katma değerli gıdaları formüle etmek ve dolayısıyla zeytinyağı zincirinin sürdürülebilirliğini desteklemek için doğrudan veya ekstrakt formunda pirina kullanılmıştır. Bunun yanında biyolojik olarak parçalanabilen kaplama veya aktif ambalaj materyallerinde bir bileşen olarak ambalaj matriksi içerisinde değerlendirilmiştir. Pirinanın ve bundan elde edilen biyoaktif bileşiklerin ana kullanım alanları (i) oksidasyona karşı gıdanın direncini arttırma; (ii) yüksek besinsel özelliklere sahip fonksiyonel gıdalar elde etme; ve (iii) gıdaların raf ömrünü arttırmaktır (Difonzo vd., 2021).

Dahdah vd. (2024) dondurarak kurutulmuş pirinanın (%1, 2, 3 ve 5) buğday unundan hazırlanan hamuruna eklenmesiyle gelişme süresinde azalma, iyileştirilmiş hamur stabilitesi, daha iyi depolama ve gaz tutma kapasitesi kaydetmişlerdir. Diğer bir yandan, hamur gelişiminde azalma ile kabarma yüksekliği, gaz üretimi, gaz tutma, yapışkanlık ve esneklikte artma gibi olumsuzlukları da kaydedilmiştir. Bu olumsuzluklar polifenoller ve lif ile su ve nişasta-glüten matrisi arasındaki etkileşimlerden kaynaklanmaktadır. %1 oranında pirina tozu kullanımının yapısal olarak hamurda daha iyi özellikler sağladığı, daha yüksek oranda kullanımlarında ise besin ve sağlık faydası sağlasa da hamur yapısını olumsuz etkilediği açıklanmıştır.

Cardinali vd. (2024) %10, 15 ve 20 düzeyinde taze, 6 ay soğukta (4 °C) veya dondurarak (-20 °C) muhafaza edilmiş siyah zeytin pirinasını yumuşak (tip 0) ve tam buğday unu ekmeklerine eklemişlerdir. Fenolik madde, antioksidan aktivite ve spesifik hacim üzerine pirinanın depolama koşullarının veya konsantrasyonunun etkisinin olmadığını belirtmişlerdir. %20 pirina içeren ekmeklerin belirgin şekilde koyu renkte olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca taze pirina içeren ekmeklerde terpenoidler, ketonlar ve aldehitler tanımlanırken, dondurarak muhafaza edilmiş pirinanın eklendiği ekmekler taze ekmeğe benzer uçucu bileşen profiline sahip olmuştur. Soğukta depolanan zeytin posası içeren ekmeklerde ise alkoller (çoğunlukla etanol), asitler, esterler ve asetatlar saptanmıştır.

Azadfar vd. (2023) enzim-destekli ekstraksiyon (α -amilaz, proteaz, amiloglukosidaz ve sellülaz; inkübasyon: 4.5 sa, 40 °C) ile yağsız pirinadan elde ettikleri diyet lifi fraksiyonunu %5, 10 ve 15 düzeyinde “naan barbari” (iran ekmeği) ekmeğine eklemişlerdir. Diyet lifi oranı arttıkça ekmeklerde belirgin olarak koyu renk saptanırken, su tutma kapasitesi ve nem miktarı artmış; pişme kaybı, yumuşaklık derecesi, gözeneklilik ve spesifik hacim ise azalmıştır. Tüm ekmeklerde DSC ile geniş endotermik geçiş pikleri gözlenirken pik sıcaklığı (T_p) diyet lifi konsantrasyonu ile artmıştır. Genel olarak, diyet lifi (%5, 10 ve 15) ile takviye edilen ekmeklerin arasında %10'luk takviyenin fiziksel, tekstürel ve duyuşal özellikler üzerinde herhangi bir olumsuz etkisi olmadığı kaydedilmiştir. Başka bir çalışmada Selim vd. (2020) araştırmalarında kullandıkları pirinanın büyük miktarda lif içerdiğini ve taze pirinanın %20.37 g ham lif içeriğinin %40.7'si kadarının selüloz olduğunu açıklamışlardır. Bu pirinadan izole ettikleri selüloz fraksiyonunun (%2, 4 ve 6) tost ekmeklerinde kullanımı diyet lifi artışına paralel

olarak hamurda su tutma kapasitesini ve hamur gelişim süresini arttırmıştır. %2 pirina selüloz fraksiyonu ilavesi, kontrol numunesi ile karşılaştırıldığında tost ekmeklerinin tekstürünü etkilemiş ve kabul edilebilirliğini arttırmıştır.

Trindade vd. (2023) kurutulmuş pirina tozunun bisküvilere %10 oranında eklenmesinin %4.29 ve %20 oranında eklenmesinin %8.52 daha fazla diyet lifi sağladığını belirlemiştir. Ayrıca, pirina tozunun bisküvilere eklenmesinin (%10 ve 20) lipit ve mineral içeriğini de artırdığını belirtmişlerdir. Ayrıca bisküvilere kazandırdığı tekstür ve kırılabilirliğin yanı sıra pişirmeden kaynaklanan kayıp da azalmıştır. %10 pirina eklenen bisküvinin fizikokimyasal ve duyuşal açıdan %20 pirina tozu içeren bisküviye kıyasla daha iyi olduğu belirlenmiştir.

Cedola vd. (2020) ekmek ve makarna hamuruna su yerine ultrafiltrasyon ile elde edilen karasu konsantratını veya kurutulmuş pirinadan hazırlanmış %10'luk (w/w) sulu çözeltisini eklemişlerdir. Ekmek ve makarnanın karasu ile zenginleştirilmesinin, duyuşal özelliklerden ödün vermeden ekmekte kimyasal kaliteyi biraz iyileştirdiğini gösterirken, pirina kullanımı ile kimyasal kalite önemli ölçüde artarken, pirinanın acı ve baharatımsı tadı nedeniyle duyuşal kabul edilebilirliği daha kötü olmuştur. Zeytinyağı yan ürünlerinin yeniden kullanılması açısından ekmeğin makarnadan daha iyi bir gıda olacağını vurgulamışlardır.

Benzer şekilde, Cecchi vd. (2019) pirina etanol ekstraktı tozunun ekmek (%5), makarna (%7) ve granolada (%5) kullanımını incelemişlerdir. Pirinanın makarna ve ekmeğin görünümünü güçlü bir şekilde etkilediğini; ekmeğin ve granola barın acılığını artırdığını, ancak makarnada bu etkilerin olmadığını göstermişlerdir. Granola bar, muhtemelen içeriğinin daha karmaşık olması nedeniyle genel olarak daha az etkilenmiştir. Merkezi lokasyon duyuşal testine göre, 175 kişilik değerlendirme sonucu her üç gıdanın hem kontrol hem de fonksiyonel numuneleri genel olarak iyi kabul edilmiş; yalnızca fonksiyonel makarnanın görünümüne ilişkin ortalama beğeni "ne beğendim ne de beğenmedim" kriterinin altına düşmüştür.

Simsek ve Süfer (2022) kurutulmuş pirina tozunun (%5, 7.5 ve 10) mayalı buğday ve tam buğday unlu galetelerde toplam fenolik ve antioksidan aktiviteyi artırdığını bildirmişlerdir. %10 oranında kullanımının galetelerde renk, tat, aroma, görünüm ve genel kabul edilebilirlik açısından daha düşük puanlara sahip olduğunu, %7.5 oranında kullanımının ise duyuşal olarak tüketilebilir ve galeta formülasyonu için optimum düzeyde olduğunu belirtmişlerdir.

Souza vd. (2022) kurutulmuş pirina tozu (%0 – 50), sızma zeytinyağı (%0 – 50) ve hidrolize soya proteini (%0 – 25) miktarı sırasıyla buğday unu, hidrojene bitkisel yağ ve sakkarozun kısmi ikamesi olarak muffinlere eklemişlerdir. Muffinlerde yüzey yanıt yöntemi kullanarak spesifik hacim, pH, titrasyon asitliği, renk ve tekstür profili ile eklenen bu gıda bileşenlerinin optimum miktarlarını pirina unu %38.0, zeytinyağı %3.75 ve %4.05 hidrolize soya proteini olarak belirlemişlerdir.

Balli vd. (2021) dondurarak kurutulmuş pirina tozu (%7) eklenen makarnaları incelemişlerdir. Pişmemiş makarnalarda hidroksitirozol, tirozol ve toplam fenollerin geri kazanımı sırasıyla %9.4, 17.9 ve 11.1 iken, pişmiş makarnada sırasıyla %9.7, 13.5 ve 10.4 olarak belirlenmiştir. Ayrıca makarnanın lif içeriğinin pirina tozu katkısıyla 3.5 g/100 g olduğunu saptamışlardır.

Balbinot-Filho vd. (2022) çekirdeği alınmış ve kurutulmuş pirina tozunun mısır ve/veya pirinç unu içeren glütensiz keklerde ksantan gam ile birlikte kullanımını araştırmışlardır. Böylece glütensiz keklerde diyet lifi, yağ, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite değerleri artmıştır. Glütensiz keklerde ksantan gamı ilavesi (%0.25 w/w) kek yapısını iyileştirmiş, rengi etkilemiş ve kırıntı sertliğinin azaltılmasına yardımcı olmuştur.

Caponio vd. (2022) glütensiz galeta hamuruna kurutulmuş pirina (%1) eklenmesinin ve laktik asit bakterileriyle fermantasyonun (12 ve 20 saat) toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve nişasta hidrolizi veya glisemik indeksini düşürdüğünü, 12 saat fermantasyon uygulanan galetalara pirinanın eklenmesinin daha belirgin etkilere neden olduğunu bildirmişlerdir. Benzer bir çalışmada De Gennaro vd. (2022) kurutulmuş pirinanın (%1, 2 ve 3) galetaya eklenmesinin daha yüksek yağ, nem ve kül içeriği sağladığını, %3'den daha çok lif sağladığından “lif kaynağı” olarak etiketlenebilecek bir ürün olabileceğini vurgulamışlardır. Pirina tozu eklenmesiyle toplam fenolik madde ve antioksidan aktivitenin arttığını, sertliğin ise azaldığını kaydetmişlerdir. Ayrıca lipit oksidasyonunun azaldığını gösteren aldehitlerde ve Maillard ürünlerinde (Sticker aldehitler, pirazinler, furanlar, ketonlar) belirgin azalma olduğu tespit edilmiştir.

Fırıncılık ve buğday-bazlı ürünler dışında Akçiçek vd. (2022) serbest veya enkapsüle formunda (enkapsülasyon materyali: roka tohumu veya chia tohumu gamı) pirina metanol ekstraktı (%0.5, 1 ve 1.5) içeren yumurtasız vegan mayonezleri araştırmışlardır. Mayonezlerde enkapsüle formun daha yüksek

indüksiyon periyodu sağlarken, emülsiyon stabilite ve kapasitesini de arttırdığı gözlenmiştir. %1 oranında pirina ekstraktının roka tohumu gamıyla enkapsülasyonu ile mayonezin duysal özellikleri, genel kabul edilebilirliği ve benzer mikroyapısal ve reolojik özellikleriyle kontrol örneğine en yakın deneme olduğu görölmüştür. Diğer bir çalışmada ise Ribeiro vd. (2021c), pirinanın kurutulmuş sulu fazı (%1) ile çekirdeği uzaklaştırılmış kurutulmuş pirina pulpu (%2) tozlarının %5 oranında zeytinyağı ile beraber fermentasyon öncesi yoğurtlara eklenmesinin “diyet lifi kaynağı” olabilecek düzeyde lif sağladığını (her bir 100 kcal’de >1.5 g lif) ve 120 g yoğurt için 5 mg hidrokstirozol ve türevleri içerdğini bildirmişlerdir.

Pirinanın doğrudan veya farklı fraksiyonlarının bileşiminin tanımlanması ve her açıdan sağlık etkilerinin değeriendirilmesi çalışmaları gıda bileşeni olma potansiyelini ortaya koymaktadır. Bunun yanında gıda matriksi içerisinde pirinanın kullanımının gıdaya ait duysal ve tekstürel özelliklerinin de değeriendirilmesi gerekmektedir. Böylece gıda bileşeni olarak kullanılma potansiyeli pirinanın gıda kalitesine olumsuz etkisinin minimum düzeyde olmasına bağıdır. Literatürden anlaşıldığı üzere kullanıldığı gıdanın matriksine bağı olarak belli bir düzey üzerinde pirina kullanımı, duysal ve tekstürel özellikleri olumsuz etkileyebilmektedir. Kullanılacağı üründeki miktarının önemli olduğu görölmektedir.

Bu yüksek lisans tezinin amacı kurutulmuş pirinanın (i) biyoaktif bileşiklerin stabilitesi ve mikrobiyolojik güvenliği dikkate alınarak düşük maliyetli bir kurutma işleminin seçilmesi; (ii) küçük çekirdek parçalarının uzaklaştırılması, (iii) pirina tozunun bazı özelliklerinin belirlenmesi ve (iv) seçilmiş bir gıada gıda bileşeni olarak kullanılmasıdır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Zeytin pirinası NovaVera Gıda ve Tarım San. Tic. A.Ş. (Ayvalık, Balıkesir) zeytinyağı fabrikasından 2023-2024 zeytinyağı sezonunda üretim sırasında temin edilmiştir. 5 litrelik pet şişelerdeki pirinadan fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizler için numune alındıktan sonra zaman geçirmeden -18°C'deki derin dondurucuda bekletilmiştir. Pirinanın mikrobiyolojik kalitesini belirlemek için toplam aerobik bakteri ve koliform bakteri ile toplam maya-küf analizleri yapılmıştır (Halkman, 2019). Toplam mezofilik aerobik bakteri sayısının belirlenmesinde Plate Count Agar (PCA), koliform bakteri tayininde Violet Red Bile Agar (VRBA) ile maya-küf sayımında Yeast Extract Glucose Chloramphenicol (YGC) Agar besiyerleri kullanılmıştır. Örneklerden aseptik koşullarda 10 g tartılarak, 90 mL %0.85'lik fizyolojik tuzlu su ile karıştırılmıştır. Analizler için uygun dilüsyonlar hazırlandıktan sonra yayma kültür yöntemine göre ekimler yapılmıştır. Maya-küf analizinde 25°C'de 3-5 gün inkübasyon sonucunda oluşan koloniler sayılmıştır. 3 kob/g düzeyinde maya-küf belirlenmiştir. Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımında 28°C'de 24-48 saat, koliform sayımında 37°C'de 24 saat inkübasyon sonrasında koloni tespit edilememiştir (Halkman, 2019). Elde edilen sonuçlara göre pirinanın mikrobiyel açıdan güvenilir olduğu düşünülmektedir.

Kurabiye yapımında kullanılan margarin, ayçiçek yağı, buğday unu, yumurta, tuz, pudra şekeri, kabartma tozu, vanilya ve sirke yerel marketten temin edilmiştir. DPPH reaktifi, kafeik asit (%98, 398225), kateşin hidrat (%98, C0625) Sigma-Aldrich (St Louis, ABD) firmasından alınmıştır. Analizlerde kullanılan diğer tüm kimyasallar analitik özellikte olup Merck (Darmstadt, Almanya) firmasından sağlanmıştır.

3.2 Zeytin Pirinasının Tepsili Kurutucuda Kurutulması ve Kurutma Kinetiği

3.2.1 Kurutma İşlemi ve Örnek Alma

Kurutma işleminden bir gün önce zeytin pirinası derin dondurucudan çıkarılarak buzdolabında çözündükten sonra tezgâh üzerine alınarak oda sıcaklığına gelmesi sağlanmıştır. Kurutmada BAİBÜ Gıda Mühendisliği AR-GE

laboratuvarında bulunan EKSİS Endüstriyel Tepsili Kurutma Sistemi (Türkiye) kullanılmıştır (Fotoğraf 3.1.). 45x45 cm boyutlarındaki delikli metal tepsinin üzerine yağlı pişirme kâğıdı koyulmuş, 30x35 cm boyutlarında ve 1 cm yüksekliğinde olacak şekilde pirina pişirme kağıdına yayılmıştır ve kurutma kabinine tepsi yerleştirilmiştir.



Fotoğraf 3.1. Tepsili kurutma makinesi dış (solda) ve iç (sağda) görünümü.

Kurutma işlemi 10 devir, 1.5 m/s hava akış hızında farklı sıcaklıklarda (60, 70 ve 80°C) uygulanmıştır. 15 veya 30 dak aralıklarla pirina numuneleri alınarak Precisa XM 60 marka (Precisa Gravimetrics AG, Switzerland) nem tayin cihazında nem ve kuru madde miktarları belirlenmiştir. Nem tayin cihazı sonuçlarına göre sabit kuru madde (km) (yaklaşık %99) değerine ulaşıncaya kadar kurutma işlemine devam edilmiştir. Ayrıca alınan numunelerin nem tayini Binder ED115 (Binder, Almanya) marka etüvde 105°C’de sabit tartıma gelinceye kadar petri kaplarında kurutma yapılarak da belirlenmiştir. Desikatörde soğuduktan sonra hassas terazide 0.0001 g hassasiyetle tartılarak % nem ile % km miktarları hesaplanmıştır. Her kurutma sıcaklığında kurutma süresine karşılık gelen % nem değerleri grafiğe geçirilmiştir. Kurutma işlemi iki tekrarlı gerçekleştirilmiştir.

3.2.2 Kurutma Kinetiğinin İncelenmesi

Kinetik hesaplamalar için pirinanın başlangıç nemi, kütle kayıpları ve son nemine ilişkin deneysel veriler, boyutsuz nem oranının (MR) belirlenmesinde kullanılmıştır. MR ve t eğrisi (kurutma eğrisi) oluşturmak amaçlı, farklı yarı teorik ve ampirik modellerden altısı bu çalışmada kullanılarak yorumlanmıştır. Tablo 3.1.’de kullanılan matematiksel modeller verilmiştir.

Tablo 3.1. Matematiksel kurutma modelleri.

Model İsmi	Eşitlik	Referans
Newton/Lewis	$MR = \exp(-kt)$	(Lewis, 1921)
Page	$MR = \exp(-kt^n)$	(Page, 1949)
Henderson-Pabis	$MR = a \exp(-kt)$	(Henderson, 1961)
Logaritmik	$MR = a \exp(-kt) + c$	(Yagcioğlu vd., 1999)
Midilli	$MR = a \exp(-kt^n) + bt$	(Midilli vd., 2002)

Deneyssel olarak elde edilen MR ve t değerlerine göre deneyssel ve matematik modeli ile tahmin edilen (teorik) MR değerleri arasındaki farkların karelerinin toplamını en aza indirebilecek model parametreleri, Excel Professional Plus 2021 yazılımının (Microsoft, ABD) 'Çözücü' aracında uygulanan “Açılım” algoritması kullanılarak belirlenmiştir. Deneyssel istatistik parametreleri olan hata karelerinin toplamı (SSE) Denklem 3.1, hata karelerinin karekökü (RMSE) Denklem 3.2, toplam kareler toplamı (SST) Denklem 3.3, regresyon katsayısı (R^2) Denklem 3.4, ki-kare değeri (χ^2) ise Denklem 3.5 ile hesaplanmıştır.

$$SSE = \sum_{i=1}^n (MR_{Di} - MR_{Ti})^2 \quad (3.1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{SSE}{n}} \quad (3.2)$$

$$SST = \sum_{i=1}^n (MR_{Di} - MR_O)^2 \quad (3.3)$$

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SST} \quad (3.4)$$

$$\chi^2 = \sum \frac{(MR_{Di} - MR_{Ti})^2}{MR_{Ti}} \quad (3.5)$$

n: Veri noktalarının toplam sayısı,

MR_{Di} : Deneyssel olarak belirlenen MR değerleri,

MR_O : Deneyssel olarak belirlenen MR değerlerinin ortalaması,

MR_{Ti} : Matematik modeli tarafından tahmin edilen teorik MR değerleri,

SSE: Hata karelerinin toplamı,
SST: Toplam kareler toplamı,
RMSE: Kök ortalama kare hatası,
 χ^2 : Ki-kare değeri.

3.2.3 Etkin Yayılma Katsayısı (D_{eff}) ve Aktivasyon Enerjisinin (E_a)

Hesaplanması

İkinci Fickian difüzyon modeli denkleminin iki analitik çözümü etkin yayılma katsayısını (D_{eff} , m^2/s) hesaplamak için kütle transferinin tek boyutlu olduğu kabul edilerek kullanılmaktadır. Dış direncin ihmal edilmesiyle uzun kurutma süresinde nem içeriği numune boyunca uniform olarak kabul edilmiştir.

Farklı süre (300, 240 ve 165 dak) ve sıcaklıklarda (60, 70 ve 80°C) yapılan kurutma işlemlerine ait veriler (etüvde nem tayin sonuçları) kullanılarak kurutma kinetik modeli ve “etkin yayılma katsayısı” (D_{eff} , m^2/s) Denklem 3.6 ve 3.7 ile belirlenmiştir (Baldán vd., 2023; Göğüş ve Maskan, 2006).

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} \quad (3.6)$$

$$MR = \frac{8}{\pi} \exp\left(\frac{-\pi^2 D_{eff} t}{4 L^2}\right) \quad (3.7)$$

M_t , M_e ve M_0 : t anındaki nem miktarı, analiz sonunda ulaşılan denge nemi ve başlangıçtaki nem miktarı,

t: Kurutma süresi (dak),

L: kurutma levhasının kalınlığı (m).

Denklem 3.7'nin doğrusallaştırılması yoluyla belirlenen “etkin yayılma” hesabı için MR değerinin zamana (t) göre grafiği çizilmiştir. Grafiği bir değere ayarlayarak eğim için elde edilen değerin satırında D_{eff} 'i tanımlanmıştır.

Etkin yayılma katsayısındaki değişim (D_{eff}) Arrhenius tipi bir denklemle aktivasyon enerjisi hesaplanarak açıklanmaktadır (Denklem 3.8). Denklem 3.8'in doğal logaritması alınarak Denklem 3.9'da olduğu gibi lineerleştirilmiştir. Aktivasyon enerjisi, $\ln(D_{eff})$ 'in $1/T$ 'ye karşı çizilmiş Arrhenius grafiğinin eğiminden hesaplanmıştır. Eğrinin eğimi $-E_a/RT$ 'dir ve kesişme noktası $\ln(D_0)$ şeklinde bulunmuştur (Nsibi ve Lajili, 2023).

$$D_{\text{eff}} = D_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (3.8)$$

$$\ln(D_{\text{eff}}) = \ln(D_0) - \frac{E_a}{RT} \quad (3.9)$$

D_0 : Arrhenius denkleminin m²/s cinsinden üssel faktör

E_a : Aktivasyon enerjisi (kJ/mol)

R : Gaz sabiti, 8.314 kJ/(mol K)

T : Kelvin cinsinden kurutma sıcaklığıdır.

3.2.4 80°C’de Kurutma Sırasında Toplam Fenolik Madde, Flavonoid Miktarları ve Antiradikal Aktivitedeki Değişim

Farklı sıcaklıklarda farklı sürelerde yapılan kurutma işlemlerinde kurutma süresince (çekirdekler ile birlikte) alınan numunelerin nem ve kuru madde içeriklerindeki değişime ek olarak; en kısa sürede tamamlanan (165 dak) 80°C’deki kurutma sırasında “3.6 Farklı Sıcaklıklarda Kurutulmuş Pirinaların Biyoaktif Özelliklerinin Belirlenmesi” başlığında belirtildiği gibi toplam fenolik madde ve flavonoid miktarları ile antiradikal aktivitedeki (DPPH radikali ile) değişimler de zamana bağlı olarak incelenmiştir.

3.3 Farklı Sıcaklıklarda Kurutulmuş Toz Pirinaların Analizler için Hazırlanması

Kurutulmuş pirinalar kahve değirmeninde öğütüldükten sonra elenmiştir. Elek üstünde kalan çekirdek parçaları uzaklaştırılarak toz ürünün tek düze partikül boyutuna sahip olması sağlanmıştır. Elekten geçen kısım ise çeşitli analizlerde kullanılmıştır.

3.4 Farklı Sıcaklıklarda Kurutulmuş Toz Pirinaların Bileşimlerinin Belirlenmesi

3.4.1 Nem İçeriği

Nem miktarını belirlemek için AOAC (2005) metodu (945.39A) kullanılmıştır. Örnekler (2-3 g) 105±2°C’de sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuş ve işlem sonunda tekrar tartılmıştır. Kurutma işleminde gerçekleşen ağırlık kaybı başlangıçta tartılan örnek miktarına oranlanmış ve yüzde (%) nem miktarı hesaplanmıştır. Nem içeriğinden yararlanılarak toplam % kuru madde miktarı belirlenmiştir.

3.4.2 Çözünür Kuru Madde Miktarı

Refraktometre kullanılarak çözünür kuru madde (briks) oranları 20°C’de saptanmıştır. Bu amaçla öncelikle toz pirina 1:10 (w/v) oranında su ile seyreltilmiştir.

3.4.3 Kül Miktarı

AOAC (2005) metodu temel alınarak kül miktarı (923.03) belirlenmiştir. Numuneler poreselen krozeye tartıldıktan sonra (2-3 g) 550-600°C’de 6 saat yakılmıştır. İşlem sonunda kroze kalan külün miktarı belirlenerek, başlangıçta tartılan toz pirina miktarına oranlanmış ve yüzde (%) kül miktarı hesaplanmıştır.

3.4.4 Yağ Miktarı

Ham yağ (920.39C) miktarı AOAC (2005) metoduna göre belirlenmiştir. Toz pirina (5 g) filtre kağıdı içine tartılmıştır. Soxhlet ekstraksiyon düzeneği ve balon ısıtıcı kullanılarak geri soğutucu altında n-hekzan ile 6 saat ekstraksiyon yapılmıştır. Çözücü vakum altında 40°C’de döner buharlaştırıcı kullanılarak uzaklaştırılmıştır. İşlem sonunda balondaki kalıntı yağ miktarı başlangıçta tartılan örnek miktarına oranlanarak yüzde yağ miktarı (%) hesaplanmıştır.

3.4.5 Ham Protein Miktarı

Dumas yöntemine göre Leco Protein Analyzer FP2000 (LECO Corporation, St. Joseph, MI) kullanılarak Bursa Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nde protein tayini yapılmıştır. Toz pirina (0.1 g) veya öğütülerek toz haline getirilmiş yağsız kurabiyeler (0.2 g) örnek kabına tartıldıktan sonra numune yuvasına yerleştirilmiş ve 900°C’de oksijen gazı varlığında yakılmıştır. Yakma sırasında gaz fazına geçen bileşikler filtrelerden geçirilmiştir. Gaz formuna geçen azot, helyum gazı ile termal iletkenlik dedektörüne taşınmıştır. Dedektör ile saptanan azot, protein faktörü (6.25) ile çarpılarak % ham protein mikarı hesaplanmıştır. Pirinanın nem içeriği yüksek olduğu için protein miktarının saptanmasında öncelikle etüvde kurutulmuştur.

3.4.6 Besin Değerinin Hesaplanması

Toz pirinaların besin değerini belirlemek amacıyla kül, nem, yağ, ham protein içerikleri “3.4 Farklı Sıcaklıklarda Kurutulmuş Toz Pirinaların Bileşimlerinin Belirlenmesi” başlığında anlatıldığı gibi analiz edilmiştir. Elde

edilen sonuçlara göre farklı sıcaklıklarda kurutulmuş pirinaların besin değerleri (cal/100 g) Denklem 3.10'a göre hesaplanmıştır.

$$\text{Besin Değeri} \left(\frac{\text{cal}}{100\text{g}} \right) = (\text{HY} \times 9) + (\text{HP} \times 4) + [(100 - \text{HY} - \text{HP}) \times 4] \quad (3.10)$$

HY: Ham yağ miktarı (g/100 g),

HP: Ham protein miktarı (g/100g).

3.4.7 Besinsel Lif Miktarı

Pirina tozlarının içerdiği besinsel lif miktarları “Megazyme (International Ireland Ltd., İrlanda) Toplam Besinsel Lif Tayin Kiti” kullanılarak gravimetrik olarak AACC International Metod 32-05.01'e göre tespit edilmiştir (AACC, 2000). Pirina tozlarının yağ miktarı %10'un üzerinde olduğu için petrol eteri kullanılarak yağı uzaklaştırılmıştır. Pirinada ise yağın uzaklaştırılmasına gerek duyulmamıştır. Analiz sırasında sırasıyla ısıya dayanıklı α -amilaz, proteaz ve amiloglukosidaz kullanılarak nişasta, protein ve diğer karbonhidratların parçalanması ve hidrolize olması sağlanmış ve ardından %95'lik etanol kullanılarak diyet lifi çöktürülmüştür.

Karışım 0.25 g celite içeren darası alınmış cam krozeler kullanılarak vakum altında filtre edilmiştir. Kalıntı sırasıyla %78'lik etanol, %95'lik etanol ve aseton ile yıkanmıştır. Bu işlemde sonra cam krozeler etüvde 103°C'de kurutulmuş, tartılarak ham diyet lifi miktarı hesaplanmıştır. Krozeler kül fırınında tutulduktan sonra kül düzeltmesi yapılmış ve örneğin 100 g kuru maddesinde bulunan besinsel lif miktarları belirlenmiştir (Denklem 3.11). İki tekrarlı denemelerin ortalaması alınmıştır.

$$\text{Toplam Diyet Lifi (\%)} = 100 \times \frac{\text{Düzeltilmiş ham besinsel lif miktarı}}{\text{Başlangıçtaki örnek miktarı}} \quad (3.11)$$

3.5 Taze ve Farklı Sıcaklıklarda Kurutulmuş Toz Pirinaların Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi

3.5.1 Su Aktivitesi ve pH Ölçümü

Taze pirinanın ve pirina tozlarının su aktiviteleri 20°C'de su aktivite ölçüm cihazı (Novasina-Labmaster, İsviçre) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

1:10 (w/v) oranında su ile karıştırılan toz örneklerin pH değerleri Orion Star A111 pH metre ile (Thermo Scientific, ABD) ölçülmüştür. Taze pirinanın pH değeri numune içine prob daldırılarak ölçülmüştür.

3.5.2 Titrasyon Asitliği

Titration asitliği (942.15) AOAC (2005) metoduna göre belirlenmiştir. 0.1 g örnek üzerine 20 mL su eklendikten sonra çalkalanmış ve fenolftalein eşliğinde 0.01 N NaOH ile titre edilmiştir. Harcanan NaOH hacimden yararlanılarak % sitrik asit cinsinden asitlik Denklem 3.12'ye göre hesaplanmıştır.

$$\text{Titration Asitliği (\%)} = \frac{V \times N \times E}{W} \quad (3.12)$$

V: Titration için harcanan NaOH miktarı (mL),

N: NaOH'ın normalitesi (0.01 N),

E: Sitrik asidin eşdeğer ağırlığı (19.21 g/mol),

W: Örnek miktarı (g).

3.5.3 FTIR ile Bağ Yapılarının İncelenmesi

Elde edilen toz pirinaların kurutma ile bağ yapılarında gerçekleşen değişimi belirlemek için, FTIR cihazı (Bruker Alpha, ABD) ve universal attenuated total reflectance (ATR) platinum diamond kullanılarak 650-4000 cm^{-1} dalga sayısı aralığında 4 cm^{-1} çözünürlükte spektrumları elde edilmiştir.

3.5.4 Mikroskop Görüntüsü

Farklı sıcaklıklarda kurutulan pirina tozlarının partikül dağılımı ve mikroskop altındaki görünümü Olympus BX53 ışık mikroskopunda kamera kullanılarak, 4x ve 10x objektifler ile incelenmiştir.

3.5.5 Renk Analizi

Renk tayini kalibre edilmiş kromametre cihazı (Konica Minolta, CR-400, Japonya) kullanılarak CIE-L* (aydınlık/karanlık), a* (kırmızı/yeşil) ve b* (sarı/mavi) renk sistemi ile üç farklı okuma yapılarak ölçülmüştür. Elde edilen toz pirinalara ait toplam renk farkı (ΔE) Denklem 3.13 (Romankiewicz vd., 2017) ve esmerleşme indeksi Denklemler 3.14 ve 3.15 (Karacabey vd., 2020) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\Delta E = \sqrt{(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2} \quad (3.13)$$

$$x = \frac{a^* + 1.75 L^*}{5.645 L^* + a^* - 3.012 b^*} \quad (3.14)$$

$$\text{Esmerleşme İndeksi (BI)} = \frac{[100 (x - 0.31)]}{0.17} \quad (3.15)$$

ΔE ve BI: Mutlak renk farkı ve esmerleşme indeksi,

L_1 , a_1 ve b_1 : Taze pirinanın renk değerleri,

L_2 , a_2 ve b_2 : Kurutulmuş pirinaların renk değerleri.

3.6 Farklı Sıcaklıklarda Kurutulmuş Pirinaların Biyoaktif

Özelliklerinin Belirlenmesi

Fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu için 5 g pirina tozu tartılarak üzerine 20 mL pH'si 2 olan asitlendirilmiş %80'lik metanol:su (v/v) karışımından eklenmiştir. Karışım 3 dak 12500 rpm'de homojenizatörde karıştırılmıştır. Daha sonra 4000 rpm'de 15 dak santrifüj edilmiş ve üst faz alınmıştır. Kalan sediment üzerine tekrar 20 mL pH değeri 2 olan asitlendirilmiş %80'lik metanol: su (v/v) karışımı eklenerek aynı karıştırma ve santrifüj işlemlerinden geçirilerek elde edilen üst faz alınmıştır. Üst fazlar birleştirilerek filtre kağıdından süzölmüştür. Ardından üzerine 20 mL hekzan eklenerek yağı ekstrakte edilmiştir. Üstte toplanan hekzan fazı pipet yardımıyla uzaklaştırılmış, alt kısımda kalan sulu faz %80'lik metanol: su (v/v) karışımı ile 50 mL'ye tamamlanmıştır. Ekstrakt renkli şişeye aktarıldıktan sonra analizler gerçekleştirilene kadar bozdolabında (+4°C) saklanmıştır. Elde edilen bu fenolik ekstraktlar hem pirina tozlarının hem de kurutma sırasında 80°C'de 15 dak aralıklarla alınan kurumuş pirina (çekirdekli) numunelerinin toplam fenolik madde ve toplam flavonoid miktarı ile DPPH-radikali indirgeme gücünü belirlemek için kullanılmıştır.

3.6.1 Toplam Fenolik İçeriğinin Belirlenmesi

Toplam fenolik madde miktarı Folin-Ciocalteu ayracı kullanılarak Gutfinger (1981)'e göre belirlenmiştir. Deney sırasında 0.3 mL fenolik ekstraktı alınarak üzerine seyreltilmiş (1:10, v/v) Folin-Ciocalteu reaktifinden 1.5 mL eklendikten sonra, çalkalanarak 3 dak karanlıkta bekletilmiştir. Reaksiyonu durdurmak için %7.5 konsantrasyondaki Na_2CO_3 çözeltisinden 1.2 mL eklenmiştir. Üzerine 7 ml damıtık su eklenerek hacim 10 mL'ye tamamlanmıştır. İyice

çalkalandıktan sonra numuneler oda sıcaklığında 1 saat karanlıkta bekletilmiştir. Süre sonunda çözeltilerin absorpsansı UV-VIS spektrofotometrede (Shimadzu, UV 1700, Japonya) 765 nm dalga boyunda şahit denemeye karşı okunmuştur. Şahit denemede ekstrakt yerine asitlendirilmiş %80'lik metanol:su (v/v) karışımı kullanılmıştır.

Farklı konsantrasyonlardaki kafeik asit standart çözeltilerinin (10-140 mg/L) aynı koşullarda analizi gerçekleştirilerek kalibrasyon grafiği çizilmiştir. Kalibrasyon doğrusunun denklemi kullanılarak ($y = 3.7917x + 0.0071$, $R^2 = 0.9976$) numunelerdeki toplam fenolik madde miktarları kafeik asit eşdeğeri (KAE) olarak cinsinden mg KAE/g km şeklinde hesaplanmıştır.

3.6.2 Toplam Flavonoid Miktarının Belirlenmesi

Dewanto vd. (2002)'nin uyguladıkları metot kullanılmıştır. Analiz sırasında 0.25 mL fenolik ekstrakt, 1.25 mL ultra saflıkta su ve 75 µL NaNO₂ çözeltisi (%5, w/v) sırasıyla bir tüpe alınmıştır. 6 dak bekletilen karışım üzerine 150 µL AlCl₃.6H₂O çözeltisi (%10, w/v) eklenmiştir. 5 dak daha bekletilen karışıma 0.5 mL 1 M NaOH çözeltisi eklenmiştir. Ardından toplam hacim 2.5 mL'ye tamamlanmıştır ve her kimyasal çözelti eklenen aşamada yaklaşık 5 saniye vortekslenmiştir. Şahit denemede ekstrakt yerine aynı hacimde asitlendirilmiş %80'lik metanol: su (v/v) karışımı kullanılmıştır. Numunelerin 510 nm'de UV-VIS spektrofotometrede (Shimadzu, UV 1700, Japonya) absorpsans değerleri ölçülmüştür.

Farklı konsantrasyondaki (+)-kateşin çözeltilerine (0.02-0.10 mg/mL) karşılık gelen absorpsans değerleri grafiğe geçirilerek kalibrasyon grafiği ($y = 4.1525x - 0.0075$, $R^2 = 0.9997$) hazırlanmıştır. Kalibrasyon doğrusu denklemi ile örneklerle ait sonuçlar bir gram ekstrakt için mg (+)-kateşin eşdeğeri olarak (mg KE/g km) hesaplanmıştır.

3.6.3 Antiradikal Aktivitenin Belirlenmesi

Stabil 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) serbest radikallerini indirgeme gücüne dayanarak antiradikal aktivite analizi bazı modifikasyonlar uygulanarak Brand-Williams vd. (1995)'e belirlenmiştir. Şişeye 50 µL ekstrakt alınarak üzerine 0.1 mM konsantrasyondaki DPPH çözeltisinden 4.95 mL eklenmiştir. Kapak kapatıldıktan sonra 30 dak karanlıkta bekletilmiştir. Şahit denemede ekstrakt yerine 50 µL asitlendirilmiş %80'lik metanol:su (v/v) karışımı kullanılmıştır. Süre sonunda metanole karşı şahit ($A_{\text{Şahit}}$) ve fenolik ekstraktların (A_{Ekstrakt}) 517 nm'de

absorbans değerleri UV-vis spektrofotometrede (Shimadzu, UV 1700, Japonya) okunmuştur. Yüzde inhibisyon değerleri Denklem 3.16'ya göre hesaplanmıştır.

$$\text{DPPH Radikali İnhibisyonu (\%)} = \left(\frac{A_{\text{şahit}} - A_{\text{Ekstrakt}}}{A_{\text{şahit}}} \times 100 \right) \quad (3.16)$$

Farklı konsantrasyonlardaki troloks standartları (0.25-2.5 mM) kullanılarak bu standartlar için de deney tekrarlanmıştır. 517 nm'deki absorbans okumaları sonunda farklı konsantrasyondaki standart çözeltiler için yüzde inhibisyon değerleri hesaplanmıştır. Troloks konsantrasyonuna karşılık yüzde inhibisyon değerleri grafiğe geçirilerek bir kalibrasyon doğrusu hazırlanmıştır ($y=22.755+1.123x$, $R^2=0.9986$). Kalibrasyon doğrusunun denkleminden taze pirina ve toz pirinalarda antioksidan aktivite $\mu\text{mol TE/g km}$ olarak, kurabiye numunelerinde ise $\mu\text{mol TE/kg km}$ şeklinde verilmiştir.

3.7 Toz Pirinaların Teknofonksiyonel Özelliklerin Belirlenmesi

3.7.1 Suda Çözünürlük İndeksi

Suda çözünürlük indeksi analizi Youssefi vd. (2009)'e göre belirlenmiştir. Yaklaşık 1.5 g örnek (M_{Pirina}) bir santrifüj tüpünde tartılmıştır ve 35 mL su eklenmiştir. Karışım 1 dak vortekslelendikten sonra 37 °C'de 30 dak bekletilmiştir ve ardından 3500 rpm'de 20 dak santrifüjlenmiştir. Sıvı kısım alınarak etüvde 105°C'de sabit tartıma gelinceye kadar kurutulmuş ve kalıntı ağırlığı ($M_{\text{Süpernatant}}$) kaydedilmiştir. Suda çözünürlük indeksi Denklem 3.17'ye göre hesaplanmıştır.

$$\text{Suda Çözünürlük İndeksi (\%)} = \frac{M_{\text{Süpernatant}}}{M_{\text{Pirina}}} \times 100 \quad (3.17)$$

3.7.2 Higroskopiklik

Vakumlu desikatörün içine doymuş (%75'lik) NaCl çözeltisi (500 mL) konmuştur. Desikatör içine delikli tablası yerleştirildikten sonra, darası alınmış küçük kurutma kaplarına tartılan 1 g toz pirina numuneleri desikatör tablasına yerleştirilmiştir. Bir hafta sonunda pirina tozu numuneleri tekrar tartılmıştır. Toz pirinalardaki ağırlık kazanımı dikkate alınarak birim numune ağırlığı başına (% ağırlık artışı/g pirina) hesaplama yapılmıştır (Calabuig-Jiménez vd., 2022).

3.7.3 Su ve Yağ Bağlama Kapasitesi

Örneklerin su bağlama kapasiteleri Ogunwolu vd. (2009) tarafından önerilen yöntem baz alınarak belirlenmiştir. Yaklaşık 0.1 g pirina tozu darası bilinen bir tüp içerisine tartılmıştır (M_{Pirina}) ve 1 mL su ile karıştırılmıştır. Daha sonra tüp içeriği 1800 rpm’de 20 dak boyunca santrifüjlenmiştir. Süpernatant uzaklaştırıldıktan sonra tüpler 45° açıyla 10 dak bekletilmiştir, biriken su dökülerek ardından tartılmıştır (M_{Son}). Ağırlık farkından bağlanan su miktarı hesaplanmıştır. Su bağlama kapasitesi Denklem 3.18’e göre hesaplanmıştır.

Pirina numunelerinin yağ tutma kapasitesi deneyinde yaklaşık 0.2 g örnek (M_{Pirina}) 1.5 g ayçiçeği yağı ile karıştırılmıştır. 12 saat oda sıcaklığında bekletildikten sonra 1500 x g de 5 dak santrifüj edilmiştir. Süpernatant kısmı uzaklaştırıldıktan sonra kalıntı tartılmıştır. Numunenin ağırlık kazanımı şeklinde (M_{Son}) yağ tutma kapasitesi hesaplanmıştır (Calabuig-Jiménez vd., 2022). Su ve yağ bağlama kapasitesi Denklem 3.18’e göre hesaplanmıştır.

$$\text{Su veya Yağ Bağlama Kapasitesi (g/g)} = \frac{M_{\text{Son}}}{M_{\text{Pirina}}} \quad (3.18)$$

3.8 Zeytin Pirina Tozu Katkılı Kurabiyelerin Üretimi ve İncelenmesi

3.8.1 Kurabiye (Tatlı-Tuzlu) Üretimi

Farklı sıcaklıklarda (60, 70 ve 80°C) ve farklı sürelerde (300, 240 ve 165 dak) kurutulan öğütülmüş ve elenmiş olan pirinaların biyoaktif bileşenleri (toplam fenolik madde ve flavonoid miktarları) ile antiradikal aktivitelerinde istatistiksel olarak önemli bir değişim gözlenmemiştir ($p>0.05$). Bu nedenle kurutma süresi en kısa olan 80°C’deki pirina tozu kullanılarak kurabiye denemeleri yapılmasına karar verilmiştir.

Hazırlanan kurabiyelere ait formülasyon; margarin, ayçiçeği yağı, buğday unu, pudra şekeri, kabartma tozu, vanilya, sirke ve tuz kullanılarak birkaç deneme yapılarak belirlenmiştir ve kurabiye hamuruna ait temel formül Tablo 3.2.’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Hazırlanan kurabiyelerin formülasyonu.

Bileşen	Miktar (g)
Margarin (%70 yağ)	250
Ayçiçek Yağı	180
Buğday unu	840
Pudra Şekeri	32
Kabartma Tozu	20
Vanilya	20
Sirke	16
Tuz	10

Öncelikle yumuşatılmış margarin ve sıvı yağ homojen olarak karıştırılmıştır. Üzerine yumurta, pudra şekeri, sirke, tuz eklenerek karıştırmaya devam edilmiştir. Un, vanilya ve kabartma tozu da eklendikten sonra homojen bir hamur elde edilene kadar yoğurulmuştur. Elde edilen hamur 4 eşit parçaya bölünerek hamurun ağırlığıyla yer değiştirerek %1, 2 ve 3'ü oranında toz pirina koyulmuştur. 4. parçaya ise herhangi bir katkı eklenmeden, kontrol olarak kullanılmıştır. Pirina eklenen hamurlar tekrar homojen bir karışım için yoğurulmuştur. Son olarak, elde edilen tüm hamurlar merdane ile 0.5 cm kalınlığında açılmıştır ve yıldız şeklindeki (çap, 4 cm ve yükseklik, 0.5 cm) kurabiye kalıbı ile aynı boyutlarda kurabiyeler hazırlanmıştır. Kurabiyeler yağlı kağıt serilmiş fırın tepsisine yerleştirilerek 170°C'de 15 dak pişirilmiştir. Her bir kurabiye iki tekrarlı olarak hazırlanmıştır.

3.8.2 Kurabiyelerin Bileşimlerinin Belirlenmesi

Kurabiyelerin bileşimini belirlemek amacıyla kül, nem, protein ve yağ içerikleri “3.4 Farklı Sıcaklıklarda Kurutulmuş Toz Pirinaların Bileşimlerinin Belirlenmesi” başlığında anlatıldığı gibi analiz edilmiştir.

3.8.3 Kurabiyelerin Kabarma Oranı ve Pişme kaybı

Piştirildikten sonra fırından çıkarılan kurabiyelerin oda sıcaklığına kadar soğuması (30 dak) sağlanmıştır. Kurabiyelerin pişirme öncesi ve sonrası kurabiyelerin kalınlığı cetvel yardımıyla ölçülmüştür ve ağırlığı tartılmıştır. Pişirme sırasında olası kabarma oranı kurabiye hamurun kalınlığı ile kurabiyelerin piştikten sonraki kalınlığı kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar % olarak ifade edilmiştir.

Pişirme sırasında olası pişme kaybı kurabiye hamurun ağırlığı ile kurabiyelerin piştikten sonraki ağırlığı kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar % olarak ifade edilmiştir.

3.8.4 Kurabiyelerin Renk Analizi

Renk tayini kalibre edilmiş kromametre cihazı (Konica Minolta, CR-400, Japonya) kullanılarak CIE-L* (aydınlık/karanlık), a* (kırmızı/yeşil) ve b* (sarı/mavi) renk sistemi ile üç farklı okuma yapılarak ölçülmüştür. Kontrol kurabiye ile farklı oranlarda toz pirina eklenmiş kurabiyelerin arasındaki toplam renk farkı (ΔE) “3.5. Renk Analizi” başlığında anlatıldığı gibi Denklem 3.13 (Romankiewicz vd., 2017) ve esmerleşme indeksi Denklem 3.14 ve 3.15 (Karacabey vd., 2020) kullanılarak hesaplanmıştır.

3.8.5 Kurabiyelerin Tekstür Analizi

Pirina tozunun kurabiyelerin sertlik ve kırılabilirlik değerleri üzerine etkisini belirlemek için tekstür analizi uygulanmıştır. Örneklerin tekstür analizleri Yenilikçi Gıda Teknolojileri Geliştirme Uygulama ve Araştırma Merkezi (YENİGIDAM)’nde bulunan tekstür analiz cihazı (TA.HD Plus, Stable Micro Systems, Surrey, İngiltere) kullanılarak yapılmıştır (Fotoğraf 3.2.).



Fotoğraf 3.2. Tekstür analiz cihazı (solda) ve tekstür analizi görseli (sağda).

Ölçümlerde 30 kg *load cell* ile 3 noktalı bükme probu (three point bend ring) ve HDP/3BP (heavy duty platform) platformu kullanılmıştır. İki platformun orta noktaları arası mesafe 2.4 cm olarak ayarlanmıştır. Yıldız şeklindeki kurabiyeler bu platform üzerine konmuştur. Ölçüm sırasında ön prob hızı 1 mm/s, test hızı 3 mm/s ve test sonrası hız 10 mm/s, mesafe 5 mm ve tetik tipi (kuvvet) 50 g ayarlanmış, örnekler üzerine indirilerek kırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Cihazda sertlik (hardness, g), kırılabilirlik (fracturability, mm, distance) değerleri

belirlenmiştir. Elde edilen kuvvet-deformasyon eğrisinde maksimum kuvvet sertlik, maksimum kuvvetin görüldüğü deformasyon değeri ise kırılmalılık ile ilişkilendirilmiştir. Ölçümler 3 kez tekrar edilip sonuçlar elde edilen değerlerin ortalaması şeklinde verilmiştir.

3.8.6 Kurabiyelerin Duyusal Analizi

Duyusal analizler Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi KYK yurdunda ikamet eden 20-24 yaşlarındaki lisans öğrencilerinden 20 panelist seçilerek yapılmıştır. Panelistler ön bir eğitim ve bilgilendirme sonrasında kurabiyelerin duyusal analizini yapmışlardır. Duyusal özelliklerin belirlenmesi amacıyla 9 puanlık hedonik skala kullanılmıştır. Rastgele servis edilen kurabiye örnekleri renk, koku, lezzet/tat, görünüş, gevreklik, tekstür (sertlik), çiğneme ve yutma, yüzey düzgünlüğü, ağızda dağılma ve genel kabul edilebilirlik bakımından değerlendirilmiştir (Tablo 3.3.). Panelistler örnekler arasında su içerek ağızlarını temizlemişlerdir.

Tablo 3.3. Duyusal analiz değerlendirme formu.

Bu çalışmada zeytin pirinası içeren kurabiye formülasyonu geliştirilmiştir. Kurabiye örneklerine ait özellikleri aşağıda verilen puan sistemine göre (1-9 skalasında) değerlendiriniz. Her özellik için duyusal özelliklere puan veriniz. 9 Puan: Mükemmel, 8 puan: Çok iyi, 7 Puan: İyi, 6 Puan: İyinin altı, 5 Puan: Orta, 4 Puan: ortalama altı, kötünün üstü, 3 Puan: Kötü, 2 Puan: Çok kötü, 1 Puan: Son derece kötü				
Duyusal Özellikler	Örnek Kodları (rastgele 3 haneli kodlar)			
Renk				
Koku				
Lezzet/Tat				
Görünüş				
Gevreklik				
Tekstür (Sertlik)				
Çiğneme ve Yutma				
Yüzey Düzgünlüğü				
Ağızda Dağılma				
Genel Kabul Edilebilirlik				
Yorum				

3.8.7 Kurabiyelerin Biyoaktif Özelliklerinin Belirlenmesi

Kurabiyeler fenolik ekstraktları hazırlamak üzere kahve değirmeninde öğütülmüştür. Daha sonra “3.6 Farklı Sıcaklıklarda Kurutulmuş Pirinaların

“Biyoaktif Özelliklerinin Belirlenmesi” ve “3.6.1 Toplam Fenolik İçeriğinin Belirlenmesi” başlığında belirtildiği gibi fenolik ekstratlar elde edilmiş ve bu fenolik ekstraktlarda toplam fenolik madde miktarı belirlenmiştir.

Toplam flavonoid miktarı ile DPPH-radikalini süpürme gücünün belirlenmesi için farklı bir ekstraksiyon işlemi uygulanmıştır. Fenolik maddelerin ekstraksiyonunda 10 g öğütülmüş kurabiye alınarak üzerine 40 mL n-hekzan eklenerek yağı ekstrakte edilmiştir. Bu amaçla manyetik karıştırıcı kullanılarak 500 rpm’de 20 dak karıştırılmıştır. Kaba filtre kağıdından süzildükten sonra süzüntü alınmıştır. Kalan tortu üzerine aynı hacimde n-hekzan eklenerek yağ ekstraksiyonu 3 defa tekrarlanmıştır. Hekzan oda sıcaklığında buharlaştırıldıktan sonra kurumuş olan tozdan 1.75 g alınmıştır. Üzerine çözücü olarak 5 ml %80’lik metanol:su eklendikten sonra karıştırılmış, ultrasonik su banyosunda 15 dak bekletilmiştir. Ardından 6000 rpm’de 15 dak santrifüj edilmiştir. Üst faz alınarak kalıntıya tekrar 5 ml %80’lik metanol:su eklenmiştir. İkinci bir ekstraksiyon daha uygulanmıştır. Filtrasyon sonrası elde edilen ekstrakt 8 mL’ye tamamlanmıştır. Flavonoid miktarının tayininde de aynı ekstrakt kullanılmıştır. Ekstraktlar “3.6.2 Toplam Flavonoid Miktarının Belirlenmesi” ve “3.6.3 Antiradikal Aktivitenin Belirlenmesi” başlıklarında belirtildiği gibi analiz edilmiştir.

3.9 İstatistiksel Analiz

Kurutma işlemi ve kurabiye denemeleri iki tekrarlı olarak uygulanmıştır. Toz pirinaların ve kurabiyelerin çeşitli fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Toplam fenolik madde, flavonoid ve antioksidan aktivite analizleri üç tekrarlı, diğer analizler ise iki tekrarlı olarak yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde verilmiştir. Verilerin değerlendirilmesinde SPSS Statistics Version 23 (IBM, ABD) istatistik programı kullanılmıştır. Normal dağılım gösteren değerlere tek yönlü ANOVA testi ve Duncan post hoc testleri uygulanmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Zeytin Pirinasının Kurutma Kinetiği ve Efektif Kurutma Değeri

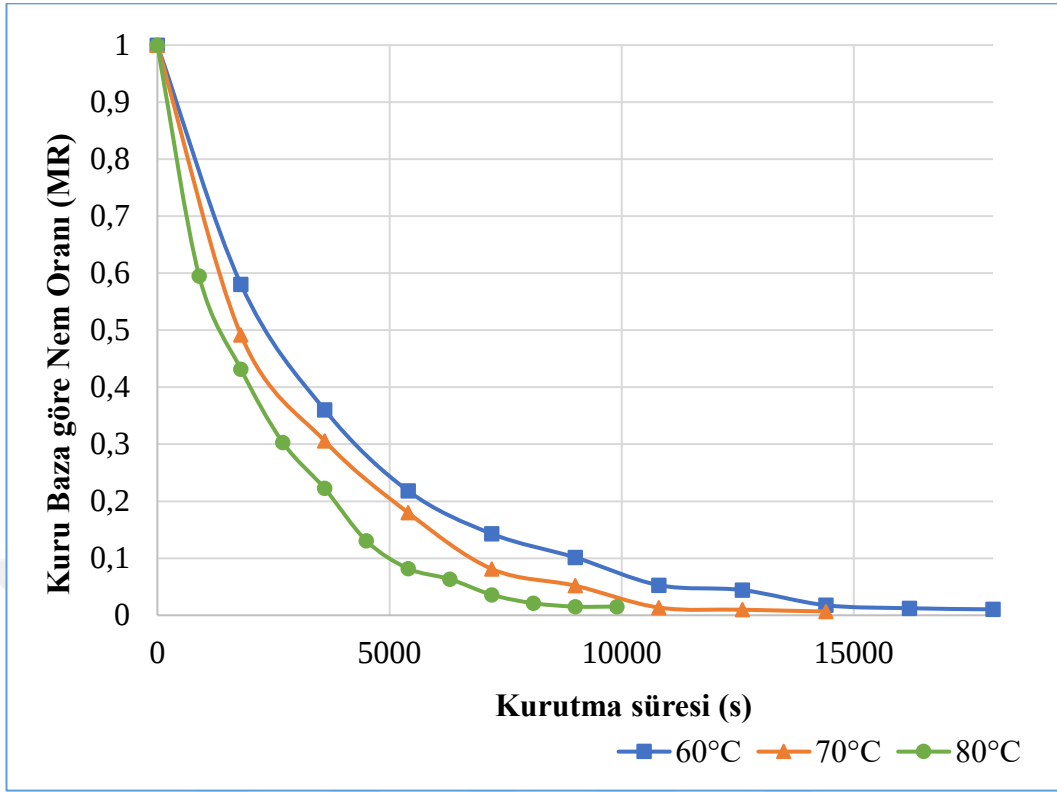
Kurutma öncesi ve sonrası pirinaya ait görseller Fotoğraf 4.1.'de belirtilmiştir. Farklı sıcaklıklar (60, 70 ve 80°C) kullanılarak uygulanan kurutma işleminde ulaşmak istenen nem değerine (<%4) ulaşmak için kurutma süreleri farklı olmuştur ve sırasıyla 60, 70 ve 80°C için 300, 240 ve 165 dak olarak kaydedilmiştir. Kurutma işlemi 10 devir, 1.5 m/s hava akış hızında farklı sıcaklıklarda (60, 70 ve 80 °C) uygulanmıştır. En kısa kurutma süresinin en yüksek sıcaklıkta gerçekleşmesi ısı transfer hızının ve suyun kütle transferinin daha hızlı olmasından kaynaklanmaktadır (Baysan vd., 2022). Benzer olarak Göğüş ve Maskan (2006) taze pirinanın tepsili kurutucuda 6-12 mm kalınlıkta 1.5 m/s hava hızında kuruma süresinin 80°C için 140 ile 65 dakika, 70°C için 170 ile 80 dakika ve 60°C için 240 ile 125 dakika arasında değiştiğini belirtmiştir.



Fotoğraf 4.1. Kurutma öncesi (solda) ve kurutma sonrası (sağda) pirina.

Pirinanın tepsili kurutucuda farklı sıcaklıklarda kurutulması sırasında zamana bağlı nem oranındaki (MR, kuru madde esas alındığında) değişimi gösteren kurutma grafiği Şekil 4.1'de verilmiştir.

Kurutma işleminin ilk 60 dakikasında 60, 70 ve 80°C'lerde pirinadaki nemin sırasıyla %32.03, 37.61 ve 47.08'lik kısmının uzaklaştığı görülmektedir. Diğer bir deyişle kurutma sıcaklığı arttıkça birim zamanda uzaklaşan nem miktarı da artmıştır. Böylece 60°C'den 80°C'ye artan sıcaklık ile pirinadaki suyun buharlaşma hızı artmış ve kurutma süreci hızlanmıştır.



Şekil 4.1. Farklı sıcaklıklarda kurutulan taze pirinanın zamana bağlı kuru madde bazına göre nem oranı (MR).

Kurutma modellerinin değerlendirilmesiyle tahmin edilen zamana bağlı ayrılabilir nem oranlarına ilişkin regresyon katsayısı (R^2), ki-kare değeri (χ^2), hata karelerinin toplamı (SSE) ve hata karelerinin karekökü (RMSE) gibi istatistiksel parametreler Tablo 4.1.'de verilmiştir. Bu matematiksel modellemeler Fick'in ikinci difüzyon yasasından türetilen yarı teorik modellerdir. Kurutma kinetiğinin matematiksel olarak incelenmesi, kurutma işlemlerinin verimliliğini ve maliyet etkinliğini sağlamaya yardımcı olmakta ve ürün kalitesini artırmaktadır (Ross vd., 2020).

R^2 , deneysel verilerin matematiksel denklemlerle ne kadar iyi uyum sağladığını gösteren bir parametredir. Kusursuz uyum, korelasyon katsayısının 0.9990-1'e eşit olduğu durumdur, diğer bir deyişle bağımlı değişken olan nem miktarındaki varyansın %99.90-100'ünün belirlenen model tarafından açıklandığı anlamına gelmektedir. χ^2 değeri ise modelin gözlenen veriler ile beklenen (model tarafından tahmin edilen) veriler arasındaki uyumunu göstermektedir. Diğer bir

yandan, düşük SSE veya RMSE değerleri ise modelin tahmin edilen gerçek değerlere yakın olduğunu ve hata miktarının düşük olduğunu ifade etmektedir.

Tablo 4.1. Kurutma kinetiği için kullanılan matematiksel modeller, kurutma sabitleri ve istatistiksel verileri.

Model	Sıcaklık	Model Sabitleri (k, n, a, b, c)	χ^2	R ²	SSE	RMSE
Newton	60	$k=2.8021 \times 10^{-4}$	0.0179	0.9986	0.0014	0.0371
	70	$k=3.4747 \times 10^{-4}$	0.0159	0.9963	0.0032	0.0188
	80	$k=4.6206 \times 10^{-4}$	0.0175	0.9943	0.0057	0.0175
Page	60	$k=5.3019 \times 10^{-4}$ $n=0.9224$	0.0059	0.9997	0.0003	0.0051
	70	$k=7.6838 \times 10^{-4}$ $n=0.9040$	0.0259	0.9979	0.0019	0.0259
	80	$k=10.9688 \times 10^{-4}$, $n=0.8914$	0.0235	0.9972	0.0028	0.0154
Henderson and Pabis	60	$k=2.7729 \times 10^{-4}$ $a=0.9891$	0.0153	0.9987	0.0012	0.0106
	70	$k=3.4329 \times 10^{-4}$ $a=0.9874$	0.0153	0.9965	0.0030	0.0182
	80	$k=4.5010 \times 10^{-4}$ $a=0.9736$	0.0140	0.9952	0.0049	0.0201
Logaritmik	60	$k=2.8726 \times 10^{-4}$ $a=0.9823$ $c=0.0106$	0.0136	0.9991	0.0009	0.0089
	70	$k=3.4621 \times 10^{-4}$ $a=0.9855$ $c=0.0027$	0.0182	0.9966	0.0030	0.0182
	80	$k=4.5908 \times 10^{-4}$ $a=0.9701$ $c=0.0059$	0.0163	0.9952	0.0048	0.0199
Midilli	60	$k=0.0232$ $n=0.2980$ $a=1.0245$ $b=9.2372 \times 10^{-6}$	0.0401	0.9774	0.0218	0.0445
	70	$k=0.2969$ $n=0.1385$ $a=1.0064$ $b=2.7882 \times 10^{-5}$	0.0024	0.9645	0.0308	0.0585
	80	$k=0.0024$ $n=0.7966$ $a=1.0147$ $b=0.0000$	0.1099	0.9947	0.0020	0.0129

Verilere göre, her bir modelin R², χ^2 , SSE ve RMSE değerlerine bakarak en uygun modeli belirlemek mümkündür. Bu çalışmada R² değerleri 60°C için 0.9916-

0.9997, 70°C için 0.9963-0.9998 ve 80°C için 0.9943-0.9972 aralığında değişmektedir. Aynı sıcaklık için R^2 değerleri birbirine oldukça yakın olduğu için, sadece bu değerlere dayanarak hangi modelin en uygun olduğunu belirlemek zor olabilmektedir. Bu durumda, diğer ölçütler olan χ^2 , SSE ve RMSE değerlerine de incelemek faydalı olabilmektedir.

60°C için Page modeli, en yüksek R^2 (0.9997), en düşük SSE (0.0003) ve RMSE (0.0051) değerlerine sahiptir. 70°C için Page matematiksel modeli en yüksek R^2 değerine (0.9979) sahip olup ve SSE (0.0019) ile RMSE (0.0259) değerleri de oldukça düşüktür. 80°C için ise Page matematiksel modeli en yüksek R^2 değerine (0.9972) ve diğer modellerden daha düşük SSE (0.0028) ve RMSE (0.0154) değerlerine sahiptir. Özetle, tüm sıcaklıklar için Page modeli, en yüksek R^2 ve düşük hata değerleriyle genel olarak en iyi uyumu sağlamakta ve taze pirinanın 60, 70 ve 80°C kurutulmasında Page modeline ait için χ^2 değerleri sırasıyla 0.0059, 0.0259 ve 0.0235 olup kabul edilebilir düzeydedir. Tüm parametreleri genel olarak değerlendirdiğimizde Page modelinin genel performans açısından en iyi doğruluğa sahip model olduğu görülmektedir.

Kurutma sıcaklığına göre pirinadaki nem içeriği ve nemin dağılımı değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle kurutma kinetiği ve verilerle elde edilen matematiksel modeller farklı olabilmektedir. Daha yüksek sıcaklıklarda nemin buharlaşma hızı artmakta, bu da kurutma eğrilerinde farklılıklara neden olmaktadır. Page modeli, kurutma işleminin başlangıcında hızlı bir şekilde nem kaybı yaşandığını, ancak zamanla kurutma hızının azaldığını öngörmektedir. Page modelinde, k parametresi numunenin “difüzyon” katsayısı, n parametresi ise difüzyon tipini ve gıda mikro yapısını gösterir ($n = 1$ saf difüzyon (Fickian), $n > 1$ anormal süper difüzyon ve $n < 1$ anormal alt difüzyon) (Simpson vd., 2017). Bu çalışmada taze pirinanın kurutulmasında bütün sıcaklıklarda elde edilen Page modeline ait n değeri $n < 1$ olduğundan anormal alt difüzyon söz konusudur. Matias vd. (2023) sabit yataklı kurutucuda kurutulan soya fasulyesinin, kurutma koşullarının daha verimli hale gelecek şekilde optimize edilebileceğini güçlü bir şekilde gösteren bir alt yayılma davranışı gösterdiğini belirtmişlerdir. Böylece bu çalışmada daha düşük sıcaklıkta (60°C) $n=1$ ’e alt difüzyondan Fickian difüzyona ($n=1$) geçiş söz konusudur.

Ross vd. (2020) farklı kurutma sıcaklıkları (50, 60 ve 70°C) ve posa tipleri (üzüm, kızılırcık, iki farklı yaban mersini) ile kurutma yükü yoğunlukları (2.1 veya

4.2 kg/m²) uygulandığında Page modelinin en uygun matematiksel model olduğunu bildirmişlerdir.

Doğrusal bir regresyon analizi kullanılarak Denklem 3.6'de kullanılan Ln (MR) değerinin zamana bağlı grafiği elde edilmiştir. Logritmik kurutma eğrilerinin eğimleri ile D_{eff} değerleri belirlenmiş ve farklı sıcaklıklarda R^2 değerleri hesaplanmıştır (Tablo 4.2.). Elde edilen sonuçlara göre R^2 değerleri 0.9866 ile 0.9930 arasında değişmiştir. Her bir 10°C'lik kurutma sıcaklığındaki artışın D_{eff} değerlerini arttırdığı ve en yüksek değer 80°C'ye ait olduğu saptanmıştır.

Tablo 4.2. Kurutma prosesi etkili yayılma katsayısı.

Sıcaklık (°C)	Etkili yayılma katsayısı (D_{eff} , 10 ⁻⁸ m ² /sn)	R^2	Aktivasyon Enerjisi (E_a , kJ/mol)	D_0 (10 ⁻⁵ m ² /sn)	R^2
60	1.0524	0.9930	26.5965	15.9176	0.9798
70	1.4887	0.9866			
80	1.8104	0.9923			

Göğüş ve Maskan (2006) 6, 9 ve 12 mm kalınlıkta 1.5 m/s hava hızında tepsili kurutucuda 60, 70 ve 80°C'de kuruttukları taze pirinanın D_{eff} değerlerinin artan numune kalınlığı ve hava sıcaklığıyla birlikte arttığını ve $1.84-3.94 \times 10^{-7}$ m²/s aralığında olduğunu bildirmişlerdir. Aktivasyon enerjisini ise 6, 9 ve 12 mm kalınlıklarda sırasıyla 25.4, 25.7 ve 29.2 kJ/mol olarak hesaplamışlardır. Bu değerler bizim çalışmamızdaki 26.5965 olarak hesaplanan E_a değerine benzer olmuştur. Maamar vd. (2023) farklı basınç (-130, -200 ve -250 mbar) ve kalınlıkta (5, 10 ve 15 mm) vakum kurutma ile elde ettikleri pirina tozlarının D_{eff} değerlerini $3.37657 \times 10^{-9} - 4.03063 \times 10^{-6}$ m²/s arasında hesaplamışlardır. Diğer bir çalışmada Akgun ve Doymaz (2005) 50-110 °C'lerde, 8 mm kalınlığında ve 1.2 m/s hava akış hızında kabin kurutucuda kurutulan zeytin pirinası için en uygun modelin logaritmik model olduğunu, D_{eff} değerlerinin 0.3 ile 1.1×10^{-8} m²/s arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Kurutma işlemi için aktivasyon enerjisini 17.97 kJ/mol olarak bulmuşlardır. Nsibi ve Lajili (2023) ise pirinanın sıcak hava tüneli ile kurutulduğunda farklı kurutma hızları (1, 1.5 ve 2 m/s) ve sıcaklıklarda (60, 80 ve 100°C) D_{eff} değerlerinin $4.88-11.01 \times 10^{-7}$ m²/s arasında değiştiğini saptamışlardır. Bu çalışmaya benzer şekilde D_{eff} değerlerinin uygulanan sıcaklık ile arttığını belirtmişlerdir. Kurutmada hava hızının 1 ve 1.5 m/s olduğu koşullarda, E_a

değerlerini sırasıyla 25.3 ile 15.1 kJ/mol ve D_0 değerlerini 28.15×10^{-4} ile $115.20 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{sn}$ olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmalarda kurutulan biyokütle bu çalışmadaki gibi zeytin pirinası olsa da uygulanan kurutma yöntemi veya koşullarının farklı olması nedeniyle farklı D_{eff} , E_a ve D_0 değerleri elde edilmiştir.

Uygulanan kurutma sıcaklığının pirinanın biyoaktif bileşenleri üzerine etkilerini de göz önünde bulundurmak gereklidir. Kurutma, pirinanın raf ömrünü ve mikrobiyal kalitesini arttırmak için uygulanan bir işlemdir. Düşük sıcaklıkta kurutma, pirinanın besin değerini korurken, işlem süresini uzatabilir. Buna karşılık, yüksek sıcaklıkta kurutma, işlem süresini kısaltırken besin değerinde kayıplara yol açabilir. Özellikle kullanılan yüksek kurutma sıcaklıkları termal olarak hassas bileşiklerin bozunmasına yol açabilir, bu da pirinanın antioksidan özelliklerini, genel besin profilini ve fonksiyonel özelliklerini olumsuz yönde etkileyebilir. Bu nedenle, pirinanın fonksiyonel özelliklerinin maksimum olduğu, enerji sarfiyatının ve işlem süresinin minimum olduğu ideal kurutma koşullarının belirlenmesi gerekmektedir.

Baysan vd. (2022) pirinanın kurutulması için en ideal koşulların, 85.2°C sıcaklık, 1.72 m/s hava akış hızı ve 0.5 cm numune kalınlığı şeklinde olduğunu bildirmişlerdir. Numune kalınlığının kurutma süresini ve enerji tüketimini doğrudan etkilediğini ve kurutmada 0.5 cm kalınlığın kullanılmasının, hava akımının pirinanın her noktasına ulaşmasını sağlayarak, iç ve dış bölgeler arasında nem dengesizliğini önlediğini vurgulamışlardır. Böylece, ısı ve kütle transferinin etkin olması ve kurutma sürecinin materyalin her yerinde eşit bir şekilde gerçekleşmesi sağlanmıştır.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında farklı sıcaklıklarda kurutulmuş pirinanın kurutma sıcaklığı ile ilişkili olarak biyoaktif özellikleri, fonksiyonel özellikleri ve besinsel bileşimi de incelenmiştir.

4.2 80°C 'de Kurutma Sırasında Toplam Fenolik Madde, Flavonoid Miktarları ve Antiradikal Aktivitedeki Değişim

80°C 'de kurutulan pirinaların toplam fenolik madde, toplam flavonoid ve antiradikal aktivitesindeki değişimler 165 dakika kurutma süresi boyunca 15 dakikada bir numune alınarak belirlenmiştir (Tablo 4.3.). Kurutma işleminin biyoaktif bileşenler üzerine etkisinin önemli olduğu görülmüştür. Kurutmanın ilk 15 dakikası içerisinde toplam fenolik madde içeriğinde %50.82 ve antiradikal aktivitede %65.48 oranında düşme gerçekleşmiştir ($p < 0.05$). Toplam flavonoid

içeriği ise ilk 15 dakika içerisinde bir miktar artış gösterebilir, 30. dakikadan sonra çok az değişim gözlenmiştir. 80°C’de tüm kurutma işlemi süresince pirinanın yaklaşık olarak toplam fenolik madde içeriği %67, toplam flavonoid içeriği %59 ve antiradikal aktivitesi %72 oranında düşmüştür.

Tablo 4.3. 80°C’de kurutulmuş toz pirinaların biyoaktif özellikleri.

Süre (dak)	Toplam Fenolik Madde (mg KAE/g km)	Toplam Flavonoid (mg KE/g km)	Antiradikal Aktivite (μmol TE/g km)
0	12.22±0.25 ^a	2.66±0.59 ^a	92.50±3.51 ^a
15	6.01±0.08 ^b	2.94±0.70 ^a	31.93±1.91 ^c
30	5.66±0.19 ^c	1.61±0.28 ^{bc}	21.42±0.34 ^{ef}
45	3.95±0.21 ^f	1.52±0.34 ^{bc}	16.09±0.28 ^g
60	4.44±0.47 ^e	1.95±0.13 ^b	19.49±2.61 ^f
75	4.23±0.23 ^{ef}	1.27±0.17 ^c	31.56±0.78 ^c
90	3.88±0.05 ^f	1.47±0.29 ^{bc}	20.30±1.58 ^f
105	5.02±0.03 ^d	1.45±0.22 ^{bc}	46.89±0.56 ^b
120	4.06±0.12 ^f	1.20±0.11 ^c	27.30±1.59 ^d
135	4.09±0.12 ^{ef}	1.11±0.10 ^c	34.78±2.31 ^c
150	4.14±0.09 ^{ef}	1.40±0.11 ^{bc}	24.51±2.52 ^{ed}
165	4.05±0.08 ^f	1.10±0.06 ^c	25.57±1.43 ^d

^{a-g} Aynı sütun içerisinde farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır (p<0.05).

80°C’de kurutma sırasında toplam fenolik madde, flavonoid miktarları ve antiradikal aktivitede düşüş olmuştur. Bu düşüşün sıcaklığa bağlı olarak gerçekleşen enzimatik veya enzimatik olmayan oksidasyon reaksiyonlarıyla tetiklenen termal bozulmadan kaynaklandığı düşünülmektedir. İlk 15 dakika içinde fenolik bileşikler nemin azalmasıyla birlikte hızla bozulmaktadır. Benzer şekilde bir çalışmada konvektif kurutucuda 2 m/s akış hızında farklı sıcaklıklarda (50°C, 60°C, 70°C, 80°C, 90°C) kurutulan pirinanın fenolik bileşik içeriğinin en yüksek olduğu (1910.24 mg GAE/100 g km), kurutma işleminin özellikle ilk aşamalarda belirgin bir düşüşe neden olduğu ve fenolik bileşiklerin sıcaklığa karşı duyarlılığı vurgulanmıştır (Uribe vd., 2013). Ayrıca pirinanın kurutma sıcaklığında, özellikle 70°C’nin üzerindeki bir artışın, toplam fenolik madde miktarında önemli bir kayba neden olduğunu belirtmişlerdir. Böylece 90°C’de kurutulan toz pirinanın toplam fenolik madde miktarının 185.07 mg GAE/100 g km düzeyine düştüğünü belirtmişlerdir. Fenolik bileşiklerin ısıya duyarlı olması, dehidrasyon sürecinde fenolik madde miktarında azalmaya yol açmıştır. Izli vd (2017) farklı sıcaklıklarda

(60, 70 ve 80°C) konvektif kurutucuda kivi meyvelerini kurutmuşlardır. Meyvelerin düşük sıcaklıklarda uzun süreli kurutulması sırasında fenolik madde miktarında yüksek sıcaklıklara kıyasla (80°C) daha fazla düşüş olduğunu bildirmişlerdir. Yüksek sıcaklıkta kurutma işleminin daha kısa sürmesi nedeniyle fenolik bileşiklerin daha kısa süre ısıya maruz kalması ve uygulanan yüksek sıcaklıkta fenolik bileşiklerin oksidasyonuna neden olan enzimlerin daha kolay inaktif hale gelmesi şeklinde bu sonucu yorumlamışlardır.

80°C’de kurutma süresince toplam fenolik madde miktarında ilerleyen kurutma sürelerinde artış ve azalışlar şeklinde çok az değişim gözlenmiştir. Bu durum, doğrudan ısıya maruz kalan pirina biyokütlesinde başta flavonoidler olmak üzere fenollerin parçalanma ürünlerinin (protokatekuik asit vb.) ve termal reaksiyon ürünlerinin (Maillard reaksiyonu vb.) farklı antiradikal özellik sergilemesinden ve toplam fenolik veya flavonoid içeriği tayininde birlikte tayin edilmesinden kaynaklanmaktadır (Uribe vd., 2013).

4.3 Taze ve Farklı Sıcaklıklarda Kurutulmuş Toz Pirinaların

Bileşimlerinin Belirlenmesi

Taze ve farklı sıcaklıklarda kurutulmuş pirinaların bileşimi Tablo 4.4.’de verilmiştir. Taze pirinanın kül miktarı 1.13 ± 0.05 , nem miktarı 72.78 ± 0.68 , çözünür kuru madde miktarı 9.25 ± 0.07 briks olarak belirlenmiştir. Pirinanın bileşimi, zeytinyağı üretim tekniğine, kullanılan zeytinlerin çeşidine ve iklim koşulları gibi çeşitli parametrelere bağlı olarak farklılıklar gösterir. İki fazlı dekantasyon yöntemiyle üretilen taze pirinaların nem oranı genellikle %50-70 arasında değişmektedir (Akbağ ve Çetinkeşane, 2021).

Tablo 4.4. Taze pirina ve kurutulmuş toz pirinaların bileşimi.

	Pirina	60°C	70°C	80°C
Kül (%)	1.13 ± 0.05	5.91 ± 0.23^a	5.96 ± 0.10^a	5.71 ± 0.18^a
Nem (%)	72.78 ± 0.68	3.36 ± 0.50^a	3.07 ± 0.64^a	2.92 ± 0.94^a
Çözünür Kuru Madde (Briks°)	9.25 ± 0.07	4.70 ± 0.18^a	4.75 ± 0.13^a	4.70 ± 0.18^a
Yağ (%)	8.77 ± 0.71	16.35 ± 1.36^a	16.40 ± 1.06^a	16.23 ± 0.51^a
Protein (%)	6.92 ± 1.19	5.53 ± 0.10^a	3.83 ± 0.08^b	3.41 ± 0.12^c
Besinsel lif (g/100 g km)	47.9 ± 0.23	51.85 ± 0.04^a	49.92 ± 2.30^a	51.10 ± 1.80^a
Besin Değeri (cal/100 g km)	443.85	482.45	482.00	480.40

^{a-c} Küçük harfler aynı parametre için pirina tozları arasındaki değişimi göstermektedir ($p < 0.05$).

Kurutulmuş toz pirinaların kül içerikleri %5.71-5.96 aralığında, nem içerikleri ise %2.92-3.36 aralığında olup kurutma sıcaklığının kül ve nem içeriğinde istatistiksel bir değişime sebep olmadığı görülmüştür ($p>0.05$). Kül içeriğinin taze pirinaya göre daha yüksek saptanmasının sebebi taze pirinadan uzaklaşan nem ile ilişkilidir. Kurutulmuş pirinaların çözünür kuru madde (briks°) içerikleri ise 60°C'de 4.70 ± 0.18 , 70°C'de 4.75 ± 0.13 , 80°C'de 4.70 ± 0.18 olarak saptanmıştır. Çözünür kuru madde miktarı, pirinanın kurutulması ile belirgin bir şekilde azalmıştır. Ancak farklı sıcaklıklarda kurutmanın pirina tozlarının çözünür kuru madde miktarları üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Çözünür kuru madde miktarı, kurutma işlemi sonrasında belirgin bir şekilde azalmış ve sıcaklıklar arasında önemli bir fark gözlenmemektedir ($p>0.05$).

İki fazlı pirinanın nem değerlerinin %65-50 arasında değiştiği, hibrit güneş enerjili sera kurutucusu (Abderrahman vd., 2022; Mellalou vd., 2023), vakum kurutucu (Maamar vd., 2023), tepsili kurutucu (Baysan vd., 2022), döner tamburlu kurutucu (Christofi vd., 2024) gibi farklı yöntemlerle kurutulan pirina örneklerinin nem içeriklerinin ise %4.6-8.0 değerlerine kadar düşürülebildiği bildirilmiştir. Bu çalışmalar aynı zamanda biyokütle kalınlığı, basınç veya sıcaklık gibi farklı işlem koşullarının denge nemine ulaşmadaki etkinliğini de araştırmışlardır. Farklı kurutma tekniklerinin etkinliği ile pirinanın nem içeriğini düşürme kapasitesini araştırıldığı bu çalışmalarda nem içeriği kritik seviyelerin altına indirilerek, pirinanın raf ömrünü uzatmak ve depolama sırasında mikrobiyal güvenliği sağlamak amaçlanmaktadır. Farklı kurutma yöntemlerinin ve sıcaklıklarının etkinliği üzerinde yapılan karşılaştırmalı çalışmalar, optimal kurutma koşullarının belirlenmesi için önemli olmaktadır.

Taze pirinanın yağ içeriği %8.77, kurutulmuş toz pirinaların yağ miktarları ise %16.23-16.40 olarak saptanmıştır. Farklı sıcaklıklarda kurutulan toz pirinaların yağ miktarları arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Diğer bir yandan, taze pirinanın 6.92 ± 1.19 olan protein içeriği 60°C'de kurutulduğunda daha yüksek iken (5.53 ± 0.10) sıcaklık arttıkça düşmüştür ve protein miktarları farklı sıcaklıkta kurutulan toz pirinalarda istatistiksel olarak farklı olmuştur ($p<0.05$). Yağ ve protein içeriğindeki bu değişime bağlı olarak toz pirinaların enerji değeri (480.40-482.45 kcal/100 g) taze pirinaya kıyasla (443.85 kcal/100 g) daha yüksek olmuştur.

Taze pirinada belirlenen besinsel bileşim literatür ile benzerlik göstermektedir. Simsek ve Süfer (2022) 4 gün güneşte kurutulan pirina tozunun %12.00 protein, %10.03 nem, %15.78 yağ, %4.60 kül içerdiğini bildirmişlerdir. Zhao vd. (2022) çalışmalarında iki fazlı santifüjden elde edilen pirinalarda %10.28 protein, %2.83 nem, %11.72 yağ, %9.02 kül değerleri saptamışlardır. Ribeiro vd. (2020) ise yine iki fazlı sistemden alınan dondurarak kurutulmuş pirinaların %8.75-8.82 protein, %0.93-0.98 nem, %15.61-20.04 yağ ve %4.48-4.93 kül içerdiğini tespit etmişlerdir. Dondurarak kurutma işlemi sonrası çekirdekleri uzaklaştırılmış büyük oranda pulp içeren pirina fraksiyonunun ise %7.98-8.71 protein, %0.63-0.91 nem, %14.99-21.34 yağ ve %3.11-1.97 oranında küle sahip olduğunu belirtmişlerdir. Çekirdeksiz pirinanın protein ve yağ bakımından daha zengin olduğunu vurgulamışlardır. Christofi vd. (2024) %60.36-71.92 nem içeriğine sahip olan 5 farklı taze pirinanın döner tamburlu kurutucu ile kurutulması sonrasında %9.77-15.6 yağ, ve %14.66-24.18 suda çözünür kuru madde içerdiğini belirtmişlerdir.

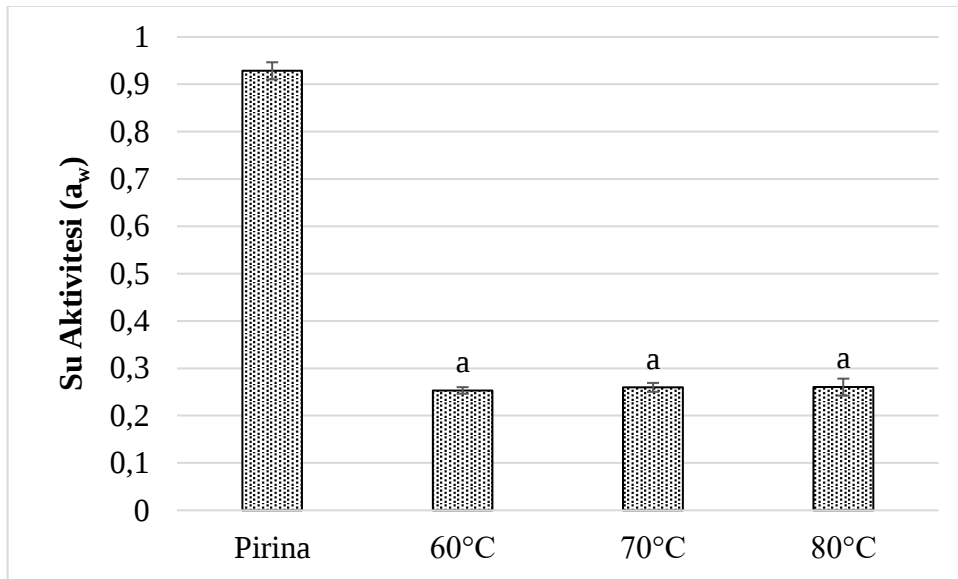
Pirinanın toplam besinsel lif içeriği 47.9 ± 0.23 g/100 g olarak belirlenmiştir. Farklı sıcaklıklarda kurutularak hazırlanan pirina tozlarının besinsel lif içerikleri ise 49.92 ile 51.85 g/100 g arasında saptanmış olup, sıcaklıkların besinsel lif içerikleri üzerine etkisinin olmadığı görülmüştür ($p > 0.05$). Hem pirina hem de pirina tozlarının besinsel lif içeriklerinin yüksek olması sağlık açısından olumlu olarak değerlendirilmiştir. Bizim çalışmamızdakine benzer şekilde Trindade vd. (2023) dondurarak kurutulmuş toz pirinaların besinsel lif içeriğini % 43.75 olarak tespit etmişlerdir. Ribeiro vd. (2020)'de dondurarak kurutulmuş pirinanın çekirdeksiz pulp fraksiyonunun 53.29-59.28 g/100 g besinsel lif içerdiğini bildirmişlerdir. Pirina ve/veya tozlarında yüksek besinsel lif içeriği ve katıdıkları gıdaların lif içeriğini artırdıkları Simonato vd. (2019), Selim vd. (2020), Gennaro vd. (2022) ve Ribeiro vd. (2021c) tarafından da bildirilmiştir.

Görüldüğü gibi taze pirinanın yüksek nem içeriği ve düşük kül miktarı, kurutma sonrası önemli ölçüde değişmektedir; nem oranı düşerken kül oranı artmaktadır. Bu durum, kurutma işleminin pirinanın nemini azaltarak raf ömrünü uzattığını ve mikrobiyal güvenliğini sağladığını ortaya koymaktadır. Farklı kurutma sıcaklıkları arasında çözünür kuru madde miktarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmaması, optimum kurutma koşullarının belirlenmesinde önemli bir bulgu sunmaktadır. Yağ ve protein içeriğindeki değişiklikler, kurutma işleminin pirinanın

besin değerini artırdığını göstermektedir. Buna benzer bulgular, farklı kurutma yöntemlerinin ve sıcaklıklarının etkinliğinin araştırılmasının, zeytin pirinasının besinsel kalitesini ve depolama ömrünü optimize etmek için kritik olduğunu vurgulamaktadır. Ek olarak, literatürdeki benzer çalışmalarla karşılaştırmalar, mevcut bulguların doğruluğunu pekiştirmektedir.

4.4 Farklı Sıcaklıklarda Kurutulmuş Toz Pirinaların Su Aktivitesi, pH'sı ve Titrasyon Asitliği

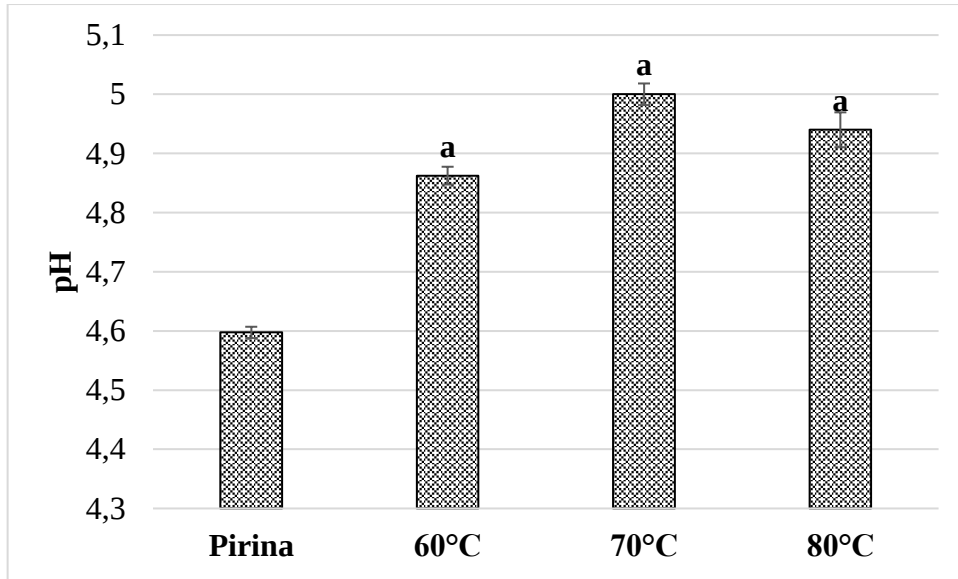
Farklı sıcaklıklarda kurutulmuş toz pirinaların a_w değeri şekil 4.2.'de belirtilmiştir. Taze pirinanın a_w değeri 0.93 ± 0.02 , pH'ı 4.6, titrasyon asitliği %0.74 olarak belirlenmiştir. Taze pirina, yüksek nem oranı, su aktivite değeri ve olası bileşenleri dikkate alındığında başta maya-küf olmakzere birçok mikroorganizma türü için ideal bir gelişim ortamı sunmaktadır. Bu nedenle, kurutma işlemleri, pirinanın mikrobiyal stabilitesini artırmak amacıyla su aktivitesini ve nem içeriğini düşürmeyi hedeflemektedir. Taze pirinanın su aktivitesi (0.93) kurutma işlemi ile 60°C, 70°C ve 80°C'de sırasıyla 0.253, 0.259 ve 0.260 seviyelerine dşmştir. Elde edilen bulgular, kurutma işleminin su aktivitesini başarılı bir şekilde düşürdüğünü ve böylece pirinanın mikrobiyal stabilitesini artırdığını göstermektedir. Taze pirina, yüksek su aktivitesi nedeniyle mikroorganizmaların gelişimi için uygun bir ortam sunarken, kurutulmuş pirinalar düşük su aktivitesi değerleri ile mikrobiyolojik güvenliği sağlamaktadır. Kurutma sıcaklıkları arasında su aktivitesi açısından anlamlı bir fark olmaması, bu sıcaklıkların hepsinin su aktivitesini mikrobiyolojik olarak güvenli seviyelere düşürmede etkili olduğunu göstermektedir.



şekil 4.2. Taze pirina ve kurutulmuş toz pirinaların su aktivitesi

Bir çalışmada farklı sürelerde (2-8 dak) mikrodalga kurutma işlemi uygulanarak taze pirinadaki su aktivitesini 0.3'ün altına (a_w :0.25-0.26) ve nem içeriğini %4'ün altına (%2.92-3.43) düşürmek amaçlanmıştır. Kurutulan taze pirinanın su aktivitesinin 0.3 değerinin altında olması mikrobiyolojik olarak güvenli olduğunu göstermektedir (Altay vd., 2023). Ahmad-Quasem vd. (2013) laboratuvar tipi basınçlı hava kurutucusu kullanarak farklı sıcaklıklarda (50-150°C) uyguladıkları kurutma işleminde su aktivitesini 0.4'ün altına düşürerek stabil bir ürün elde edilebileceğini bildirmişlerdir. Uygulanan sıcaklığın pirinanın raf ömrünü artıracak, patojen ve bozulmaya neden olan mikroorganizmaların inaktif hale gelmesini sağlayacak, kimyasal reaksiyonları sınırlayacak ve besin değerinde en az değişime neden olacak minimum düzeyde olması gerektiği belirtilmiştir. Uygun sıcaklık seçimi ile gereksiz yere uygulanacak ısı işlem süresinin kısaldığı ve biyoaktif bileşiklerin daha az ısıya maruz kalacağı rapor edilmiştir.

Taze ve kurutulmuş pirinaların pH değerleri Şekil 4.3.'de gösterilmiştir. Tüm kurutulmuş toz pirinaların taze pirinanın pH'sından (4.6) yüksek ve istatistiksel olarak farklılığın önemli olduğu saptanmıştır ($p<0.05$).

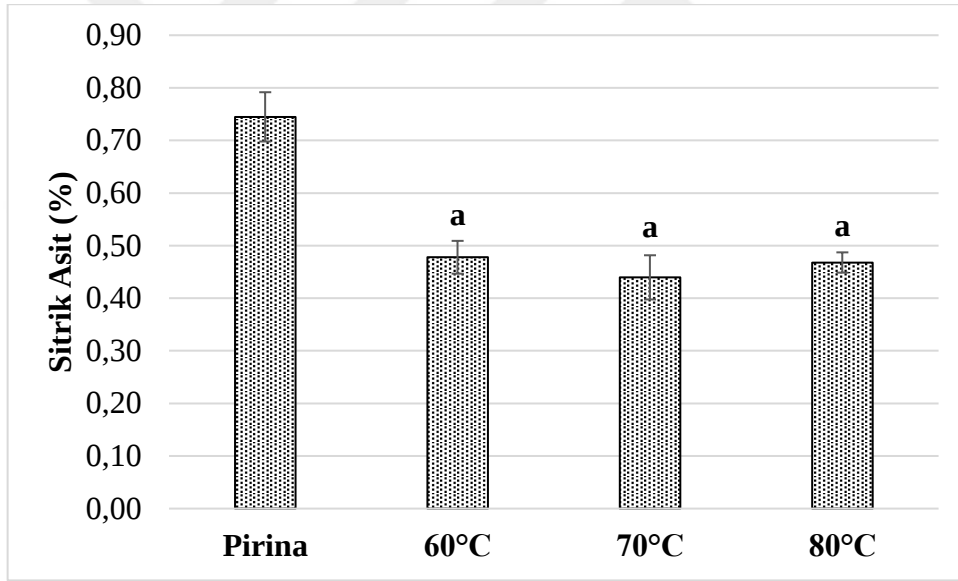


Şekil 4.3. Taze pirina ve kurutulmuş toz pirinaların pH değerleri.

Elde edilen bulgular, kurutma işleminin taze pirinanın pH değerini artırdığını ve tüm kurutma sıcaklıklarında benzer pH değerlerine ulaşıldığını göstermektedir. Kurutma sıcaklıklarının pH değeri üzerinde anlamlı bir fark

yaratmaması, bu sıcaklıkların pH değerini benzer şekilde etkilediğini göstermektedir. Simsek ve Süfer (2022) yapmış oldukları çalışmada güneşte kurutulan pirina tozunun 5.95 pH ve %0.15 sülfirik asit eşdeğeri toplam asitliğe sahip olduğunu belirtmiştir.

Şekil 4.4.'te gösterildiği gibi 60, 70 ve 80°C'de kurutulan toz pirinaların titrasyon asitliği değerleri kuru maddede sitrik asit cinsinden sırasıyla %0.45-0.48 aralığında bulunmuştur. Elde edilen değerlerin tümünün istatistiksel olarak benzer olduğu görülmüştür ($p > 0.05$). Kurutma işlemi, pirinanın titrasyon asitliğini ise önemli ölçüde azaltmıştır. Bu durum, kurutma sırasında meydana gelen ısı etkisi ve suyun buharlaşması ile asidik bileşiklerin kaybindan kaynaklanmaktadır. Farklı sıcaklıklarda kurutma işlemleri arasında asitlik bakımından belirgin bir fark gözlemlenmemiştir, bu da kurutma sıcaklığının (60°C, 70°C, 80°C) pirinanın asitlik düzeyi üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını göstermektedir.



Şekil 4.4. Kurutulmuş toz pirinaların titrasyon asitliği

Elde edilen bulgular, kurutulmuş pirinanın taze pirinaya kıyasla daha düşük asidik özelliklere sahip olduğunu ve bu özelliklerin farklı kurutma sıcaklıklarından büyük ölçüde etkilenmediğini göstermektedir. Bu bilgiler, kurutulmuş pirinanın kullanım amacına uygun olarak asitlik seviyesinin kontrol edilmesi açısından önemli olabilir.

Benzer şekilde Lanza vd. (2020) çoklu faz dekantör kullanarak elde ettikleri az nemli pirinanın titrasyon asitliğini sitrik asit cinsinden 0.29 ile 0.56 g/100 g ve pH değerlerini 4.96 ile 5.28 olarak bulmuşlardır.

Baysan vd., (2022) farklı buhar basıncı ve farklı vals dönme hızlarını kullanarak iki-fazlı pirinayı kurutmuşlardır. Çalışma sonucunda yüksek buhar basıncında ve düşük vals dönme hızında yapılan kurutma işleminde pH değerini 5.12-5.30 olarak belirlemişlerdir. Kurutma işleminde yüksek buhar basıncının pH değerini düşürdüğü, yüksek vals dönme hızının ise pH'yı artırdığını bildirmişlerdir.

Özetle, kurutma işlemi, zeytin pirinasının su aktivitesi, pH ve titrasyon asitliği üzerinde önemli etkiler yapmaktadır. Kurutma işlemi, taze pirinanın pH değerini 4.6'dan daha yüksek değerlere çıkararak asitliği azaltmaktadır. Titrasyon asitliği açısından ise, kurutulmuş pirinaların asitlik değerleri taze pirinaya kıyasla önemli ölçüde düşmüştür. Farklı kurutma sıcaklıklarının titrasyon asitliği üzerinde belirgin bir fark yaratmaması, kurutma işleminin genel olarak asitliği azaltmada etkili olduğunu göstermektedir.

4.5 Taze ve Farklı Sıcaklıklarda Kurutulmuş Toz Pirinanın Biyoaktif Özelliklerinin Karşılaştırılması

Taze ve farklı sıcaklıklarda kurutulmuş toz pirinaların toplam fenolik madde ve flavonoid miktarı ile antiradikal aktivite Tablo 4.5.'de gösterilmiştir. Taze pirinanın 9.78±1.01 mg KAE/g km toplam fenolik madde, 7.22±0.66 mg KE/g km toplam flavonoid ve 60.21±8.74 µmol TE/g km antiradikal aktiviteye sahip olduğu saptanmıştır.

Tablo 4.5. Taze pirina ve kurutulmuş toz pirinaların biyoaktif özellikleri.

	Toplam Fenolik Madde (mg KAE/ g km)	Toplam Flavonoid (mg KE/ g km)	Antiradikal Aktivite (µmol TE/g km)
Pirina	9.78±1.01	7.22±0.66	60.21±8.74
60°C	4.39±0.36 ^a	5.23±1.83 ^a	39.02±3.49 ^a
70°C	4.42±0.46 ^a	5.23±1.15 ^a	38.86±3.00 ^a
80°C	4.68±0.90 ^a	5.30±1.19 ^a	38.17±4.90 ^a

^a Aynı harfler aynı parametre için pirina tozları arasında fark olmadığını göstermektedir (p>0.05).

Kurutulan toz pirinaların bir gram kuru maddede toplam fenolik madde miktarı 4.39-4.68 mg KAE, flavonoid miktarı 5.23-5.30 mg KE ve antiradikal aktivitesi 38.17-39.02 µmol TE olarak belirlenmiştir. Kurutma işlem sıcaklığının

pirinin toplam fenolik madde ve flavonoid miktarı ile antiradikal aktivitesi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Ancak, kurutulmuş örneklerin genel olarak taze pirinadan daha düşük toplam fenolik madde ve antiradikal aktiviteye sahip olduğu gözlenmiştir.

Uribe vd. (2013) bizim çalışmadakine benzer şekilde kurutulan pirinaların toplam fenolik madde içeriklerinin taze pirinaya kıyasla düştüğünü bildirmişlerdir.

Pirina fenolik bileşiklerin oksidasyonunu katalizleyen polifenol oksidaz enzimini içermektedir. Kurutma işlemi, pirinin farklı ısıtma koşullarında ve farklı derecelerde atmosferik oksijene maruz kalarak termal bozunmasına ve oksidasyonuna neden olmaktadır (Sinrod vd., 2019). Daha yüksek sıcaklıklar, zeytin polifenol oksidazının üç boyutlu yapısını bozmakta ve katalitik aktivitesini azaltmaktadır. Bir çalışmada optimum sıcaklığı 15°C olan zeytin polifenol oksidazının yüksek termal direnç sergileyerek 90°C'ye kadar stabilitesini koruduğu belirtilmiştir (Derardja vd., 2024).

Sinrod vd. (2019) bu çalışmadakine benzer şekilde çekirdekleri uzaklaştırılan pirinin, kurutulmuş numunelerden daha yüksek antioksidan kapasiteye ve fenolik maddeye sahip olduğunu belirtmiştir. Bununla birlikte, tamburda kurutma işleminin dondurarak kurutma ve sıcak havayla kurutmaya göre pirinin antioksidan kapasitesini korumada daha avantajlı olduğunu bildirmişlerdir. Elde edilen bulgulara göre diğer kurutma yöntemlerine kıyasla daha yüksek kafeik asit ve verbaskozit içeren toz pirina elde edilmiştir. Ribeiro vd. (2021a) ise kurutulmuş pirinada baskın olarak sırasıyla hidroksitirozol, tirozol glukozit, tirozol ve hidroksitirozol glikozitin serbest fenolik fraksiyonunda bulunduğunu, bağlı fenolik fraksiyonunda ise vanillin, *p*-kumarik asit ve protokateşik asidin baskın olduğunu rapor etmişlerdir.

Zhao vd. (2022) tamburlu kurutucu ile kurutulmuş pirinin su, %70 metanol veya etanol ile ekstraksiyon sonrası toplam fenolik madde miktarlarını sırasıyla 36.49, 41.68, ve 43.25 mg GAE/g toz pirina olarak belirlemişlerdir. Ribeiro vd. (2021a) pirinin sıvı fraksiyonunun serbest ve bağlı fenolik madde içeriğini 30.49 ve 4.97 mg GAE/g km olarak belirlemişlerdir. Çekirdeği ayrılan pirina pulpu tozunun ise serbest ve bağlı fenolik madde içeriğini 4.48 ve 8.48 mg GAE/g km olarak saptamışlardır. Altay vd. (2023) ise ultrases uygulanmış taze zeytin pirinasının mikrodalga ile kurutulması sonrasında toplam flavonoid miktarını 7254.86 mg kuersetin eşdeğeri/kg, toplam fenolik madde miktarını

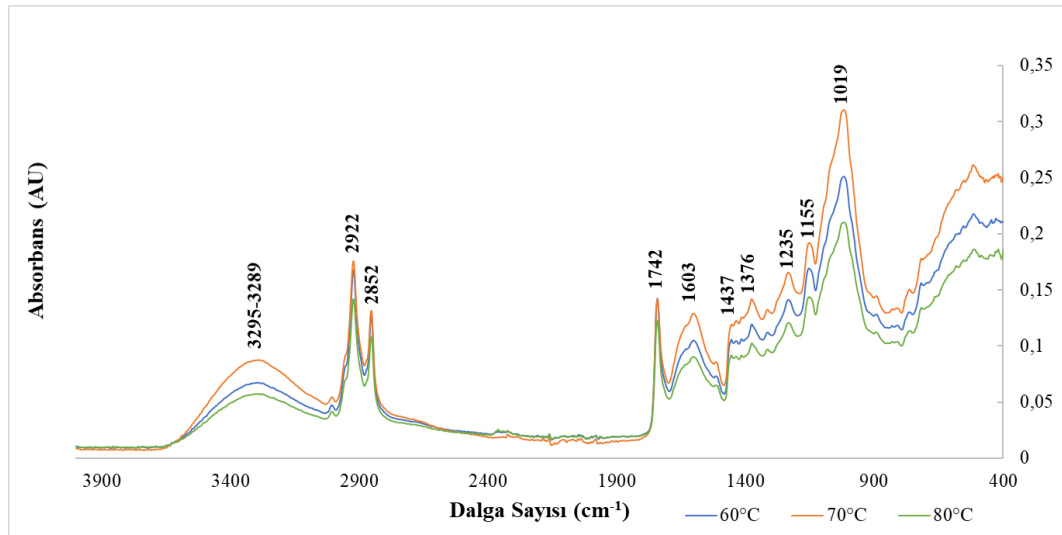
11831.64 mg gallik asit eşdeğeri/kg ve antiradikal aktiviteyi (DPPH) 11877.25 mg AAE/kg olarak saptamışlardır. Simsek ve Süfer (2022) yapmış oldukları çalışmada güneşte kurutulan pirina tozunun toplam fenolik madde miktarını 14.04 mg GAE/g olarak ve antiradikal aktivite değerini (DPPH) ise 104.22 $\mu\text{mol TE/g}$ olarak bulmuşlardır.

Görüldüğü gibi bu çalışmada kurutulmuş toz pirinaların biyoaktif içeriği literatürdeki çalışmalarda elde edilen bulgulara benzer olmuştur.

4.6 Farklı Sıcaklıklarda Kurutulmuş Toz Pirinaların FTIR ile Bağ

Yapılarının İncelenmesi

Kurutulmuş toz pirina örneklerinin FTIR spektrumları Şekil 4.5.'de verilmiştir. FTIR sektrumunu oluşturan pik yoğunluğunda farklılıklar, bazı pik pozisyonlarında kaymalar ve olası yeni piklerin gözlenmesi kurutulmuş toz pirinalardaki bileşenlerin içeriği, tipi ve yapısı ile ilişkilidir. FTIR, bağ yapıları hakkında bilgi veren ve kızılötesi (IR) ışınının absorpsiyon dalga boyunu ve gücünü ölçen spektrofotometrik bir yöntemdir. FTIR, genellikle temel durum ile birinci uyarılmış durum arasındaki titreşim geçişlerini ölçmektedir ($4000-400\text{ cm}^{-1}$). Atomlardaki kovalent bağlar, uzama (bağ uzunluklarında değişiklikler) ve bükülme (bağ açılarında değişiklikler) olarak bilinen belirgin titreşimler sergiler (Ying vd., 2017).



Şekil 4.5. Kurutulmuş pirina tozlarının $4000-500\text{ cm}^{-1}$ dalga sayısı aralığında FTIR spektrumları.

Her bir bileşiğe özgü temel FTIR spektrum bölgeleri bulunmaktadır: (1) 1500 ile 4000 cm^{-1} arasındaki fonksiyonel grup bölgesi ve (2) 400 ile 1500 cm^{-1} arasındaki parmak izi bölgesi şeklinde değerlendirilmektedir. Parmak izi bölgesi analiz edilen her bir bileşiğe özgüdür. Yan zincirlerin yapısı ve hidrojen bağları, parmak izi bölgesi bantlarının karmaşıklığında rol oynamaktadır. Bu nedenle, bu bantlardan gelen yapısal bilgiler önemlidir (Dogan vd., 2007).

Parmak izi bölgesinde, polisakkaritlerden kaynaklanan 1115 cm^{-1} 'de (C-O streçlemesi), pektin veya selülozdan kaynaklanan 1019 (C-O ve C-C streçleme) ve 1235 cm^{-1} 'de (C-O ester streçleme), lipidlerden kaynaklanan 1437 cm^{-1} ve proteinden kaynaklanan 1376 cm^{-1} 'de (simetrik CH_3 eğilme) pikler gözlemlenmiştir (Ying vd., 2017).

Molekülde belirli bir fonksiyonel grubun varlığını tespit etmek üzere 1500 ile 4000 cm^{-1} arasındaki fonksiyonel grup bölgesi, bağ türlerine göre üç ayrı bölgeye ayrılmaktadır. Bunlar tekli bağ (O-H, C-H, N-H: 2500-4000 cm^{-1}), üçlü bağ ($\text{C}\equiv\text{C}$, $\text{C}\equiv\text{N}$, $\text{X}=\text{C}=\text{Y}$: 2000-2500 cm^{-1}) ve çiftli bağların (C=O, C=N, C=C: 1500-2000 cm^{-1}) bulunduğu bölgelerdir (Mohamed vd., 2017).

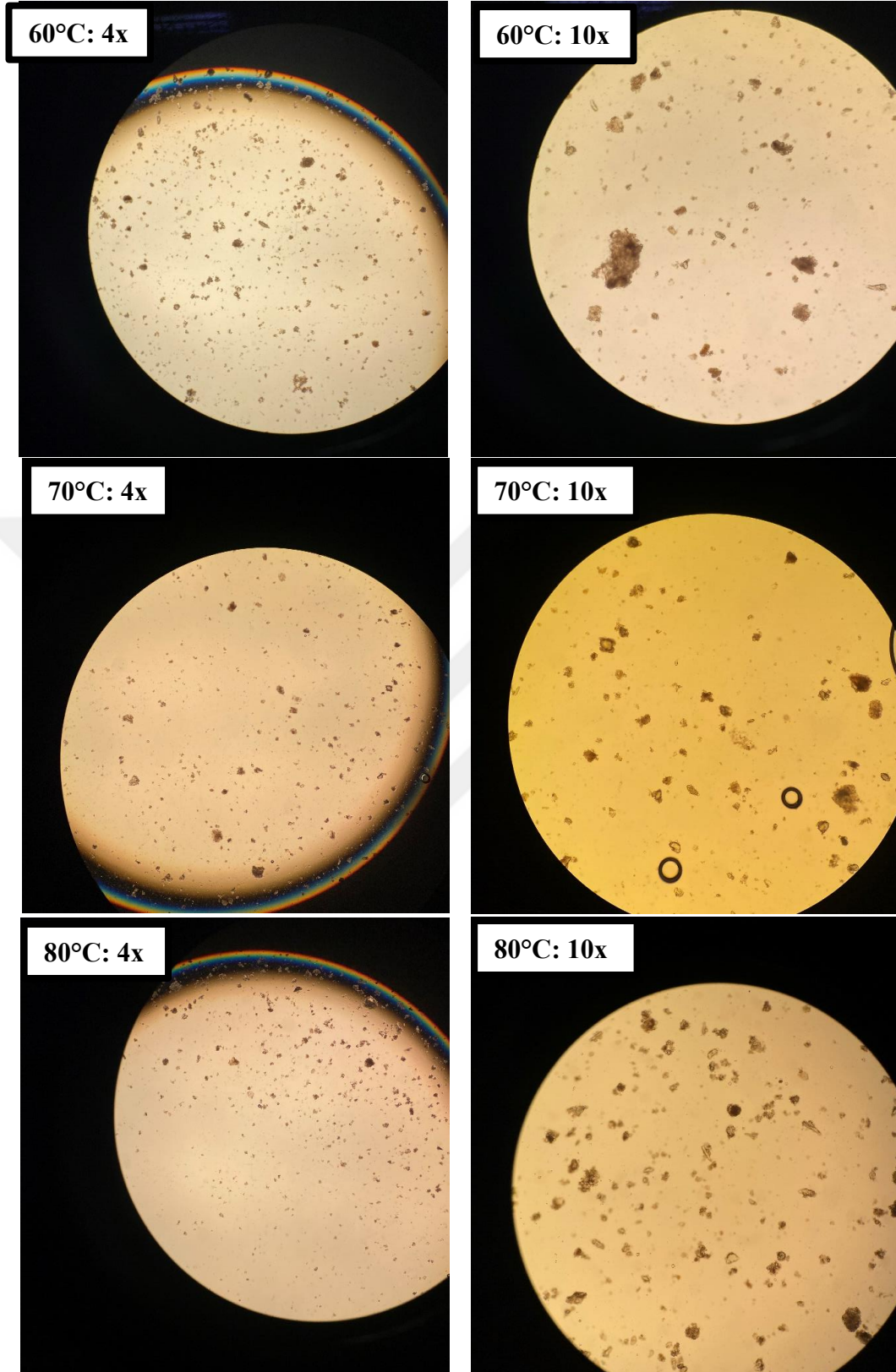
Elde edilen spektrumlar incelendiğinde kurutulmuş toz pirinalara ait fonksiyonel grup bölgesinde toplamda 10 adet belirgin bant saptanmıştır. 1603 (aromatik C=C streçlemesi) ve 1742 (C=O ester streçleme) cm^{-1} 'de saptanan pikler sırasıyla fenolik bileşikler ve lipitlere aittir. Meyve ve sebzelerin hücre duvarları genellikle çeşitli polisakkaritlerden (pektin, hemicellüloz ve selüloz gibi), yapısal glikoproteinlerden, fenolik esterlerden, minerallerden ve enzimlerden oluşmakta ve bunların yanı sıra daha az miktarda lipid ve protein içermektedir (Ying vd., 2017). 3273 cm^{-1} 'de geniş bir amid A bandı (hidrojen bağları ve moleküller arası hidrojen bağlanmasında oluşan O-H ve N-H gerilme titreşimlerinin bir araya gelmesi) ve 2922 cm^{-1} 'de (CH_2 asimetrik gerilme) ve 2852 cm^{-1} 'de (CH_2 simetrik gerilme) amid B bandı belirlenmiştir (Dogan vd., 2007). Amid A bandının absorbans şiddetinin artması hidrojen bağlarının oluştuğunu, absorbansın azalması ise hidrojen bağlarının azaldığını diğer bir ifade ile hidrojen bağlarının kısmen parçalandığını göstermektedir (Liu vd., 2022). Ayrıca Amid A bandındaki maksimum pikte sıcaklıkla birlikte daha düşük dalga sayısına kaymalar gözlenmiştir. Örneğin 60, 70 ve 80°C'de maksimum pikler sırasıyla 3295, 3291 ve 3289 cm^{-1} 'de belirlenmiştir.

Bu bulgular, kurutma sürecinin pirina içeriğindeki bileşenlerin yapısındaki hidrojen bağları ve moleküler yapıları üzerine etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

4.7 Farklı Sıcaklıklarda Kurutulmuş Toz Pirinaların Mikroskop Görüntüsü

60, 70 ve 80°C'de kurutma işlemi sonrasında elde edilen pirinaların mikroskopik görüntüleri 4x ve 10x büyütme oranlarında incelenmiştir (Fotoğraf 4.2.). Görüldüğü gibi daha düşük sıcaklıklarda kurutulan pirinanın partikülleri heterojen boyut ve şekle sahipken, daha yüksek kurutma sıcaklıklarında daha homojen bir partikül boyutu dağılımı ve partikül boyutlarında küçülme saptanmıştır.

Düşük sıcaklıklarda kurutma esnasında nemin daha yavaş ve öncelikle yüzeyden uzaklaşması nedeniyle yüzeyde kuruma gerçekleşmekte ve sertleşme meydana gelmektedir. Nispeten daha yüksek sıcaklıklarda ise gıdadaki nem daha hızlı ve iç kısımlardan da hızla uzaklaşmaya başlamaktadır. Bu nedenle suyun hızla uzaklaşması ile ardında oluşan boşluklar daha küçük olmakta ve kurutulmuş numunenin parçacık boyutu daha homojen olmaktadır. Bhat vd. (2023) kurutma sırasında elma posasından vakum altında daha düşük sıcaklığın uygulanması ve mikrodalga kurutma süresinin daha kısa olması nedeniyle nemin daha hızlı uzaklaştığını belirtmiştir. Bunun sonucunda da sıkışmanın ve yüzey sertleşmesinin önlendiği ve parçacık boyutunun daha küçük gözlemlendiği bildirilmiştir. Afrin vd. (2022) ise 50, 60 ve 70°C'de kurutulan elma posasının parçacık boyutu ve şeklindeki farklılıkların, sadece kurutma hızından değil, aynı zamanda pirinadaki su miktarından ve kurutma sıcaklığından etkilenen diğer reaksiyonlardan da kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.



Fotoğraf 4.2. Kurutulmuş pirina tozlarının 4x ve 10x mikroskop görüntüsü.

4.8 Farklı Sıcaklıklarda Kurutulmuş Toz Pirinaların Renk Analizi

Renk, gıda ürünlerinin tüketici kabul edilebilirliğini etkileyen temel bir duyusal özelliktir ve bu nedenle, zeytin pirina tozunun renk değerlerinin analizi, gıda ürünlerinin kalitesi ve pazar potansiyeli açısından kritik öneme sahiptir. Zeytin pirina tozunun renk değerleri, gıda ürünlerine katkı maddesi olarak eklendiğinde ürünün genel renk profilini etkileyebilir. Özellikle, unlu mamuller ve atıştırmalıklar gibi ürünlerde, tüketici tarafından tercih edilen renk tonlarını elde etmek için zeytin pirina tozunun miktarı ve kurutma koşullarının dikkatlice ayarlanması gerekmektedir.

Taze ve kurutulmuş toz pirinalara ait renk değerleri (L^* , a^* , b^*) ile toplam renk farkı (ΔE) ve esmerleşme indeksi (BI) Tablo 4.6.'da verilmiştir. Taze pirinanın L^* , a^* ve b^* değerleri sırasıyla 24.55 ± 0.23 , 6.66 ± 0.40 ve 7.52 ± 0.66 olarak ölçülmüştür.

Tablo 4.6. Taze pirina ve kurutulmuş toz pirinaların L^* , a^* , b^* renk değerleri, toplam renk farkı (ΔE) ve esmerleşme indeksi (BI).

	L^*	a^*	b^*	ΔE	BI
Pirina	24.55 ± 0.23	6.66 ± 0.40	7.52 ± 0.66		55.71
60°C	25.48 ± 1.37^a	6.94 ± 0.36^a	12.45 ± 0.80^a	5.03	85.26
70°C	24.79 ± 1.08^a	7.01 ± 0.37^a	12.42 ± 0.76^a	4.92	88.25
80°C	22.94 ± 0.57^a	7.05 ± 0.38^a	11.89 ± 0.29^a	4.67	93.18

^a Aynı harfler aynı parametre için pirina tozları arasında değişim olmadığını göstermektedir ($p > 0.05$).

Analiz sonuçlarına göre kurutma işlemi ile taze pirinaya ait L^* değerleri düşmüştür. Diğer bir deyişle kurutulmuş toz pirinalar daha koyu renkte olmuştur. Buna ek olarak, taze pirinanın a^* değeri (kırmızılık) ve b^* (sarılık) değerleri artmıştır. Kurutulmuş pirinaların a^* değerindeki artış kırmızılığın attığını, b^* değerindeki artış ise aynı zamanda sarımsılığın (kırmızımsı-sarımsılık) arttığını göstermektedir. Farklı sıcaklık uygulamasının L^* , a^* ve b^* renk değerlerinde istatistiksel olarak farklılık yaratmadığı saptanmıştır ($p > 0.05$). Benzer şekilde Altay vd. (2023) taze pirinanın kurutma sonrasında L^* değerinin 27.77 değerinden 42.43 değerine yükseldiğini, a^* ve b^* değerlerinin ise sırasıyla, 5.87 ve 5.41 değerlerinden 3.79 ve 4.54 değerlerine düştüğünü bildirmişlerdir. Simsek ve Süfer (2022) yapmış oldukları çalışmada güneşte kurutulduktan sonra öğütülerek elde edilen pirina tozunun L^* , a^* , b^* değerlerini sırasıyla 29.53, 6.45, 14.74 olarak bulmuşlardır.

Ramírez vd. (2015) zeytinlerdeki esmerleşme reaksiyonunun, β -glukozidaz ve esteraz enzimlerinin etkisiyle oleuropeinden hidrokstitirosolün enzimatik olarak serbest kalmasıyla başladığını, ardından bu bileşiğin polifenol oksidaz (PPO) tarafından oksitlenerek kahverengi bileşikler oluşturduğunu öne sürmüşlerdir. Ayrıca ısı işlem sırasında klorofil bileşiklerinde meydana gelen feofitinizasyon reaksiyonunun da, zeytinlerin kararmasına yol açtığını bildirmişlerdir. Yapılan çalışmada pastörizasyon işleminin sadece (b*) rengini hafifçe değiştirdiği ve kromada azalmaya neden olduğu belirtilmiş, kararmanın esas olarak enzimatik reaksiyonlardan kaynaklandığı öne sürülmüştür. Klorofiller, merkezinde magnezyum iyonu içeren ve hidrofobik alkil zinciri olan porfirin yapısına sahip moleküllerdir. Polar çözücülerde çözünmezler ve ısı işlem veya enzim etkisiyle iki hidrojen atomuyla magnezyumun yer değiştirilmesi sonucu kahve renkli feofitine dönüşürler (Ebrahimi vd., 2023). Örneğin Erge vd. (2008) yeşil bezelyelerde farklı sıcaklıklarda (70, 80, 90 ve 100°C) klorofilin termal parçalanmasını araştırmışlardır. Özellikle düşük pH değerlerinde ve yüksek işlem sıcaklıklarında klorofil halkasındaki magnezyumun yerine iki hidrojen iyonunun geçmesiyle, yeşil renkli klorofilin kahverengi feofitine dönüştüğünü bildirmişlerdir.

ΔE değeri uygulanan kurutma sıcaklığı ile düşmüştür. Bunun en önemli sebebi L* değerinin kurutma sıcaklığı ile düşmesine karşılık, a* ve b* değerlerinin artmasıdır. BI parametresine bakıldığında ise sıcaklıkla birlikte BI parametresinde belirgin bir artış olduğu gözlenmiştir. Tepsili kurutucu ile kurutulmuş taze pirinanın kırmızımsı kahverengi olan görünümünün, enzimatik esmerleşme ve oksidasyon reaksiyonlarından kaynaklandığı düşünülmektedir (Sinrod vd., 2019).

4.9 Farklı Sıcaklıklarda Kurutulmuş Toz Pirinaların

Teknofonksiyonel Özellikleri

Zeytin pirina tozu, zeytinyağı üretiminin ardından kalan posadan elde edilen ve yüksek lif, fenolik bileşenler ve antioksidanlar içeren bir yan üründür. Bu tozun teknofonksiyonel özellikleri, gıda endüstrisindeki potansiyel uygulamalarını belirleyen önemli parametrelerdir. Zeytin pirina tozunun teknofonksiyonel özellikleri, onu ekmek, bisküvi ve diğer unlu mamuller gibi gıda ürünlerine katkı maddesi olarak kullanmaya olanak tanır. Bu özellikler, gıda ürünlerinin besinsel değerini, duyu özelliklerini ve fonksiyonel avantajlarını artırabilir. Farklı sıcaklıklarda kurutma işlemlerinin toz pirina üzerindeki etkilerini incelemek, bu yan ürünün gıda bileşeni olarak kullanımını optimize etmek için kritik öneme

sahiptir. Bu nedenlerle farklı sıcaklıklarda kurutulan toz pirinaların suda çözünürlük indeksi, higroskopiklik, su ve yağ bağlama kapasitesi belirlenerek Tablo 4.7’de verilmiştir. Genel olarak farklı sıcaklıklarda kurutmanın analiz edilen bu teknofonksiyonel özellikler üzerinde önemli bir etkisi olmadığı gözlenmiştir ($p>0.05$).

Tablo 4.7. Farklı sıcaklıklarda kurutulmuş toz pirinaların teknofonksiyonel özellikleri.

	60°C	70°C	80°C
Suda Çözünürlük İndeksi (%)	15.66±3.65 ^a	17.81±1.76 ^a	15.97±0.73 ^a
Higroskopiklik (%)	16.51±0.24 ^a	16.65±0.59 ^a	16.00±0.36 ^a
Su Bağlama Kapasitesi (g/g)	2.14±0.27 ^a	1.89±0.10 ^a	1.77±0.25 ^a
Yağ Bağlama Kapasitesi (g/g)	0.98±0.07 ^a	0.95±0.14 ^a	0.95±0.11 ^a

^a Aynı harfler aynı parametre için pirina tozları arasında değişim olmadığını göstermektedir ($p>0.05$).

Kurutulmuş toz pirinaların hidrasyon özellikleri suda çözünürlük indeksi (suda çözünmüş madde miktarı) ve su bağlama kapasitesi ile tanımlanmıştır. Tabloya göre, farklı sıcaklıklarda (60°C, 70°C, 80°C) kurutulmuş toz pirinaların suda çözünürlük indeksi, higroskopiklik, su bağlama kapasitesi ve yağ bağlama kapasitesi değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Su bağlama kapasitesinin uygulanan sıcaklığın artışı ile çok az düştüğü, fakat bu düşmenin istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür ($p>0.05$). Ayrıca, kurutma sıcaklığı arttıkça toz pirinaların higroskopikliğinde belirgin olmayan bir azalma gözlenmiştir ($p>0.05$). Bu davranış, sıcaklıktaki değişikliğin su moleküllerinin hareketliliğini ve dolayısıyla buhar fazı ile adsorbe edilmiş fazlar arasındaki termodinamik dengeyi değiştirmesine bağlanmaktadır. Sıcaklık arttıkça, enerji seviyesindeki artışa bağlı olarak su molekülleri aktive olmakta, bu moleküller daha az stabil hale gelmekte ve aralarındaki bağların ve ürünün aktif bölgelerinin kırılması kolaylaşmaktadır (Araújo ve Pena, 2020).

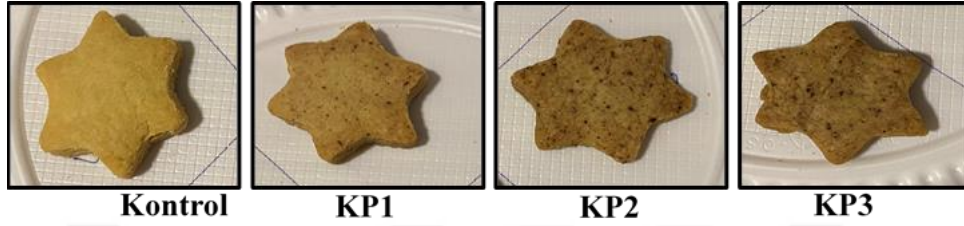
Paini vd., (2015) sprey kurutucu ile farklı sıcaklık (130°C ve 160°C) ve besleme akış hızlarında (5 mL/dak ve 10 mL/dak) kuruttukları pirinada suda çözünürlük indeksini ve su absorpsiyonu kapasitesini %79-87 ve 0.28-0.58 g/g km arasında bulmuşlardır. Simsek ve Süfer (2022) yapmış oldukları çalışmada güneşte

kurutulmuş pirina tozunun su absorpsiyon kapasitesi ve yağ absorpsiyon kapasitesini sırasıyla 0.40 mL/g, 1.73 mL/g olarak bulmuşlardır.

4.9. Zeytin Pirina Tozu Katkılı Kurabiyelerin İncelenmesi

4.9.1 Kurabiyelerin Bileşimlerinin Belirlenmesi

Hazırlanan kurabiyelerin görselleri Fotoğraf 4.3.'de ve besin değerleri Tablo 4.8.'de belirtilmiştir.



Fotoğraf 4.3. Kontrol ve toz pirina katkılı tatlı-tuzlu kurabiyeler.

Kurabiyelerin nem içerikleri %1.44 ile %2.97 arasında değişim göstermiştir. Kurabiyelere toz pirina eklendiğinde kontrole kıyasla nem miktarı düşmüştür. Kurabiyelerin önemli bir özelliği olan nem içeriği, kurabiye kalitesi ve raf ömrü üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Zeytin pirina tozunun kurabiyelere eklenmesiyle nem içeriğinde gözlemlenen azalma, tozun su tutma kapasitesinden veya higroskopikliğinden kaynaklanabilir.

Tablo 4.8. Hazırlanan kurabiyelerin bileşimleri.

	Nem (%)	Kül (%)	Ham Yağ (%)	Ham Protein (%)	Besin Değeri (cal/100 g)
Kontrol	2.97±1.26 ^a	1.98±0.08 ^b	29.72±0.43 ^a	8.93±0.03 ^b	548.60
KP1	1.96±0.40 ^{ab}	1.94±0.05 ^b	30.05±0.74 ^a	8.71±0.12 ^c	550.25
KP2	2.12±1.09 ^{ab}	1.98±0.04 ^b	29.97±0.86 ^a	8.95±0.06 ^b	549.85
KP3	1.44±0.26 ^b	2.12±0.04 ^a	29.59±0.25 ^a	9.15±0.12 ^a	547.95

Kontrol: Sade kurabiye; KP1, KP2 ve KP3: Kurabiye hamurunun sırasıyla ağırlıkça %1, 2 ve 3 oranında yer değiştirerek eklenmiş toz pirina içeren kurabiyeler. Sonuçlar ortalama±standart sapma şeklinde verilmiştir. Analizler üç tekrarlı olarak yapılmıştır. ^{a-c} Küçük harfler aynı parametre için kurabiyeler arasındaki değişimi göstermektedir (p<0.05).

Kontrol kurabiye'nin kül miktarı %1.98±0.08 olup, eklenen %1 ve %2 oranında toz pirina kurabiyelerin kül miktarında istatistiksel olarak önemli bir değişime neden olmamıştır (%1.94±0.05 ve %1.98±0.04) (p>0.05). %3 oranında toz pirina eklenen KP3 kurabiyesinde ise en yüksek kül miktarı (%2.12±0.04) saptanmış ve sadece KP3 kurabiyesi kontrolden istatistiksel olarak farklı olmuştur

($p<0.05$). Kül içeriği, mineral zenginliğinin bir göstergesi olarak kabul edilir ve zeytin pirina tozunun eklenmesiyle kül içeriğindeki kısmi artış, kurabiyelerin mineral profiline katkıda bulunabilir.

Kontrol kurabiyenin protein içeriği %8.93 ve pirina tozu eklenen kurabiyelerin protein içeriği ise %8.71-9.15 arasında değişmiştir. Pirina tozu konsantrasyonu arttıkça kurabiyelerin protein içeriği artmış ve istatistiksel olarak farklı olmuştur ($p<0.05$).

Elde edilen kurabiyelere toz pirina eklenmesi yağ içeriklerinde istatistiksel olarak bir farklılığa neden olmamıştır ($p>0.05$). Kurabiyelerin yağ içeriği % 29.59-30.05 arasında değişmiştir.

Trindade vd. (2023) dondurarak kurutulmuş toz pirinaların bisküvi hamuruna %10 ve 20 oranında eklendiğinde istatistiksel olarak kontrole kıyasla farklı yağ içeriğine sahip olduğunu (%18.79, 22.61, 23.78) bildirmişlerdir. Kontrol örneği ile %10 ve %20 oranlarında pirina tozu eklenen bisküvilerin nem değerlerini sırasıyla %8.91, 8.35, 8.78 ve kül değerlerini ise sırasıyla %2.79, 3.15, 3.71 olarak belirlemişlerdir. Azadfar vd. (2023) zeytin pirinasından elde ettikleri diyet lifi fraksiyonunun %5, 10 ve 15'lik oranlarda barbari ekmeği hamuruna katıldığında ekmeğin nem oranının %27.45'den (kontrol) sırası ile %28.08, %31.08 ve %32.57'e yükseldiğini belirtmişlerdir. Trindade vd. (2023) ve Azadfar vd. (2023) çalışmalarında, bu çalışmadan daha yüksek oranda toz pirina kullanmış olmalarına ve farklı kurutma ve uygulama yöntemlerine rağmen, toz pirinanın ürünün nem ve yağ içeriğini belirgin bir şekilde etkilediğini tespit etmişlerdir.

Hazırlanan kurabiyelerin tüketildiğinde vücuda kazandıracağı besin değerleri 547.95-550.25 cal/100 g arasında belirlenmiştir. Kurabiye hamuruna bileşen olarak eklenen yağ miktarı aynı olup, protein ise kullanılan yumurta, buğday unu ve pirina tozundan kaynaklanmaktadır. Toz pirina kurabiye hamuruna %1-3 oranında nispeten düşük miktarlarda eklendiğinden protein ve yağ gibi makrobileşenlerin miktarını belirgin olarak değiştirmedeği görülmüştür.

4.9.2 Kurabiyelerin Kabarma Oranı ve Pişme Kaybı

Bu çalışmada elde edilen kurabiyelere ait kabarma oranı ve pişme kaybı Tablo 4.9.'da verilmiştir. Genel olarak bakıldığında kurutulmuş toz pirinaların farklı oranlarda kurabiye hamuruna eklenmesi kabarma oranı ve pişme oranında istatistiksel bir fark yaratmamıştır ($p>0.05$). Bu durum kullanılan toz pirina oranının

pişme esnasında gerçekleşebilecek olası kayıpların gözlenemeyeceği kadar düşük olmasından kaynaklanabilir.

Tablo 4.9. Kurabiyelerin kabarma oranı ve pişme kayıpları.

	Kabarma Oranı (%)	Pişme Kaybı (%)
Kontrol	15.29±2.32 ^a	14.31±3.28 ^a
KP1	16.25±5.30 ^a	15.44±2.13 ^a
KP2	16.50±0.34 ^a	14.53±0.56 ^a
KP3	14.48±0.85 ^a	14.21±1.37 ^a

Kontrol: Sade kurabiye; KP1, KP2 ve KP3: Kurabiye hamurunun sırasıyla ağırlıkça %1, 2 ve 3 oranında yer değiştirerek eklenmiş toz pirina içeren kurabiyeler. Sonuçlar ortalama±standart sapma şeklinde verilmiştir. Analizler üç tekrarlı olarak yapılmıştır. ^a Aynı harfler aynı parametre için kurabiyeler arasında değişim olmadığını göstermektedir ($p>0.05$).

Trindade vd. (2023) zeytin pirinasının %10 ve %20 oranında bisküvilere eklenmesiyle 27.88 olan pişme kaybının 26.58 ve 10.50'ye düştüğünü belirtmişlerdir. %5-25 oranında kurutulmuş domates posasının glutensiz atıştırmalığa eklendiğinde %15.04 olan pişme kaybının %6.73'e kadar düştüğünü belirtmiştir (Rehal vd., 2022).

4.9.3 Kurabiyelerin Renk Analizi

Renk, gıdanın görünümünün önemli parametrelerden biridir ve büyük ölçüde içeriğe eklenen bileşenlerden etkilenir. Renk değişiklikleri, tüketici algısı açısından önemlidir. Çünkü gıdanın görünümü, tüketici tarafından kabul edilebilirliğini doğrudan etkiler. Zeytin pirina tozunun eklenmesi, kurabiyelerin sadece besin değerlerini değil, aynı zamanda görsel özelliklerini de değiştirerek tüketici algısını etkileyebilir.

Kurabiyelerin renk parametreleri (L^* , a^* ve b^*), toplam renk farkı (ΔE) ve esmerleşme indeksi (BI) Tablo 4.10.'de verilmiştir. Toz pirina ile zenginleştirilmiş (%1, 2 ve 3) kurabiyeler, kontrol kurabiyeye göre L^* değeri düşük (daha koyu), a^* değeri daha yüksek (daha kırmızı) ve b^* değeri daha düşük (daha az sarı) olarak ölçülmüştür ve bu eğilim, eklenen toz pirina konsantrasyonu ile artmıştır ($p<0.05$). Ayrıca, kurabiyelerdeki ΔE değeri konsantrasyon arttıkça sırasıyla 11.48, 16.57 ve 22.31 olarak hesaplanmıştır. Görüldüğü üzere en büyük renk değişimi en yüksek konsantrasyonda (%3) toz pirina eklenen kurabiyede belirlenmiştir. Kurabiyelerdeki renk değişimleri temelde eklenen toz pirinanın orijinal rengine göre değişmektedir. Pişirme işlemi ile pirina tozu artışına bağlı olarak kurabiye

rengi daha koyu kahverengine dönüşmüştür. Ayrıca pirina eklenen hamurda karbonhidrat miktarı kontrolden daha fazla olmakta ve bu durum da karamelizasyon ve Maillard reaksiyonları için substrat miktarını artırabilmektedir.

Tablo 4.10. Kurabiyelerin L*, a*, b* renk değerleri, toplam renk farkı (ΔE) ve esmerleşme indeksi (BI).

	L*	a*	b*	ΔE	BI
Kontrol	73.33±1.31 ^a	2.10±1.57 ^d	34.85±1.53 ^a		64.26
KP1	64.97±1.37 ^b	4.83±0.56 ^c	29.24±1.15 ^b	10.44	63.58
KP2	59.46±1.46 ^c	6.36±0.69 ^b	26.76±0.82 ^c	16.62	66.12
KP3	56.57±2.06 ^d	7.75±1.00 ^a	27.20±0.72 ^c	19.27	73.79

Kontrol: Sade kurabiye; KP1, KP2 ve KP3: Kurabiye hamurunun sırasıyla ağırlıkça %1, 2 ve 3 oranında yer değiştirerek eklenmiş toz pirina içeren kurabiyeler. Sonuçlar ortalama±standart sapma şeklinde verilmiştir. Analizler üç tekrarlı olarak yapılmıştır. ^{a-c} Küçük harfler aynı parametre için kurabiyeler arasındaki değişimi göstermektedir ($p<0.05$).

Trindade vd. (2023) bir çalışmada dondurarak kurutulmuş toz pirinaların bisküvi hamuruna %10 ve 20 oranında eklendiğinde L* değerlerini sırasıyla 73.29'den 36.59 ve 29.9'a düşürdüğünü, a* değerlerini 4.35'den 8.97 ve 8.12'ye yükselttiğini, b* değerlerini ise 36.16'dan 17.69 ve 12.26'ya düşürdüğünü saptamışlardır. Simsek ve Süfer (2022) sırasıyla %5, 7.5 ve 10 oranlarında güneşte kurutulan pirina tozu ekledikleri ve beyaz un ile hazırladıkları grissilerin L* değerlerini 61.96'dan sırasıyla 45.71, 45.54 ve 42.52'ye düşürdüğünü, a* değerlerini 0.79'dan sırasıyla 3.48, 3.71 ve 4.10'a yükselttiğini ve b* değerlerini ise 16.03'den 13.87, 13.09 ve 13.51'e düşürdüğünü bildirmişlerdir. Elde edilen veriler beyaz buğday unu kullanılarak bu çalışmada hazırlanan kurabiyeler için paralellik göstermiştir. Diğer bir yandan, Trindade vd. (2023) ve Simsek ve Süfer (2022) pirina tozunun daha yüksek oranlarda kullanılmasıyla bisküvi ve ekmek çubuklarının renk parametrelerini belirgin olarak etkilediğini saptamışlardır. Bu renk değişiklikleri, fırınlama sırasında gerçekleşen kimyasal reaksiyonların ve pirina tozu bileşenlerinin etkisiyle ortaya çıkmaktadır.

Fırında pişirme sırasında hamur, belirli sıcaklıklarda (40°C ile 50°C'de), protein denatürasyonu (>50°C), glüten pıhtılaşması (>70°C) gibi değişikliklere uğrar. 100°C'nin üzerinde hamurdaki su buharlaşır ve yüzey sıcaklığı hızla yükselerek renk değişikliklerine yol açar. 160°C'yi aşan sıcaklıklar ürün kalitesini düşürebilir. Fırının kuru ısısıyla karamelizasyon, dekstrinleşme ve Maillard reaksiyonu gibi olaylar bisküvinin rengini etkilemektedir. Farklı şekerler, farklı

sıcaklıklarda karamelize olmakta ve nişastanın dekstrinleşmesi 100-200°C arasında gerçekleşmektedir (Arepally vd., 2020). Caponio vd. (2022) pirina içerisindeki indirgen şekerlerin kurabiyelerde Maillard reaksiyonlarına ve karamelizasyon yoluyla esmerleşmeye neden olabileceğini belirtmişlerdir.

Troise vd. (2020) zeytin karasuyu tozunun model sistemlerde ve kurabiyelerde sekoridoidlerin, diyet kaynaklı ileri glikasyon son ürünlerinin (d-AGE'ler), dikarbonil ve akrilamidin oluşumunu belirgin şekilde azalttığını kaydetmiştir. Özellikle akrilamid ve 5-hidroksimetilfurfural miktarlarının sırasıyla %60 ve %76 oranında azaldığını, böylece sekoridoid bazlı bileşenlerinin d-AGE'leri kontrol edebileceğini göstermiştir.

4.9.4 Kurabiyelerin Tekstür Analizi

Kurabiyelere ait sertlik ve kırılmalık olarak tanımlanmış tekstür parametreleri Tablo 4.11.'de gösterilmiştir. Kurabiyelerin sertlik değerleri arasındaki farklılık önemli iken ($p<0.05$), kırılmalık değerleri arasındaki farklılık önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Kontrol kurabiyelerin sertlik değeri 1542.50 g olarak ölçülmüştür. KP1 ve KP3 grupları kontrol grubuna göre daha düşük sertlik değerleri göstermiştir, sırasıyla 1426.98 g ve 1483.29 g sertlik değerleri ölçülmüştür. KP2 grubunun sertlik değeri ise 1860.79 g ile en yüksek sertlik değerine sahiptir. Bu değer KP2 kurabiyelerinin diğer gruplara göre daha sert olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.11. Kurabiyelerin tekstürel özellikleri.

	Sertlik (g)	Kırılmalık (mm)
Kontrol	1542.50±312.81 ^b	7.75±1.39 ^a
KP1	1426.98±192.37 ^b	7.00±2.00 ^a
KP2	1860.79±205.35 ^a	8.70±0.56 ^a
KP3	1483.29±207.36 ^b	7.62±0.68 ^a

Kontrol: Sade kurabiye; KP1, KP2 ve KP3: Kurabiye hamurunun sırasıyla ağırlıkça %1, 2 ve 3 oranında yer değiştirerek eklenmiş toz pirina içeren kurabiyeler. Sonuçlar ortalama±standart sapma şeklinde verilmiştir. Analizler üç tekrarlı olarak yapılmıştır. ^{a-b} Küçük harfler aynı parametre için kurabiyeler arasındaki değişimi göstermektedir ($p<0.05$).

Kontrol grubunun kırılmalık değeri 7.75 mm olarak ölçülmüştür. KP1 grubunun kırılmalık değeri 7.00 mm ile en düşük değere sahiptir, bu da KP1 kurabiyelerinin diğer gruplara göre daha az kırılmalık olduğunu göstermektedir. KP2 grubunun kırılmalık değeri 8.70 mm ile en yüksek kırılmalık değerine sahiptir, bu

da KP2 kurabiyelerinin daha kırılğan olduğu anlamına gelmektedir. KP3 grubunun kırılğanlık değeri ise 7.62 mm ile kontrol grubuna oldukça yakındır.

Sonuç olarak KP2 grubunun diğer gruplara kıyasla daha sert ve daha kırılğan olduğu görülmektedir. KP1 ve KP3 grupları ise kontrol grubuna göre biraz daha az sert ve kırılğan özellikler göstermektedir.

Trindade vd. (2023) çalışmasında bisküvi hamuruna %10 ve 20 oranında toz pirina eklendiğinde kontrole kıyasla (3.13 kg) sertlik değerlerini azalttığını (2.16 ve 1.81 kg), kırılğanlık değerlerini ise kontrole kıyasla (32.52 mm) artırdığını (36.32 ve 36.17 mm) gözlemlemişlerdir. Simsek ve Süfer (2022) ise grissinilerde pirina tozu eklendiğinde 13.74 N olan sertliğin artan toz konsantrasyonu ile birlikte 5.498'e kadar düştüğünü bildirmişlerdir. Bu durumda, pirina tozu grissinilerin daha yumuşak olmasına neden olmuştur. Bizim çalışmamızda ise KP2 grubunda olduğu gibi, yüksek oranlarda eklenen pirina tozu, ürünlerin daha sert ve kırılğan olmasına yol açmıştır.

4.9.5 Kurabiyelerin Duyusal Analizleri

Kurabiyelerin duyusal analiz sonuçları Tablo 4.12. ve Şekil 4.6.'da verilmiştir. İstatistiksel olarak bakıldığında kurabiyeler arasında tekstür ve çiğneme ve yutma özelliklerinde bir farklılık saptanmamıştır ($p>0.05$). Ancak renk, koku, lezzet/tat, gevreklik ve ağızda dağılma parametrelerinde ise %2 ve %3 oranında toz pirina eklenmiş kurabiyelerin puanlarında istatistiksel olarak farklılıklar gözlenmiş ($p<0.05$), %1 toz pirina içeren kurabiye kontrole benzer değerler sergilemiştir ($p>0.05$). Görünüş, yüzey düzgünlüğü ve genel kabul edilebilirlik parametreleri ise toz pirina konsantrasyonu arttıkça düşmüş, bu düşme istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

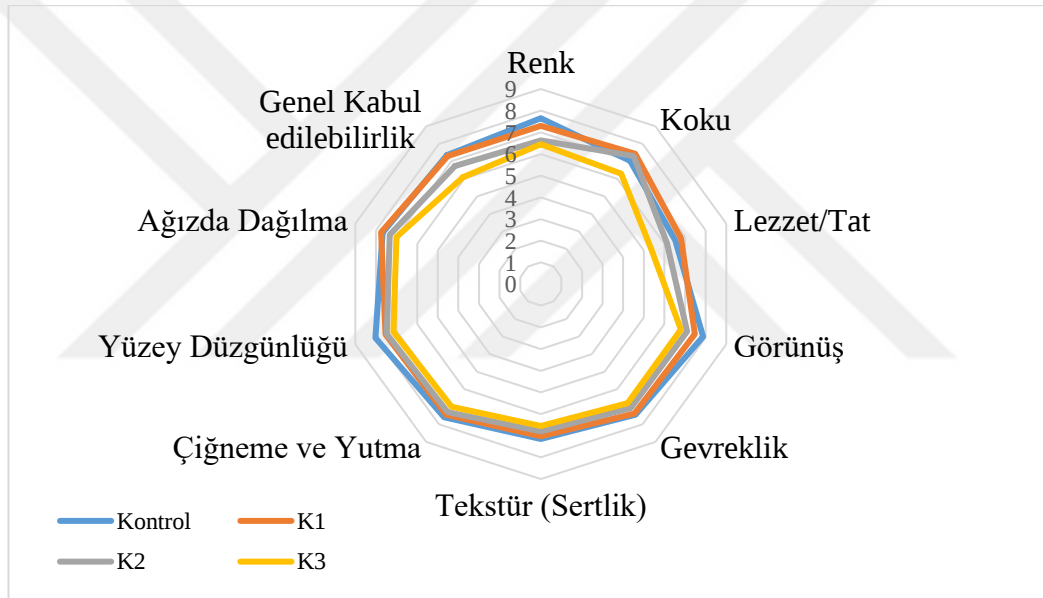
Tablo 4.12. Kurabiyelerin duyusal analiz sonuçları.

	Kontrol	KP1	KP2	KP3
Renk	7.65±1.27 ^a	7.30±1.20 ^a	6.63±1.23 ^b	6.45±1.38 ^b
Koku	7.03±1.53 ^a	7.43±1.06 ^a	7.30±1.11 ^a	6.30±1.71 ^b
Lezzet/Tat	6.53±1.80 ^a	6.80±1.24 ^a	6.13±1.44 ^a	5.35±1.58 ^b
Görünüş	7.88±1.09 ^a	7.48±1.26 ^{ab}	7.10±1.41 ^{bc}	6.80±1.42 ^c
Gevreklik	7.45±0.96 ^a	7.38±1.25 ^a	7.08±1.33 ^{ab}	6.80±1.22 ^b
Tekstür (Sertlik)	7.15±1.14 ^a	7.03±1.39 ^a	6.80±1.40 ^a	6.55±1.41 ^a
Çiğneme ve Yutma	7.60±1.24 ^a	7.45±1.18 ^a	7.30±1.24 ^a	7.00±1.34 ^a
Yüzey Düzgünlüğü	8.03±1.03 ^a	7.53±1.24 ^{ab}	7.48±1.09 ^{ab}	7.15±1.41 ^b
Ağızda Dağılma	7.68±1.27 ^a	7.75±1.19 ^a	7.33±1.16 ^{ab}	7.00±1.15 ^b

Genel Kabul edilebilirlik	7.35±1.19 ^a	7.30±1.07 ^a	6.73±1.26 ^b	6.10±1.26 ^c
---------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------

Kontrol: Sade kurabiye; KP1, KP2 ve KP3: Kurabiye hamurunun sırasıyla ağırlıkça %1, 2 ve 3 oranında yer değiştirerek eklenmiş toz pirina içeren kurabiyeler. Sonuçlar ortalama±standart sapma şeklinde verilmiştir. Analizler üç tekrarlı olarak yapılmıştır. ^{a-c} Küçük harfler aynı parametre için kurabiyeler arasındaki değişimi göstermektedir ($p<0.05$).

Örümcek ağı grafiği incelendiğinde tüm parametreler arasında en yüksek skora kontrol ve K1 kurabiyeleri sahip olmuştur. En düşük parametre değerlerine sahip olan K3 kurabiyesinde özellikle koku ve lezzet/tat değerleri diğer kurabiyelere kıyasla oldukça düşük olmuştur. Genel olarak tüm parametreler değerlendirildiğinde duyuşal olarak %1 oranında kurabiye hamuruna eklenen kurutulmuş toz pirina kontrole en yakın ve tercih edilir olmuştur.



Şekil 4.6. Duyusal analiz için örümcek ağı grafiği.

Benzer şekilde çeşitli araştırmalarda pirina tozunun ürünün duyuşal niteliklerini olumsuz yönde etkilediği, eklenme oranı arttıkça genel kabul edilebilirliğin düştüğü bildirilmiştir. Trindade vd. (2023) bisküvilerde, Cedola vd. (2020) ekmek ve makarnada, Simsek ve Süfer (2022) ise galetalarda bu olumsuz duyuşal etkiyi saptamışlardır.

4.9.6 Kurabiyelerin Biyoaktif Özelliklerinin Belirlenmesi

Kurabiyelere ait toplam fenolik madde ve flavonoid miktarı ile antioksidan aktivite değerleri Tablo 4.13.'de gösterilmiştir. Toz pirina eklenen kurabiyelerin toplam fenolik madde ve flavonoid miktarı istatistiksel olarak kontrol kurabiyeden

farklı olmuştur ($p<0.05$) ve toz pirina konsantrasyonuna bağlı olarak artmıştır ($p<0.05$). Antioksidan aktivite de fenolik madde analizlerine paralel olarak değişim göstermiş, toz pirina eklenmesi örneklerin istatistiksel olarak kontrolden farklı antioksidan aktiviteye sahip olmasına neden olmuştur ve bu değişim toz pirina konsantrasyonu ile artmıştır ($p<0.05$).

Kullanılan toz pirinaların biyoaktif madde içeriğinin yüksek olması nedeniyle eklendikleri kurabiyelerde fenolik madde içeriğini artırdıkları gözlenmiştir. Fenolik bileşenler, serbest radikallerle savaşarak oksidatif stresi azaltmakta ve kronik hastalıkların önlenmesine yardımcı olmaktadır. Zeytin pirinasının içerdiği fenolik bileşikler, fonksiyonel gıda bileşeni olma potansiyelini artırmaktadır. Dolayısıyla, toz pirina ilavesiyle üretilen gıdaların tüketimi, hem besin değerini artırmakta hem de sağlık üzerinde olumlu etkiler sağlamaktadır.

Tablo 4.13. Kurabiyelerin biyoaktif özellikleri.

	Toplam Fenolik Madde (mg KAE/kg km)	Toplam Flavonoid (mg KE/kg km)	Antioksidan Aktivite (μmol TE /kg km)
Kontrol	333.96 $\pm$ 6.11 ^d	130.48 $\pm$ 0.40 ^d	97.35 $\pm$ 54.28 ^b
KP1	474.82 $\pm$ 21.97 ^c	168.02 $\pm$ 4.51 ^c	191.35 $\pm$ 101.90 ^b
KP2	605.89 $\pm$ 15.32 ^b	214.48 $\pm$ 9.96 ^b	538.63 $\pm$ 410.04 ^b
KP3	721.83 $\pm$ 72.30 ^a	281.90 $\pm$ 7.31 ^a	1377.23 $\pm$ 250.06 ^a

Kontrol: Sade kurabiye; KP1, KP2 ve KP3: Kurabiye hamurunun sırasıyla ağırlıkça %1, 2 ve 3 oranında yer değiştirerek eklenmiş toz pirina içeren kurabiyeler. T.E.; Tespit edilemedi. Sonuçlar ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde verilmiştir. Analizler üç tekrarlı olarak yapılmıştır. ^{a-d} Küçük harfler aynı parametre için kurabiyeler arasındaki değişimi göstermektedir ($p<0.05$).

Benzer şekilde kuru pirinaların farklı oranlarda (%5, 7.5 ve 10) grissinilere eklenmesi (Simsek ve Süfer, 2022) ve kokulu kara üzüm meyvesinin farklı kurutma yöntemi ile kurutulduktan sonra farklı oranlarda (%0, 10, 20 ve 30) bisküvi hamuruna (Usta, 2022) veya nar kabuğu, mango ve domates tozunu farklı oranlarda (%2.5, 5, 7.5 ve 10) (Salem, 2020) eklenmesiyle biyoaktif bileşen miktarlarında artış saptanmıştır. Simsek ve Süfer (2022) grissinilerin %5, 7.5 ve 10 oranında toz pirina eklenmesiyle toplam fenolik madde miktarlarının 0.33 mg GAE/g'dan sırasıyla 0.71, 0.83 ve 1.04 mg GAE/g'e ve antiradikal aktivite değerlerinin ise (DPPH) 0.40 μ mol TE/g'dan 2.85, 6.17 ve 8.14 μ mol TE/g değerlerine yükseldiğini bildirmişlerdir.

Usta (2022) farklı kurutma teknikleri (tepsili, mikrodalga, vakum) ile kurutulmuş üzüm tozunun farklı oranlarda (%10, 20 ve 30) bisküvilere eklenmesiyle flavonoid miktarının 27.74 mg KE/100g km'den 61.10 mg KE/100g km'ye yükseldiğini bildirmiştir. Ayrıca fenolik miktarının 0.86 g GAE/kg'dan 5.78 g GAE/kg'a ve antioksidan aktivitenin % 13.86'dan % 67.89'a yükseldiğini belirtmiştir. Salem vd. (2020) ise bisküvi örneklerindeki flavonoid miktarlarının 28.45 mg KE/100 g değerinden nar tozu eklenmesiyle 34.12-51.13 mg KE/100 g değerlerine, mango tozu eklenmesiyle 31.17-39.33 mg KE/100 g değerlerine ve domates tozu eklenmesiyle 38.76-68.45 mg KE/100 g değerlerine yükseldiğini belirtmişlerdir. Tüm örneklerinde ikame oranı arttıkça flavonoid miktarının arttığını ortaya koymuşlardır.

Zeytin pirinasının fenolik bileşenleri, antioksidan aktiviteleri ve sağlık üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle fonksiyonel gıda bileşenleri olarak büyük potansiyele sahiptir. Bu bileşenler, serbest radikallerle savaşarak oksidatif stresi azaltabilir ve böylece kronik hastalıkların önlenmesine yardımcı olabilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında taze pirinanın kurutularak raf ömrünün uzatılması ve fonksiyonel gıda üretiminde kullanımı amaçlanmıştır.

Farklı sıcaklıklarda (60, 70 ve 80°C) pirinanın denge nemi değerine kadar kurutulma sürelerinin farklılık gösterdiği saptanmıştır. 60°C'de 300 dakika, 70°C'de 240 dakika ve 80°C'de 165 dakika olarak belirlenen kurutma süreleri, ısı transfer hızının ve suyun kütle transferinin daha hızlı olduğu yüksek sıcaklıkların, kurutma süresini kısalttığını göstermektedir. Kurutma işleminin ilk aşamalarında nemin çoğunluğunun ayrıldığı ve yüksek sıcaklıklarda birim zamanda daha fazla nemin uzaklaştığını ortaya koymaktadır. En fazla uzaklaşan nem miktarı 80°C'de tespit edilmiştir. Bu durum, suyun buharlaşma hızının sıcaklıkla birlikte arttığını ve kuruma sürecinin hızlandığını göstermektedir. Dolayısıyla, yüksek sıcaklıklarda kurutma süresinin kısılması, enerji tasarrufu ve işlem süresi açısından avantaj sağlamaktadır.

Matematiksel modellerin değerlendirilmesi, kurutma işlemlerinin verimliliğini artırmak ve maliyeti düşürmek için kritik öneme sahiptir. Bu çalışmada kullanılan Newton, Page, Henderson and Pabis, Logaritmik ve Midilli modelleri, Fick'in ikinci difüzyon yasasına dayanan yarı teorik modellerdir. Her bir model zamana bağlı ayrılabilir nem oranlarına ilişkin regresyon katsayısı (R^2), ki-kare değeri (χ^2), hata karelerinin toplamı (SSE) ve hata karelerinin karekökü (RMSE) gibi istatistiksel parametreler kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmelerle incelenen sıcaklıkta (60, 70 ve 80°C) kurutulan pirina için en uygun matematiksel model Page Modeli olmuştur. Bu modellerin performansları, kurutma sıcaklıklarına ve işlem koşullarına göre değişkenlik gösterebilmektedir.

Kurutma sıcaklığının artırılması, pirinanın besin değeri üzerinde de önemli etkilere sahiptir. Yüksek sıcaklıklarda kurutma, işlem süresini kısaltmakla birlikte, termal olarak hassas bileşiklerin bozulmasına ve biyoaktif bileşenlerin etkilenmesine yol açabilir. Özellikle 80°C'de kurutulan pirinaların toplam fenolik madde, toplam flavonoid ve antiradikal aktivitesinde gözlenen değişiklikler zamana bağlı olarak incelenmiş ve belirgin bir düşüş gözlenmiştir. Bu düşüşün, enzimatik ve enzimatik olmayan oksidasyon reaksiyonları ile termal bozulmadan kaynaklandığı düşünülmüştür.

Bu yüksek lisans çalışmasında, taze pirinanın yüksek nem (%72.78) ve düşük kül (%1.13) içeriğine sahip olduğu görülmüştür. Kurutma işlemi sonrası nem oranının %2.92-3.36 aralığına düşürülmesi, pirinanın raf ömrünü uzatmak ve mikrobiyal güvenliği sağlamak açısından önemlidir. Nem içeriği, kurutma sıcaklığı arttıkça azalmaktadır. 80°C'de en düşük nem içeriği gözlenmiştir. Ayrıca pirinanın su aktivitesi kurutma süresince azalmaktadır. Buna karşılık, kurutulmuş pirinaların kül içeriği %5.71-5.96 değerlerine yükselmiştir. Bu artış, taze pirinadaki nemin uzaklaşması ile ilişkilidir ve benzer bulgular literatür ile de desteklenmektedir.

Protein ve yağ içeriği açısından ise, taze pirinanın yağ içeriği %8.77 iken kurutulmuş pirinalarda bu değer %16.23-16.40 değerlerine yükselmiştir. Protein içeriği, kurutma sıcaklığı arttıkça azalmış ve bu değişiklikler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Bu durum, kurutma işleminin pirinanın besinsel kalitesine olan etkilerini göstermektedir.

Taze pirinanın su aktivitesi 0.93 olarak belirlenmiş ve bu değer, mikroorganizmaların gelişimi için uygun bir ortam sunmaktadır. Kurutma işlemi ile su aktivitesi 0.253-0.260 aralığına düşmüştür, bu da mikrobiyal stabiliteyi artırarak pirinanın daha güvenli ve uzun süreli depolanabilir hale gelmesini sağlamaktadır. Farklı kurutma sıcaklıkları arasında su aktivitesi açısından anlamlı bir fark olmaması, kurutma işleminin bu açıdan etkili olduğunu göstermektedir.

Kurutma işlemi, taze pirinanın pH değerini 4.6'dan daha yüksek değerlere çıkararak asitliği azaltmaktadır. Kurutma işlemi, pirinanın titrasyon asitliğini önemli ölçüde azaltmıştır. Bu durum, kurutma sırasında meydana gelen ısı etkisi ve suyun buharlaşması ile asidik bileşiklerin kaybindan kaynaklanmaktadır.

Kurutma işleminin pirinanın toplam fenolik madde ve flavonoid miktarını düşürdüğü gözlemlenmiştir. Taze pirinadaki fenolik madde miktarı 9.78 mg KAE/g iken, kurutulmuş pirinalarda bu değer 4.39-4.68 mg KAE/g aralığında bulunmuştur. Benzer şekilde, flavonoid miktarı da taze pirinaya kıyasla kurutulmuş pirinalarda azalmıştır. Bu düşüş, kurutma işlemi sırasında meydana gelen termal bozunma ve oksidasyonun bir sonucu olarak değerlendirilebilir.

Bu bulgular doğrultusunda, taze pirinayı kurutma işlemlerinde optimal koşulların belirlenmesi, nispeten düşük sıcaklıkta kurutma işlemlerinin veya farklı kurutma tekniklerinin karşılaştırmalı analizleri, taze pirinayı kurutmada en uygun yöntemin belirlenmesi gibi gelecekte çalışmalar yapılabilir. Aynı zamanda bu farklı işlem koşullarının sadece nem ve besinsel içerik yönünden değil fonksiyonel

gıdalarda potansiyel kullanım amacı olan biyoaktif özelliklerinin de değerlendirilmesi gerekmektedir.

Kurutma sürecinin pirina bileşenlerinin yapısında hidrojen bağları ve moleküler yapılar üzerinde önemli etkileri olduğu, amid A bandının sıcaklıkla birlikte daha düşük dalga numarasında kaymalar göstermesiyle doğrulanmıştır. Bu durum, kurutma sıcaklığının pirina bileşenlerinin yapısal bütünlüğü ve kimyasal özellikleri üzerinde belirgin bir rol oynadığını göstermektedir.

Kurutma işlemi, zeytin pirinasının L* değerini düşürerek daha koyu bir renk oluşmasına neden olmuş ve a* ile b* değerlerinde artış gözlemlenmiştir, bu da kırmızılık ve sarılığın arttığını göstermektedir. Renk değişiklikleri, enzimatik esmerleşme ve oksidasyon reaksiyonlarının bir sonucu olarak meydana gelmiştir. Bu değişiklikler gıda ürünlerinin renk profilini ve tüketici kabul edilebilirliğini etkilemektedir. Farklı sıcaklık uygulamasının L*, a* ve b* renk değerlerinde istatistiksel olarak farklılık yaratmadığı bulunmuştur ($p>0.05$).

Farklı sıcaklıklarda kurutulan zeytin pirina tozlarının teknofonksiyonel özelliklerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir, bu da kurutma sıcaklığının bu özellikler üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Bu bulgu, zeytin pirina tozunun çeşitli gıda ürünlerinde katkı maddesi olarak kullanılmasında, teknofonksiyonel özellikler açısından kurutma sıcaklığının olumsuz bir durum yaratmayacağı anlamına gelmektedir.

Bu çalışmada, zeytin pirina tozunun kurabiyelerin besin değeri, tekstür ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sonuçlar, toz pirina eklenmesinin nem, kül ve renk parametrelerinde bazı değişikliklere yol açtığını göstermiştir. Bununla birlikte, toz pirina eklenmesinin yağ içerikleri üzerine önemli bir etkisi olmadığı görülmüştür ($p>0.05$). Ayrıca, tekstür analizinde bazı gruplarda sertlik ve kırılabilirlik değerlerinin farklılaştığı, ancak genel olarak duyuşal parametrelerde %1 oranında toz pirina eklenen kurabiyelerin genel kabul edilebilirlik değerinin kontrol örneğe yakın olduğu saptanmıştır. Zeytin pirina tozu ile zenginleştirilmiş kurabiyelerin fenolik madde ve antioksidan aktivite seviyelerinin arttığı, bu da zeytin pirinasının fonksiyonel gıda bileşeni olarak büyük bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, zeytin pirinasının besleyici ve sağlığa yararlı özelliklerini koruyarak gıda ürünlerine eklenebileceğini ve böylece fonksiyonel gıdalar alanında önemli bir katkı sağlayabileceğini ortaya koymaktadır.

6. KAYNAKLAR

Bu tez çalışmasında APA atıf sistemi kullanılmıştır.

- AACC. 2000. "Approved Methods of Analysis, Method 32-05.01. Total Dietary Fiber". *International, American Association of Cereal Chemists*.
- Abbas, M., Saeed, F., Anjum, M., Afzaal, M., Tufail, T., Shakeel Bashir, M., Muhammad Ishtiaq, A., Hussain, S., Ansar, H., Suleria, R. 2021. "Novel Processes for the Extraction of Phenolic Compounds from Olive Pomace and Their Protection by Encapsulation". *Molecules*, 26(6), 1781.
- Abderrahman, M., Abdelaziz, B., Abdelkader, O. 2022. "Thermal performances and kinetics analyses of greenhouse hybrid drying of two-phase olive pomace: Effect of thin layer thickness". *Renewable Energy*, 199, 407–418.
- Ahmad-Qasem, M. H., Barrajon-Catalan, E., Micol, V., Cárcel, J. A., Garcia-Perez, J. V. 2013. "Influence of air temperature on drying kinetics and antioxidant potential of olive pomace". *Journal of Food Engineering*, 119(3), 516–524.
- Akbağ, H. I., Çetinkeşane, Ö. 2021. "Farklı Üretim Sistemlerinden Elde Edilen Zeytinyağı Sanayi Yan Ürünlerin Besleme Değerinin Belirlenmesi". *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(2), 202–210.
- Akgun, N. A., Doymaz, I. 2005. "Modelling of olive cake thin-layer drying process". *Journal of Food Engineering*, 68(4), 455–461.
- Altay, K., Çalışkan Koç, G., Akdoğan, A. 2023. "Zeytin pirinasının mikrodalga kurutulmasında ultrases ön işleminin ürünün bazı fiziksel ve kimyasal özellikler üzerine etkisi". *Gıda*, 48(4), 888–899.
- Andreou, V., Psarianos, M., Dimopoulos, G., Tsimogiannis, D., Taoukis, P. 2020. "Effect of pulsed electric fields and high pressure on improved recovery of high-added-value compounds from olive pomace". *Journal of Food Science*, 85(5), 1500–1512.
- AOAC. 2005. "Official Methods of Analysis of AOAC International". *Association of Official Analysis Chemists International* (18. baskı). Washington DC: Official Agricultural Chemists.
- Araújo, A. L. de, Pena, R. da S. 2020. "Effect of particle size and temperature on the hygroscopic behaviour of cassava flour from dry group and storage time estimation". *CYTA - Journal of Food*, 18(1), 178–186.
- Arepally, D., Reddy, R. S., Goswami, T. K., Datta, A. K. 2020. "Biscuit baking: A review". *LWT*, 131, 109726.
- Ascheri, J. L. R., Bernal-Gomez, M. E., Carvalho, C. W. P., Modesta, R. C. D. 1998. "Production of snacks from mixtures of rice and sweet potato flours by thermoplastic extrusion". *Alimentaria*, 293, 79–86.
- Azadfar, E., Elhami Rad, A. H., Sharifi, A., Armin, M. 2023. "Effect of Olive Pomace Fiber on the Baking Properties of Wheat Flour and Flat Bread (Barbari Bread) Quality". *Journal of Food Processing and Preservation*, 2023, 1405758.
- Balbinot Filho, C. A., Teixeira, R. F., Azevedo, M. L., Gautério, F. G. A. 2022. "Obtaining and characterization of olive (*Olea europaea* L.) pomace flour: An investigation on its applicability in gluten-free cake formulations added with xanthan". *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(11), e17046.
- Baldán, Y., Riveros, M., Fabani, M. P., Rodriguez, R. 2023. "Grape pomace powder valorization: a

- novel ingredient to improve the nutritional quality of gluten-free muffins". *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13(11), 9997–10009.
- Balli, D., Cecchi, L., Innocenti, M., Bellumori, M., Mulinacci, N. 2021. "Food by-products valorisation: Grape pomace and olive pomace (pâté) as sources of phenolic compounds and fiber for enrichment of tagliatelle pasta". *Food Chemistry*, 355, 129642.
- Baysan, U., Koç, M., Güngör, A., Ertekin, F. K. 2022. "Investigation of drying conditions to valorize 2-phase olive pomace in further processing". *Drying Technology*, 40(1), 65–76.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., Berset, C. 1995. "Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity". *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25–30.
- 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.
- Caponio, G. R., Difonzo, G., de Gennaro, G., Calasso, M., De Angelis, M., Pasqualone, A. 2022. "Nutritional Improvement of Gluten-Free Breadsticks by Olive Cake Addition and Sourdough Fermentation: How Texture, Sensory, and Aromatic Profile Were Affected?". *Frontiers in Nutrition*, 9, 830932.
- Cardinali, F., Belleggia, L., Reale, A., Cirilini, M., Boscaino, F., Di Renzo, T., Del Vecchio, L., Cavalca, N., Milanović, V., Garofalo, C., Cesaro, C., Rampanti, G., Osimani, A. A., L. 2024. "Exploitation of Black Olive (*Olea europaea* L. cv. Piantone di Mogliano) Pomace for the Production of High-Value Bread". *Foods*, 13(3), 460.
- Cecchi, L., Migliorini, M., Giambanelli, E., Canuti, V., Bellumori, M., Mulinacci, N., Zanoni, B. 2022. "Exploitation of virgin olive oil by-products (*Olea europaea* L.): phenolic and volatile compounds transformations phenomena in fresh two-phase olive pomace (‘alperujo’) under different storage conditions". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(6), 2515–2525.
- Cecchi, L., Schuster, N., Flynn, D., Bechtel, R., Bellumori, M., Innocenti, M., Mulinacci, N., Guinard, J. X. 2019. "Sensory Profiling and Consumer Acceptance of Pasta, Bread, and Granola Bar Fortified with Dried Olive Pomace (Pâté): A Byproduct from Virgin Olive Oil Production". *Journal of Food Science*, 84(10), 2995–3008.
- Cedola, A., Cardinali, A., D’Antuono, I., Conte, A., Del Nobile, M. A. 2020. "Cereal foods fortified with by-products from the olive oil industry". *Food Bioscience*, 33, 100490.
- Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. 2023. "Zeytinyağı İşletmelerinin 2 Fazlı Üretime Geçiş Genelgesi". <https://www.csb.gov.tr/zeytinyagi-isletmelerinin-2-fazli-uretime-gecisi-genelgesi-yayimlandi-bakanlik-faaliyetleri-37394>
- Christofi, A., Fella, P., Agapiou, A., Barampouti, E. M., Mai, S., Moustakas, K., Loizidou, M. 2024. "The Impact of Drying and Storage on the Characteristics of Two-Phase Olive Pomace". *Sustainability*, 16(3), 1116.
- Comunian, T. A., Silva, M. P., Souza, C. J. F. 2021. "The use of food by-products as a novel for functional foods: Their use as ingredients and for the encapsulation process". *Trends in Food Science & Technology*, 108, 269–280.
- Dahdah, P., Cabizza, R., Farbo, M. G., Fadda, C., Mara, A., Hassoun, G., Piga, A. 2024. "Improving the Rheological Properties of Dough Obtained by Partial Substitution of Wheat Flour with Freeze-Dried Olive Pomace". *Foods*, 13(3), 478.
- de Gennaro, G., Difonzo, G., Summo, C., Pasqualone, A., Caponio, F. 2022. "Olive Cake Powder as Functional Ingredient to Improve the Quality of Gluten-Free Breadsticks". *Foods*, 11(4), 552.
- Derardja, A. eddine, Pretzler, M., Barkat, M., Rompel, A. 2024. "Extraction, Purification, and

- Characterization of Olive (*Olea europaea* L., cv. Chemlal) Polyphenol Oxidase". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 72(6), 3009–3112.
- Dewanto, V., Wu, X., Adom, K. K., Liu, R. H. 2002. "Thermal Processing Enhances the Nutritional Value of Tomatoes by Increasing Total Antioxidant Activity". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(10), 3010–3014.
- Di Nunzio, M., Picone, G., Pasini, F., Caboni, M. F., Gianotti, A., Bordoni, A., Capozzi, F. 2018. "Olive oil industry by-products. Effects of a polyphenol-rich extract on the metabolome and response to inflammation in cultured intestinal cell". *Food Research International*, 113, 392–400.
- Di Nunzio, M., Picone, G., Pasini, F., Chiarello, E., Caboni, M. F., Capozzi, F., Gianotti, A. Bordoni, A. 2020. "Olive oil by-product as functional ingredient in bakery products. Influence of processing and evaluation of biological effects". *Food Research International*, 131, 108940.
- Difonzo, G., Troilo, M., Squeo, G., Pasqualone, A., Caponio, F. 2021. "Functional compounds from olive pomace to obtain high-added value foods – a review". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(1), 15–26.
- Dogan, A., Siyakus, G., Severcan, F. 2007. "FTIR spectroscopic characterization of irradiated hazelnut (*Corylus avellana* L.)". *Food Chemistry*, 100(3), 1106–1114.
- Duman, A. K., Özgen, G. Ö., Üçtuğ, F. G. 2020. "Environmental life cycle assessment of olive pomace utilization in Turkey". *Sustainable Production and Consumption*, 22, 126–137.
- Ebrahimi, P., Shokramraji, Z., Tavakkoli, S., Mihaylova, D., Lante, A. 2023. "Chlorophylls as Natural Bioactive Compounds Existing in Food By-Products: A Critical Review". *Plants*, 12(7), 1533.
- Erge, H. S., Karadeniz, F., Koca, N., Soyer, Y. 2008. "Effect of Heat Treatment on Chlorophyll Degradation and Color Loss in Green Peas". *Gıda Dergisi*, 33(5), 225–233.
- FAO. 2023a. "On first-ever International Day of Zero Waste, FAO puts the spotlight on bioeconomy". <https://www.fao.org/newsroom/detail/on-first-ever-international-day-of-zero-waste-fao-puts-the-spotlight-on-bioeconomy/en>
- FAO. 2023b. "Towards a waste-free future". Tarihinde 04 Mart 2024, adresinden erişildi <https://www.fao.org/europe/news/detail/towards-a-food-waste-free-future/en>
- Ferlisi, F., Tang, J., Cappelli, K., Tralbalza-Marinucci, M. 2023. "Dietary supplementation with olive oil co-products rich in polyphenols: a novel nutraceutical approach in monogastric animal nutrition". *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1272274.
- Göğüş, F., Maskan, M. 2006. "Air drying characteristics of solid waste (pomace) of olive oil processing". *Journal of Food Engineering*, 72(4), 378–382.
- Gómez-Cruz, I., Cara, C., Romero, I., Castro, E., Gullón, B. 2021. "Valorisation of Exhausted Olive Pomace by an Eco-Friendly Solvent Extraction Process of Natural Antioxidants". *Antioxidants*, 10(6), 948.
- Gutfinger, T. 1981. "Polyphenols in olive oils". *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 58(11), 966–968.
- Halkman, A. K. 2019. "*Gıda Mikrobiyolojisi*". (A. K. Halkman, Ed.). Ankara: Başak Matbaacılık ve Tanıtım Hizmetleri Ltd.
- Henderson, S. M. 1961. "Grain Drying Theory (I) Temperature Effect on Drying Coefficient". *Journal of Agricultural Engineering Research*, 6, 169–174.
- Inzunza-Soto, M., Thai, S., Sinrod, A. J. G., Olson, D. A., Avena-Bustillos, R. J., Li, X., Rolston, Matthew R., Wang, S. C., Teran-Cabanillas, E., McHugh, T. H. 2021. "Health benefits of first and second extraction drum-dried pitted olive pomace". *Journal of Food Science*, 86(11),

- Izli, N., Izli, G., Taskin, O. 2017. "Drying kinetics, colour, total phenolic content and antioxidant capacity properties of kiwi dried by different methods". *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(1), 64–74.
- Karacabey, E., Aktaş, T., Taşeri, L., Uysal Seçkin, G. 2020. "Sultani Çekirdeksiz Üzüm Çeşidinde Farklı Kurutma Yöntemlerinin Kurutma Kinetiği, Enerji Tüketimi ve Ürün Kalitesi Açısından İncelenmesi". *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(1), 53–65.
- Katsinas, N., Rodríguez-Rojo, S., Enríquez-De-salamanca, A. 2021. "Olive Pomace Phenolic Compounds and Extracts Can Inhibit Inflammatory- and Oxidative-Related Diseases of Human Ocular Surface Epithelium". *Antioxidants*, 10(7), 1150.
- Keser, O., Bilal, T., Üniversitesi, İ., Fakültesi, V., Besleme, H., Hastalıkları, B., Dalı, A. 2010. "Zeytin Sanayi Yan Ürünlerinin Hayvan Beslemede Kullanım Olanakları". *Hayvansal Üretim*, 51(1), 64–72.
- Lewis, W. K. 1921. "The Rate of Drying of Solid Materials". *Industrial and Engineering Chemistry*, 13(5), 427–432.
- Liu, F. F., Li, Y. Q., Wang, C. Y., Liang, Y., Zhao, X. Z., He, J. X., Mo, H. Z. 2022. "Physicochemical, functional and antioxidant properties of mung bean protein enzymatic hydrolysates". *Food Chemistry*, 393, 133397.
- Maamar, M. I., Badraoui, M., Mazouzi, M., Mouakkir, L. 2023. "Mathematical Modeling on Vacuum Drying of Olive Pomace". *Trends in Sciences*, 20(2), 3822.
- Matias, G. S., Lermen, F. H., Matos, C., Nicolin, D. J., Fischer, C., Rossoni, D. F., Jorge, L. M. M. 2023. "A model of distributed parameters for non-Fickian diffusion in grain drying based on the fractional calculus approach". *Biosystems Engineering*, 226, 16–26.
- Mellalou, A., Riad, W., Bacaoui, A., Outzourhit, A. 2023. "Experimental investigations on drying kinetics and modeling of two-phase olive pomace dried in a hybrid solar greenhouse dryer". *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 148(12), 5471–5483.
- Midilli, A., Kucuk, H., Yapar, Z. 2002. "A New Model for Single-Layer Drying". *Drying Technology*, 20(7), 1503–1513.
- Mohamed, M. A., Jaafar, J., Ismail, A. F., Othman, M. H. D., Rahman, M. A. 2017. "Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy". *Membrane Characterization*, 3–29.
- Monteiro, C. S. A., Adedara, I. A., Farombi, E. O., Emanuelli, T. 2024. "Nutraceutical potential of olive pomace: insights from cell-based and clinical studies". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 104, 3807–3815.
- Nsibi, C., Lajili, M. 2023. "Experimental Study and Mathematical Modeling under Various Hot-Air Drying Conditions of Thin Layer Olive Pomaces". *Processes*, 11(9), 2513.
- Nunes, M. A., Palmeira, J. D., Melo, D., Machado, S., Lobo, J. C., Costa, A. S. G., Alves, R. C., Ferreira, H. O., M. B. P. P. 2021. "Chemical Composition and Antimicrobial Activity of a New Olive Pomace Functional Ingredient". *Pharmaceuticals*, 14(9), 913.
- Ogunwolu, S. O., Henshaw, F. O., Mock, H. P., Santros, A., Awonorin, S. O. 2009. "Functional properties of protein concentrates and isolates produced from cashew (*Anacardium occidentale* L.) nut". *Food Chemistry*, 115(3), 852–858.
- Page, G. E. 1949. "Factors influencing the maximum rate of air-drying shelled corn in thin-layers". *Purdue University, West Lafayette, Indiana*.
- Paini, M., Aliakbarian, B., Casazza, A. A., Lagazzo, A., Botter, R., Perego, P. 2015. "Microencapsulation of phenolic compounds from olive pomace using spray drying: A study of operative parameters". *LWT - Food Science and Technology*, 62(1), 177–186.

- Paulo, F., Santos, L. 2021. "Deriving valorization of phenolic compounds from olive oil by-products for food applications through microencapsulation approaches: a comprehensive review". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(6), 920–945.
- Quero, J., Ballesteros, L. F., Ferreira-Santos, P., Velderrain-Rodriguez, G. R., Rocha, C. M. R., Pereira, R. N., Teixeira, J. A., Martin-Belloso, O., Rodríguez-Yoldi, M. J. 2022. "Unveiling the Antioxidant Therapeutic Functionality of Sustainable Olive Pomace Active Ingredients". *Antioxidants*, 11(5), 828.
- Ramírez, E., Gandul-Rojas, B., Romero, C., Brenes, M., Gallardo-Guerrero, L. 2015. "Composition of pigments and colour changes in green table olives related to processing type". *Food Chemistry*, 166, 115124.
- Rehal, J. K., Aggarwal, P., Dhaliwal, I., Sharma, M., Kaushik, P. 2022. "A Tomato Pomace Enriched Gluten-Free Ready-to-Cook Snack's Nutritional Profile, Quality, and Shelf Life Evaluation". *Horticulturae*, 8(5), 403.
- Resmi Gazete. 2019. "*Sifir Atık Yönetmeliği*". Mevzuat Bilgi Sistemi. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=32659&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- Resmi Gazete. "Bitkisel Üretime Destekleme Ödemesi Yapılmasına Dair Tebliğ: Tebliğ No. 2021/40", Pub. L. No. Sayı: 31683 (2021). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/12/20211208-3.htm>
- Ribeiro, Tânia Bragança, Oliveira, A., Coelho, M., Veiga, M., Costa, E. M., Silva, S., Nunes, J., Vicente, A. A., Pintado, M. 2021a. "Are olive pomace powders a safe source of bioactives and nutrients?". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(5), 1963–1978.
- Ribeiro, T. B., Costa, C. M., Bonifácio - Lopes, T., Silva, S., Veiga, M., Monforte, A. R., Nunes, J., Vicente, A. A., Pintado, M. 2021b. "Prebiotic effects of olive pomace powders in the gut: In vitro evaluation of the inhibition of adhesion of pathogens, prebiotic and antioxidant effects". *Food Hydrocolloids*, 112, 106312.
- Ribeiro, T. B., Bonifácio-Lopes, T., Morais, P., Miranda, A., Nunes, J., Vicente, A. A., Pintado, M. 2021c. "Incorporation of olive pomace ingredients into yoghurts as a source of fibre and hydroxytyrosol: Antioxidant activity and stability throughout gastrointestinal digestion". *Journal of Food Engineering*, 297, 110476.
- Ribeiro, Tânia Bragança, Oliveira, A. L., Costa, C., Nunes, J., Vicente, A. A., Pintado, M. 2020. "Total and Sustainable Valorisation of Olive Pomace Using a Fractionation Approach". *Applied Sciences*, 10(19), 6785.
- Rivero-Pino, F., Millan-Linares, M. C., Villanueva-Lazo, A., Fernandez-Prior, Á., Montserrat-de-la-Paz, S. 2023. "In vivo evidences of the health-promoting properties of bioactive compounds obtained from olive by-products and their use as food ingredient". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*.
- Romankiewicz, D., Hassoon, W. H., Cacak-Pietrzak, G., Sobczyk, M. B., Wirkowska-Wojdyba, M., Ceglińska, A., Dziki, D. 2017. "The effect of chia seeds (*salvia hispanica* L.) addition on quality and nutritional value of wheat bread". *Journal of Food Quality*, 2017, 7352631.
- Ross, K. A., DeLury, N., Fukumoto, L., Diarra, M. S. 2020. "Dried berry pomace as a source of high value-added bioproduct: drying kinetics and bioactive quality indices". *International Journal of Food Properties*, 23(1), 2123–2143.
- Salem, B. 2020. "Use of Tomato Pomace, Mango Seeds Kernel and Pomegranate Peels Powders for the Production of Functional Biscuits". *Zagazig Journal of Agricultural Research*, 47(4), 1011–1023.
- Selim, khaled abdelhamed, Badawy, W., Smetanska, I. 2020. "Utilization of Olive Pomace As A Source of Bioactive Compounds in Quality Improving of Toast Bread". *Egyptian Journal of*

- Silva, A. R., Ayuso, M., Oludemi, T., Gonçalves, A., Melgar, B., Barros, L. 2024. "Response surface methodology and artificial neural network modeling as predictive tools for phenolic compounds recovery from olive pomace". *Separation and Purification Technology*, 330, 125351.
- Simonato, B., Trevisan, S., Tolve, R., Favati, F., and Pasini, G. 2019. "Pasta fortification with olive pomace: Effects on the technological characteristics and nutritional properties". *Lwt-Food Science and Technology*, 114, 108368.
- Simpson, R., Ramírez, C., Nuñez, H., Jaques, A., Almonacid, S. 2017. "Understanding the success of Page's model and related empirical equations in fitting experimental data of diffusion phenomena in food matrices". *Trends in Food Science & Technology*, 62, 194–201.
- Simsek, M., Süfer, Ö. 2022. "Olive pomace from olive oil processing as partial flour substitute in breadsticks: Bioactive, textural, sensorial and nutritional properties". *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(6), e15705.
- Sinrod, A. J. G., Avena-Bustillos, R. J., Olson, D. A., Crawford, L. M., Wang, S. C., McHugh, T. H. 2019. "Phenolics and Antioxidant Capacity of Pitted Olive Pomace Affected by Three Drying Technologies". *Journal of Food Science*, 84(3), 412–420.
- Soumya, N. P. P., Mini, S., Sivan, S. K., Mondal, S. 2021. "Bioactive compounds in functional food and their role as therapeutics". *Bioactive Compounds in Health and Disease*, 4(3), 24–39.
- Souza, E. C. de, Cordeiro, D. A., Silva, B. S., Neves, N. de A., Schmiele, M. 2022. "Development of muffin with the incorporation of olive pomace flour, extra virgin olive oil and hydrolyzed soy protein". *Research, Society and Development*, 11(2), e58511226012.
- Stramarkou, M., Missirli, T. V., Kyriakopoulou, K., Papadaki, S., Angelis-Dimakis, A., Krokida, M. 2023. "The Recovery of Bioactive Compounds from Olive Pomace Using Green Extraction Processes". *Resources*, 12(7), 77.
- Strateji ve Bütçe Başkanlığı. 2023. "On İkinci Kalkınma Planı (2024-2028) Karar No: 1396". https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/12/On-Ikinci-Kalkinma-Plani_2024-2028_11122023.pdf
- Trindade, P. C. O., Dalfolo, A. de C., Monteiro, C. S., Wagner, R., Dos Santos, B. A., Nora, F. M. D., Verruck, S. da ROSA, C. S. 2023. "Development and characterization of biscuits with olive pomace". *Food Science and Technology*, 43, e99922.
- Troise, A. D., Colantuono, A., Fiore, A. 2020. "Spray-dried olive mill wastewater reduces Maillard reaction in cookies model system". *Food Chemistry*, 323, 126793.
- TÜİK. 2023. "Bitkisel Üretim İstatistikleri 2022". <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2022-45504>
- Uribe, E., Lemus-Mondaca, R., Vega-Gálvez, A., López, L. A., Pereira, K., López, J., Ah-Hen, K., Di Scala, K. 2013. "Quality Characterization of Waste Olive Cake During Hot Air Drying: Nutritional Aspects and Antioxidant Activity". *Food and Bioprocess Technology*, 6(5), 1207–1217.
- Usta, T. 2022. "Kokulu Kara Üzüm (*Vitis labrusca* L.) Meyvesinin Farklı Tekniklerle Kurutularak Bisküvi Üretiminde Kullanımı". Necmettin Erbakan Üniversitesi.
- Yagcioglu, A., Degirmencioglu, A., Cagatay, F. 1999. "Drying characteristics of laurel leaves under different drying conditions.". İçinde *The 7th international congress on agricultural mechanization and energy* (ss. 565–569). Adana, Turkey.
- Ying, D. Y., Hlaing, M. M., Lerisson, J., Pitts, K., Cheng, L., Sanguansri, L., Augustin, M. A. 2017. "Physical properties and FTIR analysis of rice-oat flour and maize-oat flour based extruded

food products containing olive pomace". *Food Research International*, *100*, 665–673.

Youssefi, S., Emam-Djomeh, Z., Mousavi, S. M. 2009. "Comparison of Artificial Neural Network (ANN) and Response Surface Methodology (RSM) in the Prediction of Quality Parameters of Spray-Dried Pomegranate Juice". *Drying Technology*, *27*(7), 910–917.

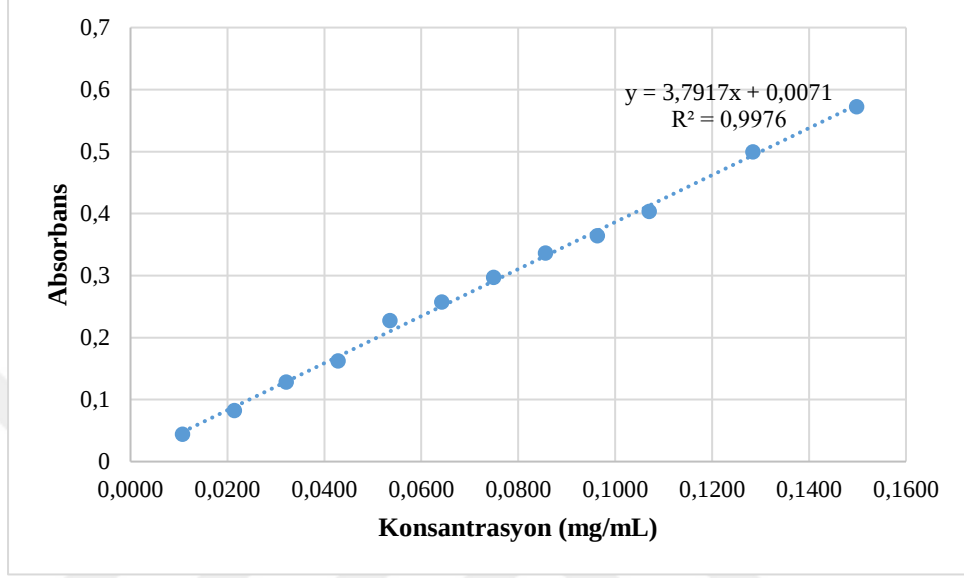
Zhao, H., Avena-Bustillos, R. J., Wang, S. C. 2022. "Extraction, Purification and In Vitro Antioxidant Activity Evaluation of Phenolic Compounds in California Olive Pomace". *Foods*, *11*(2), 174.



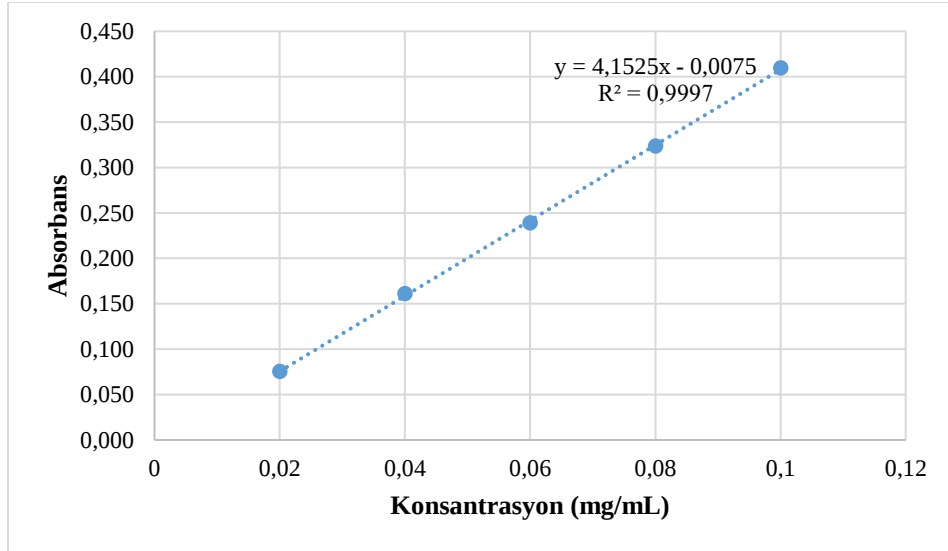
7. EKLER

EK 1

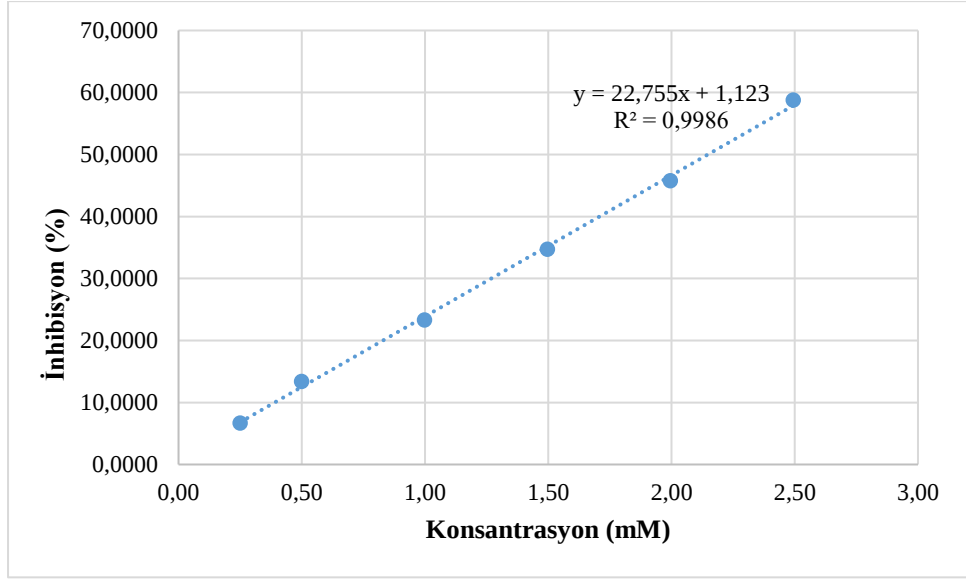
EK 1: Kalibrasyon Doğruları



Şekil 7.1. Toplam fenolik madde tayini kafeik asit kalibrasyon eğrisi



Şekil 7.2. Flavonoid miktarı tayini kateşin kalibrasyon eğrisi



Şekil 7.3. Antiradikal madde tayini troloks kalibrasyon eğrisi