



T.C.  
NECMETTİN ERBAKAN  
ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Farklı Metotlar ile Kurutulan Olgunlaşmamış  
(Yeşil) Muz (*Musa Spp.*) Meyvesinin, Bisküvi  
Kalite Özelliklerine Etkisi

Hatice Betül KARABACAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

EKİM-2024

KONYA  
Her Hakkı Saklıdır

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## **DECLARATION PAGE**

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Hatice Betül KARABACAK

Tarih:

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### Farklı Metotlar ile Kurutulan Olgunlaşmamış (Yeşil) Muz (*Musa Spp.*) Meyvesinin, Bisküvi Kalite Özelliklerine Etkisi

Hatice Betül KARABACAK

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. M. Kürşat DEMİR  
2024, 92 Sayfa

#### Jüri

Prof. Dr. M. Kürşat DEMİR

Doç. Dr. Durmuş SERT

Dr. Öğr. Üyesi Süleyman GÖKMEN

Muz meyvesi (*Musa spp.*), düşük üretim maliyeti ve yüksek besin değerleri ile dünya genelinde önemli bir gıda kaynağı olarak öne çıkmaktadır. Yıl boyunca değişken çevre koşullarında üretilebilmesi, bu meyvenin sürdürülebilir bir tarım ürünü olmasını sağlamaktadır. Farklı bitkilerle birlikte yetiştirildiğinde ise ekolojik, biyolojik ve ekonomik açıdan faydalı sonuçlar doğurmaktadır. Dirençli nişasta içeriği sayesinde sağlıklı bir ara öğün alternatifi olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Kurutulup toz haline getirilen muz, bisküvi ve benzeri ürünlerde de kullanılarak gıda endüstrisinde çeşitli yeni formülasyonlara olanak tanımaktadır.

Bu çalışmada; yeni hasat edilen olgunlaşmamış (ham-yeşil) muz meyveleri laboratuvar ortamında mikrodalga, kırım pencere ve tepsili kurutma olmak üzere üç farklı metot kullanılarak kurutulmuş, ardından öğütülerek toz haline getirilmiştir. Elde edilen bu muz meyve tozları farklı ikameleri (%0, 10, 20, 30 ve 40) bisküvi üretmek için kullanılmıştır. Elde edilen örneklerinde; fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikleri incelenmiştir.

Üretilen bisküvi örneklerinde en yüksek parlaklık ve sarılık, en düşük kırmızılık değerlerini tepsili kurutma metodu verilmiştir. Bisküvi formülasyonunda ikame edilen olgunlaşmamış yeşil muz meyve tozu oranı arttıkça, parlaklık değerleri azalmış, daha koyu son ürünler elde edilmiştir. Kırmızılık ve sarılık değerleride artmıştır. Fiziksel olarak mikrodalga kurutma metodu bisküvi çap ve kalınlık değerlerini azalmıştır. Yeşil muz tozu ikame oranı arttıkça çap ve kalınlık değerleri artmış, yayılma oranları azalmış daha dolgun, kalın yayılması az bisküviler elde edilmiştir.

Ayrıca ikame oranında artışlar, daha az yağ ve protein içeren kül ve dirençli nişasta içeriği yüksek, antioksidan kapasitesi ve fenolik içeriği artmış son ürün eldesi sağlanmıştır. Fakat yüksek ikame oranlarında genellikle bisküvilerin duyuşal kalitesini olumsuz yönde etkilediği sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak kurutulmuş yeşil muz meyve tozlarının bisküvi üretiminde kullanılması, bu ürünlerin kimyasal ve besinsel özelliklerini geliştirirken aynı zamanda fonksiyonelliklerini de arttırabileceği kanısına varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** bisküvi, dirençli nişasta, kırım pencere, mikrodalga kurutucu, tepsili kurutma, yeşil muz

## ABSTRACT

## MS THESIS

### **The Effect Of Unripe (Green) Banana (*Musa Spp.*) Fruit Dried By Different Methods on Biscuit Quality Characteristics**

**Hatice Betül KARABACAK**

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF  
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
IN FOOD ENGINEERING**

**Advisor: Prof. Dr. M. Kürşat DEMİR**

**2024, 92 Pages**

#### **Jury**

**Prof. Dr. M. Kürşat DEMİR**

**Assoc. Prof. Dr. Durmuş SERT**

**Assist Prof. Dr. Süleyman GÖKMEN**

Banana fruit (*Musa spp.*) stands out as an important food source worldwide due to its low production cost and high nutritional value. Its ability to be produced under variable environmental conditions throughout the year makes this fruit a sustainable agricultural product. When grown in combination with different plants, it produces ecologically, biologically and economically beneficial results. Thanks to its resistant starch content, it is widely used as a healthy snack alternative. Dried and powdered bananas can also be used in biscuits and similar products, enabling various new formulations in the food industry.

In this study, newly harvested unripe (raw-green) banana fruits were dried in the laboratory using three different methods: microwave, refractance window and tray drying, and then ground into powder. Different substitutions (0, 10, 20, 30 and 40%) of these banana fruit powders were used to produce biscuits. The samples obtained were analyzed for their physical, chemical and sensory characteristics.

The biscuit samples produced with the highest brightness and yellowness values and the minimum redness were given by the tray drying process. As the proportion of immature green banana fruit powder substituted in the biscuit formulation increased, the brightness values decreased and darker final products were obtained. Redness and yellowness values also increased. Physically, microwave drying method decreased the biscuit diameter and thickness values. As the substitution rate of green banana powder increased; diameter and thickness values increased, spreading rates decreased, fuller, thicker, less spreading biscuits were obtained.

In addition, increases in the substitution rate resulted in a final product with less fat and protein, higher ash and resistant starch content, increased antioxidant capacity and phenolic content. However, it was concluded that higher substitution rates generally negatively affected the sensory quality of the biscuits. As a conclusion, it was suggested that the use dried green banana fruit powders in biscuit production can improve the chemical and nutritional properties of these products while at the same time increasing their functionality.

**Keywords:** Biscuit, resistant starch, refractance window drying, microwave dryer, tray drying, green banana.

## ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca gösterdiği sabır, anlayış için ve değerli bilgilerini benimle paylaşan, her alanda yardımcı olan kıymetli danışmanım Prof. Dr. Mustafa Kürşat DEMİR'e, araştırmamın her bir aşamasında görüşleriyle beni destekleyen, samimiyetini her zaman hissettiren ve beni doğru yönde yönlendiren Nezahat OLCAY'a, desteğini ve yardımlarını esirgemeyen Necmettin Erbakan Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerine ve öğrencilerine sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalışmamda desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen, bana olan güvenlerini hiç kaybetmeyen biricik aileme, canım annem Zeynep Nur EKEMEN, canım babam Ali Serdar EKEMEN, canım kardeşlerim Emre EKEMEN ve laboratuvar çalışmalarımda bana yardım eden, her zaman yanımda olan Beyza Nur EKEMEN'e teşekkür ederim.

Beni her zaman destekleyip yanımda olan, bu süreçte en büyük yardımcım canım eşim Nihat KARABACAK'a teşekkür ederim.

Bisküvimin önemli bileşenlerinden olan Fruktoz Şurubu tedarikine yardımcı oldukları için AK Nişasta'ya ayrıca teşekkür ederim.

Hatice Betül KARABACAK  
KONYA-2024

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	iii
ABSTRACT .....	iv
ÖNSÖZ .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>4</b>
2.1. Muz Meyvesi .....	4
2.1.1. Yeşil muz ve sağlık açısından özellikleri .....	8
2.2. Bisküvi .....	13
2.3. Gıdalarda Kurutma .....	15
2.3.1. Tepsili kurutma .....	17
2.3.2. Mikrodalga kurutma.....	19
2.3.3. Kırınım pencereci kurutuma .....	21
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>	<b>23</b>
3.1. Materyal .....	23
3.2. Yöntem .....	23
3.2.1. Deneme deseni .....	23
3.2.2. Yeşil muz meyvesinin kurutulması ve meyve tozu üretimi .....	24
3.2.3. Bisküvi üretim metodu.....	26
3.2.4. Hammadde ve ürünlerdeki fiziksel analizler .....	26
3.2.4.1. Renk analizi .....	26
3.2.5. Ürün ve hammaddelerdeki kimyasal analizler.....	27
3.2.5.1. Su (nem) analizi .....	27
3.2.5.2. Kül analizi .....	27
3.2.5.3. Ham yağ analizi .....	28
3.2.5.4. Ham protein analizi .....	28
3.2.5.5. Karbonhidrat içeriğinin belirlenmesi .....	28
3.2.5.6. Enerji içeriğinin hesaplanması .....	29
3.2.5.7. Toplam fenolik madde tayini (TFMM) .....	29

3.2.5.8. Fitik asit tayini .....	29
3.2.5.9. Dirençli nişasta analizi .....	29
3.2.5.10. Antioksidan aktivite .....	30
3.2.6. Bisküvi örneklerinde gerçekleştirilen analizler .....	30
3.3. Duyusal Analiz .....	30
3.4. İstatistik Analizler .....	31
<b>4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA .....</b>	<b>32</b>
4.1. Hammadde analiz sonuçları .....	32
4.1.1. Hammadde renk analizi sonuçları .....	32
4.1.2. Hammaddelerin kimyasal analiz sonuçları .....	34
4.2. Bisküvi analiz sonuçları .....	39
4.2.1. Bisküvi fiziksel analiz sonuçları .....	39
4.2.1.1. Renk tayini sonuçları .....	39
4.2.1.2. Çap, kalınlık ve yayılma oranı tayini .....	43
4.2.2. Bisküvi kimyasal analiz sonuçları .....	46
4.2.2.1. Nem analiz sonuçları.....	46
4.2.2.2. Ham yağ analiz sonuçları .....	51
4.2.2.3. Kül analiz sonuçları .....	53
4.2.2.4. Ham protein analiz sonuçları .....	54
4.2.2.5. Dirençli nişasta sonuçları .....	56
4.2.2.6. Karbonhidrat sonuçları .....	57
4.2.2.7. Enerji sonuçları .....	59
4.2.2.8. Fitik asit analiz sonuçları .....	60
4.2.2.9. Toplam fenolik madde miktarı (TFMM) analiz sonuçları.....	61
4.2.2.10. Antioksidan analiz sonuçları .....	63
4.2.2.10.1. DPPH.....	63
4.2.2.10.2. FRAP .....	64
4.3. Duyusal analiz sonuçları .....	67
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>69</b>
5.1. Sonuçlar .....	69
5.2. Öneriler .....	70
<b>6. KAYNAKLAR .....</b>	<b>71</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>91</b>

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

DN:	Dirençli Nişasta
KPK:	Kırınım Pencereleli Kurutucu
GAE:	Gallik Asit Eşdeğeri
°C:	Celsius (Santigrat Derece)
mg:	Miligram
g:	Gram
kg:	Kilogram
ml:	Mililitre
TE:	Troluks Eşdeğeri

### Kısaltmalar

USDA:	Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı
DPPH:	2,2-difenil-1-pikrilhidrazil Radikal Süpürücü Aktivite
TEAC:	Troluks Eşdeğer Antioksidan Kapasitesi
FRAP:	Ferrik Azaltıcı Antioksidan Gücü
AACC:	Amerikan Klinik Kimya Derneği
FAO:	Gıda ve Tarım Örgütü
PPO:	Polifenol Oksidaz
TFMM:	Toplam Fenolik Madde Miktarı
KZYA:	Kısa Zincirli Yağ Asidi
KPK:	Kırınım Pencereleli Kurutucu
GI:	Glisemik İndeksi
CIAT:	Uluslararası Tropikal Tarım Merkezi

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 3.1.</b>	Deneme Planı .....	23
<b>Çizelge 3.2.</b>	Şahit (kontrol) Bisküvi Formülü .....	26
<b>Çizelge 4.1.</b>	Hammaddelerin renk analizleri sonuçları .....	32
<b>Çizelge 4.2.</b>	Hammaddelere ait kimyasal analiz sonuçları .....	35
<b>Çizelge 4.3.</b>	Hammaddelere ait toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite analizi sonuçları .....	37
<b>Çizelge 4.4.</b>	Bisküvi örneklerine ait renk analizi sonuçları .....	40
<b>Çizelge 4.5.</b>	Bisküvi örneklerinin renk değerlerine ait varyans analizi sonuçları .....	41
<b>Çizelge 4.6.</b>	Bisküvi örneklerinin Ait Tukey HSD Karşılaştırma Testi analizi Sonuçları .....	41
<b>Çizelge 4.7.</b>	Bisküvi örneklerinin çap (mm), kalınlık (mm) ve yayılma oranı Sonuçları .....	43
<b>Çizelge 4.8.</b>	Bisküvilere ait çap, kalınlık ve yayılma oranı değerlerinin varyans analizi sonuçları .....	43
<b>Çizelge 4.9.</b>	Bisküvilerin çap, kalınlık ve yayılma oranı değerlerine ait çoklu (Tukey-HSD) Karşılaştırma Testi analizi sonuçları .....	44
<b>Çizelge 4.10.</b>	Bisküvi örneklerinin kimyasal analiz sonuçları .....	47
<b>Çizelge 4.11.</b>	Bisküvi örneklerinin varyans analiz sonuçları .....	48
<b>Çizelge 4.12.</b>	Bisküvi örneklerinin ait Tukey HSD Karşılaştırma Testi analizi Sonuçları .....	49
<b>Çizelge 4.13.</b>	Bisküvi örneklerine ait toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite analizi sonuçları .....	62
<b>Çizelge 4.14.</b>	Bisküvi örneklerine ait toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite varyans analizi sonuçları .....	62
<b>Çizelge 4.15.</b>	Bisküvi örneklerine ait toplam fenolik madde ve antioksidan Tukey HSD Karşılaştırma Testi analizi sonuçları .....	62
<b>Çizelge 4.16.</b>	Bisküvi örneklerinin duyuşal değerlendirme sonuçları .....	67

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	Muz meyvesi .....	5
Şekil 2.2.	Olgunlaşmamış yeşil muz meyvesi .....	7
Şekil 2.3.	Bisküvi .....	14
Şekil 2.4.	Kuru Meyveler .....	15
Şekil 2.5.	Tepsili Kurutucu şematik gösterimi .....	17
Şekil 2.6.	Tepsili Kurutucu .....	18
Şekil 2.7.	Mikrodalga Kurutucu .....	19
Şekil 2.8.	Kırınım pencereleli kurutma sisteminin şematik diyagramı .....	21
Şekil 2.9.	Kırınım Pencereleli Kurutucu .....	22
Şekil 3.1.	Farklı Derecelerle Kurutulmuş Muzlar .....	24
Şekil 3.2.	Kurutulmuş yeşil muz meyve tozu üretim aşamaları .....	25
Şekil 3.3.	Hammaddelerde Renk Analiz .....	26
Şekil 3.4.	Nem Analiz .....	27
Şekil 3.5.	Kül Analizi .....	27
Şekil 3.6.	Ham Yağ Analiz Cihazı .....	28
Şekil 3.7.	Protein Analizi .....	28
Şekil 3.8.	Çap, kalınlık ölçüm aleti (dijital kumpas) .....	30

## 1. GİRİŞ

Muz yenilebilir bir meyve olup; *Musa* cinsine ve *Musaceae* familyasına ait otsu çiçekli bir bitkidir. Latin Amerika Afrika ve Güney Asya bölgelerde pişilerek tüketilir. Nemli bölgeler yaşayan insanlar için en önemli karbonhidrat kaynaklarından biri olarak kabul edilir (Lawal ve ark.,2008). Yenilebilir muz meyvelerinin tümü çekirdeksizdir (partenokarpik) ve *Musa acuminata Colla* ve *Musa balbisiana Colla* olmak üzere iki ana türe aittir. Bu iki türden *Musa x paradisiaca L.*'nin melezi de günümüzde mevcuttur. Muz Indomalaya ve Avustralya'ya özgü olmasına rağmen, bu meyveyi ilk evcilleştiren Papua Yeni Gine olmuştur. Muz dünya çapında 135 ülkeye yayılmıştır (Fortescue ve ark.,). Dünyadaki toplam muz üretiminin yaklaşık yüzde 28'i Hindistan ve Çin sağlamaktadır. Muz ihraç eden ülkelerin ana ihracat kalemi olan Cavendish grubu muz, Batı ülkelerinde genellikle yumuşak, tatlı ve tatlı muzunu ifade eder, ancak muzların sebze olarak pişirilmeye uygun sert, nişastalı meyveleri de vardır. Hem beslenme hem de gıda güvenliği için hayati önem taşıyan muz, yıl boyunca bir karbonhidrat kaynağı sağlar. Çiftçiler tarafından çoğaltma, genellikle ana bitkinin tabanındaki yan tomurcuklardan kaynaklanan yan sürgünler yoluyla olur (Brown ve Amah, 2017).

Yeşil muzun besin içeriği, olgun muzlardan farklılık gösterir ve özellikle yüksek nişasta ve düşük şeker oranı ile dikkat çeker. Olgunlaşmamış haliyle daha fazla dirençli nişasta içeren yeşil muz, sindirim sistemi sağlığı için önemli bir bileşendir (Bezerra, 2013). Dirençli nişasta, bağırsaklardaki faydalı bakterileri besleyerek prebiyotik etkisi sağlar ve böylece genel sağlık üzerinde olumlu etkiler oluşturur. Bu özellik, özellikle diyabet hastaları ve kan şekerini kontrol altında tutmak isteyen bireyler için yeşil muzun cazip kılımlıdır (Anyasi ve ark., 2013). Gıda sektörü ise, bu özellikleri değerlendirerek yeşil muzun fonksiyonel gıda ürünlerinin geliştirilmesinde kullanmayı hedeflemektedir. Yeşil muz tozu cips, kraker gibi ürünler, sağlıklı atıştırmalıklar ve alternatif gıda ürünleri olarak piyasada yerini almaktadır. Yeşil muz özellikle hemiselüloz olmak üzere toplam diyet lifi içeriği bakımından yüksektir. İçerdiği lifler sayesinde sindirim sistemi sağlığını iyileştirir ve bağırsak hareketlerini düzenler. Diyet lifinin yanı sıra yüksek miktarda potasyum gibi temel mineraller ve A, B1, B2 ve C gibi çeşitli vitaminler içermektedir. Olgunlaşmış yeşil muz, yüksek derecede kristalin iç yapısı nedeniyle  $\alpha$ -amilaz ve glukoamilaza dirençli olan dirençli nişasta açısından çok zengindir (Zhang ve ark., 2005).

Yeşil muzun içerdiği antioksidanlar, vücudu serbest radikallerin zararlı etkilerinden koruyarak, genel sağlık ve zindelik üzerinde olumlu etkiler sağlar. Bu

bağlamda, yeşil muzun antioksidan, antimikrobiyal ve prebiyotik özellikleri, gıda ürünlerinin besleyici değerini artırmada önemli rol oynar (Kanazawa ve Sakakibara, 2000). Tropikal bölgelerde yaygın olarak yetiştirilen muz, yerel ekonomiler için önemli bir gelir kaynağıdır. Ayrıca, yeşil muzun olgun muzlara göre daha uzun raf ömrü, gıda israfını azaltma potansiyeli sunar (Mathew ve Negi, 2017).

Gıda sanayisi de bu yeşil muzun işlenmesi ve saklanması sırasında oluşabilecek kayıpları en aza indirmek için yeni yeni çalışmalar yapmaktadır. Yeşil muz hem besleyici özellikleri hem de çok yönlü kullanımıyla, dünya genelinde sağlıklı ve dengeli bir beslenme için değerli bir gıdadır, yeşil muzun işlenmesi, saklanması ve kullanımı konularında yaptıkları çalışmalarla, bu meyvenin potansiyelini en üst düzeye çıkarmayı hedeflemektedir. Yeşil muz, sağlıklı beslenme ve sürdürülebilir gıda üretimi için değerli bir kaynak olarak gelecekte de önemini koruyacaktır.

Türkiye, dünya üzerindeki konumu ve sahip olduğu farklı iklim ve toprak özellikleri nedeniyle bahçe bitkilerinin yetiştiriciliği açısından önemli bir yere sahiptir. Türkiye, 138 meyve türünden 75'ini ve 80 sebze türünden 60'unu yetiştirebilme kapasitesine sahiptir (Ağaoğlu ve ark., 1997). Ilıman ve subtropikal iklim bölgeleri ile yüksek rakımlı alanlarda erkenci ve geççi meyve çeşitleri yetiştirilmekte olup, bu da pazarda rekabet avantajı sağlamaktadır. Özellikle geççi şeftali ve kiraz çeşitleri yüksek rakımlı alanlarda tercih edilirken, Güney Ege ve Akdeniz Bölgeleri gibi subtropikal iklim özelliklerine sahip alanlar, yıl boyunca sebze üretimine ve soğuklama gereksinimi düşük erkenci meyve yetiştiriciliğine elverişlidir. Ayrıca, bu bölgeler muz ve turunçgiller gibi diğer iklim koşullarında yetiştirilemeyen meyve türlerinin üretim alanı olarak da özel bir öneme sahiptir (Tüzel ve Öztekin, 2015). Türkiye; meyve üretiminde gerek alan gerekse üretim miktarı açısından önemli üreticilerden biridir. Tarımsal üretim politikalarının belirlenmesinde ve sürdürülebilir tarım uygulamalarında önemli bir rol oynamaktadır. Bu avantajlar, tarım ekonomisinin gelişmesine katkı sağlamakta ve genetik çeşitliliğin korunması ile uzun vadede hem ekonomik hem de ekolojik faydalar sunmaktadır (Bayazit, 2021). Muzun karbonhidratlar, diyet lifleri, bazı vitaminler ve mineraller açısından zengin olduğu bilinmektedir (Salçın ve Ercoşkun, 2021).

Meyve ve meyve ürünleri tüketiminin yalnızca genel sağlığı desteklemekle kalmayıp aynı zamanda kalp hastalıkları, felç, mide-bağırsak bozuklukları, bazı kanser türleri, hipertansiyon, katarakt gibi çeşitli kronik hastalıkların riskini de azalttığı bilinmektedir. Sağlıklı beslenme yaşam tarzını teşvik etmek için USDA, öğündeki yemek tabağın yarısını meyve ve sebzelerle doldurmanızı önermektedir; çünkü bu meyve ve

sebzeler önemli miktarda diyet lifi, vitaminler (askorbik asit, folik asit ve A vitamini öncüleri), birçok mineral (Potasyum, magnezyum, demir ve kalsiyum) ve güçlü antioksidatif özelliklere sahip diğer birçok önemli fitokimyasalları içermektedir. Meyveler insanların benimsediği dengeli beslenmenin önemli bir bölümünü oluşturur. Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı'na (USDA) göre sağlık yararlarının çoğunu elde etmek için, günde beş porsiyon meyve önermektedir (USDA, 2024). Meyveler menşei ve üretim bölgesinin sıcaklığına bağlı olarak ılıman meyveler, subtropikal meyveler ve tropik meyveler olarak sınıflandırılır. Muz da, tropikal yağmur ormanı alanlarında daha çok yetiştiği için tropikal meyveler arasında yer alır (Sidhu ve ark., 2018).

İyileşen yaşam standartlarının yanı sıra yaşam tarzları, tüketicilerin sadece günlük besin gereksinimlerini karşılayan gıdaları değil, aynı zamanda fonksiyonel özelliklere sahip gıdaları tercih etmeleriyle sonuçlanmıştır. Bu nedenle fırıncılık endüstrisinin fenolik asit, flavonoidler, diyet lifi, protein, vitaminler ve mineraller gibi biyoaktif bileşenler eklenmiş ürünler üretmesi gerekmektedir. Bisküviler, geniş tüketim tabanı, uygun maliyet ve raf ömrü stabilitesi nedeniyle kolaylık gibi farklı çekici özelliklere sahiptir ve tüketime hazır atıştırılabilir olarak dünya çapında tüketilen popüler fırıncılık ürünleridir. Ayrıca, dünya genelinde her yaş grubundaki bireyler tarafından sevilen ve sıkça tüketilen unlu mamuller arasında yer almaktadır. Son yıllarda, diyet lifi içeriğini artırmak amacıyla meyve tozlu materyallerin bisküvilere dahil edilmesi konusunda artan bir ilgi gözlenmektedir. Bu eğilim, dirençli nişastanın insan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri hakkındaki farkındalığın artmasıyla bağlantılıdır ve bu da tüketicileri dirençli nişasta açısından zengin gıdalar aramaya yönlendirmektedir. Yapılan birçok araştırma, diyet lifinin kan basıncını düşürme, serum kolesterol seviyelerini azaltma ve obezite, diyabet, kardiyovasküler hastalıklar, kanser ve bağırsak hastalıkları gibi sağlık sorunlarının gelişme riskini azaltma potansiyelini ortaya koymuştur (Ngo ve ark., 2024).

Tüketicilerin diyet lifi açısından zengin bisküvilere olan talebi artırmıştır. Bu bağlamda, yapılan bu çalışmada, yeşil yani olgunlaşmamış muzlardan elde edilen muz tozları kullanılarak dirençli nişasta bakımından zenginleştirilmiş bisküvi üretimi hedeflenmiştir. Bu amaçla, yeşil olgunlaşmamış muz tozunun farklı oranlarda (% 0, 10, 20, 30 ve 40) ikamesi ile bisküvi örneklerinin kimyasal bileşimi, fiziksel özellikleri ve genel duyu kabul edilebilirliği üzerindeki etkileri incelenmiştir.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Muz Meyvesi

Muz, dünya genelinde geniş çapta tüketilen ve önemli araştırmalara konu olan bir meyvelerden birisidir. Bu araştırmalar, muzun besin değeri, işleme yöntemleri, sağlık üzerindeki etkileri ve çevresel sürdürülebilirlik gibi çeşitli yönlerini ele almıştır. Muz, özellikle potasyum, vitamin C, vitamin B6 ve lif açısından zengin bir meyvedir. Amerikan Kalp Derneği'ne göre, potasyum bakımından zengin besinlerin kan basıncını düşürmeye yardımcı olduğu ve kalp sağlığını desteklediği bilinmektedir (American Heart Association, 2020). Harvard Tıp Fakültesi'nin bir çalışması, muzun sindirim sistemi sağlığına katkıda bulunduğunu ve özellikle düzenli bağırsak hareketlerini teşvik ettiğini göstermektedir (Harvard Medical School, 2019).

Muzun gıda sanayisindeki işleme süreci, teknik zorlukların yanı sıra fırsatlar da sunmaktadır. Olgunlaşma evresi hem ürünün raf ömrü hem de tüketici kabulünü etkileyen kritik bir faktördür. İşleme süreçlerinde, meyvenin sert yapısının yumuşatılması ve içerdiği nişastanın istenen forma dönüştürülmesi gerekmektedir. Sivakumar ve ark. (2011), bir çalışmasında, muzun kontrollü atmosfer koşullarında muhafaza edilmesinin raf ömrünü uzattığını ve kalite kayıplarını azalttığını bildirmişlerdir. Bu tür işleme yöntemleri, muzun taze tüketim süresini uzatarak gıda israfını önleme konusunda önemli bir katkı sunmaktadır.

Muz üretimi, özellikle yoğun kimyasal gübre ve pestisit kullanımı nedeniyle çevresel etkiler yaratmaktadır. Bu nedenle, sürdürülebilir tarım uygulamalarının benimsenmesi, çevresel etkilerin azaltılması açısından önemlidir. Gıda sanayi, bu tür sürdürülebilir uygulamaların geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması üzerinde çalışmaktadır. Muzun genetik çeşitliliği üzerine yapılan çalışmalar, bu meyvenin hastalıklara karşı direncini artırmak ve verimliliğini yükseltmek amacıyla önemlidir. Uluslararası Tropikal Tarım Merkezi (CIAT), muz genetik çeşitliliğini artırmak ve Panama hastalığı gibi yaygın hastalıklara karşı dirençli türler geliştirmek için mühendislik tekniklerini kullanmaktadır (CIAT, 2020).

Muz, (Şekil 2.1) dünya genelinde tropikal ve subtropikal bölgelerde önemli bir tarım ürünü olarak yetiştirilir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), muzun küresel ticaretinde önemli bir yer tuttuğunu ve birçok gelişmekte olan ülkenin ekonomisinde temel bir rol oynadığını vurgulamaktadır.

Özellikle Hindistan, Çin ve Filipinler gibi ülkeler, büyük muz üreticileri arasında yer alır ve yerel ekonomilere önemli katkılar sağlar. Bu kaynak araştırması, muzun besin değeri, sağlık faydaları, ekonomik önemi, çevresel etkileri, genetik araştırmaları ve sosyal-kültürel boyutları hakkında kapsamlı bir bilgi sunmayı amaçlamaktadır. Muz, küresel ölçekte önemli bir tarım ürünü olarak hem bilimsel araştırmalar hem de sürdürülebilir kalkınma hedefleri açısından kritik bir konuma sahiptir (FAO, 2024).



Şekil 2.1 Muz meyvesi (Anonim, 2024a)

Muz, dünya genelinde en önemli ve yaygın olarak tüketilen meyvelerden biridir. Başta tropikal ve subtropikal bölgeler olmak üzere 135'ten fazla ülkede yetiştirilmektedir. Muz, özellikle gelişmekte olan ülkelerde milyonlarca insan için temel bir gıda maddesi olmasının yanı sıra önemli bir geçim kaynağıdır (FAO, 2024)

2024 yılı itibarıyla muz üretimi dünya genelinde önemli bir artış göstermiştir. FAO'ya göre muz, dünya genelinde en çok üretilen, tüketilen ve ticareti yapılan meyvelerden biridir. Küresel muz üretimi, 2000-2002 yıllarında ortalama 69 milyon ton iken 2017-2019 yıllarında 115 milyon tona yükselmiştir. Muz üretiminin değeri yaklaşık 40 milyar USD olarak tahmin edilmektedir (FAO, 2024).

Muz üretiminde başı çeken ülkeler arasında Hindistan, Çin, Endonezya, Brezilya ve Ekvador yer almaktadır. Hindistan yıllık yaklaşık 30.5 milyon ton muz üretimiyle dünyada birinci sırada yer alırken, Çin 12 milyon ton üretimle ikinci sıradadır. Ayrıca, muz üretimi büyük ölçüde Asya, Latin Amerika ve Afrika'da yoğunlaşmıştır (Molina ve ark., 2005).

FAO'nun raporlarına göre, muz üretimi hem açık alanlarda hem de seralarda yapılmaktadır. Son yıllarda örtü altı (sera) yetiştiriciliği daha fazla tercih edilmektedir, çünkü bu yöntem daha kontrollü ve verimli bir üretim imkânı sunar. Örtü altı yetiştiriciliğin avantajları arasında, yıl boyunca üretim yapılabilmesi, hastalıkların daha az yayılması ve işçilik maliyetlerinin düşüklüğü bulunmaktadır. Bununla birlikte, yüksek yatırım maliyeti ve iklim kontrolü gerekliliği gibi dezavantajlar da mevcuttur (FAO, 2024).

Muz bitkisi, yetiştirilebilmesi için sıcak ve nemli iklim koşullarının sağlandığı mikroklima özelliklerine ihtiyaç duyar. Türkiye'de muz yetiştiriciliği, Akdeniz Bölgesi'nde yoğunlaşmış olup, üretimin başlıca merkezleri Antalya, Mersin, Adana, Muğla ve Hatay illeridir (Koca ve ark., 2022). Türkiye'deki muz üretiminde yerli muz çeşitleri ile ithal muzlar arasında rekabet bulunmaktadır. Yerli muzların raf ömrü genellikle ithal muzlara göre daha kısadır ve bu durum pazarlama ve ticarete bazı zorluklara yol açmaktadır (Subaşı, 2016). Ancak, yerli muzların tadı, kokusu ve aroması genellikle daha üstün olarak değerlendirilmektedir.

FAO'ya göre, muz üretiminde karşılaşılan başlıca sorunlar arasında hastalıklar ve su ihtiyacının yüksekliği yer almaktadır. Sarı ve siyah sigatoka, moko hastalığı ve nematodlar gibi hastalıklar muz bitkilerinde ciddi hasarlara yol açabilmektedir. Bu nedenle, hastalık yönetimi ve toprak dezenfeksiyonu gibi önlemler büyük önem taşımaktadır. Uygun hava koşulları, muz yetiştiren önemli bölgelerde, yeterli yağış ve uygun sıcaklıklarla en uygun hava koşulları yaşanmış ve bu da muz için ideal büyüme koşulları yaratmıştır. Yenilikçi tarım teknikleri, çiftçiler, daha iyi toprak yönetimi ve hastalık kontrolü de dahil olmak üzere daha verimli tarım yöntemlerini benimseyerek daha sağlıklı ürünler ve daha yüksek verim elde ettiler. Muz ihracatının büyük kısmı Orta ve Güney Amerika ile Filipinler'den yapılmaktadır ve en büyük ithalatçılar arasında Avrupa Birliği, ABD, Çin, Rusya ve Japonya bulunmaktadır (FAO, 2024).

Olgunlaşmamış muz, (Şekil 2.2) son yıllarda sağlık ve beslenme açısından artan bir ilgi görmektedir. Bu durum, olgunlaşmamış muzun özellikle dirençli nişasta ve düşük glisemik indeks içeriğine bağlanmaktadır. Bu da olgunlaşmamış muzun kilo kontrolü ve diyabet yönetimi için uygun bir seçenek haline gelmesine neden olmuştur (Rashed ve ark., 2022). Sonuç olarak, olgunlaşmamış muz, modern diyetlerde daha fazla tercih edilen bir besin maddesi haline gelmiştir. Yaygın olarak tüketilen çeşitler arasında Cavendish ve *Musa balbisiana* türevleri yer alır. Yeşil muzlar olgun muzlara göre daha fazla dirençli nişasta içerir ve bu nişasta türü, özellikle bağırsak Yeşil muzun sağlık açısından birçok faydası bulunmaktadır. Sindirim sağlığı için yüksek dirençli nişasta içeriği, bağırsak bakterilerini besleyerek sindirim sistemini üzerinde olumlu etkiler gösteren prebiyotik özelliklere sahiptir (Dreher, 2018). Ayrıca, yüksek lif içeriği tokluk hissini artırır, iştahı azaltarak kilo kontrolüne katkıda bulunur. Kalp sağlığı açısından potasyum içeriği tansiyonun düzenlenmesine yardımcı olur ve kalp sağlığını korur. C vitamini içeriği ise bağışıklık sistemini güçlendirir ve vücut direncini artırır.

Muz, yeşil aşamasında yüksek nişasta/dirençli nişasta içeriği ile öne çıkarak, yeni ürünlerin geliştirilmesi için endüstriyel ilgi görmektedir. Ayrıca hem posasında hem de kabuklarında geniş bir vitamin ve mineral yelpazesi bulundurmaktadır. Yüksek nişasta içeriğine sahip olması nedeniyle ekmekek, gnocchi, pate, mayonez, makarna ve diğer ürünlerin geliştirilmesinde önemli bir yer kazanmıştır (Borges ve ark., 2009; Vernaza ve ark., 2011). Yeşil muzların % 35.14 ile % 45.87 arasında değişen en yüksek dirençli nişasta miktarına sahip olduğu bildirilmiştir (Moongngarm, 2013).



Şekil 2.2 Olgunlaşmamış yeşil muz meyvesi (Anonim, 2024b)

Silva Bomfim ve ark. (2024) göre, yeşil muz, olgunlaşmamış haliyle özellikle yüksek dirençli nişasta ve lif içeriği ile dikkat çekmektedir. 100 gramında 21.91 gram dirençli nişasta, 68.02 gram lif ve 4.76 gram protein bulunur. Ayrıca, yaklaşık 23 gram karbonhidrat içerir. Yeşil muz, potasyum, magnezyum ve C vitamini açısından da zengindir. Bu değerler, yeşil muz tozunun özellikle kabuğuyla birlikte kurutulmuş elde edildiğinde besin değeri açısından zengin olduğunu göstermektedir. Bu zengin içerik, yeşil muzun diyet lifi ve dirençli nişasta kaynağı olarak önemli bir besin maddesi olmasını sağlar.

Sağlıklı fonksiyonel ürünlerin işlenmesinde alternatif hammadde olarak yeşil muz tozunun kullanımı önemlidir. Diyet lifine benzer şekilde, yeşil muz tozundan elde edilen nişasta da ince bağırsakta sindirilemez; dolayısıyla bağırsak florası tarafından kolonda fermente edilir (Khoza ve ark., 2021).

### 2.1.1. Yeşil muz ve sağlık açısından özellikleri

Yeşil muz, olgunlaşmamış muz olarak bilinir ve olgun muzlara kıyasla farklı besin profilleri ve sağlık yararları sunar. Yeşil muz, yüksek miktarda dirençli nişasta içerir. Dirençli nişasta, ince bağırsakta sindirilmez ve kalın bağırsakta fermente olur, bu da prebiyotik etkiler sağlar. Yeşil muz, C vitamini, B6 vitamini, potasyum ve magnezyum gibi önemli vitamin ve mineraller açısından zengindir (Shah ve ark., 2016). Bu besin maddeleri, genel sağlık ve bağışıklık sistemi fonksiyonları üzerinde olumlu etkiler yapar. Dirençli nişasta, bağırsak mikrobiyotası tarafından fermente edilerek kısa zincirli yağ asitlerine (KZYA) dönüşür. KZYA'lar, bağırsak hücrelerinin enerji kaynağı olarak kullanılır ve bağırsak duvarının sağlığını destekler (Birt ve ark., 2013). Ayrıca, dirençli nişasta, bağırsak hareketlerini düzenleyerek kabızlık gibi sindirim sorunlarının önlenmesine yardımcı olabilir. Yeşil muz, düşük glisemik indeks (GI) değerine sahiptir, bu da kan şekerinin yavaşça yükselmesini sağlar. Bu özellik, özellikle diyabet hastaları için faydalıdır. Yeşil muzun düzenli tüketimi, insülin duyarlılığını artırabilir ve kan şekeri düzeylerini kontrol altında tutabilir (Englyst ve ark., 2003). Yeşil muzun içerdiği lifler sayesinde tokluk hissini artırarak kilo yönetimine yardımcı olmaktadır. Yeşil muz, polifenoller ve flavonoidler gibi antioksidan bileşikleride içerir. Bu bileşikler, serbest radikallerin zararlı etkilerine karşı vücudu koruyarak, hücre hasarını ve kronik hastalık riskini azaltır (Slavin, 2013). Yeşil muzun anti-enflamatuar özellikleri, bağışıklık sistemi fonksiyonlarını destekler ve inflamatuvar hastalıkların önlenmesine katkıda bulunur. Yeşil muz, potasyum içeriği sayesinde kalp sağlığına da olumlu etkiler yapar. Potasyum, kan basıncını düzenlemeye yardımcı olur ve hipertansiyon riskini azaltır (He ve MacGregor, 2008). Ayrıca, magnezyum içeriği, kas ve sinir fonksiyonlarını destekler ve kemik sağlığını korur.

Aynı zamanda yeşil muz, antioksidan kapasitesi yüksek olan bir meyvedir ve bu özellik, insan sağlığı üzerinde çeşitli faydalar sağlar. Antioksidanlar, serbest radikallerin neden olduğu oksidatif stresi azaltarak hücre hasarını önler ve kronik hastalıkların riskini düşürür. Yeşil muz, fenolik bileşikler, flavonoidler, vitamin C ve karotenoidler gibi çeşitli antioksidan bileşenler içerir. Bu bileşikler, muzun olgunlaşma sürecinde farklı konsantrasyonlarda bulunur. Özellikle fenolik bileşikler ve flavonoidler, yeşil muzun antioksidan kapasitesine önemli katkılar sağlar (Aurore ve ark., 2009). Fenolik bileşiklerin yüksek seviyeleri, muzun olgunlaşmasıyla azalırken, olgunlaşmamış muzda daha yoğun olarak bulunur.

DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) serbest radikal süpürme testi, FRAP (Ferrik İndirgeme Antioksidan Gücü) testi ve ABTS (2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit) radikal süpürme testi, bu değerlendirmelerde yaygın olarak kullanılır. Bu testlerde, yeşil muz özlerinin güçlü antioksidan aktivite gösterdiği bulunmuştur (Someya ve ark., 2002). Yeşil muzun antioksidan kapasitesi, insan sağlığı üzerinde çeşitli olumlu etkiler yaratır. Antioksidanlar, serbest radikallerin hücrelere zarar vermesini önleyerek, yaşlanma sürecini yavaşlatır ve kronik hastalıkların riskini azaltır. Ayrıca, kalp hastalıkları, kanser ve nörodejeneratif hastalıklar gibi durumların gelişimi üzerinde koruyucu etkileri vardır (Lobo ve ark., 2010). Antioksidanlar, bağışıklık sistemi fonksiyonlarını destekler ve enflamasyonu azaltır. Muzun olgunlaşma süreci, antioksidan kapasitesini etkileyen önemli bir faktördür. Olgunlaşmamış muz, olgun muza kıyasla daha yüksek antioksidan kapasitesine sahiptir. Bu durum, fenolik bileşiklerin konsantrasyonunun olgunlaşma sürecinde azalmasından kaynaklanmaktadır (Happi Emaga ve ark., 2007). Bu nedenle, yeşil muz, özellikle antioksidan faydalarından yararlanmak isteyen bireyler için önemli bir besin kaynağıdır. Yeşil muzun antioksidan kapasitesi üzerine yapılan bazı klinik çalışmalar da bu meyvenin sağlık üzerindeki olumlu etkilerini doğrulanmıştır. Yeşil muz tüketiminin, oksidatif stres düzeylerini azaltarak, inflamatuvar belirteçlerin seviyelerini düşürdüğü belirlenmiştir (Polyphenols, 2019).

Muz köksapı, antioksidan aktiviteye sahip birçok polifenolik bileşiğin zengin bir kaynağı olarak belirlenmiştir (Saravanan ve Aradhya, 2011). Ayrıca, muz dallarından elde edilen antosiyaninlerin doğal renklendirici olarak kullanılması önerilmiştir. Isıl işlem görmüş soğan ekstraktının eklenmesiyle, muzun olgunlaşma sürecinde polifenol oksidaz (PPO) aktivitesinin engellendiği bulunmuştur (Lee, 2007). Maillard reaksiyon ürünleri de muzda PPO aktivitesini önemli ölçüde etkilemektedir. Yabani muzun fitokimyası ile farmakolojisi gözden geçirilmiş, muz küspesi ve kabuğunun fonksiyonel gıdalarda kullanılabilmesi belirtilmiştir (Mathew ve Negi, 2017). Muz küspesi, yalancı kök ve muz kabuğunun iyi antioksidan kaynakları olduğu tespit edilmiştir. Muzun karotenoidler, flavonoidler, fenolikler, aminler, C ve E vitaminleri gibi biyoaktif bileşikler açısından zengin olduğu ve bu bileşiklerin insan sağlığına çeşitli faydalar sağladığı bildirilmiştir (Singh ve ark., 2016). Son olarakta, muz kabuğundan elde edilen fenolik bileşiklerin sağlık yararları göz önüne alınarak bu yan ürünlerin gıda ve ilaç endüstrisinde kullanılması tavsiye edilmiştir (Anyasi ve ark., 2018).

Yeşil muzun fenolik bileşenleri, güçlü antioksidan özelliklere sahiptir. Bu bileşenler, serbest radikalleri nötralize ederek hücre hasarını önlemeye yardımcı olur ve çeşitli kronik hastalıkların riskini azaltabilir (Kritsi ve ark., 2023). Çeşitli araştırmalar, yeşil muzların serbest radikalleri yok etme kapasitesinin yüksek olduğunu göstermiştir. Özellikle yeşil Ladyfinger muzunun pulp kısmı, 1.03 mg askorbik asit eşdeğeri (AAE) / g örnek ile en yüksek toplam antioksidan aktiviteye sahiptir (Bashmil ve ark., 2021). Bu antioksidan özellikler, hücre hasarını azaltmada ve genel sağlık durumunu iyileştirmede etkilidir.

Yeşil muzlar, antidiyabetik özellikleri ile de dikkat çekmektedir ve bu alanda yapılan araştırmalarda yeşil muzların kan şekeri seviyelerini düzenlemede etkili olduğunu göstermektedir. Yeşil muzlar, yüksek dirençli nişasta içeriği sayesinde sindirim sisteminde daha yavaş parçalanır ve glikozun kana geçişini yavaşlatarak kan şekeri seviyelerinin daha dengeli olmasını sağlar. Bir çalışmada, yeşil muz biyokütlesinin antidiyabetik etkilerini değerlendirmiş ve günlük 40 gram tüketiminin 24 hafta boyunca kan şekeri seviyelerini kontrol etmede etkili olduğunu belirlenmiştir. Yeşil muzun bu etkisi, bağırsak sağlığını iyileştirmesi ve glisemik indeksi azaltmasıyla ilişkilidir (Silva Bomfim ve ark., 2024; Falcomer ve ark., 2019). Yeşil muzların polifenoller, flavonoidler ve diğer antioksidan bileşikler açısından zengin olması, oksidatif stresi azaltarak ve insülin duyarlılığını artırarak diyabetin yönetimine katkıda bulunur. Bu bileşikler, inflamasyonu azaltabilir ve hücre hasarına karşı koruma sağlayabilir (Netshiheni ve ark., 2020; Mthiyane Fikile ve ark., 2022). Özetle, yeşil muzlar, yüksek dirençli nişasta ve biyoaktif bileşen içerikleri sayesinde diyabetin yönetiminde potansiyel olarak faydalı bir besin olarak öne çıkmaktadır. Ancak, daha fazla klinik çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır ve yeşil muz tüketiminin doz ve etkilerinin standartlaştırılması gerekmektedir (Falcomer ve ark., 2019).

Kaimal ve ark., (2010)'da yaptıkları bir çalışmalarında, *Musa* AAA'nın (Chenkadali) olgun yeşil meyvelerinden elde edilen etanol özütünün hem antioksidan hem de hipolipidemik özellikler taşıdığını ve diyabet tedavisinde potansiyel olarak kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Ayrıca, muz çiçeği özütü anti-hiperglisemik etkiler göstermiştir. Bir başka çalışmada, obez Tip-2 diyabetli bireylerin doğal muz nişastası ve soya sütü tüketiminin vücut ağırlığı ve insülin duyarlılığı üzerindeki etkileri incelenmiş ve doğal muz nişastasının vücut ağırlığı kaybında daha etkili olduğu gözlenmiştir.

Ojewole ve ark., (2003)'da; normal ve streptozotosin ile tedavi edilen diyabetik farelerde, *Musa paradisiaca*'nın olgun yeşil meyvelerinin metanolik ekstraktının hipoglisemik etkilerini değerlendirdikleri bir çalışmalarında; bu bitkinin hipoglisemik aktivite gösterdiğini ve Tip-2 diyabetin yönetiminde kullanılabileceğini bildirmişlerdir (Salau ve ark., 2013), *Musa sapientum* Linn'in metanolik ekstraktının diyabet tedavisinde etkili olduğunu ve diyabetik sıçanlarda kan şekeri seviyelerini düşürdüğünü, vücut ağırlığını iyileştirdiğini ve hasarlı pankreası gençleştirdiğini de rapor etmişlerdir. Sonuç olarak *Musa sapientum*'un metanolik ekstraktının etnomedikal uygulamalarda diyabet tedavisinde potansiyel kullanımını doğrulamaktadır.

Çeşitli çözücülerle elde edilen muz ekstraktlarının antimikrobiyal ve antifungal aktiviteleri üzerine yapılan bazı araştırmalarda da, yeşil ve olgun muzların farklı çözücülerle (su, etanol, metanol, petrol-eter) hazırlanan ekstraktlarının çeşitli patojenlere karşı etkinliklerini değerlendirmiştir. Yeşil muz kabuğunun ekstraktları genellikle düşük antibakteriyel aktivite gösterirken, olgun muzların aynı kısımlarından elde edilen ekstraktlar daha yüksek antibakteriyel aktivite sergilemiştir (Scott ve ark., 1949, Jyothirmayi ve Rao, 2015). Yeşil muz kabuğunun etil asetat ekstraktının yüksek antimikrobiyal ve antioksidan aktiviteler gösterdiğini bildirilmiştir (Mokbel ve Hashinaga, 2005). Ek olarak, *Musa paradisiaca* türünün kabuğu ve yapraklarından elde edilen sulu ekstraktların, *Staphylococcus* ve *Pseudomonas* türlerine karşı belirgin antimikrobiyal aktivite sergilediği ve bu bitkinin patojenlere karşı etkili bir kemoterapötik ajan kaynağı olabileceği bildirilmiştir (Alisi ve ark., 2008). Fagbemi ve ark. (2009) göre olgunlaşmamış muzun (*Musa sapientum* L.) etanolik ekstraktlarının güçlü antimikrobiyal etkiler gösterdiğini ve bu etkilerin etanol çözücüsü ile daha belirgin olduğunu vurgulamıştır. Bu durum, etanolün muz ekstraktlarındaki aktif bileşenleri çözmede suya kıyasla daha etkili olduğu rapor edilmiştir.

Yeşil muz kabuğu ekstraktlarının *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* ve *Saccharomyces cerevisiae* gibi mikroorganizmalara karşı güçlü antimikrobiyal aktivite sergilediğini, özellikle de etanol % 50 ile hazırlanan ekstraktlar, bu patojenlere karşı en yüksek inhibisyon bölgelerini gösterdiğini bildirmişlerdir (Chaudhry ve ark., 2022; Jouneghani ve ark., 2020). Ayrıca, farklı muz türlerinin antimikrobiyal aktiviteleri incelenmiş ve bazı türlerin geniş spektrumlu antimikrobiyal özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir. Özellikle *Musa paradisiaca* gibi türler, ishal ve diğer enfeksiyon hastalıklarının yönetiminde kullanılabilecek potansiyel fitokimyasallar içermektedir (Ajijolakewu ve ark., 2021; Hanafy ve ark., 2021).

Bu bulgular, yeşil muzların antimikrobiyal özellikleri sayesinde sağlık alanında geniş bir kullanım potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, geleneksel tıpta ve modern sağlık uygulamalarında yeşil muzların daha fazla araştırılması ve kullanılması önemlidir.

Yapılan bir başka çalışmada da, imparator muz meyvelerinden kitinaz benzeri iki protein izole edilmiştir ve bu proteinlerin misel büyümesini inhibe eden antifungal aktiviteye sahip oldukları belirlenmiştir (Vincent ve Tzi Bun, 2007). Ayrıca, *Musa acuminata Colla* özütlerinin ve fraksiyonlarının, herpes virüsü Tip-1 ve Tip-2'ye karşı antiviral aktivitesi değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlarda da bu özütlerin antiviral tedavide potansiyel olarak kullanılabileceğini ortaya koymuştur (Martins ve ark., 2009). Bovine viral diyare virüsü (BVDV) ve bovine alphaherpesvirus tip 1 (BoHV-1), dünya genelinde çiftlik hayvanlarında ciddi ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Bu virüslerin kontrolü için yeni antiviral ilaçların geliştirilmesi önemlidir. Doğal muz lektini (BanLec), muz meyvesinden izole edilmiş olup, viral zarflarda bulunan mannoz glikanlara yüksek afinite gösterir. BanLec'in virüsidal özellikleri, lektinin virüslerle ön inkübasyonu ve ardından hücrelerdeki viral yükün ölçülmesiyle belirlenmiştir. BanLec tedavisi, hücre canlılığını etkilemeden BVDV-1 (% 99.98) ve BoHV-1 (% 99.68) virüslerine karşı yüksek inhibisyon göstermiştir ve bu da onu umut verici bir antiviral ajan yapmaktadır (de Camargo ve ark., 2020). BanTLP Proteini; Yeşil muzdan elde edilen Thaumatin-Like Protein (BanTLP), çeşitli patojenik mantarlara karşı güçlü antifungal aktiviteler göstermiştir. BanTLP, *Penicillium expansum* gibi postharvest patojenlerinin spor çimlenmesini inhibe ederek, hücre zarının geçirgenliğini artırmakta ve hücre duvarı bozulmasına yol açmaktadır. Bu, hücre ölümü ile sonuçlanmaktadır. Bu protein, geniş bir pH aralığında (4.0–10.0) ve 20-50°C sıcaklık aralığında etkili antifungal özellikler sergilemektedir (Sun ve ark., 2024).

Yeşil muz kabuğu ve pulpu yağ ekstraktlarında, antifungal ve antimikrobiyal özellikler göstermektedir. Bu ekstraktlar, *Aspergillus versicolor* gibi mantar patojenlerine karşı yüksek inhibitör konsantrasyonlar sergilemiş ve önemli bir fungusit etkisi ortaya koymuştur. Özellikle yeşil muz kabuğu yağının, mantarların büyümesini engellemede etkili olduğu belirlenmiştir (Dejene ve ark., 2022).

Yeşil muzun antikanser aktivitesi üzerine yapılan bazı akademik araştırmalarda, bu bitkinin çeşitli bileşenlerinin kanser hücrelerine karşı önemli etkiler gösterdiğini ortaya koymuştur. Yeşil muzda bulunan polifenoller, terpenoidler, alkaloidler ve flavonoidler gibi fitokimyasal bileşikler, kanser hücrelerinin büyümesini ve çoğalmasını inhibe edici özelliklere sahiptir. Örneğin, protocatechuic asit, galik asit ve ferulik asit gibi fenolik bileşikler, kanser hücrelerinde apoptozu indükleyerek ve hücre döngüsünü durdurarak antikanser etkiler göstermektedir. Ayrıca, muzdan izole edilen Banana Lektini (BanLec), mannoz glikanlara yüksek afinite göstererek kanser hücrelerinde apoptozu tetiklemekte ve bağışıklık sistemini modüle etmektedir, bu da BanLec'in potansiyel bir antikanser ajan olarak değerlendirilmesini sağlamaktadır. Yeşil sentez yöntemiyle elde edilen nanopartiküllerin, kanser hücrelerine karşı sitotoksik etkiler gösterdiği de belirlenmiştir. Özetle, yeşil muzun bileşenlerinin kanser tedavisinde umut verici potansiyel taşıdığı, ancak klinik uygulamalara geçiş için daha fazla araştırma yapılması gerektiği vurgulanmaktadır (Mondal ve ark., 2021; Pradhan ve ark., 2023).

## 2.2. Bisküvi

Bisküvi, (Şekil 2.4) dünya genelinde popüler bir atıştırma olarak bilinir. Bisküvilerin üretimi, besin değeri, sağlık üzerindeki etkileri, tüketici tercihleri ve sürdürülebilirlik gibi konular, bu alandaki akademik araştırmaların odak noktalarıdır. Bisküviler, temel bileşenler olarak un, şeker, yağ ve çeşitli tatlandırıcılar içerir. Bu bileşenler, bisküvilerin yüksek enerji yoğunluğuna sahip olmasına neden olur. Ancak, bisküvilerde kullanılan bileşenlerin türü ve miktarı, ürünün besin değerini ve sağlık üzerindeki etkilerini belirler. Ayrıca, tam tahıllı unlar ve sağlıklı yağlar kullanılarak üretilen bisküviler, lif ve besleyici içerikleri sayesinde daha sağlıklı alternatifler sunabilir. Johnson ve ark., (2007) yaptığı bir çalışma, yüksek şeker ve doymuş yağ içeren gıdaların aşırı tüketiminin obezite, Tip-2 diyabet ve kardiyovasküler hastalıklarla ilişkili olduğunu belirtmektedir. Bisküvi üretimi, hamurun hazırlanması, şekillendirilmesi, pişirilmesi ve paketlenmesi gibi çeşitli aşamaları içeren karmaşık bir süreçtir. Üretim sürecinin her aşaması, nihai ürünün kalitesini etkileyen kritik faktörler içerir. Manley'nin (2011) belirttiği gibi, hamurun doğru oranlarda karıştırılması ve pişirme süresinin optimize edilmesi, bisküvilerin dokusunu, lezzetini ve raf ömrünü belirler. Ayrıca, endüstriyel üretimde kullanılan otomasyon ve kontrol sistemleri, üretim verimliliğini artırarak maliyetleri düşürmekte ve ürün kalitesini standart hale getirmektedir. Tüketici tercihleri,

bisküvi pazarının dinamiklerini belirleyen önemli bir faktördür. Tüketiciler lezzet, doku, besin değeri ve ambalaj gibi çeşitli özelliklere göre bisküvi tercihlerini yapar. Son yıllarda, sağlıklı atıştırmalık trendlerinin yükselişiyle birlikte, tam tahıllı, düşük şekerli ve fonksiyonel bileşenler içeren bisküvilere olan talep artmıştır. Euromonitor International (2020), sağlıklı yaşam tarzına yönelik artan ilginin, tüketicilerin daha besleyici ve doğal içeriklere sahip bisküvilere yönelmesine neden olduğunu belirtmektedir.

Bisküvi üretimi, çevresel sürdürülebilirlik açısından çeşitli zorluklar ve fırsatlar sunar. Üretim sürecinde enerji tüketimi, su kullanımı ve atık yönetimi gibi çevresel faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Fonksiyonel gıdaların tüketici sağlığı üzerindeki olumlu etkilerini ve bu ürünlerin gıda pazarındaki yükselen önemini vurgulamaktadır. Bu tür ürünler hem lezzetli hem de sağlık yararları sunarak tüketici taleplerini karşılayabilir ve pazarın genişlemesine katkıda bulunabilir (Menrad, 2003).



**Şekil 2.3. Bisküvi**

Bisküvi üretimi, birçok aşamadan oluşan ve her biri ürünün kalitesini etkileyen bir süreçtir. İlk adım, tüm malzemelerin karıştırılmasıdır. Bu aşamada kullanılan temel bileşenler arasında buğday unu, şeker, yağ, su ve kabartma ajanları bulunur. Karışım, homojen bir hamur elde edilene kadar karıştırılır. Karıştırma süresi ve sırasındaki sıcaklık kontrolü, hamurun kalitesini etkileyen önemli faktörlerdir. Karışım, farklı şekillendirme makineleri kullanılarak şekil verilir. Bu makineler arasında düşük basınçlı ekstrüderler, yüksek basınçlı ekstrüderler, şerit kesiciler ve döner kesiciler bulunur. Şekillendirme aşamasında, hamurun doğru yoğunlukta ve kalınlıkta olması sağlanır. Şekillendirilen hamurlar, genellikle tek geçişli fırınlarda pişirilir. Pişirme aşaması, ürünün rengini, dokusunu ve tadını belirler. Fırınlarda, doğrudan gazla ısıtma, konveksiyon ve emitermik (radyant/konveksiyon) ısıtma gibi çeşitli ısıtma yöntemlerini kullanabilir. Fırının farklı bölgeleri, belirli sıcaklık ve nem kontrolü sağlayarak ürünün homojen pişmesini sağlar.

Küresel bisküvi pazarı, daha sağlıklı atıştırmalık seçeneklerine ve fonksiyonel gıdalara yönelik artan tüketici talebinin etkisiyle önemli bir büyüme yaşamaktadır (Birch ve Bonwick, 2019). Çin’de Bisküvi endüstrisinin un tüketimi, gıda endüstrisindeki un tüketiminin % 30'undan fazlasını oluşturarak 4 milyon tonun üzerinde tutulmuştur (Hu ve ark., 2022). Son zamanlarda yapılan araştırmalar, Avrupa ve Kuzey Amerika’da sağlıklı atıştırmalıklara yönelik talebin arttığını ve bunun da bisküvi tüketiminde önemli artışlara yol açtığını göstermektedir. Tüketiciler, gıda seçimlerinin besin içeriği, güvenliği ve sağlıklılığı konusunda giderek daha bilinçli hale gelmektedir (Cebece ve Güneş, 2017).

### 2.3. Gıdalarda Kurutma

Gıda kurutma işlemi, gıdalarda su aktivitesini düşürerek mikrobiyal bozulmayı, enzimatik ve kimyasal reaksiyonları yavaşlatmayı veya tamamen durdurmayı amaçlayan bir koruma yöntemidir (Ratti, 2001). Bu işlem, gıdaların raf ömrünü uzatırken besin değerlerini ve duyuşal özelliklerini mümkün olduğunca korumayı hedefler (Doymaz, 2004).

Gıda kurutma, farklı yöntemler kullanılarak uygulanabilir; konvektif kurutma, dondurarak kurutma, vakum kurutma ve osmotik kurutma gibi yöntemler, gıda kurutma teknolojisinde yaygın olarak kullanılan başlıca tekniklerdendir (Mujumdar, 2014). Her kurutma yöntemi, ürünün türüne, özelliklerine ve hedeflenen nihai kaliteye bağlı olarak tercih edilir (Arévalo-Pinedo ve Murr, 2006).



Şekil 2.4. Kuru Meyveler (Anonim, 2024c)

Taze meyveler yüksek nem içeriğine sahiptir ve uygun şekilde işlenmezse hızlı bozulmalar meydana gelmektedir. Meyveler, geleneksel (güneş kurutma, gölge kurutma) ve yeni (mikrodalga, kızılötesi, dondurarak ve hibrit kurutma) kurutma yöntemleri vb. dahil olmak üzere çeşitli kurutma teknikleriyle kurutulmaktadır (Shah ve ark., 2021).

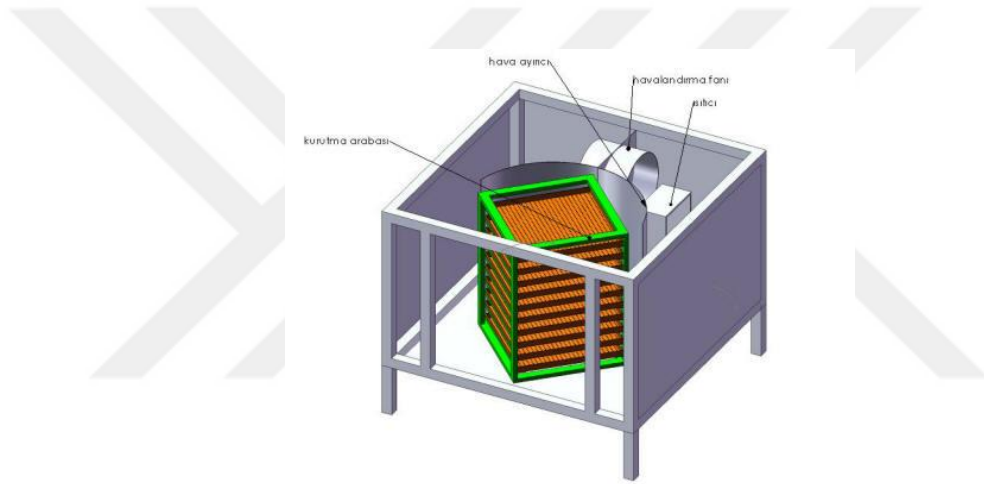
Kurutulmuş meyveler, (Şekil 2.5) özellikle antioksidanlar, vitaminler ve mineraller bakımından zengin olup, sağlıklı bir atıştırılabilirlik olarak tüketilmektedir (Kader, 2001).

Gıdalarda uygulanan kurutma metotları üzerine yapılan akademik çalışmalar, farklı kurutma yöntemlerinin gıda kalitesi üzerindeki etkilerini ve bu metotların enerji verimliliğini kapsamlı bir şekilde ele almaktadır. Geleneksel sıcak hava ile kurutma, meyve ve sebzeler gibi tarımsal ürünler için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir, ancak uzun kurutma süresi ve enerji verimliliği düşüklüğü gibi dezavantajlara sahiptir. Yeni geliştirilen kurutma metotları arasında mikrodalga kurutma, kızılötesi kurutma, radyo frekansı ile kurutma ve hibrit kurutma yöntemleri bulunmaktadır. Bu yöntemler, kurutma süresini kısaltmak, enerji tüketimini azaltmak ve ürün kalitesini korumak açısından avantajlıdır. Özellikle vakum kurutma ve dondurarak kurutma, besin değerlerini ve duyuşsal özellikleri koruma açısından üstün performans sergilemektedir. Bunun yanı sıra, yeni teknolojiler arasında ultrason yardımcı kurutma ve anlık kontrollü basınç düşürme gibi yöntemler de bulunmaktadır, bu metotlar gıda yapısında oluşan gözenekleri artırarak kurutma süresini kısaltmakta ve kaliteyi iyileştirmektedir. Bu yöntemlerin uygulanması, gıda işleme endüstrisinde sürdürülebilir ve etkili çözümler sunmakta olup, enerji verimliliği ve ürün kalitesi üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle gelecekte daha yaygın olarak kullanılmaları beklenmektedir (Chakraborty ve ark., 2023; Puente-Díaz ve ark., 2020).

Muz, dünya genelinde geniş bir coğrafyada yetiştirilen ve yüksek besin değerine sahip olan bir meyve olarak ön plana çıkmaktadır. Ancak, muzun hasat sonrası dönemde hızla bozulma eğilimi göstermesi hem tüketim sürecini hem de ticari değerini olumsuz yönde etkilemektedir. Hasat sonrası oluşan bu tür kayıpların önlenmesi amacıyla uygulanan çeşitli muhafaza yöntemleri arasında kurutma işlemi önemli bir yer tutmaktadır. Kurutma, muzun besin değerini ve duyuşsal özelliklerini koruma potansiyeli ile öne çıkan bir yöntem olarak, hasat sonrası kalite kayıplarını en aza indirmede etkili bir alternatif muhafaza stratejisi olarak değerlendirilmektedir (Thuwapanichayanan, 2011). Bu bağlamda, kurutma işleminin doğru bir şekilde uygulanması, ürünün ticari değerini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda raf ömrünü de uzatarak ekonomik kayıpların önüne geçilmesine katkıda bulunabilir.

### 2.3.1. Tepsili kurutma

Bu kurutma, gıda işleme endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bir yöntem olup, ürünlerin nem içeriğini düşürerek raf ömrünü uzatmayı amaçlar. Bu kurutma yöntemi, özellikle meyve ve sebzeler gibi gıdaların kurutulmasında kullanılır ve ürünlerin görsel ve tekstürel özelliklerini iyileştirir. Optimum koşullarda uygulandığında, konveksiyonel kurutma, ürünlerin antioksidan özelliklerini artırabilir ve besin değerlerini koruyabilir. Ayrıca, bu kurutma yöntemi, su aktivitesini, nem içeriğini, rehidrasyon kapasitesini, büzülme ve renk özelliklerini optimize etmek için kullanılabilir (Savas ve ark., 2022; Petković ve ark., 2024). Bu özellikler, konveksiyonel kurutmanın gıda kalitesini koruma ve iyileştirme potansiyelini ortaya koymaktadır.



Şekil 2.5 Tepsili Kurutucu şematik gösterimi (Anonim, 2024d)

Tepsili kurutucular, (Şekil 2.6) çeşitli gıda ürünlerinin su içeriklerini etkin bir şekilde azaltırken, besin değerlerini ve duyu özelliklerini korumayı amaçlamaktadır. Tepsili kurutucular, gıdaların düz tepsiler üzerinde ince tabakalar halinde yayılması ve sıcak hava sirkülasyonu ile kurutulması prensibine dayanır. Sıcak hava, tepsiler arasındaki boşluklardan geçerek gıdaların nemini alır ve buharlaştırır. Kurutma süreci boyunca hava akışı, sıcaklık ve nem kontrolü sağlanarak optimum kurutma koşulları oluşturulur (Mujumdar, 2014). Bu yöntem, özellikle homojen kurutma sağlamak ve ürün kalitesini korumak için uygundur. Tepsili kurutucular, çeşitli avantajlar sunar, basit tasarımları ve kolay kullanımları sayesinde düşük maliyetli ve enerji verimli bir kurutma yöntemidir ve gıdaların düz tepsiler üzerinde yayılması, kurutma sürecinin homojen olmasını sağlar ve eşit nem kaybı sağlar.

Ayrıca, tepsili kurutucular, farklı gıda ürünleri için uyarlanabilir ve esneklik sunar. Üçüncü olarak, bu yöntem, düşük sıcaklıkta kurutma imkânı sunarak, ısıya duyarlı bileşenlerin korunmasına yardımcı olur (Kudra ve Mujumdar, 2009). (Lewicki, 1998). Tepsili kurutucular, bitkisel çaylar ve baharatlar gibi ürünlerin kurutulmasında da etkilidir. Tepsili kurutma yöntemi üzerine yapılan güncel araştırmalar, bu yöntemin etkinliğini ve uygulanabilirliğini çeşitli açılardan incelemektedir. Ratti ve ark., (2001) tepsili kurutucuların farklı gıda türlerinde nem içeriği ve kurutma kinetiği üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Bu çalışmalar, tepsili kurutucuların kurutma süresi ve enerji tüketimi açısından optimize edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Diğer araştırmalar ise, bu yöntemin gıdaların mikro yapı ve rehidrasyon özellikleri üzerindeki etkilerini incelemektedir (Doymaz, 2004).



**Şekil 2.6.** Tepsili Kurutucu (Anonim, 2024d)

Tepsili kurutucular, çeşitli gıda ürünlerinde yaygın olarak kullanılır. Meyve ve sebzeler, et ürünleri, balık, tahıllar ve otlar gibi birçok gıda maddesi bu yöntemle kurutulmaktadır. Özellikle, meyve ve sebzelerin kurutulmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Yöntemin basit, maliyet etkin ve enerji verimli özellikleri, gıda kurutma işlemlerinde önemli avantajlar sunar. Gelecekte, tepsili kurutma teknolojisinin daha geniş bir uygulama alanı bulması ve endüstriyel ölçekte yaygınlaşması beklenmektedir. Ayrıca, tepsili kurutucuların optimizasyonu ve yeni gıda ürünlerinde uygulanabilirliğinin araştırılması, akademik ve endüstriyel çalışmalar için önemli bir araştırma konusu olmaya devam edecektir.

### 2.3.2. Mikrodalga kurutma

Mikrodalga kurutma, gıda sanayinde önemli bir inovasyon olarak kabul edilen ve gıdaların kurutulmasında kullanılan modern bir yöntemdir. Bu yöntem, gıdaların içindeki suyu hızla buharlaştırarak kurutma işlemini gerçekleştirir. Mikrodalga enerjisi, gıdaların iç kısımlarında doğrudan ısı üretir ve bu da hızlı ve homojen kurutmayı sağlar. Mikrodalga kurutma, elektromanyetik dalgaların (genellikle 915 MHz veya 2450 MHz frekansında) kullanılarak gıdaların içindeki su moleküllerini titreştirip ısı üretmesi prensibine dayanır (Decareau, 1985). Gıdalarda mikrodalga ile kurutma; hız, enerji verimliliği ve ürün kalitesi açısından önemli avantajlar sağlar. Mikrodalga kurutma, gıda maddelerinde hızlı enerji transferi sağlayarak kurutma süresini önemli ölçüde kısaltır ve besin değerlerini korur. Yeni hasat edilmiş mısır tanelerinin mikrodalga ile kurutulması üzerine yapılan bir çalışmada, mısırın termal stabilitesini artırdığını ve bazı fonksiyonel özelliklerini iyileştirdiğini göstermiştir.



Şekil 2.7 Mikrodalga Kurutucu

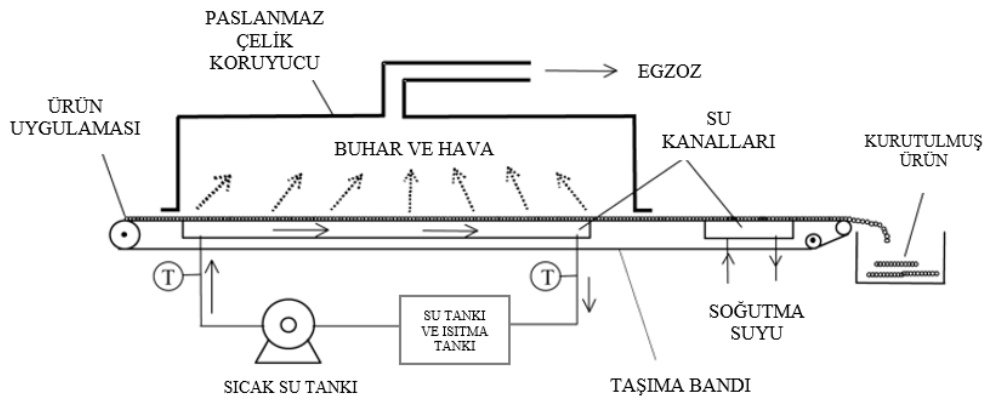
Mikrodalgalar, (Şekil 2.8) gıdanın içine nüfuz ederek içten dışa doğru ısınmasını sağlar. Bu yöntem, konvansiyonel kurutma yöntemlerinden farklı olarak, dış yüzeyde aşırı kuruma veya yanma riskini minimize eder ve daha homojen bir kurutma sağlar. Mikrodalga kurutma, birçok avantaj sunar. İlk olarak, hızlı kurutma süresi, enerji tasarrufu sağlar ve işlem verimliliğini artırır (Zhang ve ark., 2016). İkinci olarak ise, düşük işlem sıcaklıkları, gıdaların besin değerlerini ve duyuşal özelliklerini korur. Vitaminler, antioksidanlar ve diğer biyoaktif bileşenler mikrodalga kurutma ile daha iyi korunur (Maskan, 2001). Üçüncü avantajı olarakta, mikrodalga kurutma, gıdaların dokusunu ve rengini koruyarak ürün kalitesini artırır. Ayrıca, mikrodalga kurutma sırasında oluşan hızlı buharlaşma, gıdaların mikro yapılarını korur ve rehidrasyon kapasitesini artırır (Wang ve Xi, 2005).

Mikrodalga kurutma, çeşitli gıda ürünlerinde yaygın olarak kullanılır. Meyve ve sebzeler, et ürünleri, deniz ürünleri, tahıllar ve süt ürünleri gibi birçok farklı gıda kategorisinde uygulanabilir (Tang ve ark., 2002). Özellikle, mikrodalga-vakum kombinasyonu gibi hibrit yöntemler, meyve ve sebzelerin kurutulmasında yüksek kalite elde etmek için kullanılır. Bu yöntem hem hızlı kurutma sağlar hem de vakum ortamı sayesinde düşük sıcaklıkta kurutma yaparak besin değerlerini korur (Jayaraman ve Das Gupta, 2006). Mikrodalga kurutma üzerine yapılan güncel araştırmalar, bu yöntemin etkinliğini ve uygulanabilirliğini çeşitli açılardan incelemektedir. Han ve ark. (2010), mikrodalga kurutmanın elma dilimlerinin kuruma kinetiği üzerindeki etkisini incelemiş ve bu yöntemin hızlı ve etkili bir kurutma sağladığını bildirmişlerdir. Bu tür araştırmalar, mikrodalga kurutma teknolojisinin gıda endüstrisinde daha geniş bir uygulama alanı bulmasına katkıda bulunmaktadır. Mikrodalga kurutma, gıda sanayi alanında yenilikçi ve etkili bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bu yöntemin hızlı, enerji verimli ve besin değerlerini koruyucu özellikleri, gıda kurutma işlemlerinde önemli avantajlar sunar. Gelecekte, mikrodalga kurutma teknolojisinin daha geniş bir uygulama alanı bulması ve endüstriyel ölçekte yaygınlaşması beklenmektedir.

Mikrodalga destekli vakum kurutma gibi yenilikçi yöntemler, enerji verimliliğini artırırken, kurutma süresini % 92-99 oranında kısaltarak ürünün renk, tat ve besin değerlerini korur (Liu ve ark., 2021; Mao ve ark., 2024).

### 2.3.3. Kırınım pencereleli kurutmama

Magoon (1986) tarafından patenti alınmış ve MCD Technologies Inc. (Tacoma, ABD) tarafından geliştirilmiş olan (MCD Technologies, 2017) Şekil 2.9'de görülen sistemde, ince bir kızılötesi geçirgen malzeme (örneğin Pyrex camı) veya polietilen film (örneğin Mylar® film) su yüzeyine yerleştirilir ve bu yüzeye gıda maddeleri eşit şekilde yayılır, ardından ısı uygulanır (Baeghbalı ve ark., 2010; Rostami ve ark., 2018). Film hareketli ya da sabit olabilir. Hareketli bir film yapısında, gıda genellikle sıcak su ile aynı yönde hareket ettirilir ve bant hızları 0.6 ile 3 m/dk arasında değişmektedir (Kudra ve Mujumdar, 2009). Dolaşımdaki su, sistemin termal verimliliğini artırmak için genellikle yeniden ısıtılarak tekrar kullanılır. Pencere, nemli malzemenin üzerine yerleştirildiği plastik membranın yüzeyi aracılığıyla kızılötesi enerjinin geçişine izin verir. Toplam termal radyasyonun yarısından daha azı, film üzerinde yayılmış olan gıda maddesine ulaşır (Zotarelli ve ark., 2015).



Şekil 2.8 Kırınım pencereleli kurutma sisteminin şematik diyagramı (Nindo ve Tang, 2007)

Meyve, sebze, bitkilerden hazırlanan püreler ve meyve suları genellikle 3-5 dakika gibi kısa sürelerde kurur ve mükemmel renk, vitamin ve antioksidan tutma özelliğine sahip ürünler elde edilir. KPK'nın avantajları arasında kurutmanın kısa sürede tamamlanması, hassas bileşen kayıplarının düşük seviyede kalması, son ürün renginin taze ürüne yakın olması, çapraz kontaminasyon riskinin bulunmaması ve düşük kurulum ve işletme maliyetleri yer almaktadır (Nindo ve Tang, 2007). KPK, (Şekil 2.10) gıda sanayi alanında yeni ve yenilikçi bir kurutma yöntemi olarak dikkat çekmektedir.

Bu yöntemin temel prensibi, gıdaların su içeriklerini etkin bir şekilde azaltırken besin değerlerini, lezzet ve renk gibi duyuşsal özelliklerini korumaktır. Kırınım pencereleli kurutma yöntemi, suyun desorpsiyon (su buharının yüzeyden ayrılması) özelliklerinden yararlanır. Bu yöntemde, gıda maddeleri, belirli bir sıcaklık ve basınç aralığında tutulur, bu da suyun daha düşük enerji tüketimi ile buharlaşmasını sağlar. (Shofian ve ark., 2011).

KPK, geleneksel kurutma yöntemlerine göre birçok avantaja sahiptir. İlk olarak, daha düşük sıcaklıklar kullanıldığı için gıdaların besin değerleri ve duyuşsal özellikleri daha iyi korunur. Bu yöntem, özellikle ısıya duyarlı vitaminler ve enzimlerin korunmasında etkilidir (Mujumdar, 2014). İkinci olarak, enerji verimliliği sağlanır çünkü suyun buharlaşması daha düşük sıcaklıklarda gerçekleşir. Bu da enerji maliyetlerini düşürür ve çevresel sürdürülebilirliği artırır. Ayrıca, kurutma süresinin kısılması da bir diğer önemli avantajdır. Kırınım pencereleli kurutma, çeşitli gıda ürünlerinde uygulanabilir.

Shofian ve ark., (2011) farklı meyve türlerinde bu yöntemin etkinliğini inceleyerek, besin değerlerinin korunması ve enerji verimliliği konularında olumlu sonuçlar elde etmişlerdir.



**Şekil 2.9.** Kırınım Pencereleli Kurutucu

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Araştırmada hammadde olarak kullanılan yeşil muz örnekleri (*Cavendish of Musa* (AAA) Azman çeşidi), Ekim 2020 ve Mart 2021 tarihleri arasında Antalya'nın Manavgat ilçesindeki yerel bir muz üreticisinde (Aymuz A.Ş.) tedarik edilmiştir. Bisküvi üretiminde ise; buğday unu (bisküvilik), pudra şekeri, süt tozu (yağsız), yüksek fruktozlu mısır şurubu, sodyum-bi-karbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ), shorthening ve NaCl kullanılmış olup, bu hammaddeler Konya ilinden satın alınmış ve çalışmada kullanılmıştır.

#### 3.2. Yöntem

##### 3.2.1. Deneme planı

Üç (3) farklı metod ile kurutulmuş yeşil muz meyve tozları, beş (5) farklı ikame oranında (% 0, 10, 20, 30, 40) bisküvi üretiminde kullanılmış olup, bu üretim denemeleri iki (2) tekerrürlü olacak şekilde dizaynedilmiştir (Düzgüneş ve ark., 1987).

**Çizelge 3.1.** Deneme Planı

Kurutma Metotları	İkame Oranları(%)
Tepsili Kurutucu	0
	10
	20
	30
	40
Mikrodalga Kurutucu	0
	10
	20
	30
	40
Kırınım Pencereli Kurutucu	0
	10
	20
	30
	40

### 3.2.2. Yeşil muz meyvesinin kurutulması ve meyve tozu üretimi

Bu çalışmada, hammadde olarak yeşil olgunlaşmamış muz meyveleri kullanılmıştır. Kullanılan hammaddeler ayıklama, seçme, işlemlerinden sonra hammadde dilimlenmiştir ve üç farklı metotta kurutma işlemi alınmış ve ardından laboratuvar tipi öğütme sisteminde öğütülmüştür (yaklaşık 500 mikron boyutunda).



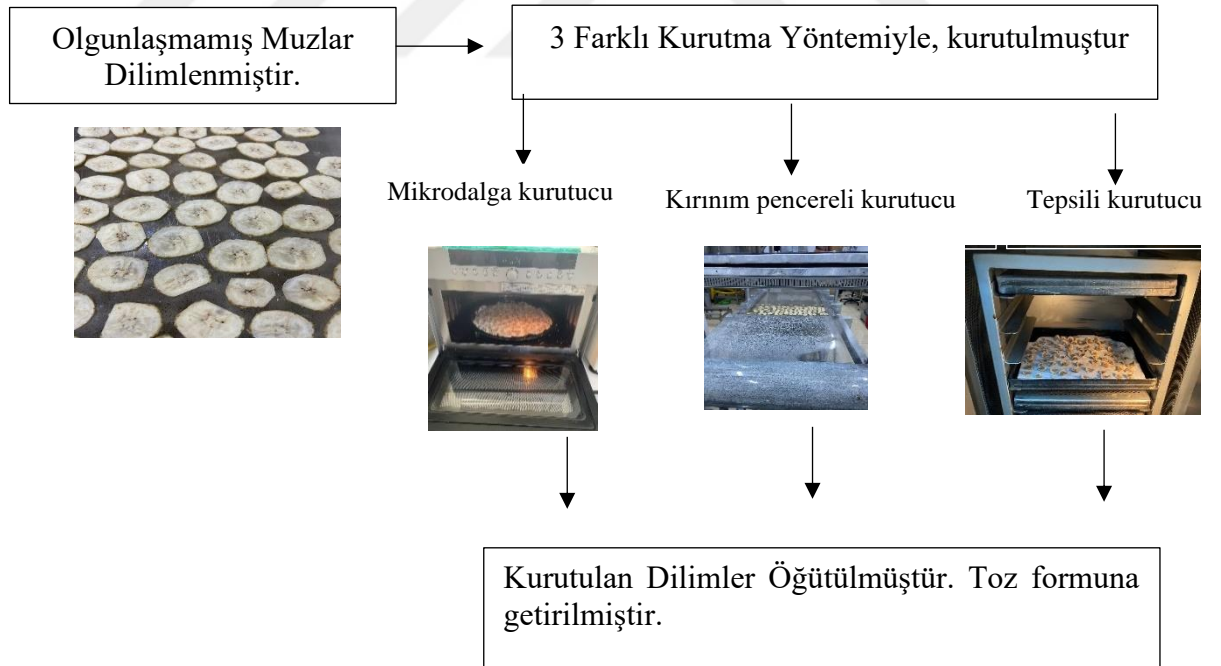
**Şekil 3.1.** Farklı Derecelerle Kurutulmuş Muzlar

Ön deneme sonuçlarımıza göre, toz formunda getirilen hammaddelerin nem düzeyi yaklaşık %10 olacak şekilde kurutma düzenlemeleri yapılmıştır. Şekil 3.2' de kurutulmuş yeşil muz meyve tozu üretim aşamaları verilmiştir.

- i) Mikrodalga kurutma metodunda; 180W, 360W, 900W güçlerde denemeler yapılmıştır ve bu denemelerde her 30, 45, 60 dakikalarda örnekler alınıp, nem ve renk ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bu ön işlemlerde, özellikle de yüksek mikrodalga güçlerinde (900 W) meyve tozlarında yanmaların görülmesi nedeniyle, 360 W güçte kurutmanın yapılmasının uygun olduğuna karar verilmiştir. Nem değerleri dikkate alındığında 45 dakikalık bir kurutma işleminin uygun şartları sağladığı gözlemlenmiştir. Nihai kurutma işlemlerinde ise; yeşil muz örnekleri belirli bir incelikte dilimlenmiş ve ardında kurutma kâğıdına alınıp (tek sıralı) dizilerek mikrodalga (LG- Solar-DOM) fırında, 360W'da 45 dakika kurutma işlemine tabi tutulmuştur.

- ii) Tepsili kurutucu metodun da; tepsilere dizilen (tek sıralı ve ince) yeşil muz örnekleri, tepsili kurutma sisteminde (Eksis marka, Türkiye), 55 °C sıcaklığının muz dilimlerinin kurutulması için optimum koşullarda olduğunu göstermiştir. Tepsili kurutma metodunda örneklerin tümü 55°C de 90 dakika kurutulmuştur.
- iii) Kırınım pencereci metodun da: 55°C, 60°C, 75°C, 80°C ve 85°C’de farklı sürelerde kurutma ön denemeleri yapılmıştır. Bu ön denemeler sonuçlarına göre de; 75°C’de 110 dakika kurutmanın optimum nitelikte bir kurutma etkinliği sağladığı belirlenmiştir. Denemelerde de bu şartlar dikkatte alınarak kurutmalar gerçekleştirilmiştir.

Daha sonra da; toz forma indirgenen tüm kurutulmuş meyve örnekleri, ağzı kapalı polietilen torbalar içinde kullanımına kadar derin dondurucuda muhafaza altına alınmıştır.



Şekil 3.2. Kurutulmuş yeşil muz meyve tozu üretim aşamaları

### 3.2.3. Bisküvi üretim metodu

Bisküvi üretiminde, AACC Standart No:10-54 üretim metodu modifiye edilerek uygulanmıştır. Bisküvi bileşenleri, Kenwood mikserde 8 dakika süreyle yoğrulmuştur. Yoğurma işlemi sonrasında elde edilen hamur, 5.0 mm kalınlığında açılarak 55.0 mm çapında kesme kalıbı ile kesilmiştir. Kesilen hamur parçaları, alüminyum tepsilere yerleştirilip  $160 \pm 2$  °C'de 17 dakika süreyle fırında pişirilmiştir. Bisküvi formülasyonu (kontrol grubu) Tablo 3.2'de belirtilmiştir. Bisküviler, kimyasal analizlerde kullanılmak üzere ağzı tamamen kapalı polietilen torbalar içinde derin dondurucuda ( $-18$ °C) muhafaza edilmiştir.

**Çizelge 3.2.** Şahit (kontrol) Bisküvi Formülü

Bileşenler	Un esasına göre (gr)
Bisküvilik un	100.0
Pudra şekeri	42.0
Shortening	40.0
Mısır şurubu (Yüksek Fruktozlu)	1.5
NaCl	1.25
Süt tozu	1.0
NaHCO <sub>3</sub>	1.5
H <sub>2</sub> O	Değişken (20- 25 ml)

### 3.2.4. Hammadde ve ürünlerdeki fiziksel analizler

#### 3.2.4.1. Renk analizi

Toz formuna getiren hammadde ve bisküvi örneklerin renk değerlerinin ölçümünde; Minolta CR-400 (Konica Minolta, Japonya) cihazı kullanılmıştır ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değerleri)



**Şekil 3.3.** Hammaddelerde Renk Analiz

### 3.2.5. Ürün ve hammaddelerdeki kimyasal analizler

#### 3.2.5.1. Su (nem) analizi

Toz formuna getirilen hammaddeler (şekil 3.3) ve bisküvilerde nem miktarı 135 °C de 2.5 saat normu uygulanarak, AACC 44–19’a metoduna göre yapılmıştır (AACC, 1990).



Şekil 3.4. Nem Analiz

#### 3.2.5.2. Kül analizi

Örneklerin kül içeriği AACC metodu ile (08/01) tespit edilmiştir. Numunenin tümünde hiç siyah nokta kalmayınca kadar yüksek sıcaklıkta (500-600°C) kül fırınında (Şekil 3.4) yakılmıştır (AACC, 1990).



Şekil 3.5. Kül Analiz

### 3.2.5.3. Ham yağ analizi

Örneklerdeki ham yağın organik bir çözücü ile ekstrakte edilip buharlaştırılması ve geri kalan yağın tartılması ile (Şekil 3.6) yağ analizi (AACC 30-25'e göre) gerçekleştirilmiştir (AACC,1990).



Şekil 3.6. Ham Yağ Analiz Cihazı

### 3.2.5.4. Ham protein analizi

Toz haline getirilen örneklerin, LECO protein analiz cihazında (Şekil 3.5) Dumas yöntemini kullanarak protein miktarları belirlenmiştir (AACC, 1990).



Şekil 3.7. Protein Analizi

### 3.2.5.5. Karbonhidrat içeriğinin belirlenmesi

Bisküvi örneklerinin CHO (karbonhidrat) hesaplamaları,  $\% \text{ CHO} = 100 - (\% \text{ su (nem)} + \text{kül} + \text{ham protein} + \text{ham yağ})$  ile hesap edilmiştir (Karaağaoğlu ve ark., 2008).

### 3.2.5.6. Enerji içeriğinin hesaplanması

Enerji hesaplarında da, enerji (kcal/100 g) = 4x (% karbonhidrat + ham protein) + 9x (% ham yağ) formülüne göre hesaplanmıştır (Karaağaoğlu ve ark., 2008).

### 3.2.5.7. Toplam fenolik madde tayini (TFMM)

Örneklerdeki toplam fenolik madde miktarını belirlemek için, Folin-Ciocalteu Reaktif Yöntemi kullanılmıştır. Öncelikle örnekler ekstrakte edilmiştir, elde edilen ekstrakt Folin-Ciocalteu reaktifi ile karıştırılmış, ardından absorbans dalga boyunda 765 nm ölçülmüştür. Sonuçlar galik asit eşdeğerleri (GAE) cinsinden ifade edilmiştir (Gamez-Meza ve ark., 1999).

### 3.2.5.8. Fitik asit tayini

Örneklerin fitik asit miktarı; Haug ve Lantzsch (1983) belirtilen metoda göre belirlenmiştir.

### 3.2.5.9. Dirençli nişasta analizi

Örneklerin dirençli nişasta içeriğinin belirlenmesinde, Megazyme Resistant Starch Assay Kit (Megazyme Ltd., Johannesburg, SA) kullanılmış ve kit protokolü uygulanmak suretiyle analiz gerçekleştirilmiştir. Toz haline getirilen tüm örnekler, amilaz ve glukoamilaz sindirim enzimleri eklenmiştir ve örnek belirli bir sıcaklık ve süre boyunca inkübe edilerek sindirilebilir nişastaları parçalanmıştır. Bu işlem sonucunda geriye kalan dirençli nişasta, alkol veya benzeri çözücüler kullanılarak çöktürülmüştür ve santrifüjleme ile izole edilmiştir. İzole edilen dirençli nişasta miktarı, spektrofotometrik analizle belirlenmiştir. Elde edilen bu verilere göre de; % dirençli nişasta miktarı hesaplanmıştır (McCleary ve ark., 2002).

### 3.2.5.10. Antioksidan aktivite

Bisküvi ve diğer örneklerin antioksidan aktiviteleri; 2\_2\_Diphenyl\_2-picrylhydrazyl (DPPH) (Gyamfi ve ark., 1999) ve FRAP (demir iyonu indirgeyici) metodu kullanılarak belirlenmiştir (Benzie ve Strain, 1996).

### 3.2.6. Bisküvi örneklerinde gerçekleştirilen analizler

Üretimi yapılan bisküvilerde dijital kumpas (0.001 mm, Mitutoyo, Tokyo, Japan) kullanarak gerçekleştirilen (Şekil 3.7) çap (mm), kalınlık (mm) ve yayılma oranı ölçümleri AACC'ye (1990) göre yapılmıştır. Yayılma oranı, çaplarının (mm), kalınlıklarına (mm) oranlanmasıyla elde edilmiştir, hamurun pişirme sırasında nasıl genişlediğini ve şekil aldığını belirlemek için kullanılır.



Şekil 3.8. Çap, kalınlık ölçüm aleti (dijital kumpas)

### 3.3. Duyusal Analiz

Bisküviler yaşları 17-55 yaş aralığında, sigara içmeyen, 11 kişilik bir panelist grubu tarafından değerlendirilmiştir. Bisküviler; Tat, Renk, Koku, Görünüş, Ağız hissisayı ve genel beğeni bakımından puanlanmıştır. Örneklerin duyusal özellikleri 5 puanlı hedonik skala (1: kötü, 2: yetersiz, 3:kabul edilebilir nitelikte (orta), 4: iyi ve 5: çok iyi) ile değerlendirilmiştir.

### 3.4. İstatistik Analizler

Analizler, 2 tekerrür olacak şekilde planlanmış ve yürütülmüştür. Bu analizlerin sonunda ulaşılan veriler ise, bir istatistik programı (JMP) yardımıyla varyans analizleri gerçekleştirilmiş, varyans analizi değerlendirmelerine göre de farklılıkları istatistik olarak önemli bulunan ana varyasyon kaynaklarının ortalamaları ise Tukey HSD Karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır (Düzgüneş ve ark., 1987).



## 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, olgunlaşmamış (ham-yeşil) muz meyveleri laboratuvar koşullarında mikrodalga, kırınım pencere ve tepsili kurutma yöntemleriyle üç farklı şekilde kurutulmuş ve ardından öğütülerek toz formuna getirilmiştir. Elde edilen muz meyve tozları, bisküvi üretiminde % 0, 10, 20, 30 ve 40 oranlarında ikame edilerek kullanılmıştır. Üretilen bisküvi örneklerinin fiziksel, kimyasal ve duyu özellikleri yapılan analizlerde elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

### 4.1. Hammadde Analiz Sonuçları

Hammaddelerin renk ( $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ ) değerlerine ait verileri Çizelge 4.1.'de, aynı hammaddelerin kimyasal analiz verileri ise Çizelge 4.2.'de özetlenmiştir.

#### 4.1.1. Hammadde renk analizi sonuçları

Hammaddelerin renk  $L^*$  değerleri ait sonuçlar 76.40 ile 94.25 arasında değişmekte olup, yeşil muz tozları içerisinde ise deskriptif olarak en düşük  $L^*$  değerlerini kırınım pencere kurutma yöntemi ile kurutulmuş muz örnekleri vermiştir. Buğday unu ise, 94.25 ile en yüksek  $L^*$  değerine sahip, en açık renkte örnek olarak tespit edilmiştir.  $b^*$  renk değeri sonuçları ise 4.95 ile 14.33 arasında olup, deskriptif olarak en yüksek  $b^*$  renk değeri sonuçlarını mikrodalga kurutma yönteminde ulaşılmıştır (Çizelge 4.1). İstatistiksel olarak ise tüm kurutma yöntemleri arasında renk  $b^*$  değerleri açısından önemli bir farklılık tespit edilmemiştir. Buğday unu da 4.95 ile en düşük  $b^*$  değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca buğday unu, -5.55 ile en düşük renk  $a^*$  değerine sahiptir (Çizelge 4.1).

**Çizelge 4.1.** Hammaddelerin renk analizleri sonuçları

Hammadde örneği	$L^*$ (parlaklık)	$a^*$	$b^*$
Un (buğday)	94.25±0.08 <sup>a</sup>	-5.55±0.01 <sup>d</sup>	4.95±0.05 <sup>b</sup>
T.K.Y.M.T. <sup>2</sup>	80.72±0.13 <sup>b</sup>	-3.07±0.03 <sup>c</sup>	14.21±0.53 <sup>a</sup>
M.K.Y.M.T. <sup>2</sup>	76.45±0.57 <sup>c</sup>	-2.58±0.07 <sup>b</sup>	14.33±0.64 <sup>a</sup>
K.P.K.Y.M.T. <sup>2</sup>	76.40±0.17 <sup>c</sup>	-2.31±0.01 <sup>a</sup>	13.66±0.16 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ( $p < 0.05$ );  $L^*$ : Parlaklık,  $a^*$ : Kırmızı-yeşil renk değeri,  $b^*$ : Sarı-mavi renk değeri 2 T.K.Y.M.U.: Tepsili Kurutucuda Kurutulmuş Yeşil Muz Tozu ; M.K.Y.M.T.: Mikrodalga Fırında Kurutulmuş Yeşil Muz Tozu; K.P.K.Y.M.T.: Kırınım Pencere Kurutucuda Kurutulmuş Yeşil Muz Tozu

Kamble ve ark. (2022) tepside 50°C-80°C arasında kurutulan örneklerin renk  $L^*$  değerlerinin 71.4 ile 84.97 değişim gösterdiği bildirmişlerdir.

Pahdi ve ark., (2022), kırınım pencereli ile kurutulan olgunlaşmamış muzların renk değerlerini;  $L^*$  89.46,  $a^*$  0.23,  $b^*$  9.18 olarak, sıcak hava ile kurutulan örneklerin ise  $L^*$  76.81,  $a^*$  1.48,  $b^*$  11.91 olarak tespit etmiştir. Kırınım pencereli ile kurutulmuş örneklerin beyazlama indekslerinin, sıcak hava ile kurutulmuş örneklere göre önemli ölçüde ( $p \leq 0.05$ ) daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Bunun muhtemel nedeninin ise, sıcak hava ile kurutulması durumunda, beyazlama indeksi üzerinde zararlı bir etkiye sahip olan uzun süreli ısı işlem olduğu sonucuna varmışlardır. Isıl işlemin daha uzun sürmesi ve dilimlerin doğrudan daha fazla ısıya maruz kalması nedeniyle sıcak hava ile kurutulmuş örneğin sarılık indeksi önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ).

Savlak ve ark. (2016), yeşil muz tozu üzerine yaptıkları bir çalışmada, bu tozun renginin, tüketici tercihi ve ürün kalitesi açısından önemli bir parametre olduğunu belirtmişlerdir. Başka bir çalışmada, meyve kurutma işleminin rengin korunmasında etkili olduğu, böylece daha açık renkli ürünlerin tüketiciler tarafından daha çok tercih edildiği ortaya konmuştur (Pahdi ve ark., 2022). Benzer şekilde, Anggraeni ve Saputra (2018) tarafından yapılan bir başka araştırmada, unlu mamullerde yeşil muz tozu kullanımının renk ve doku özelliklerini olumlu yönde etkilediği, aynı zamanda ürünlerin besin kalitesini koruduğu vurgulanmıştır.

#### 4.1.2. Hammaddelerin kimyasal analiz sonuçları

Üretimde kullanılan hammaddelere ait nem değerleri; % 8.34-11.99 olarak bulunmuştur. En yüksek nem değerleri buğday ununda tespit edilmiş olup, deskriptif olarak en düşük değerler tepsili kurutucuda bulunmuştur (Çizelge 4.2). Buğday unu, % 11.99 ile en yüksek nem içeriğine sahip, tepsili ile kurutulmuş % 8.34 en düşük nem içeriğine sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Mikrodalga ile kurutulmuş örnek, % 8.49 değerleri ile tepsili kurutulmuş örneklerle benzer nem içeriği sağlamıştır. Kırınım pencere ile kurutulmuş örnekleri ise % 9.49 nem değerleri vermiş olup, tepsili ve mikrodalga kurutulmuş örneklerle göre daha yüksek nem içeriğine sahiptir.

Bu çalışma bulgularına benzer şekilde; Kumar ve ark. (2020), yeşil Grand Naine muz tozunda % 8.59 nem içeriği bildirmişlerdir. Utrilla-Coello ve ark., (2014) olgunlaşmamış Enano muz çeşidi için % 7.03 nem içeriği ve olgunlaşmamış Valery muz çeşidi için % 8.96 nem içeriği bildirmiştir. Yine başka bir çalışmada da Khoza ve ark. (2021), Grande Naine çeşidi için nem oranını % 10.50 olarak bildirmişlerdir. Bu farklılıklar meyvenin çeşidine, yetiştirme koşullarına ve kurutma proseslerine atfedilebilir.

Kamal ve ark., (2023), bjackfruit (tropikal meyve) üzerinde ile yaptıkları çalışmalarında, farklı kurutma yöntemlerinin (sıcak hava dolabı kurutma, dondurarak kurutma ve güneşte kurutma) jackfruit çekirdeği tozunun fiziko-kimyasal özellikleri ve antioksidan kapasitesi üzerinde önemli etkileri olduğunu ortaya koymuşlardır. Sıcak hava dolabı kurutma ve dondurarak kurutma yöntemlerinin nem içeriğini azaltmada daha etkili olduğu bildirilmiştir.

Ayrıca, Hibiscus sabdariffa (Roselle) bitkisinin çanak yaprakları üzerinde yapılan bir çalışmada, farklı kurutma yöntemlerinin, fırında kurutma ve dondurarak kurutma nem içeriğini en çok azaltırken, vakumda kurutma ve güneşte kurutma o kadar etkili olmamıştır. Güneşte kurutma hariç tüm kurutma yöntemleri, güvenliği ve kaliteyi sağlamak için yeterince düşük su aktiviteleri ile sonuçlanmıştır (Juhari ve ark., 2021).

Buğday unu, % 0.60 ile en düşük kül içeriğine sahip hammaddedir. Tepsili kurutucu ile kurutulmuş muz örneklerinin % 2.05 kül içeriği ile una göre daha fazla kül, mikrodalga ile kurutulmuş örneklerin ise % 3.68 ile en yüksek kül içeriğine sahip oldukları belirlenmiştir. Kırınım pencere ile kurutulmuş muz örnek ise % 2.04 kül miktarı ile tepsili kurutulmuş muz tozu örneklerine benzer bir kül içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.2. Hammadelere ait kimyasal analiz sonuçları

Hammadde <sup>1</sup>	Su(nem) (%)	Yağ <sup>2</sup> (%)	Kül <sup>2</sup> (%)	Protein <sup>2,3</sup> (%)	Dirençli Nişasta <sup>2</sup> (%)	Karbonhidrat (%)	Enerji (kcal/100 g)	Fitik Asit <sup>2</sup> (mg/100 g)
<b>Buğday Unu</b>	11.99±0.01 <sup>a</sup>	1.50±0.01 <sup>a</sup>	0.60±0.01 <sup>c</sup>	11.75±0.05 <sup>a</sup>	0.48±0.01 <sup>b</sup>	74.16±0.05 <sup>d</sup>	357.18±0.02 <sup>ab</sup>	564.90±10.50 <sup>a</sup>
<b>T.K.Y.M.T.<sup>4</sup></b>	8.34±0.01 <sup>c</sup>	0.32±0.08 <sup>c</sup>	2.05±0.03 <sup>b</sup>	4.22±0.16 <sup>b</sup>	9.90±0.08 <sup>a</sup>	85.08±0.11 <sup>a</sup>	360.01±0.56 <sup>a</sup>	365.40±0.01 <sup>c</sup>
<b>M.K.Y.M.T.<sup>4</sup></b>	8.49±0.01 <sup>c</sup>	0.93±0.01 <sup>b</sup>	3.68±0.04 <sup>a</sup>	4.20±0.01 <sup>b</sup>	9.83±0.11 <sup>a</sup>	82.92±0.03 <sup>c</sup>	356.02±0.16 <sup>b</sup>	357.00±0.01 <sup>c</sup>
<b>K.P.K.Y.M.T.<sup>4</sup></b>	9.49±0.24 <sup>b</sup>	0.28±0.01 <sup>c</sup>	2.04±0.02 <sup>b</sup>	3.98±0.03 <sup>b</sup>	9.71±0.27 <sup>a</sup>	83.99±0.25 <sup>b</sup>	355.28±0.87 <sup>b</sup>	426.30±0.14 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05); <sup>2</sup>Kuru madde üzerinden hesaplama yapılmıştır, <sup>3</sup>Un için N x 5.70 ve Yeşil muz tozları için N x 6.25 faktörü kullanılmıştır. <sup>4</sup> T.K.Y.M.U.: Tepsili Kurutucuda Kurutulmuş Yeşil Muz Tozu ; M.K.Y.M.T.: Mikrodalga Fırında Kurutulmuş Yeşil Muz Tozu; K.P.K.Y.M.T.: Kırınım Pencereli Kurutucuda Kurutulmuş Yeşil Muz Tozu.

Bu sonuçlara göre; buğday ununa kıyasla tüm yeşil muz tozu örneklerinin daha yüksek kül içeriğine sahip olduğu, dolayısıyla daha yüksek mineral madde içeriği ile daha besleyici bir içerik sağlayacağı belirlenmiştir.

Hammaddelerin (buğday ve farklı metotlar ile kurutulmuş yeşil muz meyve tozları) ham yağ içeriği % 0.28-1.50 arasında bulunmuştur. En yüksek ham yağ içeriği buğday ununda ve en düşük ham yağ içeriği ise tepsili ve kırım pencereci metodlarda kurutulmuş örneklerde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Mikrodalga ile kurutulmuş örnekler % 0.93 ham yağ içeriğine sahip iken, kırım pencereci ile kurutulmuş örnekler deskriptif olarak % 0.28 yağ içeriği ile en düşük yağ oranına sahip olmuştur. Mikrodalga ile kurutma yöntemi diğer kurutma yöntemlerine göre daha fazla yağ içeriğine sahip olduğu, muhtemelen daha düşük ısı işlem süresi sonucu daha az yağ kaybı meydana geldiği düşünülmektedir.

Hammaddelerden buğday unu % 11.75 ile en yüksek protein içerdiği belirlenmiştir. Yeşil muz örneklerinin kurutma prosesleri arasında ise ham protein değerleri açısından bir farklılık görülmemiştir.

Ayrıca; hammadde olarak kullanılan buğdayunun % 0.48 oranında dirençli nişasta içeriğine sahip olduğu, yeşil muz örneklerinin ise yüksek dirençli nişasta içerikleri ile dikkat çektiği görülmektedir (Çizelge 4.2). Yeşil muzlar olgunlaştıkça, sahip oldukları nişasta şekere dönüşür. Bu nedenle, dirençli nişasta alımını artırmak isteyenler için yeşil muz tüketimi önerilir. Murphy ve ark. (2008) yapmış oldukları bir çalışmada; yeşil muzda dirençli nişasta oranının % 14 olduğunu belirlemişlerdir. Juarez-Garcia ve ark. (2006)'da olgunlaşmamış muzun (*Musa paradisiacal L.*) dirençli nişasta içeriği % 17.50 olarak belirlemiştir. Bu oran, yeşil muzları dirençli nişasta bakımından en zengin gıdalardan biri olduğunu göstermektedir.

Hammaddelerin karbonhidrat değerleri ise; % 74.16 ile 85.08 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.2.). Buğday unu, % 74.16 karbonhidrat içeriği ile en düşük değere sahiptir. Tepsili proses sistemlerinde kurutulmuş muz örneklerin % 85.08 karbonhidrat içeriği ile en yüksek değere sahip olduğu belirlenmiştir. Mikrodalga ile kurutulmuş örnekler % 82.92 karbonhidrat içeriği ile tepsili kurutma yöntemine göre biraz daha düşük veriler verdiği belirlenmiştir.

Hammaddelerin enerji değeri (kcal/100g) açısından bir değerlendirme yapıldığında ise; buğday ununda 357.18 kcal/100g ile dengeli bir değere olduğu, tepsili kurutucu sistemler ile kurutulmuş yeşil muz tozu örneklerinin ise, 360.01 kcal/100g ile en yüksek enerji içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir.

Haslında ve ark. (2009), konveksiyonel kurutucuda 60°C'de 15 saat boyunca kurutulan yeşil muzlarda nem içeriği % 9.94, yağ % 0.94, kül % 2.46 ve karbonhidrat değeri % 79.89 bildirilmiştir.

Segundo ve ark. (2017); yeşil muz tozunun, daha yüksek diyet lifi ve dirençli nişasta içeriği ile keklerin besin değerini artırdığı, ayrıca yüksek fenolik bileşikler ve antioksidan kapasitesi sayesinde sağlık faydaları sağladığı bildirmiştir. Fiziksel olarak, ince muz tozu parçacıklarının keklerin hacim ve dokusunu iyileştirdiğini de bildirmişlerdir.

Hammaddelerin fitik asit sonuçlarına bakıldığında; buğday ununun 564.90 mg/100 g fitik asit içeriği ile en yüksek değere sahip olduğu belirlenmiştir. Buda, buğday ununun fitik asit açısından meyve tozlarına kıyasla daha yüksek içeriği sahip olduğunu göstermektedir. Bir başka ifadeyle, yeşil muz tozlarının fitik asit içeriği, kullanılan kurutma yöntemine bağlı olarak değişmekle birlikte, buğday ununa göre oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir.

Hammadde örneklerinin toplam fenolik madde miktarı (TFMM) 36.50-314.00 mg GAE/100g arasında değişim göstermiş olup, (Çizelge 4.3) en yüksek TFMM değeri tepsili kurutucuda kurutulmuş yeşil muz tozlarında tespit edilmiştir. Mikrodalga sistemi ile kurutulmuş yeşil muz tozları 275.25 mg GAE/100g, kırımım pencereci sistemler ile kurutulmuş yeşil muz tozları ise 123.17 mg GAE/100g ile daha düşük TFMM içeriğine sahip olmuştur. Buğday unu (36.50 mg GAE/100g) ise; meyve tozlarına kıyasla daha düşük TFMM değerleri vermiştir. Meyve tozlarının TFMM değerleri, kullanılan kurutma yöntemlerine bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Tepsili kurutma yöntemi en yüksek fenolik bileşen içeriği ile dikkati çekmiştir. Mikrodalga ve kırımım pencereci kurutma yöntemlerinin ise daha düşük TFMM içeriğine sahip olduğu, ancak yine de buğday ununa kıyasla önemli fenolik bileşen içeriklerine sahip olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 4.3.** Hammadelere ait toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite analizi sonuçları<sup>1</sup>

Hammadde <sup>2</sup>	TFMM <sup>3</sup> (mg GAE/100g)	DPPH <sup>4</sup> (mg TE/100g)	FRAP <sup>5</sup> (mg TE/100g)
<b>Buğday Unu</b>	36.50±5 <sup>d</sup>	4.82±0.01 <sup>d</sup>	139.54±13.64 <sup>c</sup>
<b>T.K.Y.M.T.<sup>2</sup></b>	314.00±3.33 <sup>a</sup>	12.73±0.15 <sup>a</sup>	277.27±9.09 <sup>a</sup>
<b>M.K.Y.M.T.<sup>2</sup></b>	275.25±5.42 <sup>b</sup>	10.79±0.05 <sup>b</sup>	177.27±18.18 <sup>b</sup>
<b>K.P.K.Y.M.T.<sup>2</sup></b>	123.17±4.17 <sup>c</sup>	9.06±0.05 <sup>c</sup>	178.41±3.86 <sup>b</sup>

<sup>1</sup>Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

<sup>2</sup> T.K.Y.M.U.: Tepsili Kurutucuda Kurutulmuş Yeşil Muz Tozu ; M.K.Y.M.T.: Mikrodalga Fırında Kurutulmuş Yeşil Muz Tozu; K.P.K.Y.M.T.: Kırımım Pencereci Kurutucuda Kurutulmuş Yeşil Muz Tozu. <sup>3</sup> TFMM; Toplam fenolik madde,

<sup>4</sup> DPPH: 2,2-difenil-1-picrylhydrazyl <sup>5</sup> FRAP: Ferric Reducing Antioxidant Power

DPPH (mg TE/100g) antioksidan kapasitesi analiz sonuçlarına göre de; buğday ununun, 4.82 mg TE/100g, tepsili ile kurutulmuş yeşil muz tozunun 12.73 mg TE/100g, mikrodalga ile kurutulmuş yeşil muz tozunun 10.79 mg TE/100g, kırınım pencerele ile kurutulmuş yeşil muz tozunun ise 9.06 mg TE/100g içeriğe sahip olduğu belirlenmiştir. Genel olarak, yeşil muz tozlarının antioksidan kapasiteleri buğday ununa göre oldukça yüksektir. Bu da yeşil muz tozlarının daha sağlıklı bir seçenek olduğunu göstermektedir. Tepsili kurutucuda kurutulmuş yeşil muz tozları en yüksek antioksidan kapasitesini sağlarken, kırınım pencerele yöntemlerde ise daha düşük bir aktivite sergilediği belirlenmiştir.

FRAP (mg TE/100g) yöntemi ile yapılan analizler değerlendirildiğinde de; buğday ununun (139.54 mg TE/100g) en düşük antioksidan kapasiteye sahip olduğu belirlenmiştir. Tepsili kurutma sistemi ile kurutulmuş yeşil muz tozlarının ise 277.27 mg TE/100g içeriğine sahip olduğu ve diğer kurutma yöntemlerine göre daha yüksek FRAP değerine verdiği tespit edilmiştir. Bu bulgularda, kurutma yöntemlerindeki farklılıkların yeşil muzun antioksidan kapasitesi üzerinde önemli ölçüde değişikliklere sebep olduğunu göstermiştir.

Menezes ve ark. (2011), yaptıkları çalışmada olgunlaşmamış muzlardan (*Musa acuminata*, var. Nanicão) belirli kurutma koşullarında elde edilen muz meyve tozlarının FRAP değerlerinin 158.18 mg TE/100g olduğunu tespit etmişlerdir. Khoza ve ark. (2021)'da, *Pisang Awak* muz cinsinin FRAP değerlerinin 397.11 mg TE/100g olduğunu bildirmişlerdir.

## 4.2. Bisküvi analiz sonuçları

Araştırmamızda yapılan bisküvilere ait fiziksel analizler Çizelge 4.4.'te, bu analizlerin istatistiksel değerlendirildiği varyans analizleri Çizelge 4.5.'te ve çoklu karşılaştırma testi (Tukey HSD) sonuçları ise Çizelge 4.6.'da sunulmuştur.

### 4.2.1. Bisküvi fiziksel analiz sonuçları

#### 4.2.1.1. Renk tayini sonuçları

Renk, tüketicilerin gıdaları algılama ve kabul etme şekillerinde kritik bir rol oynar. Tüketiciler genellikle gıdanın rengini kalitesinin ve tazeliğinin bir göstergesi olarak kullanırlar. Parlak kırmızı renkte bir domates taze ve lezzetli olarak algılanırken, solmuş bir renk bozulmuş veya lezzetsiz olarak değerlendirilebilir. Renk, gıda kalitesinin ve güvenliğinin önemli bir göstergesidir. Renk değişiklikleri, gıdalarda gerçekleşen kimyasal, fiziksel veya mikrobiyal bozulmaları işaret edebilir. Gıda işleme ve depolama koşulları, gıdanın rengini doğrudan etkileyebilir. Isıl işlem, kurutma, fermentasyon gibi işlemler, gıdaların renginde değişikliklere neden olabilir. Bu nedenle renk analizi, işleme ve depolama süreçlerinin optimizasyonunda kritik bir araçtır. Gıdalardaki renk, besin değeri ve biyoaktif bileşiklerin varlığı hakkında DA bilgi vermektedir (Hutchings, 1999; MacDougall ve ark., 2002; Damodaran, ve ark., 2008; AOAC, 2019).

Üretilen bisküvilerin renk  $L^*$  (parlaklık) değerleri 58.25 -72.67,  $a^*$  (kırmızılık) değerleri 1.57-2.78,  $b^*$  (sarılık) değerleri ise 19.74-30.99 arasında değişmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.5 sunulan varyans analizine göre; bisküvilerin tüm renk değerleri üzerinde, kurutma metodu ve ikame oranları önemli düzeyde etkili bulunmuştur ( $p<0.01$ ). Bu faktörler, bisküvilerin renk özelliklerini anlamlı şekilde değiştirmiştir.

Çoklu karşılaştırma (Tukey) testi sonuçlarına göre (Çizelge 4.6); tepsili, mikrodalga ve kırımım pencereleli kurutma prosesi uygulanmak suretiyle üretilen yeşil muz tozu ikameli bisküvilerin renk  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli farklılıkların olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Tepsili kurutma metoduyla elde edilen yeşil muz tozunun en yüksek parlaklık değeri  $L^*$  değeri 68.23 olup, en düşük renk ise, 63.96 ile mikrodalga kurutma yöntemiyle elde edilmiştir. Renk  $a^*$  değeri açısından bir değerlendirme yapıldığında; en düşük değerlerini 1.72 ile tepsili kurutma, en yüksek  $a^*$  değerini 2.45 ile kırımım pencereleli kurutma metodu vermiştir.

Çizelge 4.4. Bisküvi örneklerine ait renk analizi sonuçları

Kurutma Metodu	Oran (%)	$L^*$	$a^*$	$b^*$
<b>Kontrol</b>		72.67±0.01	1.74±0.02	19.74±0.55
	<b>10</b>	70.10±0.28	1.57±0.03	26.11±0.03
<b>Tepsili Kurutma</b>	<b>20</b>	67.48±0.32	1.64±0.04	27.32±0.56
	<b>30</b>	66.11±0.09	1.71±0.08	28.27±0.39
	<b>40</b>	64.78±0.15	1.96±0.03	30.99±0.34
	<b>10</b>	65.30±0.07	2.37±0.05	24.88±0.10
<b>Mikrodalga Kurutma</b>	<b>20</b>	62.70±0.02	2.49±0.08	25.26±0.24
	<b>30</b>	60.88±0.03	2.59±0.03	26.42±0.02
	<b>40</b>	58.25±0.011	2.63±0.05	28.93±0.55
	<b>10</b>	64.87±0.17	2.44±0.06	25.55±0.03
<b>Kırınım pencere<li>Kurutma</li></b>	<b>20</b>	64.38±0.08	2.59±0.02	26.48±0.01
	<b>30</b>	61.66±0.05	2.69±0.05	27.70±0.04
	<b>40</b>	61.12±0.01	2.78±0.09	29.88±0.07

$L^*$ : Parlaklık,  $a^*$ : Kırmızı-yeşil renk değeri,  $b^*$ : Sarı-mavi renk değeri

Çizelge 4.5. Bisküvi örneklerinin renk değerlerine ait varyans analizi sonuçları<sup>1</sup>

VK	Sd	<i>L*</i>		<i>a*</i>		<i>b*</i>	
		KT	F	KT	F	KT	F
Kurutma Metodu (A)	3	99.99	1419.36**	3.14	652.80**	10.42	21.01**
İkame Oranı (B)	5	463.39	3290.02**	1.81	188.72**	343.17	345.86**
AxB	15	31.99	113.58**	0.81	42.24**	3.20	0.20**
Hata	14	1127.17		159.90		95.96	

<sup>1</sup>\*p<0.05 düzeyinde önemli, \*\*p<0.01 düzeyinde önemli.

Çizelge 4.6. Bisküvi örneklerinin Ait Tukey HSD Karşılaştırma Testi analizi sonuçları<sup>1</sup>

Kurutma Metodu	n	<i>L*</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>
Tepsili Kurutma	10	68.23±0.14 <sup>a</sup>	1.72±0.03 <sup>c</sup>	26.48 ±0.37 <sup>a</sup>
Mikrodalga Kurutma	10	63.96±0.04 <sup>c</sup>	2.36±0.03 <sup>b</sup>	25.04±0.29 <sup>c</sup>
Kırınım Pencereli Kurutma	10	64.94±0.06 <sup>b</sup>	2.45±0.02 <sup>a</sup>	25.87±0.13 <sup>b</sup>
<b>İkame Oranı (%)</b>				
0	6	72.68±0.01 <sup>a</sup>	1.74±0.02 <sup>e</sup>	19.73±0.56 <sup>d</sup>
10	6	66.75±0.17 <sup>b</sup>	2.12±0.04 <sup>d</sup>	25.50±0.05 <sup>c</sup>
20	6	64.84±0.14 <sup>c</sup>	2.24±0.01 <sup>c</sup>	26.36±0.27 <sup>c</sup>
30	6	62.88±0.06 <sup>d</sup>	2.33±0.04 <sup>b</sup>	27.45±0.14 <sup>b</sup>
40	6	61.38±0.04 <sup>e</sup>	2.46±0.02 <sup>a</sup>	29.96±0.32 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistik olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

Renk  $b^*$  değerleri arasında ise, tepsili kurutma metodu 26.48 ile en yüksek değeri vermiş iken, en düşük değerleri ise 25.04 ile mikrodalga kurutma prosesi vermiştir. Bu da tepsili kurutma metodunun daha parlak ve sarımsı bir renk tonunda son ürün eldesi sağladığını göstermektedir.

Khoozani ve ark. (2020); yeşil muz tozunun buğday ununa ikame ettiği ekmek çalışmalarında, kurutma yöntemi ve muz tozlarının son ürün renginde önemli değişikliklere yol açtığı bildirmişlerdir. Dondurarak kurutma yöntemiyle elde edilen muz toz kullanılarak üretilen ekmeklerde daha az kahverengileşmenin gözlemlendiğini, sıcak hava fırınında kurutma yöntemiyle elde edilen muz tozları kullanılarak yapılan ekmeklerde ise daha yüksek bir kahverengileşme indeksinin var olduğunu bildirmişlerdir. Dolayısıyla farklı kurutma metotlarını, son üründe renk değişimine sebep olduğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca yeşil muz tozunun kullanılarak üretilen muffinlerin fiziksel özellikleri incelendiği bir başka araştırmada da, renk ve tekstür özelliklerinde önemli değişikliklerin olduğunu belirlenmiştir (Harastani ve ark., 2021).

Bisküvilere ilave edilen yeşil muz tozu ikame oranı artışa gidilmesi; örneklerin parlaklıklarını azaltmış olup, bu azalışta önemli ( $p < 0.05$ ) bulunmuştur (Çizelge 4.6). İkame oranında % 0'dan % 40'a doğru bir artışa gidilmesi,  $L^*$  değerlerini 72.68'den 61.38'e düşürürken,  $a^*$  değerini de 1.74'ten 2.46'ya yükselmiştir, bu da ikame oranının artmasıyla ürünün daha koyu kırmızımsı bir ton kazandığını göstermektedir. Ayrıca ikame oranında artışa gidilmesi, sarılık ( $b^*$ ) değerlerini artmıştır. Bu sonuçlarda; kurutma metodlarının ve ikame oranlarının ürünlerin son renk özellikleri üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Literatürde yeşil muz tozunu ikamesinin kek, makarna, ekmek ve muffin gibi bazı ürünler üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmalarda; renk  $L^*$  değerlerinin düştüğü bildirilmiştir (Juarez-Garcia ve ark., 2009; Türker, 2016; Khoozani ve ark., 2020; Harastani ve ark., 2021). Bu bulgularda, bizim sonuçlarımızı desteklemektedir.

Bu literatür çalışmalarının sonuçlarına da anlaşılacağı gibi, yeşil muz tozunun buğday unu yerine kullanılması ile son ürünlerin renk özelliklerinde önemli değişimlerini olduğunu görülmektedir. Bu sonuçlarda bizim verilerimizi destekler niteliktedir. Dolayısıyla kurutma yöntemi ve ikame oranı gibi faktörlerin, ürünlerin nihai renk değerlerini belirlemede kritik rol oynadığı anlaşılmaktadır.

#### 4.2.1.2. Çap, kalınlık ve yayılma oranı tayini

Üretimi gerçekleştirilen bisküvilerin dijital kumpas ile ölçülmüş çap (mm), kalınlık (mm) ve yayılma oranları veriler Çizelge 4.7'de sunulmuş olup, bu analiz verilerinin istatistiksel değerlendirildiği varyans analizleri Çizelge 4.8'de ve Tukey çoklu karşılaştırma sonuçları da Çizelge 4.9'da özetlenmiştir.

Çizelge 4.7. Bisküvi örneklerinin çap (mm), kalınlık (mm) ve yayılma oranı sonuçları

Kurutma Metodu	Oran (%)	Çap (mm)	Kalınlık (mm)	Yayılma Oranı
<b>Kontrol</b>		56.38±0.10	8.58±0.04	6.58±0.02
<b>Tepsili Kurutma</b>	<b>10</b>	56.75±0.08	9.84±0.03	5.77±0.03
	<b>20</b>	57.37±0.10	9.97±0.07	5.76±0.03
	<b>30</b>	57.88±0.15	10.22±0.02	5.67±0.01
	<b>40</b>	58.90±0.13	10.45±0.02	5.64±0.01
<b>Mikrodalga Kurutma</b>	<b>10</b>	56.40±0.10	8.29±0.02	6.81±0.01
	<b>20</b>	56.90±0.10	8.59±0.01	6.63±0.01
	<b>30</b>	57.14±0.04	8.69±0.02	6.58±0.02
	<b>40</b>	57.30±0.09	8.92±0.03	6.4±0.03
<b>Kırınım Pencereli Kurutma</b>	<b>10</b>	56.70±0.07	8.24±0.04	6.89±0.02
	<b>20</b>	57.97±0.08	8.49±0.02	6.83±0.02
	<b>30</b>	58.19±0.04	9.05±0.02	6.43±0.01
	<b>40</b>	58.29±0.02	9.35±0.02	6.23±0.02

Çizelge 4.8 Bisküvilere ait çap, kalınlık ve yayılma oranı değerlerinin varyans analizi sonuçları<sup>1</sup>

VK	Sd	Çap		Kalınlık		YO	
		KT	F	KT	F	KT	F
<b>Kurutma Metodu (A)</b>	<b>3</b>	2.89	147.75*	8.66	1994.38**	3.43	2425.87*
<b>İkame Oranı (B)</b>	<b>5</b>	13.50	345.17**	3.84	442.67**	0.90	318.67**
<b>AxB</b>	<b>14</b>	2.17	27.81*	2.44	140.91**	1.07	189.34*
<b>Hata</b>	<b>15</b>	127.39		459.12		509.45	

<sup>1</sup>\*p<0.05 düzeyinde önemli,\*\*p<0.01 düzeyinde önemli.

**Çizelge 4.9.** Bisküvilerin çap, kalınlık ve yayılma oranı değerlerine ait çoklu (Tukey-HSD) Karşılaştırma Testi analizi sonuçları<sup>1</sup>

Kurutma Metodu	n	Çap (mm)	Kalınlık (mm)	Yayılma Oranı
Tepsili Kurutma	10	57.46±0.11 <sup>a</sup>	9.81±0.04 <sup>a</sup>	5.88±0.02 <sup>b</sup>
Mikrodalga Kurutma	10	56.82±0.08 <sup>b</sup>	8.61±0.01 <sup>c</sup>	6.60±0.01 <sup>a</sup>
Kırınım pencereleli Kurutma	10	57.50±0.06 <sup>a</sup>	8.74±0.03 <sup>b</sup>	6.59±0.02 <sup>a</sup>
<b>İkame Oranı (%)</b>				
0	6	56.38±0.10 <sup>e</sup>	8.58±0.04 <sup>e</sup>	6.58±0.02 <sup>a</sup>
10	6	56.61±0.08 <sup>d</sup>	8.78±0.03 <sup>d</sup>	6.49±0.02 <sup>b</sup>
20	6	57.41±0.09 <sup>c</sup>	9.01±0.03 <sup>c</sup>	6.41±0.01 <sup>c</sup>
30	6	57.73±0.08 <sup>b</sup>	9.32±0.02 <sup>b</sup>	6.22±0.02 <sup>d</sup>
40	6	58.16±0.08 <sup>a</sup>	9.57±0.02 <sup>a</sup>	6.10±0.01 <sup>e</sup>

<sup>1</sup>Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05)

Üretilen bisküvi örneklerinin çap ölçümleri 56.38 ile 58.90 mm, kalınlık ölçümleri 8.24 ile 10.45 mm, yayılma oranları hesaplamaları ise 5.64 ile 6.89 arasında değişmiştir (Çizelge 4.7).

Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.8); kurutma metodu, çap ve yayılma oranları üzerinde istatistiki olarak p<0.05, kalınlık değerleri üzerinde ise istatistiki olarak p<0.01 düzeyinde etkide bulunmuştur. İkame oranı ise; çap, kalınlık ve yayılma oranları üzerine istatistiki olarak p<0.01 düzeyinde önemli etkide bulunmuştur

Tukey HSD testi sonuçlarına göre (Çizelge 4.9), tepsili kurutma metoduyla elde edilen örneklerin çapı 57.46 mm, mikrodalga kurutma yöntemiyle elde edilen örneklerin çapı 56.82 mm ve kırınım pencereleli kurutma metoduyla elde edilen örneklerin çapı 57.50 mm olarak belirlenmiştir. Bu veriler göre, mikrodalga kurutma metodunun en düşük çap değerlerini verdiği görülmektedir. Tepsili kurutma metoduyla elde edilen örnekler 9.81 mm ile en yüksek bisküvi kalınlığı değerleri verirken, mikrodalga kurutma metoduyla elde edilen örnekler 8.61 mm ile en düşük bisküvi kalınlık değerleri vermiştir. Yayılma oranı (YO) değerlerinde ise; tepsili kurutma metodunda 5.88, mikrodalga kurutma metodunda 6.60 ve kırınım pencereleli kurutma metodunda 6.59 olarak tespit edilmiştir. Bu bulgular göre; tepsili kurutma metodunun en düşük bisküvi yayılma oranı sunduğu belirlenmiştir.

Tukey HSD testi sonuçları ikame oranı açısından değerlendirildiğinde; ikame oranında artışa gidilmesi ile çap değerleri ve kalınlık değerlerinin arttığı, yayılma oranlarında düştüğü tespit edilmiştir. En düşük çap değeri kontrol bisküvilerinde (56.38 mm) elde edilmiş olup, en yüksek % 40 yeşil muz tozu ikameli bisküvi örneklerinde (58.16 mm) tespit edilmiştir.

Kalınlık değerinde de benzer bir artış gözlemlenmiş olup, 8.58 mm'den 9.57 mm'ye yükselmiştir. Yayılma oranında ise ikame oranı arttıķça bisküvi yayılmaları azalmış, en yüksek 6.58 ile kontrol (% 0) örneklerinde, en düşük ise 6.10 ile % 40 ikameli örneklerinde elde edilmiştir. Özellikle, ap ve kalınlık değerlerinin artmasıyla birlikte ürünün boyutları büyürken, yayılma oranının azalması, ürünün daha az yayıldığını ve daha kompakt hale geldiği göstermektedir. Bunun muhtemel sebebi, yeşil muz tozu ikamesi ile hamur yapısının değiştirmesi, özellikle de yüksek diyet lifi içeriği ile hamurların daha yoğun hale gelerek (vizkoz) bisküvilerin yayılma oranının azalması olabilir. Liang ve ark. (2022); bisküvilere eklenen nişasta miktarının artırılması ile, bisküvi çapını arttığını bildirmiştir.

Acun ve Gül (2014), çalışmalarında geleneksel kurutma yöntemiyle kurutulup toz haline getirilen; üzüm posası tozu, ekirdeksiz posa ve çekirdek tozunu kurabiye kalitesi üzerindeki etkileri incelemişler. Bu amaçla, buğday ununa farklı oranlarda, ekirdeksiz posa ve çekirdek ve üzüm posa tozu ikame edilerek kurabiye hamurları hazırlanmıştır. Kurabiyelerin ap (mm) ve kalınlığı (mm) kumpas kullanılarak ölçölmüş, yayılma oranı ise genişliğin kalınlığa oranı formölüyle hesaplanmıştır. Ölçüm sonuçları, bisküvilerin çaplarının 58,06-60,55 mm, kalınlıklarının ise 10,29-11,98 mm arasında değiştiğini göstermiştir. Yayılma oranları ise 4,88 ile 5,64 arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir.

Ganorkar ve Jain (2014), hamurda daha fazla su bulunmasının, karıştırma sırasında şekerin daha yüksek çözünmesine yol açtığını ve bununda başlangıçtaki hamur viskozitesini düşürdüğünü ve bisküvilerin pişirme sırasında daha hızlı yayılabileceğini ileri sürmektedir. Toz bileşenlerin ise, büyük miktarlarda su emdiğinde ve bunun sonucunda formöldeki şekerleri çözmek için mevcut olan su miktarı azalmaktadır. Bu nedenle toz ikamesi ile başlangıç viskozitesi daha yüksek olmakta ve pişirme sırasında bisküviler daha az yayılmaktadır.

#### 4.2.2. Bisküvi kimyasal analiz sonuçları

Bisküvi örneklerinde belirlenen kimyasal analizlere ait sonuçlar, Çizelge 4.10'da sunulmuştur. Bu çizelge, bisküvilerin farklı kimyasal bileşenlerini detaylandırmaktadır. Varyans analizi sonuçları ise Çizelge 4.11'de yer almakta olup, bu çizelge kimyasal bileşenler arasındaki istatistiksel farkları göstermektedir. Çoklu (Tukey) karşılaştırma testi sonuçları da Çizelge 4.12'de özetlenmiş olup, örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olup olmadığını göstermektedir.

##### 4.2.2.1. Nem analiz sonuçları

Gıdaların nem içeriği, mikrobiyal bozulma ve enzimatik reaksiyonlar için kritik bir faktördür. Yüksek nem içeriği, mikroorganizmaların üremesi için uygun bir ortam sağlar, bu da gıdaların daha hızlı bozulmasına ve raf ömrünün kısılmasına neden olur. Ekmek ve meyve gibi yüksek nem içeriğine sahip gıdalar, düşük nem içeriğine sahip gıdalardan daha hızlı bozulur. Gıdalardaki su miktarı, kimyasal reaksiyonların hızını ve türünü de etkiler. Maillard reaksiyonu gibi bazı reaksiyonlar, belirli bir nem seviyesinde daha hızlı gerçekleşir. Ayrıca, nem içeriği gıdanın tekstürel özelliklerini (gevreklik, yumuşaklık, vs.) de etkiler. Kuruyemişler ve cipsler gibi düşük nem içeriğine sahip ürünler, nem alımı ile gevrekliğini kaybedebilir. Nem içeriği, gıdaların besin değerini ve lezzetini doğrudan etkileyebilir. Kurutma işlemi sırasında suyun uzaklaştırılması, bazı vitaminlerin kaybına yol açabilir. Örneğin, nem içeriği, gıdanın duyu özelliklerini (tat, koku, doku) de değiştirir. Gıdaların nem içeriği, ticari değerini de etkiler. Nem içeriği yüksek olan gıdalar, daha ağır olduğu için taşımada ve depolamada daha yüksek maliyetler oluşturabilir. Ayrıca suyun uzaklaştırılması (kurutma) işlemi, bazı gıdaların uzun süre saklanabilmesini sağlar, bu da ticari avantajlar sunar. Gıdalardaki nem içeriğinin doğru bir şekilde ölçülmesi, kalite kontrol süreçlerinde hayati öneme sahiptir. Gıda endüstrisinde standartlara uygunluk ve ürün kalitesinin sürekliliği için nem analizleri düzenli olarak yapılır. Bu analizler hem üretim sürecinde hem de son ürünün tüketiciye ulaşmadan önceki kalite kontrol aşamalarında kullanılır (Damodaran ve ark., 2008, Nielsen, 2010, AOAC, 2019).

Üretilen bisküvi örneklerinin nem değerleri % 2.28 ile % 3.68 arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Bisküvi örneklerinin kimyasal analiz sonuçları

Kurutma Metodu	Oran	Nem (%)	Ham Yağ <sup>1</sup> (%)	Kül <sup>1</sup> (%)	Ham Protein <sup>1,2</sup> (%)	Dirençli Nişasta <sup>1</sup> (%)	Karbonhidrat <sup>1</sup> (%)	Enerji <sup>1</sup> (kcal/100 g)	Fitik Asit (mg/100 g)
<b>Kontrol</b>		2.28±0.05	18.18±0.02	0.73±0.07	6.32±0.07	0.46±0.02	72.52±0.11	478.99±0.15	491.40±16.80
<b>Tepsili Kurutma</b>	10	2.73±0.02	17.06±0.04	0.78±0.05	6.06±0.15	1.14±0.05	71.37±0.17	471.27±0.7	508.20±4.20
	20	2.85±0.03	16.83±0.06	0.87±0.07	5.74±0.14	1.43±0.02	71.76±0.21	469.04±0.12	449.40±0.02
	30	3.04±0.07	16.58±0.04	0.95±0.09	5.03±0.10	1.87±0.05	74.42±0.07	466.85±0.02	392.70±6.30
	40	3.28±0.06	16.15±0.03	1.05±0.04	4.42±0.03	2.40±0.03	75.20±0.17	462.96±0.35	331.80±4.20
<b>Mikrodalga Kurutma</b>	10	2.43±0.03	18.01±0.08	1.52±0.03	6.02±0.06	1.43±0.06	71.59±0.46	476.40±2.26	512.40±2.80
	20	2.82±0.08	17.91±0.08	1.71±0.02	5.60±0.04	1.61±0.08	72.11±0.22	470.70±0.47	499.80±5.32
	30	3.34±0.09	17.56±0.09	1.84±0.06	5.18±0.09	2.17±0.06	72.17±0.01	466.60±0.02	480.90±10.50
	40	3.64±0.04	17.17±0.02	2.08±0.08	4.71±0.06	2.94±0.04	72.35±0.02	463.18±0.12	462.00±6.77
<b>Kırınım pencere<li>Kurutma</li></b>	10	2.80±0.03	17.38±0.20	0.81±0.06	5.94±0.03	1.24±0.05	73.06±0.20	472.48±0.99	420.00±10.30
	20	2.96±0.02	17.00±0.02	0.88±0.02	5.63±0.02	1.56±0.02	73.54±0.02	469.70±0.16	399.00±5.80
	30	3.27±0.09	15.84±0.04	0.95±0.03	5.13±0.04	2.23±0.09	74.81±0.07	462.29±0.33	373.80±2.40
	40	3.68±0.16	15.27±0.05	1.06±0.04	4.62±0.08	2.82±0.15	75.37±0.28	457.40±0.41	350.69±6.30

<sup>1</sup>Kuru madde üzerinden hesaplama yapılmıştır <sup>2</sup>Un için N x 5.70 ve Yeşil Muz tozları için N x 6.25 faktörü kullanılmıştır.

Çizelge 4.11. Bisküvi örneklerinin varyans analiz sonuçları<sup>1</sup>

VK	Sd	Nem		Ham Yağ		Kül		Ham Protein	
		KT	F	KT	F	KT	F	KT	F
<b>Kurutma Metodu (A)</b>	3	13.01	0.21*	6.58	88.79*	3.18	781.98*	0.014	0.62ns
<b>İkame Oranı (B)</b>	5	5.19	156.70**	15.04	101.38**	1.47	181.27**	11.70	248.86**
<b>AxB</b>	14	0.31	4.76*	3.01	10.38*	0.90	55.92**	0,13	1.40*
<b>Hata</b>	15	46.16		44.32		182.47		67.21	

VK	Sd	Dirençli Nişasta		Karbonhidrat		Enerji		Fitik Asit	
		KT	F	KT	F	KT	F	KT	F
<b>Kurutma Metodu (A)</b>	3	0.37	45.52*	19.44	132.66*	45.18	26.77**	49723.63	103.63**
<b>İkame Oranı (B)</b>	5	17.47	1064.30**	13.74	46.87**	1154.62	342.22**	35087.13	146.25**
<b>AxB</b>	14	0.21	6.64*	7.74	11.92*	55.50	8.22**	18832.46	19.63**
<b>Hata</b>	15	293.56		36.55		99.36		57.84	

<sup>1</sup>\*p<0.05 düzeyinde önemli,\*\*p<0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz

Çizelge 4.12. Bisküvi örneklerinin ait Tukey HSD Karşılaştırma Testi analizi sonuçları<sup>1</sup>

Kurutma Metodu	n	Nem (%)	Ham Yağ (%)	Kül (%)	Ham Protein (%)	Dirençli Nişasta (%)	Karbonhidrat (%)	Enerji (kcal/100 g)	Fitik Asit (mg/100 g)
<b>Tepsili Kurutma</b>	10	2.83±0.02 <sup>b</sup>	16.93±0.02 <sup>b</sup>	0.87±0.01 <sup>b</sup>	5.51±0.011 <sup>a</sup>	1.45±0.02 <sup>b</sup>	73.85±0.15 <sup>a</sup>	469.82±0.13 <sup>b</sup>	434.70±2.62 <sup>b</sup>
<b>Mikrodalga Kurutma</b>	10	2.90±0.04 <sup>b</sup>	17.81±0.02 <sup>a</sup>	1.58±0.03 <sup>a</sup>	5.56±0.04 <sup>a</sup>	1.72±0.01 <sup>a</sup>	72.15±0.18 <sup>b</sup>	471.18±0.71 <sup>a</sup>	489.30±2.63 <sup>a</sup>
<b>Kırınım pencere<li>Kurutma</li></b>	10	2.99±0.05 <sup>a</sup>	16.74±0.06 <sup>b</sup>	0.89±0.01 <sup>b</sup>	5.52±0.04 <sup>a</sup>	1.66±0.66 <sup>a</sup>	73.84±0.14 <sup>a</sup>	468.17±0.47 <sup>c</sup>	406.98±1.57 <sup>c</sup>
<b>İkame Oranı (%)</b>									
<b>0</b>	6	2.28±0.05 <sup>e</sup>	18.18±0.01 <sup>a</sup>	0.74±0.01 <sup>e</sup>	6.32±0.07 <sup>a</sup>	0.46±0.02 <sup>e</sup>	72.52±0.11 <sup>d</sup>	478.99±0.15 <sup>a</sup>	491.40±16.80 <sup>a</sup>
<b>10</b>	6	2.65±0.01 <sup>d</sup>	17.63±0.07 <sup>b</sup>	1.03±0.02 <sup>d</sup>	6.00±0.07 <sup>b</sup>	1.26±0.02 <sup>d</sup>	72.67±0.28 <sup>cd</sup>	473.38±1.11 <sup>b</sup>	480.20±1.40 <sup>a</sup>
<b>20</b>	6	2.87±0.04 <sup>c</sup>	17.18±0.02 <sup>c</sup>	1.15±0.02 <sup>c</sup>	5.65±0.06 <sup>c</sup>	1.53±0.02 <sup>c</sup>	73.13±0.15 <sup>c</sup>	469.81±0.25 <sup>c</sup>	449.40±0.01 <sup>b</sup>
<b>30</b>	6	3.21±0.01 <sup>b</sup>	16.62±0.05 <sup>d</sup>	1.25±0.01 <sup>b</sup>	5.11±0.04 <sup>d</sup>	2.08±0.04 <sup>b</sup>	73.80±0.05 <sup>b</sup>	465.24±0.11 <sup>d</sup>	415.80±5.60 <sup>c</sup>
<b>40</b>	6	3.53±0.07 <sup>a</sup>	16.18±0.02 <sup>e</sup>	1.40±0.04 <sup>a</sup>	4.58±0.06 <sup>e</sup>	2.71±0.06 <sup>a</sup>	74.31±0.15 <sup>a</sup>	461.17±0.29 <sup>e</sup>	381.50±2.10 <sup>d</sup>

<sup>1</sup>Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

El-Sayed ve ark. (2023) yapmış oldukları bir çalışmalarında, bisküvilerin düşük nem içeriğinin (% 1-5) mikrobiyal bozulmayı engellediği, üretmiş oldukları bu bisküvilerin nem içeriklerinin 1.42 ile 2.52 g/100 g arasında değiştiği ve düşük nem içeriğinin ürün kalitesini koruduğu bildirmişlerdir. Haider ve ark. (2022)'da, bisküvilerin düşük su aktivitesi ve nem içeriği sayesinde mikrobiyal kontaminasyona karşı dirençli olduğunu vurgulamıştır. Pasqualone ve ark. (2021) ise, bisküvilerin nem içeriğini % 3-7 arasında rapor etmişlerdir. Bu çalışmalar, bizim sonuçlarımızı desteklemektedir.

Varyans sonuçlarına (Çizelge 4.11) göre de, ikame oranı ( $p<0.01$ ) ve kurutma metodu ( $p<0.5$ ) bisküvilerin nem değerleri üzerinde önemli etkide bulunmuştur.

Çoklu karşılaştırma Tukey testi sonuçlarına (Çizelge 4.12) göre, ikame oranı arttıkça bisküvi nem değerlerinin de arttığı sonucuna ulaşılmıştır. İkame oranının artmasıyla nem oranında belirgin bir artış gözlemlenmiştir; % 0 ikame oranında nem içeriği % 2.28 iken, % 40 ikame oranında bu değer % 3.53'e yükselmiştir.

Kurutma metodları göre de; tepsili kurutma metoduyla elde edilen bisküvilerin nem içeriği % 2.83 belirlenmiştir. Tepsili kurutma yönteminin ürünü daha kuru hale getirdiğini göstermiştir. Mikrodalga kurutma yöntemiyle elde edilen bisküvilerin nem içeriği de % 2.90 olarak belirlenmiştir. Kırınım pencereci kurutma metoduyla elde edilen bisküvilerin nem içeriği % 2.99 olup, tüm kurutma metodları içerisinde istatistiki olarak en yüksek nem içeriğine sahip son ürünler vermiştir.

Ayoub ve ark. (2022) yeşil muz kabuğu tozu ve diğer meyve tozları ile yapmış oldukları bir bisküvi çalışmalarında, nem içeriklerinde önemli değişikliklerin olduğunu bildirmişlerdir. Pasqualone ve ark. (2021)'da yapmış oldukları bir çalışmalarında, yeşil muz kabuğu tozu, buğday kepeği ve pirinç kepeği eklenen bisküvilerin nem içeriğinin depolama süresi boyunca anlamlı şekilde arttığı tespit etmişlerdir. Bu artışın, tozların higroskopik (nem çekici) özelliklerinden kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir. Yine aynı çalışmada, yeşil muz kabuğu tozu ile zenginleştirilmiş bisküvilerin nem içeriği, depolama süresi boyunca % 3.13'ten % 3.66'ya kadar arttığını bildirmişlerdir. Goubgou ve ark. (2021)'da, meyve tozu ikamesinin bisküvilerin nem içeriğini arttırdığı ve bunun sonucunda ürünün daha yumuşak bir dokuya sahip son ürünler elde edildiğini rapor edilmiştir. Bu bulgular, meyve tozu ikamesi ile yapılan bisküvilerin nem içeriğinin arttığını ve bu artışın ürünün kalitesi üzerinde belirgin etkileri olduğunu göstermektedir.

#### 4.2.2.2. Ham yağ analiz sonuçları

Yağlar, enerji sağlayan temel besin maddelerinden biridir ve bazı esansiyel yağ asitleri ve yağda çözünen vitaminler (A, D, E, K) için taşıyıcıdır. Yağ içeriğinin doğru bir şekilde belirlenmesi, gıdaların besin değerini hesaplamak ve beslenme etiketlerini oluşturmak için kritik öneme sahiptir. Özellikle doymuş ve doymamış yağ asitlerinin oranı, sağlıklı beslenme açısından önemlidir. Yağlar, gıdaların tekstürel özelliklerini ve duyuusal özelliklerini (tat, aroma, doku) belirler. Unlu mamullerde yağ, ürünün gevrekliğini ve lezzetini artırır. Örneğin, süt ürünlerinde (tereyağı, peynir) yağ içeriği, ürünün kremesi dokusunu ve lezzetini belirler. Gıdalardaki yağ içeriği, ürünlerin raf ömrünü ve stabilitesini etkiler. Yağlar, oksidasyona karşı hassastır ve bu oksidasyon süreçleri, gıdaların bozulmasına neden olabilir. Yağ oksidasyonu, tat ve koku bozulmasına, besin değerinde kayıplara yol açabilir. Bu nedenle, yağ analizleri, ürünlerin raf ömrünü optimize etmek için önemlidir. Gıdaların yağ içeriği, ticari değerini belirleyen önemli bir faktördür. Düşük yağ içeriğine sahip diyet ürünleri veya zenginleştirilmiş ürünler, belirli tüketici grupları için daha cazip olabilir. Ayrıca, yağ içeriğinin belirlenmesi, ürünlerin fiyatlandırılması ve pazarlanmasında da önemli bir rol oynar. Yağ içeriğinin belirlenmesi, gıda güvenliği ve düzenlemeler açısından da kritik öneme sahiptir. Birçok gıda ürünü, belirli bir yağ içeriği standartına uymak zorundadır. Bu nedenle, yağ analizleri, yasal düzenlemelere uygunluğu sağlamak için düzenli olarak yapılır (Nollet ve ark., 2004; Damodaran ve ark., 2008; Christie, 2010; Nielsen, 2010; AOAC, 2019).

Bisküvi örneklerindeki ham yağ değerleri en düşük % 15.27 ve en yüksek %18.18 değerleri aralığında değişmiştir (Çizelge 4.10).

Varyans analizi sonucunda (Çizelge 4.11), kurutma metodunun ( $p<0.05$ ) ve ikame oranı ( $p<0.01$ ) bisküvilerin ham yağ değerleri üzerinde önemli etkide bulunmuştur.

Tukey HSD testi sonuçlarına (Çizelge 4.12) göre ise tepsili, mikrodalga ve kırınım pencereli kurutma metoduyla elde edilen ikameli bisküvilerin ham yağ değerleri arasında önemli fark bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Tepsili kurutma prosesi uygulanan bisküvilerin ham yağ değeri % 16.93 ve kırınım pencereli kurutma metoduyla elde edilen ikameli bisküvilerin ham yağ değeri % 16.74 olarak belirlenirken, mikrodalga kurutma yöntemiyle elde edilen ikameli bisküvilerin ham yağ değeri % 17.81 belirlenmiştir.

Bisküvilerde ikame oranı artıkça da ham yağ değerinde azalmalar belirlenmiştir. Özellikle % 0 ikame oranında ham yağ değerinin en yüksek olduğu, % 40 ikame oranında ise en düşük ham yağ değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada, *Banana pseudostem* (muz gövdesi) tozu ile yapılan bisküvilerde, ikame oranlarının bisküvilerin besin değerleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu çalışmaya göre, muz gövdesi tozunun % 10, % 20 ve % 30 oranlarında buğday ununa ikame edilmesiyle, bisküvilerin ham yağ oranının değiştiği belirlenmiştir (Chakraborty ve ark., 2021).

Olgun muz kabuğu tozuyla takviye edilen erişteler üzerinde yapılan bir başka çalışmada ise eriştelerin besin içeriği ve duyuşal özellikleri incelenmiştir. Muz kabuğu tozunun eklenmesiyle yağ içeriğinin önemli ölçüde arttığı, bu nedenle yüksek ikame oranlarının uzun süreli depolama için uygun olmadığı belirtilmiştir. Bununla birlikte, muz kabuğu tozu ile zenginleştirilmiş eriştelerin mineral içeriği ve lif oranında önemli artışların olduğunu da bildirmişlerdir (Pasha ve ark., 2022).

Jariyah ve ark. (2018), yaptıkları çalışmalarında bisküvi üretiminde; % 7.5, 10, 12,5 ve 15 oranında buğday ununa, muz kabuğu tozu ikamesini incelemişlerdir. Ham yağ içeriğini 12.30 ile 25.00 arasında değişiklik gösterdiğini bildirmişlerdir.

Acun ve Gül (2014), yaptıkları çalışmada üzüm posası tozu, çekirdeksiz posa ve çekirdek tozunu farklı oranlarda bisküvi formülasyonlarına ikame etmişlerdir (% 0, 5, 10 ve 15). Bisküvilerin ham yağ değerleri % 16.82-23.20 arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir.

Bu bulgular, çalışmadaki sonuçları desteklemektedir Yeşil muz tozu ikame edilen bisküvi örneklerinde, ikame oranı artıkça ham yağ değerlerinin azalması, yeşil muz tozunun zengin diyet lifi içeriğinin su tutma kapasitesiyle ilişkilidir. Bu lifler, hamurun viskozitesini artırarak pişirme esnasında yağın hareketini sınırlar ve daha homojen bir yapı oluşumuna katkı sağlamaktadır. Sonuç olarak, yeşil muz tozunun kullanımı, yağ oranını azaltırken ürünün dokusal kalitesini koruyan etkili bir ikame malzemesi olarak değerlendirilebilir.

#### 4.2.2.3. Kül analiz sonuçları

Kül analizi, gıdalardaki toplam mineral içeriğini tahmin etmede kullanılır. Mineraller, insan sağlığı için gerekli olan mikro besinlerdir ve gıdaların besin değerini artırır. Kalsiyum, demir, magnezyum, potasyum gibi mineraller, kül analizi ile tespit edilebilir. Süt ürünlerinde kalsiyum içeriğinin belirlenmesi, besin değeri açısından kritik öneme sahiptir. Gıda ürünlerinin belirli kalite standartlarına ve düzenlemelere uygunluğunu sağlamak için kül analizi yapılır. Gıda endüstrisinde, farklı ürünlerin kül içeriği belirli standartlarla sınırlandırılmıştır. Bu analiz, ürünlerin bu standartlara uygun olup olmadığını kontrol etmek için kullanılır. Buğday unu veya bebek maması gibi ürünlerin belirli bir kül içeriği sınırını aşmaması gerekmektedir. Kül analizi, gıda işleme ve üretim süreçlerinin izlenmesi ve kontrol edilmesi için kullanılır. İşleme sırasında mineral kaybı veya kontaminasyon gibi durumlar kül analizi ile tespit edilebilir. Konserve sebzelerde, işleme sırasında mineral kaybı yaşanıp yaşanmadığını kontrol etmek için kül analizi yapılır.

Kül analizi, gıda sahteciliği ve adulterasyonunun tespitinde önemli bir araçtır. Gıdalara yabancı maddelerin (toprak, kum, metal parçacıkları) eklenmesi durumunda kül içeriği artar. Bu nedenle, gıdaların saflığını ve kalitesini kontrol etmek için kül analizi kullanılır. Baharatlarda yabancı maddelerin varlığını tespit etmek için kül analizi yapılabilir (Nollet ve ark., 2004; Damodaran ve ark., 2008, Nielsen, 2010; AOAC, 2019).

Üretilen bisküvi örneklerinin kül sonuçları % 0.73-2.08 arasındadır (Çizelge 4.10).

Varyans analiz sonuçlarına (Çizelge 4.11) irdelendiğinde, ikame oranı ( $p < 0.01$ ) ve kurutma metodunun ( $p < 0.05$ ) kül değerleri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çoklu karşılaştırma (Tukey HSD) testi sonuçlarına (Çizelge 4.12) irdelendiğinde de, tepsili kurutma metoduyla kurutulan yeşil muz tozu ikameli bisküvilerin kül oranı % 0.87 ve kırım pencere kurutma metoduyla elde edilen bisküvilerin kül oranı % 0.89 belirlenmiştir. Mikrodalga kurutma yöntemiyle elde edilen bisküvilerin kül değeri ise % 1.58 olarak bulunmuştur. Bisküvi örneklerinde ikame oranı arttıkça kül oranının arttığı tespit edilmiştir. % 0 ikame oranında % 0.74 iken % 40 ikame oranında kül değeri % 1.40'a kadar yükseldiği tespit edilmiştir.

Modifiye edilmiş kepek muz nişastasının bisküvide kullanımını üzerine yapılan bir çalışmada, ikame oranının kül içeriği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu çalışmada, modifiye kepek muz nişastası ve buğday unu karışımları farklı oranlarda (% 0, % 25, % 50, % 75) kullanılmış ve en yüksek kül oranı %2.97 olarak bulunmuştur. İkame oranının artmasıyla birlikte kül içeriğinde artış gözlemlenmiştir (Oprasita ve ark., 2024).

Pawde ve ark. (2020), bir çalışmada, kurutulmuş ejder meyvesini farklı oranlarda bisküvi formülasyonlarına, ikame etmişler ve ikame oranı arttıkça kül değerlerinin arttığını da bildirmişlerdir.

Chakraborty ve ark. (2021), yaptıkları bir çalışmada *Banana pseudostem* yalancı gövde çekirdeğinden tozu ile üretilen bisküvilerin ikame oranının artmasıyla birlikte kül içeriğinde artış gözlemlenmiştir. % 0, % 10, % 20 ve % 30 *Banana pseudostem* yalancı gövde çekirdeği içeren bisküvilerde kül oranı sırasıyla %0.74, %1.03, %1.15 ve %1.25 olarak bulunmuştur.

Acun ve Gül (2014), çalışmalarında geleneksel kurutma yöntemiyle kurutulup toz haline getirilen; üzüm posası tozu, çekirdeksiz posası ve çekirdek tozunu kurabiye kalitesi üzerindeki etkileri incelemişler. Bu amaçla, buğday ununa farklı ikame oranlarında üzüm posası tozu, çekirdeksiz posası ve çekirdek tozu ikame edilerek kurabiye hamurları hazırlanmıştır. Bisküvilerin kül değerleri % 1.31 ila % 2.31 arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir.

Bir başka araştırmada da meyve tozları (havuç tozu) ikame oranının bisküvilerin kül, nem ve diğer besin içerikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. İkame oranı arttıkça kül ve nem içeriğinin arttığı gözlemlenmiştir (Salehi, 2020).

#### 4.2.2.4. Ham protein analiz sonuçları

Proteinler, vücudun yapı taşları olan amino asitleri sağlar ve büyüme, onarım, enzimatik ve hormonal işlevler gibi birçok biyolojik süreç için gereklidirler. Gıdalardaki protein içeriğinin belirlenmesi, besin değerini hesaplamak ve sağlıklı beslenme planları oluşturmak için kritik öneme sahiptir. Protein içeriği özellikle sporcular, çocuklar, hamileler ve yaşlılar gibi özel gruplar için önemlidir. Proteinler, gıdaların tekstürel özelliklerini ve duyuşal özelliklerini (tat, aroma, doku) belirler. Et ürünlerinde proteinler, su tutma kapasitesini, doku yapısını ve bağlanma özelliklerini etkiler. Aynı şekilde, unlu mamullerde gluten proteinleri, ürünlerin kabarma kapasitesini ve yapısını belirler. Protein analizi, gıda üretim süreçlerinin izlenmesi ve kontrol edilmesi için kullanılır.

Üretim sırasında protein kaybı veya bozulma gibi durumlar protein analizi ile tespit edilebilir. Protein analizi, gıda sahteciliği ve adulterasyonunun tespitinde önemli bir araçtır. Örneğin, süt ürünlerinde protein içeriği düşük olan ürünlere su eklenmesi durumunda protein oranı düşer ve bu analizle tespit edilebilir. Gıdaların protein içeriği, ticari değerini belirleyen önemli bir faktördür. Yüksek protein içeriğine sahip ürünler (protein barları, protein tozları) sağlık bilincine sahip tüketiciler için daha cazip olmaktadır. Ayrıca, protein içeriğinin belirlenmesi, ürünlerin fiyatlandırılması ve pazarlanmasında da önemli bir rol oynar (Damodaran ve ark., 2008, Nielsen, 2010, Whitaker, 2022, Christie, 2010, AOAC, 2019).

Bisküvi örneklerindeki ham protein değerleri % 4.42 ile 6.32 arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.11.'de gösterilen varyans analiz sonuçlarına göre, yeşil muz tozu ikame edilen bisküvilerin protein sonuçları üzerinde ikame oranı önemli ( $p < 0.01$ ), ve kurutuma metodu ise önemsiz ( $p > 0.05$ ) etkide bulunmuştur.

Tukey HSD testi sonuçlarına (Çizelge 4.12) göre, tepsili, mikrodalga ve kırımım pencereli kurutma prosesi elde edilen ikameli bisküvilerin ham protein verileri istatistiksel olarak önemlidir ( $p > 0.05$ ). Tepsili kurutma prosesi uygulanan muz tozları ikame edilen bisküvilerin ham protein değeri % 5.51, mikrodalga kurutma yöntemiyle elde edilen ikameli bisküvilerin ham protein değeri % 5.56 ve kırımım pencereli kurutma metoduyla elde edilen ikameli bisküvilerin ham protein değeri % 5.52 olarak tespit edilmiştir. Bisküvilerde ikame oranı artıkça ham protein değerinde azalışlar gözlenmiştir. Bu azalma istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.01$ ). % 0 ikame oranında ham protein değeri % 6.32 ile en yüksek iken, %40 ikame oranında % 4.58 ile en düşük değere indiği görülmüştür.

Khatun ve ark. (2021), bisküvi örneklerinin nem % 4.05-5.32, protein % 6.60-9.00 ve yağ % 10.00-10.32 aralığında bulunmuştur. Bu bisküvilere muz kabuğu tozu ikamesinin artmasıyla birlikte protein içeriğinde düşüş gözlemlendiği de bildirilmiştir.

#### 4.2.2.5. Dirençli nişasta sonuçları

Dirençli nişasta, prebiyotik etkisi nedeniyle sağlık üzerinde olumlu etkiler yapabilir. Kalın bağırsakta fermente olarak kısa zincirli yağ asitleri üretir, bu da bağırsak sağlığına faydalıdır. Dirençli nişasta, glisemik indeksi düşük olduğu için kan şekerini düzenler ve tokluk hissi sağlar.

Bu nedenle, gıdalardaki dirençli nişasta miktarının belirlenmesi, sağlık açısından büyük önem taşır. Dirençli nişasta, gıda formülasyonunda kullanılarak ürünlerin besin değerini artırabilir. Ayrıca, ekme, makarna ve diğer unlu mamullerde dirençli nişasta kullanımı, bu ürünlerin glisemik indeksini düşürebilir. Ayrıca, dirençli nişasta, gıdalara dokusal özellikler kazandırabilir ve işleme sırasında stabilite sağlayabilir. Fonksiyonel gıdalar, sağlık yararları sağlayacak şekilde formüle edilen gıdalardır. Dirençli nişasta, bu tür gıdaların geliştirilmesinde kritik bir bileşendir. Fonksiyonel gıdaların formülasyonunda kullanılan dirençli nişasta, bağırsak sağlığını destekleyebilir ve kilo kontrolüne yardımcı olabilir. Dirençli nişasta analizi, beslenme ve diyetetik araştırmalar için temel bir araçtır. Araştırmacılar, farklı gıdaların dirençli nişasta içeriğini belirleyerek, bu gıdaların sağlık üzerindeki etkilerini inceleyebilirler. Bu tür analizler, diyet rehberlerinin ve sağlık önerilerinin oluşturulmasında önemli rol oynar.

Yeşil muzdaki dirençli nişasta, prebiyotik etkisi nedeniyle bağırsak sağlığını destekler. Kalın bağırsakta fermente edilerek kısa zincirli yağ asitleri üretir, bu da bağırsak mikroflorasını olumlu yönde etkiler. Ayrıca, düşük glisemik indeksli bir karbonhidrat kaynağı olarak kan şekerini düzenlemeye yardımcı olur ve tokluk hissi sağlar. Yeşil muzdaki dirençli nişasta, fonksiyonel gıdaların geliştirilmesinde kullanılır. Dirençli nişasta, yüksek lif içeriği ve sağlık yararları nedeniyle fonksiyonel gıdaların besin değerini artırır.

Ekme, bisküvi, makarna ve atıştırmalık ürünler gibi çeşitli gıdalarda kullanılabilir. Yeşil muzdaki dirençli nişasta, gıdaların dokusal özelliklerini ve stabilitesini etkiler. Gıda formülasyonunda kullanıldığında, ürünlerin yapısını ve raf ömrünü iyileştirebilir. Ayrıca, düşük kalorili ve yüksek lif içeriğine sahip ürünlerin üretimine katkıda bulunur (Cadenas, 2001; Damodaran ve ark., 2008; Nielsen, 2010; AOAC, 2019).

Üretilen bisküvi örneklerinde dirençli nişasta miktarı % 0.46 ile 2.94 değerleri arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.10).

Yeşil muz tozu ikameli bisküvilerin varyans analiz sonuçlarına göre; kurutma metodu ( $p<0.05$ ) ve ikame oranları bisküvilerin dirençli nişasta oranları üzerinde istatistiki açıdan önemli ( $p<0.01$ ) etkisinin olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.12.'da özetlenen bisküvi örneklerinin Tukey HSD karşılaştırma test sonuçlarında ikame oranının istatistiksel açıdan önemli bir farklılık oluşturduğu bulunmuştur ( $p<0.01$ ). Tepsili kurutma metoduyla elde edilen örneklerin dirençli nişasta oranı % 1.45 belirlenirken, mikrodalga kurutma yöntemiyle elde edilen örneklerin dirençli nişasta oranı % 1.72 bulunmuştur. Kırınım pencereleli kurutma metoduyla elde edilen örneklerin dirençli nişasta oranı ise % 1.66 olarak tespit edilmiştir. Bu veriler, mikrodalga kurutma metodunun üründe deskriptif olarak daha yüksek bir dirençli nişasta oranı sağladığını, tepsili kurutma metodunun ise en düşük dirençli nişasta oranını sunduğunu göstermektedir. % 0 ikame oranında dirençli nişasta oranının en düşük olduğu, % 40 ikame oranında ise en yüksek seviyeye çıktığı görülmüştür. Yeşil muz unu ikame oranının artışıyla birlikte bisküvi örneklerindeki dirençli nişasta miktarının yükseldiği tespit edilmiştir. Bu artış, yeşil muzun doğal olarak yüksek dirençli nişasta içeriğine dayanmaktadır.

Yeşil muz, jackfruit (hint inciri), cempedak ve durian gibi egzotik meyve tozları yüksek dirençli nişasta içeriğine sahiptir ve bu tozların eklenmesiyle bisküvi, makarna ve kek gibi ürünlerin besin değerleri artırılabilir. Örneğin, yeşil muz tozu, yüksek dirençli nişasta (DN II) içeriğiyle bilinir ve gıda ürünlerinin besin değerini artırmak için etkili bir bileşendir (Ho ve ark., 2020).

#### **4.2.2.6. Karbonhidrat sonuçları**

Karbonhidratlar, insan diyetinin önemli enerji kaynağıdır. Gıdalardaki karbonhidrat miktarının ve türünün belirlenmesi, besin değerini hesaplamak ve sağlıklı beslenme planları oluşturmak için önemlidir. Özellikle glikoz, fruktoz, laktoz, nişasta ve diyet lifleri gibi farklı karbonhidrat türlerinin belirlenmesi, sağlık açısından önemli olabilir.

Ayrıca, unlu mamullerde nişasta, ürünlerin yapısını ve dokusunu belirlerken, şekerler tatlılık sağlar. Diyet lifleri, gıdaların su tutma kapasitesini ve sindirim özelliklerini etkiler. Karbonhidrat analizi, gıda üretim süreçlerinin izlenmesi ve kontrol edilmesi için kullanılır. Üretim sırasında karbonhidrat kaybı veya bozulma gibi durumlar analizlerle tespit edilebilir.

Ayrıca, meyve sularında fermentasyon sonucu oluşan şeker kaybı izlenebilir. Karbonhidrat analizi, gıda sahteciliği ve adulterasyonunun tespitinde önemli bir araçtır. Ayrıca, balda yabancı şekerlerin eklenip eklenmediği belirlenebilir. Gıdaların karbonhidrat içeriği, ticari değerini belirleyen önemli bir faktördür (Chaplin ve ark., 1994; Nollet ve ark., 2004; Damodaran ve ark., 2008; Nielsen, 2010; AOAC, 2019).

Bu çalışmada karbonhidrat değerleri % 71.37 ile 75.37 arasında değişiklik göstermektedir (Çizelge 4.10).

Varyans analizi sonucunda (Çizelge 4.11), yeşil muz tozu ikameli bisküvilerin karbonhidrat içeriği üzerinde kurutma metodunu ( $p<0.05$ ) ve ikame oranını ( $p<0.01$ ) istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Tukey HSD testi sonuçlarına (Çizelge 4.12) göre, tepsili, mikrodalga ve kırınım pencereleli kurutma metoduyla elde edilen ikameli bisküvilerin karbonhidrat değerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Tepsili ile kurutma prosesi uygulanan bisküvlerin karbonhidrat değeri % 73.85 ve kırınım pencereleli kurutma metoduyla elde edilen ikameli bisküvilerin karbonhidrat değeri % 73.84 belirlenirken, mikrodalga kurutma yöntemiyle elde edilen ikameli bisküvilerin karbonhidrat değeri % 72.15 belirlenmiştir. Bisküvilerde ikame oranı artıkça karbonhidrat değerinde artış gözlenmiştir. Özellikle % 0 ikame oranında karbonhidrat değerinin en düşük, % 40 ikame oranında ise en yüksek değer olduğu tespit edilmiştir. Rahman ve ark. (2023), mor tatlı patates tozu ve deniz yosunu ikameli bisküvilerde karbonhidrat değerini % 70.35 tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada da, havuç ve kuru fasulye ikame edilmiş bisküvinin karbonhidrat değerleri % 64.19 -79.15 arasında değiştiğini bildirilmiştir (Ewunetu ve ark., 2023). Bir diğer çalışmada da mango kabuğu tozunun eklenmesiyle yumuşak hamurlu bisküvilerde de toplam karbonhidrat değerini % 80.7 olduğunu belirlemişlerdir (Ajila, ve ark., 2008).

#### 4.2.2.7. Enerji sonuçları

Gıdaların enerji içeriği, günlük kalori alımının izlenmesi ve dengeli bir diyet oluşturulması açısından kritik öneme sahiptir. Enerji, vücudun temel fonksiyonları (metabolizma, solunum, kas hareketleri) için gereklidir. Gıdaların enerji içeriğinin belirlenmesi, bireylerin enerji gereksinimlerini karşılayacak şekilde beslenme planları oluşturmasına yardımcı olur. Gıda ürünlerinin enerji içeriği, etiketlerde belirtilmesi gereken temel besin bilgileri arasında yer alır. Tüketiciler, gıdaların enerji içeriğine bakarak bilinçli seçimler yapabilir ve diyetlerini buna göre düzenleyebilirler. Enerji içeriği, özellikle diyet yapanlar ve kalori alımını kontrol etmek isteyenler için önemli bir bilgidir. Gıdaların enerji içeriği, ürünlerin kalitesini ve formülasyonunu etkiler. Üreticiler, belirli bir enerji içeriğine sahip ürünler formüle ederek, farklı tüketici ihtiyaçlarına yönelik ürünler geliştirilmiştir, düşük kalorili atıştırmalıklar veya yüksek enerji içeriğine sahip sporcu besinleri gibi. Gıdaların enerji içeriği, üretim süreçlerinde izlenmesi ve kontrol edilmesi gereken önemli bir parametredir. Üretim sırasında meydana gelen değişiklikler, gıdaların enerji içeriğini etkilemektedir, enerji analizi, ürünlerin tutarlılığını ve kalitesini sağlamak için kullanılmaktadır. Araştırmacılar, farklı gıdaların enerji içeriğini belirleyerek, beslenme alışkanlıklarının ve diyetlerin enerji dengesi üzerindeki etkilerini incelemektedir. Bu tür analizler, beslenme rehberlerinin ve diyet önerilerinin oluşturulmasında önemli rol oynar (Nollet ve ark., 2004; Gibson, 2005; Damodaran ve ark., 2008; Nielsen, 2010, AOAC, 2019).

Yeşil muz tozu ikamesi ile üretilen bisküvilerin enerji değerleri 457.40 kcal/100 g ile 478.99 kcal/100 g arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.10).

Varyans analizi sonuçlarına göre de (Çizelge 4.11), ikameli bisküvilerin enerji değerleri üzerinde kurutma metodunun ve ikame oranının istatistiksel olarak önemli düzeyde etkide bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır ( $p < 0.01$ ).

Tukey HSD karşılaştırma testi sonuçlarına göre (Çizelge 4.12); tepsili kurutma metoduyla elde edilen örneklerin enerji değeri 469.82 kcal/100 g iken, mikrodalga kurutma yöntemiyle elde edilen örneklerin enerji değeri 471.18 kcal/100 g bulunmuştur. Kırınım pencereleli kurutma metoduyla elde edilen örneklerin enerji değeri ise 468.17 kcal/100 g belirlenmiştir. % 0 ikame oranında en yüksek enerji değeri 478.99 kcal/100 g iken, % 40 ikame oranında 461.17 kcal/100 g ile en düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Bu düşüş, yeşil muz tozu ikame oranının artmasıyla birlikte ürünün bisküvi enerji

değerlerinin azaldığını göstermektedir. Bu sonuçlar, farklı kurutma metodları ve ikame oranlarının enerji içerikleri üzerindeki etkilerini göstermektedir.

Rahman ve ark., (2023) mor tatlı patates tozu ve deniz yosunu ikameli bisküvilerde en yüksek 388.53 ile 440.8 kcal/100 g arasında değişim göstermiştir. Vitali ve ark. (2009), İnülin takviyesi, modifiye bisküvilerin toplam enerji değerinde önemli bir düşüşe neden olmuştur 445'ten 412 kcal/100g bildirmişlerdir. Olcay (2019), kamkat meyve tozu ikameli bisküviler üzerine yaptığı çalışmada, ikame oranının artmasıyla enerji değerlerinin arttığını, ancak %10 ve %20 ikame oranlarında enerji değerlerinin referans kontrol grubundan daha düşük olduğunu bildirmiştir. Bu, kamkat meyve tozunun belirli oranlarda kullanıldığında bisküvilerin enerji değerlerini azaltabileceğini göstermektedir.

#### 4.2.2.8. Fitik asit analiz sonuçları

Fitik asit, bitkisel gıdalarda, özellikle tahıllar, baklagiller ve yağlı tohumlarda bulunan doğal bir fosfor depolama şeklidir. Kimyasal olarak, fitik asit myo-inositol halkasına bağlı altı fosfat grubundan oluşur. Bu yapı, fitik asidin metal iyonları (kalsiyum, demir, çinko) ile kompleks oluşturarak biyoyararlanımlarını azaltmasına neden olur. Fitik asit analizi, bitkisel kaynaklı gıdaların besin değerinin değerlendirilmesi ve biyoyararlanımının artırılması açısından önemlidir. Fitik asit içeriğinin belirlenmesi, gıda işleme ve hazırlama yöntemlerinin optimize edilmesine ve potansiyel mineral eksikliklerinin önlenmesine yardımcı olur. Ayrıca, fitik asit seviyelerinin kontrolü, bitki ıslahı ve gıda formülasyonu çalışmalarında da kritik bir rol oynar (Latta ve ark., 1980).

Yeşil muz tozu ikameli bisküvilerin fitik asit değeri 331.80 ile 512.40 mg/100g arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.10).

Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.11), bisküvilerin fitik asit değerleri üzerinde kurutma metodu ve ikame oranını istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.01$ ).

Tukey HSD testi sonuçlarına göre (Çizelge 4.12); tepsili kurutma metoduyla elde edilen örneklerin fitik asit değeri 434.70 mg/100 g iken, mikrodalga kurutma yöntemiyle elde edilen örneklerin fitik asit değeri 489.30 mg/100 g bulunmuştur. Kırınım pencereleli kurutma metoduyla elde edilen örneklerin fitik asit değeri ise 406.98 mg/100 g belirlenmiştir. İkame oranında % 0'dan % 40'a doğru artışlar, fitik asit değerinin 491.4'dan 381.5 mg/100 g'a kadar azalmasına sebep olmuştur.

#### 4.2.2.9. Toplam fenolik madde miktarı (TFMM) analiz sonuçları

Fenolik bileşikler, güçlü antioksidan özelliklere sahiptir. Serbest radikalleri nötralize ederek oksidatif stresi azaltırlar, bu da hücre hasarını ve kronik hastalıkları (kalp hastalığı, kanser, diyabet) önlemeye yardımcı olabilir. Toplam fenolik madde analizi, gıdaların antioksidan kapasitesini belirlemek için kritik öneme sahiptir. Fenolik bileşikler, gıdaların raf ömrünü uzatmada önemli bir rol oynar. Oksidatif bozulmayı engelleyerek gıdaların tazelik ve kalitesini korurlar. Özellikle yağ içeriği yüksek gıdalarda (yağlı tohumlar, et ürünleri) fenolik bileşikler, lipid oksidasyonunu inhibe ederek ürünlerin raf ömrünü uzatabilir. Fenolik bileşikler, gıdaların duyuusal özelliklerini (renk, tat, aroma) doğrudan etkiler. Örneğin, çay, kahve, kırmızı şarap ve çeşitli meyvelerde fenolik bileşikler, karakteristik tat ve aromayı sağlar. Aynı zamanda, bazı fenolik bileşikler acılık ve burukluk gibi tat profillerine katkıda bulunur. Fonksiyonel gıdalar, sağlık yararları sağlamak üzere tasarlanmış ürünlerdir. Fenolik bileşikler, fonksiyonel gıdaların geliştirilmesinde önemli bir bileşendir. Antioksidan ve antienflamatuvar özellikleri sayesinde, fenolik bileşikler içeren gıdalar, sağlık açısından daha değerli hale gelir. Toplam fenolik madde analizi, beslenme ve diyetetik araştırmalar için temel bir araçtır. Araştırmacılar, farklı gıdaların fenolik bileşik içeriklerini belirleyerek, bu gıdaların sağlık üzerindeki etkilerini inceleyebilirler. Bu tür analizler, diyet rehberlerinin ve sağlık önerilerinin oluşturulmasında önemli rol oynar (Wrolstad, 2005; Damodaran ve ark., 2008; Nielsen, 2010; AOAC, 2019).

Bisküvi örneklerinin, toplam fenolik madde miktarı (TFMM) ve antioksidan aktivitelerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.13'de, yine bu verilere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.14.'de ve Tukey HSD karşılaştırma test sonuçlarında Çizelge 4.15.'de özetlenmiştir.

Bisküvi örneklerinin TFMM sonuçları 21.50-60.67 mg GAE/100g değerleri arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.14.'de gösterilen varyans analiz sonucunda yeşil muz tozu ikame edilen bisküvilerin TFMM üzerinde sonucu kurutma metodu ( $p<0.05$ ) ve ikame oranı ( $p<0.01$ ) önemli etkide bulunmuştur.

Çizelge 4.13. Bisküvi örneklerine ait toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite analizi sonuçları<sup>1</sup>

Kurutma Metodu	Oran	TFMM <sup>1</sup> (mg GAE/100g)	DPPH <sup>2</sup> (mg TE/100g)	FRAP <sup>3</sup> (mg TE/100g)
<b>Kontrol</b>		21.50±0.83	23.30±0.50	36.95±0.27
<b>Tepsili</b>	<b>10</b>	45.67±1.67	27.37±0.77	49.09±0.50
	<b>20</b>	51.17±0.33	32.06±0.31	55.27±0.68
	<b>30</b>	56.50±0.10	37.22±0.77	59.41±6.09
	<b>40</b>	58.58±0.42	39.41±0.10	63.09±0.86
<b>Mikrodalga</b>	<b>10</b>	43.17±0.83	24.31±0.27	41.09±2.05
	<b>20</b>	47.33±0.10	28.80±0.10	43.18±0.27
	<b>30</b>	54.00±0.83	35.78±0.20	44.18±0.50
	<b>40</b>	56.92±0.42	37.47±0.82	59.73±0.18
<b>Kırınım</b>	<b>10</b>	36.92±1.25	23.24±0.66	37.09±0.41
	<b>20</b>	44.00±0.10	30.13±1.02	44.82±0.27
	<b>30</b>	54.00±0.12	31.66±0.90	49.36±0.01
	<b>40</b>	60.67±0.13	36.61±1.28	52.64±0.09

<sup>1</sup>TFMM: Toplam fenolik madde miktarı 2 DPPH; 2,2-difenil-1-picrylhydrazyl, 3 FRAP: Ferric Reducing Antioxidant Power

Çizelge 4.14. Bisküvi örneklerine ait toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite varyans analizi sonuçları<sup>1</sup>

VK	Sd	TFMM		DPPH		FRAP	
		KT	F	KT	F	KT	F
<b>Kurutma Metodu (A)</b>	<b>3</b>	54.76	23.82*	43.31	25.93*	448.00	25.24*
<b>İkame Oranı (B)</b>	<b>5</b>	5117.80	1113.46**	930.56	278.66**	1617.85	45.58**
<b>AxB</b>	<b>14</b>	100.29	10.91*	27.45	4.11*	227.13	3.20*
<b>Hata</b>	<b>15</b>	305.94		79.99		17.25	

<sup>1</sup>\*p<0.05 düzeyinde önemli, \*\*p<0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz

Çizelge 4.15. Bisküvi örneklerine ait toplam fenolik madde ve antioksidan Tukey HSD Karşılaştırma Testi analizi sonuçları

Kurutma Metodu	n	TFMM (mg GAE/100g)	DPPH (mg TE/100g)	FRAP (mg TE/100g)
<b>Tepsili Kurutma</b>	<b>10</b>	46.68±0.65 <sup>a</sup>	31.87±0.27 <sup>a</sup>	52.76±2.08 <sup>a</sup>
<b>Mikrodalga Kurutma</b>	<b>10</b>	44.58±0.58 <sup>b</sup>	29.93±0.23 <sup>b</sup>	45.03±0.65 <sup>b</sup>
<b>Kırınım Pencereli Kurutma</b>	<b>10</b>	43.41±0.42 <sup>b</sup>	28.98±0.97 <sup>b</sup>	44.17±0.21 <sup>b</sup>
<b>İkame Oranı (%)</b>				
<b>0</b>	<b>6</b>	21,50±0.83 <sup>e</sup>	23.30±0.50 <sup>e</sup>	36.96±0.27 <sup>d</sup>
<b>10</b>	<b>6</b>	41,91±1.25 <sup>d</sup>	24.97±0.22 <sup>d</sup>	42.42±1.65 <sup>c</sup>
<b>20</b>	<b>6</b>	47.49±0.11 <sup>c</sup>	30.33±0.48 <sup>c</sup>	47.76±0.41 <sup>bc</sup>
<b>30</b>	<b>6</b>	54.83±0.28 <sup>b</sup>	34.88±0.56 <sup>b</sup>	50.98±2.20 <sup>b</sup>
<b>40</b>	<b>6</b>	58.72±0.28 <sup>a</sup>	37.83±0.70 <sup>a</sup>	58.48±0.38 <sup>a</sup>

Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05)

Tukey HSD karşılaştırma test sonuçlarına göre (Çizelge 4.15), Tepsili kurutma metoduyla elde edilen örnekleri toplam fenolik madde miktarı (TFMM) 46.68 mg GAE/100g iken, mikrodalga kurutma ile kurutulmuş bisküvilerin TFMM değeri 44.58 mg GAE/100g ve kırım pencereleli kurutma metoduyla elde edilen bisküvilerin TFMM değeri ise 43.41 mg GAE/100g olarak belirlenmiştir. İkame oranında da artışa gidilmesi, TFMM değerlerini 21.50 mg GAE/100g'dan, 58.72 mg GAE/100g'a yükselmiştir.

Shafi ve ark. (2022), muz kabuğu tozu ilavesi ile hazırlanan bisküvilerin TFMM değerlerini de inceledikleri bir çalışmada kontrol değeri 28.2 mg GAE/100g ve muz kabuğu ikameli bisküvilerin TFMM değerleri 56.1 mg GAE/100g - 92.1 mg GAE/g olarak tespit edilmiştir. Bir başka çalışmada da siyah frenk üzümü ikamesiyle yapılan bisküvilerde (% 0, 5, 10 ve 20 oranlarında) fenolik madde miktarlarının arttığı gözlemlenmiştir. (Mofasser Hossain ve ark., 2017).

Cho ve Chung (2019), bisküvi örneklerinde % 5 oranında mor havuç tozu ikamesiyle örneklerin toplam fenolik madde içeriğinin 45.5 mg GAE/100g olarak bildirmişlerdir. Bu araştırmalar, meyve tozları kullanılarak yapılan bisküvilerin fenolik bileşikler açısından zenginleştirilerek, antioksidan özelliklerinin artırılabilirliğini göstermektedir. Bu tür bisküviler, sağlıklı atıştırmalıklar olarak tüketicilere sunulabilir ve besin değeri açısından zengin bir alternatif oluşturmaktadır.

#### **4.2.2.10. Antioksidan analiz sonuçları**

##### **4.2.2.10.1. DPPH**

Antioksidanlar, serbest radikalleri nötralize ederek oksidatif stresi azaltır. Bu, hücre hasarını ve kronik hastalıkları (kalp hastalığı, kanser, diyabet) önlemeye yardımcı olabilir. DPPH (2,2-difenil-1-picrylhydrazyl) analizi, gıdaların antioksidan kapasitesini belirleyerek bu bileşiklerin sağlık yararlarını değerlendirmek için kritik bir araçtır. Antioksidan bileşikler, gıdaların raf ömrünü uzatmada önemli bir rol oynar. Oksidatif bozulmayı engelleyerek gıdaların tazelik ve kalitesini korurlar. Özellikle yağ içeriği yüksek gıdalarda (yağlı tohumlar, et ürünleri) antioksidanlar, lipid oksidasyonunu inhibe ederek ürünlerin raf ömrünü uzatabilir. Antioksidan bileşikler, fonksiyonel gıdaların geliştirilmesinde önemli bir bileşendir. DPPH analizi ile belirlenen yüksek antioksidan kapasite, fonksiyonel gıdaların besin değerini artırır. DPPH analizi, tarımsal ürünlerin ve gıda maddelerinin geliştirilmesinde de önemli bir rol oynar.

Farklı bitki türlerinin ve gıda ürünlerinin antioksidan kapasiteleri belirlenerek, daha sağlıklı ve besleyici ürünler geliştirilmesine katkıda bulunur. Özellikle organik tarım ürünlerinin antioksidan kapasitesinin belirlenmesi, bu ürünlerin sağlık yararlarını vurgulamak açısından önemlidir. Gıda işleme ve saklama koşulları, gıdaların antioksidan kapasitesini etkileyebilir. DPPH analizi, farklı işleme yöntemlerinin (kurutma, dondurma ve ısıtma işlemi) ve saklama koşullarının (ışık, sıcaklık ve oksijen maruziyeti) antioksidan bileşikler üzerindeki etkisini değerlendirmek için kullanılır. Bu sayede, optimal işleme ve saklama koşulları belirlenerek, gıdaların besin değerinin korunması sağlanabilir.

Bisküvi üretimleri sonucunda DPPH değerlerinin 23.24 ile 39.41 mg TE/100g arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.13).

Varyans analiz sonuçlarına (Çizelge 4.14) göre bisküvi örneklerinin DPPH antioksidan analiz değerleri, kurutma metodlarının ( $p < 0.05$ ), ikame oranlarında ( $p < 0.01$ ) istatistiki olarak önemli etkide bulunduğu tespit edilmiştir.

Tukey HSD karşılaştırma test sonuçlarına göre (Çizelge 4.15), tepsili kurutma metoduyla elde edilen bisküvi örneklerinin DPPH değeri 31.87 mg TE/100g iken, mikrodalga kurutma yöntemiyle elde edilen bisküvilerin DPPH değeri 29.93 mg TE/100g ve kırınım pencereless kurutma metoduyla elde edilen bisküvi örneklerinin DPPH değeri ise 28.98 mg TE/100g olarak belirlenmiştir. Bisküvi örneklerinde yeşil muz meyve tozu ikame oranı arttıkça DPPH değerlerinde arttığı da görülmüştür. Kontrol grubu örneklerinin DPPH antioksidan aktivite değerleri 23.30 mg TE/100g olarak belirlenmişken % 40 yeşil muz tozu ilaveli örneklerde 37.83 mg TE/100g olarak tespit edilmiştir. Ning ve ark. (2021), mor çarkıfelek meyvesi kabuğu tozu ile güçlendirilmiş bisküviler üzerine yaptıkları bir çalışmada, besin değerlerinin ve antioksidan aktivitelerinin önemli ölçüde artırdığını belirlemişlerdir.

#### **4.2.2.10.2. FRAP**

FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) analizi, gıda maddelerinin antioksidan kapasitesini belirlemek için kullanılan yaygın ve etkili bir yöntemdir. Bu analiz, antioksidan bileşenlerin demir (III) iyonlarını demir (II) iyonlarına indirgeyerek antioksidan kapasitesini ölçmektedir. FRAP analizi, basit ve hızlı bir yöntem olmasının yanı sıra, yüksek tekrarlanabilirlik ve hassasiyet sunmaktadır. Gıda biliminde, bitki bazlı ürünlerin, meyve ve sebze sularının, içeceklerin ve işlenmiş gıdaların antioksidan kapasitesini değerlendirmek için sıklıkla kullanılmaktadır.

Gıda işleme ve depolama süreçlerinin antioksidan içerik üzerindeki etkilerini incelemek için de önemli bir araçtır. Antioksidanlar, vücuttaki serbest radikallerle savaşarak oksidatif stresi azaltır ve böylece çeşitli kronik hastalıklara karşı koruma sağlar. Bu bağlamda, FRAP analizi, gıdaların sağlık yararlarını belirlemek ve fonksiyonel gıdaların geliştirilmesi için kritik bir rol oynar. Antioksidan kapasitenin nicel olarak belirlenmesi, tüketicilerin daha bilinçli gıda seçimleri yapmasına ve gıda endüstrisinin daha sağlıklı ürünler geliştirmesine katkıda bulunur. FRAP analizi, gıdalardaki toplam antioksidan kapasitenin belirlenmesinde kritik bir rol oynar. Bu analiz, gıdaların serbest radikaller ve reaktif oksijen türleri tarafından oluşturulan oksidatif strese karşı koyma kapasitesini ölçer. Antioksidanlar, vücutta serbest radikallerin neden olduğu hücre hasarını azaltarak kanser, kalp hastalıkları ve yaşlanma gibi kronik hastalıkların riskini düşürmeye yardımcı olur. Antioksidan bileşikler, gıdaların oksidatif bozulmasını önleyerek raf ömrünü uzatır. FRAP analizi, gıdaların antioksidan kapasitesini belirleyerek, işleme ve depolama koşullarının optimize edilmesine yardımcı olabilir. Özellikle yağ içeriği yüksek gıdalarda lipid oksidasyonunu engelleyerek ürünlerin raf ömrünü uzatabilir. Fonksiyonel gıdalar, sağlık yararları sağlamak üzere formüle edilen ürünlerdir. FRAP analizi, bu gıdaların antioksidan kapasitelerini ölçerek, formülasyonların optimize edilmesine ve sağlık yararlarının artırılmasına katkıda bulunur. Bu tür analizler, tüketicilere sağlık açısından faydalı ürünler sunma hedefinde olan gıda üreticileri için önemlidir. FRAP analizi, beslenme ve diyetetik araştırmalarında önemli bir araçtır. Araştırmacılar, farklı gıdaların antioksidan kapasitelerini belirleyerek, bu gıdaların sağlık üzerindeki etkilerini inceleyebilirler. Bu tür analizler, diyet rehberlerinin ve sağlık önerilerinin oluşturulmasında önemli rol oynar (Benzie ve ark., 1996, Apak ve ark., 2004, Prior ve ark., 2005).

Farklı oranlarda yeşil muz tozu ikame edilen bisküvi örneklerinin FRAP antioksidan analiz verileri 36.95 ile 63.09 mg TE/100g arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.13).

Bisküvi örneklerinin varyans analiz sonuçlarına göre FRAP antioksidan aktiviteleri üzerinde kurutma metodu ( $p < 0.05$ ) ve ikame oranı ( $p < 0.01$ ) istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.14).

Tukey HSD testi (Çizelge 4.15), tepsili kurutma metoduyla elde edilen bisküvi örneklerinin FRAP değeri 46.68 mg TE/100g iken, mikrodalga kurutma yöntemiyle elde edilen bisküvilerin FRAP değeri 44.58 mg TE/100g ve kırımım pencereci kurutma metoduyla elde edilen bisküvi örneklerinin FRAP değeri ise 43.41 mg TE/100g olarak

belirlenmiştir. Bisküvi örneklerinde yeşil muz meyve tozu ikame oranı arttıkça DPPH değerlerinde arttığı da görülmüştür. Yeşil muz tozu ikameli bisküvilerde, ikame oranı arttıkça FRAP antioksidan aktivitesinin arttığını belirlenmiştir. Kontrol örnekleri en düşük FRAP aktivitesi gösterirken, en yüksek değerler % 40 ikame oranında görülmüştür. Bu da, yeşil muz tozu ikamesinin, bisküvilerin antioksidan kapasitesini artırabileceğini açıkça göstermiştir.

Yapılan bir çalışmada, Japon ayvası (*Chaenomeles japonica*) tozu eklenen bisküvilerin, polifenol içeriği ve antioksidan aktivitesinde önemli bir artış sağladığı gözlemlenmiştir. Özellikle % 9 oranında ayva tozu eklenen bisküviler, kontrol grubuna göre 3.5 kat daha yüksek bir antioksidan kapasite göstermiştir. Ayva tozu, Maillard reaksiyonları sonucu oluşan bileşikler sayesinde antioksidan aktiviteyi artırmıştır (Krajewska, 2023). Başka bir çalışmada da hurma çekirdeği tozu eklenen bisküvilerin toplam polifenol ve flavonoid içeriğinin arttığı ve antioksidan aktivitelerinin (FRAP ve DPPH ile ölçülen) yükseldiği tespit edilmiştir (Najjar, 2022). Yapılan başka bir araştırmada da; bisküvilerde nohut unu ikamesinin besinsel ve antioksidan değerleri üzerinde etkisi incelenmiş, nohut unu ikamesinin bisküvilerde antioksidan aktivitesi artışına sebep olduğu tespit edilmiştir (Delgado-Andrade ve ark., 2024).

### 4.3. Duyusal analiz sonuçları

Duyusal analiz, gıda endüstrisinde kalite kontrol, ürün geliştirme ve tüketici araştırmaları için kritik bir araçtır. Gıda ürünlerinin piyasada başarı elde etmesi, büyük ölçüde tüketici kabul edilebilirliğine bağlıdır. Duyusal analiz, tüketici beklentilerini anlamaya ve ürünlerin duyusal özelliklerini optimize etmeye yardımcı olur. Duyusal analiz sonuçları, pazarlama stratejilerinin belirlenmesinde ve ürünlerin rekabetçi avantaj sağlamasında önemli bir rol oynar (Stone ve ark., 2020). Panelistlerin tarafından değerlendirilmeye tabii tutulan yeşil muz tozu ikameli bisküvilere ait duyusal değerlendirme verileri Çizelge 4.16 da özetlenmiştir.

**Çizelge 4.16.** Bisküvi örneklerinin duyusal değerlendirme sonuçları

Kurutma	Oran (%)	Renk puan ortalaması	Koku puan ortalaması	Tat puan ortalaması	Görünüş puan ortalaması	Gevreklik puan ortalaması	Genel beğeni puan ortalaması
<b>Kontrol</b>		4.40±0.80	4.20±0.70	4.50±0.92	4.70±0.60	4.70±0.46	4.80±0.40
<b>Tepsili</b>	10	3.70±0.90	3.70±0.64	4.00±0.63	4.00±0.45	3.70±1.19	3.90±0.94
	20	3.60±0.66	3.60±0.66	3.60±0.49	3.50±0.67	3.80±0.98	3.70±0.78
	30	3.20±0.75	3.90±0.70	3.40±0.66	3.50±0.50	3.60±1.02	3.10±0.70
	40	3.20±1.08	3.70±0.78	3.00±1.10	3.20±1.25	2.80±1.40	3.30±1.19
<b>Mikrodalga</b>	10	4.30±0.64	3.60±1.02	3.90±1.22	4.30±0.90	4.20±1.17	3.70±1.19
	20	3.70±0.90	4.10±0.70	4.30±0.78	4.00±0.77	4.50±0.67	4.20±0.75
	30	2.90±1.22	3.60±0.66	4.00±1.10	3.10±1.22	4.40±1.02	3.60±1.11
	40	2.70±1.42	3.90±0.70	3.50±0.1.02	3.30±0.1.35	3.70±1.19	3.50±1.02
<b>Kırınım</b>	10	4.80±0.40	3.70±1.19	4.50±0.50	4.70±0.46	4.50±0.67	4.80±0.40
	20	3.70±0.80	3.80±1.17	3.44±1.18	4.10±0.70	4.20±0.98	3.60±1.20
	30	3.20±0.75	3.90±0.83	3.50±0.92	3.30±0.90	3.40±0.80	3.60±0.80
	40	2.70±0.78	4.00±0.77	4.00±0.89	2.70±0.64	3.90±0.54	3.60±0.66

Çizelge 4.16'ya göre; kontrol grubu ile birlikte kırınım pencereci kurutmaya metodu uygulanan ve % 10 oranında yeşil muz tozu ikame edilen bisküvi örnekleri yüksek puan değerleri almıştır. Ancak ikame oranı arttıkça özellikle de % 30 ve % 40 oranlarında renk, tat ve genel değerlendirme puanlarında bariz düşüşler gözlemlenmiştir. Yüksek ikame oranları bisküvilerin duyusal kalitesini olumsuz etkilemiştir.

Genel olarak bir değerlendirme yapıldığında; ikame oranlarında artışa gidilmesi tüm duyuşsal analiz puanlama değerlerinde azalmalara sebep olmuştur. Kurutma teknikleri açısından ise genel bir değerlendirme yapıldığında; kırınım pencereli kurutuma metodu uygulanarak kurutulan yeşil muz tozu ikameli bisküvi örneklerini diğer kurutma tekniklerine göre daha kabul edilebilir puanlama değerleri sunmuştur.



## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 5.1 Sonuçlar

Bu çalışmada; yeşil (olgunlaşmamış) muz örnekleri farklı yöntemlerle kurutulup, öğütülerek, buğday unu esasına göre bisküvi formülasyonuna (% 0, 5, 10, 20, 30, 40) ikame edilmiş ve yapılan bisküvilerde de bazı özellikler incelenmiştir.

Üretilen bisküvi örneklerinin analiz sonuçlarına göre genel bir değerlendirme yapılırsa; renk değerleri açısından en düşük kırmızılık ( $a^*$ ) ve en yüksek parlaklık ( $L^*$ ) ve sarılık ( $b^*$ ) değerleri tepsili kurutucuda kurutulmuş yeşil muz tozu ikameli bisküviler verilmiştir. İkame oranı arttıkça tüm örneklerde  $L^*$  parlaklık değerleri azalırken,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri artmıştır. Bununla muhtemel sebebi daha düşük sıcaklık uygulamalarıdır.

Üretilen bisküvi örnekleri çap, kalınlık ve yayılma oranı gibi bazı fiziksel analiz sonuçları değerlendirildiğinde en düşük çap ve kalınlıkla değerlerini mikrodalga kurutuma metodu vermiştir. Yayılma oranı açısından ise tepsili kurutma metodu en düşük verilere sahiptir. İkame edilen yeşil muz tozu oran arttıkça da çap ve kalınlık değerleri artarken, yayılma oranı düşmüştür.

Üretilen bisküvi örneklerinin kimyasal analiz sonuçları incelendiğinde de kurutma yöntemleri ve oranları, bileşenler üzerinde çeşitli değişikliklere neden olmuştur. Genel olarak, ikame oranlarında değişimler ve artışlar ile nem oranı artarken, ham yağ ve ham protein oranlarını azalmıştır. Kül ve dirençli nişasta miktarlarında da artışlar görülmüştür. Karbonhidrat oranı ve fitik asit miktarları artma eğiliminde olup, enerji değeri ise azalma eğilimindedir. Bu değişiklikler, kurutma işlemini, yağların oksidasyonu, proteinlerin denatürasyonu ve nişastaların dirençli formata dönüşmesi gibi kimyasal ve fiziksel süreçlerin etkisiyle açıklanabilir.

Bisküvi örneklerine ait TFMM (toplam fenolik madde miktarı) ve ölçülen AA (antioksidan aktivite) değerleri birlikte değerlendirildiğinde tepsili kurutma metodunun istatistiksel olarak daha yüksek sonuçlar verdiği, mikrodalga ve kırımım pencereci kurutma metodlarında da önemli farklılıkların olmadığı belirlenmiştir. İkame oranı arttıkça, hem fenolik madde hemde antioksidan aktiviteler bariz şekilde artmıştır. Bu sonuçlarda, kurutma işlemlerinin ve ikame oranların bisküvi antioksidan kapasitesini ve fenolik bileşen miktarını önemli düzeyde etkilediğini göstermiştir.

Farklı kurutma metodlarıyla kurutulup elde edilen yeşil muz ikameli bisküvilerin, duyu analizi sonuçları incelendiğinde de; genel olarak, ikame oranı arttıkça bisküvilerin duyu özelliklerinde bir azalma eğilimi gözlemlenmiştir. % 10 oranından sonra bu azalma eğiliminin bariz bir şekilde göze çarptığı, dolayısıyla duyu analiz verileri açısından % 10 ikame oranlarının kabul edilebilir bir limit olduğu belirlenmiştir.

## 5.2 Öneriler

Olgunlaşmamış muz meyvesi, yıl boyunca üretiminin devam edebilmesi ve farklı çevresel koşullarda yetişebilmesi sebebiyle kullanıcıların kolaylıkla ulaşabildiği bir ürün haline gelmektedir. Aynı zamanda besleyici özelliği ve içeriğindeki dirençli nişasta sayesinde ara öğünlerde sıklıkla kullanılmaktadır. Kurutularak toz formuna getirilen bu meyvenin bisküvi ve benzeri ürünlerde kullanılarak çeşitlendirilmesi ile yani gıda içeriklerinde de oluşturulabileceği öngörülmektedir. Ek olarak kurutma metodlarının (mikrodalga, tepsili ve kırınım pencere kurutma) çeşitliliği de üretim sürecinin minimuma indirilerek endüstriyel üretimler de kullanılacak bir alternatif olduğu ortaya koymuştur.

## 6. KAYNAKLAR

AACC, 1990, American Association of Cereal Chemists, U.S.A.

Acun, S. ve Gül, H., 2014, Effects of grape pomace and grape seed flours on cookie quality, *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*, 6 (1), 81-88.

Ahmad, S. and Thompson, A. K., 2006, Effect of controlled atmosphere storage on ripening and quality of banana fruit, *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 81 (6), 1021-1024.

Ağaoğlu, S., Çelik, H., Çelik, M., Fidan, Y., Gülşen, Y., Günay, A., ... ve Yanmaz, R., 1997, Genel Bahçe Bitkileri, AÜ Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 4, Antalya.

Ajjolakewu, K. A., Ayoola, A. S., ... and Agbabiaka, T. O., 2021, A review of the ethnomedicinal, antimicrobial and phytochemical properties of *Musa paradisiaca* (plantain), *Bulletin of the National Research Centre*, 45, 86.

Ajila, C. M., Leelavathi, K. U. J. S. and Rao, U. P., 2008, Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder, *Journal of Cereal Science*, 48 (2), 319-326.

Alisi, C. S., Nwanyanwu, C. E., Akujobi, C. O. and Ibegbulem, C. O., 2008, Inhibition of dehydrogenase activity in pathogenic bacteria isolates by aqueous extracts of *Musa paradisiaca* (Var *Sapientum*), *African Journal of Biotechnology*, 7 (12), 1821-1825.

American Heart Association, 2020, Potassium and Your Heart; <https://www.heart.org/en/healthy-living/healthy-eating/eat-smart/nutrition-basics/potassium-and-your-heart> (Ziyaret Tarihi: 20.06.2024).

Anonim, 2024a, <https://ebeymar.com/meyvesebze/meyveler/prd-muz-anamur> (Ziyaret Tarihi: 29.09.2024).

Anonim, 2024b, <https://www.gulenbahce.com/urun/yerli-muz-dalindan-yeni-koparilmis-yesil/> (Ziyaret Tarihi: 29.09.2024).

Anonim, 2024c, <https://mateksas.com/tr/naturel-kurutulmus-meyveler> (Ziyaret Tarihi: 29.09.2024).

Anonim, 2024d, <https://www.kurutma.net/laboratuar-tipi-kurutucu.html> (Ziyaret Tarihi: 29.09.2024).

Anyasi, T. A., Jideani, A. I. and Mchau, G. R., 2013, Functional properties and postharvest utilization of commercial and noncommercial banana cultivars, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12 (5), 509-522.

Anyasi, T. A., Jideani, A. I. O. and Mchau, G. R. A., 2018, Phenolics and essential mineral profile of organic acid pretreated unripe banana flour, *Food Research International*, 104, 100–109.

AOAC International., 2019, *Official Methods of Analysis of AOAC International* (21st ed.).

Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M. and Karademir, S. E., 2004, Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52 (26), 7970-7981.

Arévalo-Pinedo, A. and Murr, F. E. X., 2006, Influence of the experimental parameters on the lyophilization of carrot (*Daucus carota L.*), *Journal of Food Engineering*, 76 (3), 535-540.

Aurore, G., Parfait, B. and Fahrasmane, L., 2009, Bananas, raw materials for making processed food products, *Trends in Food Science and Technology*, 20 (2), 78-91.

Ayoub, W. S., Zahoor, I., Dar, A. H., Anjum, N., Pandiselvam, R., Farooq, S., Rusu, A. V., Rocha, J. M., Trif, M. and Jeevarathinam, G., 2022, Effect of incorporation

- of wheat bran, rice bran and banana peel powder on the mesostructure and physicochemical characteristics of biscuits, *Frontiers in nutrition*, 9, 1016717.
- Baeghbali, V., Niakosari, M. and Kiani, M., 2010, Design, manufacture and investigating functionality of a new batch Refractance Window system, In *Proceedings of 5th International Conference on Innovations in Food and Bioprocess Technology*, 7 (9), 1-7.
- Bashmil, Y. M., Ali, A., B.K., A., Dunshea, F. R. and Suleria, H. A. R., 2021, Screening and characterization of phenolic compounds from australian grown bananas and their Antioxidant Capacity, *Antioxidants*, 10, 1521.
- Bayazit, S., Çalışkan, O. ve Kılıç, D., 2021, Akdeniz bölgesi'nde örtüaltı meyve yetiştiriciliği, *Bahçe*, 50 (1), 59-70.
- Bezerra, C. V., Amante, E. R., de Oliveira, D. C., Rodrigues, A. M. and da Silva, L. H. M., 2013, Green banana (*Musa cavendishii*) flour obtained in spouted bed—Effect of drying on physico-chemical, functional and morphological characteristics of the starch, *Industrial Crops and Products*, 41, 241-249.
- Benzie, I. F. F. and Strain, J. J., 1996, The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay, *Analytical Biochemistry*, 239, 70-76.
- Birt, D. F., Boylston, T., Hendrich, S., Jane, J. L., Hollis, J., Li, L., ... and Whitley, E. M. 2013, Resistant starch: promise for improving human health, *Advances in Nutrition*, 4 (6), 587-601.
- Borges, A. D. M., Pereira, J. and Lucena, E. M. P. D., 2009, Caracterização da farinha de banana verde, *Food Science and Technology*, 29, 333-339.
- Birch, C. S. and Bonwick, G., 2019, Ensuring the future of functional foods, *International Journal of Food Science and Technology*, 54 (5), 1467-1485.

- Brown, A. and Amah, D., 2017, Bananas and plantains (*Musa spp.*), *Genetic Improvement of Tropical Crops*, 219–240.
- Cadenas, E. and Packer, L. (Eds), 2002, *Handbook of antioxidants*, 712, New York: Marcel Dekker.
- de Camargo, L. J., Picoli, T., Fischer, G., de Freitas, A. C. O., de Almeida, R. B. and da Silva Pinto, L., 2020, Antiviral activity of native banana lectin against bovine viral diarrhoea virus and bovine alphaherpesvirus type 1, *International Journal of Biological Macromolecules*, 157, 569–576.
- Cebeci, A. ve Güneş, F. E., 2017, Türkiye ve Avrupa'daki tüketicilerin gıda etiketi okuma tutumlarını etkileyen faktörlerin değerlendirilmesi, *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 6 (4), 261-267.
- Chakraborty R., Kashyap P., Gadhav R.K. and ..., 2023, Fluidized bed drying of wheatgrass: effect of temperature on drying kinetics, proximate composition, functional properties and antioxidant activity, *Foods*, 12 (8), 1576,
- Chakraborty, R., Sabruna, S., Roy, R., Majumdar, S. and Roy, S.2021, Banana pseudostem substitution in wheat flour biscuits enriches the nutritional and antioxidative properties with considerable acceptability, *SN Applied Sciences*, 3, 75.
- Chaudhry, F., Ahmad, M. L., Hayat, Z., Ranjha, M. M. A. N., Chaudhry, K., Elboughdiri, N., Asmari, M. and Uddin, J., 2022, Extraction and evaluation of the antimicrobial activity of polyphenols from banana peels employing different extraction techniques, *Separations*, 9, 165.
- Cho, M. R. and Chung, H. J., 2019, Quality characteristics and antioxidant activity of cookies made with black carrot powder, *Journal of the Korean Society of Food Culture*, 34(5), 612-619.

- Christie, W. W. and Han, X., 2010, *Lipid analysis: Isolation, separation, identification, and lipidomic analysis* (4th ed.), Oily Press.
- Damodaran, S., Parkin, K. L. and Fennema, O. R., 2008, *Fennema's Food Chemistry* (4th ed.). CRC Press.
- Decareau, R.V., 1985, *Microwaves in the food processing industry*, Academic Press.
- Dejene, W., Yusuf, Z., Desta, M., Idris, M., Seyida S. and Dugasa, D., 2022, Physicochemical properties, antioxidant and antimicrobial activities of unripe green and ripened yellow banana (*Musa sp.*) peel and pulp oil extracts, *Current Biotechnology*, 11 (2), 140-147.
- Delgado-Andrade, C., Olías, R., Marín-Manzano, M. C., Seiquer, I. and Clemente, A., 2024, Chickpea seed flours improve the nutritional and the antioxidant profiles of traditional shortbread biscuits: effects of in vitro gastrointestinal digestion, *Antioxidant*, 13 (1), 118.
- Doymaz, I., 2004, Drying kinetics of white mulberry, *Journal of Food Engineering*, 61 (3), 341-346.
- Dreher, M. L., 2018, Whole fruits and fruit fiber emerging health effects, *Nutrients*, 28, 10 (12):1833.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O. ve Gürbüz, F. 1987, Araştırma ve deneme metotları, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, No:295, Ankara.
- El-Sayed, A. A., Abdelhady, M. M., Jaafari, S. A., Alanazi, T. M. and Mohammed, A. S., 2023, Impact of some enzymatic treatments on acrylamide content in biscuits, *Processes*, 11, 1041.
- Englyst, K. N., Liu, S. and Englyst, H. N., 2003, Nutritional characterization and measurement of dietary carbohydrates, *European Journal of Clinical Nutrition*, 57 (6), 751-759.

Euromonitor International, 2020, Biscuits and Snack Bars in the United States; <https://www.euromonitor.com/biscuits-and-snack-bars-in-the-us/report> (Erişim Tarihi: 16.05.2024).

Ewunetu, M. G., Atnafu, A. Y. and Fikadu, W., 2023, Nutritional enhancement of bread produced from wheat, banana and carrot composite flour, *Journal of Food Quality*, 2023 (1), 1917972.

Fagbemi, J. F., Ugoji, E., Adenipekun, T. and Adelowotan, O., 2009, Evaluation of the antimicrobial properties of unripe banana (*Musa sapientum L.*), lemon grass (*Cymbopogon citratus S.*) and turmeric (*Curcuma longa L.*) on pathogens, *African Journal of Biotechnology*, 8 (7), 1176–1182.

Falcomer, A. L., Riquette, R. F. R., de Lima, B. R., Ginani, V. C. and Zandonadi, R. P., 2019, Health benefits of green banana consumption: A Systematic Review, *Nutrients*, 11, 1222.

FAOSTAT, 2024, <https://www.fao.org/faostat.com> (Ziyaret Tarihi: 08.06.2024).

Fortescue, J. A., Turner, D. W. and Romero, R., 2011, Evidence that banana (*Musa spp.*), a tropical monocotyledon, has a facultative long-day response to photoperiod, *Functional Plant Biology*, 38 (11), 867–878.

Francis, F. J., 1998, Food analysis, colour analysis, ed: Nielsen S. S., *An Aspen Publishers, Maryland, Gaithersnurg, USA*, 599-612.

Gamez-Meza N., Noriega-Rodriguez J. A., Medina-Juarez L.n A., Ortega-Garcia J., Cazarez-Casanova R. and AnguloGuerrero O., 1999, Antioxidant activity inns soybean oil of extracts from Thompson grape bagasse, *Journal of the American Oil Chemists Society*, 76, 1445-1447.

- Ganorkar, P. M. and Jain, R. K., 2014, Effect of flaxseed incorporation on physical, sensorial, textural and chemical attributes of cookies, *International Food Research Journal*, 21 (4), 1515-1521.
- Gibson, R. S., 2005, Principles of Nutritional Assessment (2nd ed.), Oxford University Press.
- Goubgou, M., Songré-Ouattara, L. T., Bationo, F., Lingani-Sawadogo, H., Traoré, Y., & Savadogo, A. (2021). Biscuits: A systematic review and meta-analysis of improving the nutritional quality and health benefits. *Food Production, Processing and Nutrition*, 3(1), 26.
- Gyamfi, M. A., Yonamine, M. and Aniya, Y., 1999, Free radical scavenging action of medical herbs from Ghana: *Thonningia sanguinea* on experimentally induced liver injuries, *General Pharma*, 32, 661-667.
- Haider, N. N., Altemimi, A. B., George, S. S., Baioumy, A. A., El-Maksoud, A. A. A., Pasqualone, A. and Abdelmaksoud, T. G., 2022, Nutritional Quality and Safety Characteristics of Imported Biscuits Marketed in Basrah, *Applied Sciences*, 12, 9065.
- Han, Q. H., Yin, L. J., Li, S. J., Yang, B. N. and Ma, J. W., 2010, Optimization of process parameters for microwave vacuum drying of apple slices using response surface method, *Drying Technology*, 28 (4), 523-532.
- Hanafy, S. M., Abd El-Shafea, Y. M., Saleh, W. D. and Fathy, H. M., 2021, Chemical profiling, in vitro antimicrobial and antioxidant activities of pomegranate, orange and banana peel-extracts against pathogenic microorganisms, *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 19, 80.
- Harastani, R., James, L. J., Ghosh, S., Rosenthal, A. J. and Woolley, E., 2021, Reformulation of Muffins Using Inulin and Green Banana Flour: Physical, Sensory, Nutritional and Shelf-Life Properties, *Foods*, 10, 1883.

- Happi Emaga, T., Andrianaivo, R. H., Wathelet, B., Tchango J. T. and Paquot, M., 2007, Effects of the stage of maturation and varieties on the chemical composition of banana and plantain peels, *Food Chemistry*, 103 (2), 590-600.
- Harvard Medical School, 2019, The health benefits of bananas.: <https://www.health.harvard.edu/staying-healthy/the-health-benefits-of-bananas> (Ziyaret Tarihi: 20.06.2024).
- Haslinda, W. H., Cheng, L. H., Chong, L. C. and Aziah, A. A. N., 2009, Chemical composition and physicochemical properties of green banana (*Musa acuminata* × *balbisiana* Colla cv. Awak) flour, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60 (4), 232–239.
- Haug, W. and Lantzsch, H. J., 1983, Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and cereal products, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 34 (12), 1423–1426.
- He, F. J. and MacGregor, G. A., 2008, Beneficial effects of potassium on human health, *Physiologia Plantarum*, 133 (4), 725-735.
- Ho, L. H. and Wong, S. Y., 2020, Resistant starch from exotic fruit and its functional properties: a review of recent research, *Chemical Properties of Starch*, 101.
- Hu, X., Hu, L., Zheng, J. and Rong, J., 2022, Classification, processing procedures and market demand of chinese biscuits and the breeding of special wheat for biscuit making, *Journal of Food Quality*, 6679776.
- Hutchings, J. B., 1999, *Food Color and Appearance* (2nd ed.), Springer.
- International Center for Tropical Agriculture (CIAT), 2020, Banana genetic diversity and disease resistance.; <https://ciat.cgiar.org/what-we-do/crops/bananas/> (Erişim Tarihi: 20.06.2024).

- Jariyah, J., Yektiningsih, E., Sarofa, U. and Sopadeo, P. A., 2018, Effect of partial replacement of wheat flour with various mangrove fruit flours and different emulsifiers on physicochemical properties of biscuits, *Indonesian Journal of Agricultural Research*, 1 (2), 152-161.
- Jayaraman, K. S. and Das Gupta, D. K., 2006, Drying of fruits and vegetables, *In Handbook of Industrial Drying*, 606-634.
- Johnson, R. K., Appel, L. J., Brands, M., Howard, B. V., Lefevre, M., Lustig, R. H., ... and Wylie-Rosett, J., 2009, Dietary sugars intake and cardiovascular health: a scientific statement from the American Heart Association, *Circulation*, 120 (11), 1011-1020.
- Jouneghani, R. S., Castro, A. H. F., Panda, S. K., 2020, Swennen, R. and Luyten, W. Antimicrobial Activity of Selected Banana Cultivars Against Important Human Pathogens, Including Candida Biofilm, *Foods*, 9, 435.
- Juarez-Garcia, E., Agama-Acevedo, E., Sáyago-Ayerdi, S. G., Rodriguez-Ambriz, S. L., and Bello-Perez, L. A., 2006, Composition, digestibility and application in breadmaking of banana flour, *Plant foods for human nutrition*, 61(3), 131-137.
- Juhari, N. H., Martens, H. J. and Petersen, M. A., 2021, Changes in physicochemical properties and volatile compounds of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) calyx during different drying methods, *Molecules*, 26, 6260.
- Jyothirmayi, N. and Rao, N.M., 2015, Banana Medicinal Uses, *Journal of Medical Science and Technology*, (2), 152-160.
- Kaimal, S., Sujatha, K. S. and George, S., 2010, Hypolipidaemic and antioxidant effects of fruits of Musa AAA (Chenkadali) in alloxan induced diabetic rats, *Indian Journal of Experimental Biology*, 48 (2), 165-173.

- Kamal, M. M., Chowdhury, M. G. F., Shishir, M. R. I., Sabuz, A. A., Islam, M. M. and Khan, M. H. H., 2023, Impacts of drying on physicochemical properties, bioactive compounds, antioxidant capacity and microstructure of jackfruit seed flour, *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-16.
- Kamble, M., Singh, A., Singh, S., Chinchkar, A. and Pareek, S., 2022, Optimization of response surface methodology and its characterization, *Journal of Food Quality*, 2022 (1) 8208572.
- Kanazawa, K. and Sakakibara, H., 2000, High content of dopamine, a strong antioxidant, in cavendish banana, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48 (3), 844–848.
- Karaağaoğlu, N., Karabudak, E., Yavuz, S., Yüksek, O., Dinçer, D., Tosunbayraktar, G. ve Eren, H. F., 2008, Çeşitli ekmeklerin protein, yağ, nem, kül, karbonhidrat ve enerji değerleri, *Gıda*, 33 (1), 19-25.
- Khatun, M., Ahmed, M. W., Hossain, M. M., Karmoker, P. and Iqbal, A., 2021, Utilization of banana peel flour in biscuit making as wheat flour substitute, *European Journal of Agriculture and Food Sciences*, 3 (6), 32–35.
- Khoozani, A. A., Kebede, B. and Bekhit, A. E. D. A., 2020, Rheological, textural and structural changes in dough and bread partially substituted with whole green banana flour, *LWT*, 126, 109252.
- Khoza, M., Kayitesi, E. and Dlamini, B.C., 2021, Physicochemical characteristics, microstructure and health promoting properties of green banana flour, *Foods*, 10, 2894.
- Koca, Y. K., Turgut, Y. Ş., ve Koca, G., 2022, Çukurova bölgesinde muz tarımı yapılacak kimi alanların muza uygunluk düzeyinin değerlendirilmesi, *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 37 (2), 146-154.

- Krajewska, A. and Dziki, D., 2023, Enrichment of cookies with fruits and their by-products: Chemical composition, antioxidant properties and sensory changes, *Molecules*, 28, 4005.
- Kritsi, E., Tsiaka, T., Sotiroudis, G., Mouka, E., Aouant, K., Ladika, G., Zoumpoulakis, P., Cavouras, D. and Sinanoglou, V.J., 2023, Potential health benefits of banana phenolic content during ripening by implementing analytical and in silico techniques, *Life*, 13, 332.
- Kudra, T. and Mujumdar, A.S., 2009, *Advanced drying Technologies*, CRC press.
- Kumar, S. R., Sadiq, M.B. and Anal, A.K., 2020, Comparative study of physicochemical and functional properties of pan and microwave cooked underutilized millets (proso and little), *LWT*, 128, 109465.
- Latta, M. and Eskin, M., 1980, A simple and rapid colorimetric method for phytate determination, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 28 (6), 1313-1315.
- Lawal, O. S., Ogundiran, O. O., Awokoya, K. and Ogunkunle, A. O., 2008, The low-substituted propylene oxide etherified plantain (*Musa paradisiaca normalis*) starch: Characterization and functional parameters, *Carbohydrate Polymers*, 74 (3), 717–724.
- Lee, M. K., 2007, Inhibitory effect of banana polyphenol oxidase during ripening of banana by onion extract and Maillard reaction products, *Food Chemistry*, 102 (1), 146–149.
- Li, B., Sun, D.W. and Cheng, J.H., 2010, Optimization of vacuum-microwave drying of apple slices using response surface methodology, *Journal of Food Engineering*, 97 (1), 1-9.
- Liu, H., Liu, H., Liu, H., Zhang, X., Hong, Q., Chen, W. and Zeng, X., 2021, Microwave drying characteristics and drying quality analysis of corn in China. *Processes*, 9, 1511.

- Liu, L., Yang, T., Yang, J., Zhou, Q., Wang, X., Cai, J., ... and Jiang, D., 2022, Relationship of starch pasting properties and dough rheology and the role of starch in determining quality of short biscuit, *Frontiers in Plant Science*, 13, 829229.
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A. and Chandra, N., 2010, Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health, *Pharmacognosy Reviews*, 4 (8), 118-126.
- MacDougall, D. and MacDougall, D.B. (Eds.), 2002, Colour in food: improving quality, *Woodhead Publishing*.
- Manley, D., 2011, Manley's technology of biscuits, crackers and cookies (4th ed.). *Woodhead Publishing*.
- Mao, S., Zhou, Y., Song, B., Wu, Y., Wang, Y., Wang, Y., Liu, Y., Xu, X., Zhao, C. and Liu, J., 2024, Effect of microwave intermittent drying on the structural and functional properties of zein in corn kernels, *Foods* 13, 207.
- Martins, F. O., Fingolo, C. E., Kuster, R. M., Kaplan, M. A. C. and Romanos, M. T. V., 2009, Atividade antiviral de *Musa acuminata* Colla, *Musaceae*, *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 19 (3), 781-784.
- Maskan, M., 2001, Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying, *Journal of Food Engineering*, 48(2), 177-182.
- Mathew, N. S. and Negi, P. S., 2017, Traditional uses, phytochemistry and pharmacology of wild banana (*Musa acuminata* Colla): A Review, *Journal of Ethnopharmacology*, 196, 124-140.
- McCleary, B. V. and Monaghan, D. A., 2002, Measurement of resistant starch, *Journal of AOAC International*, 85 (3), 665-675.

- Menezes, E. W., Tadini, C. C., Tribess, T. B., Zuleta, A., Binaghi, J., Pak, N., ... and Lajolo, F. M., 2011, Chemical composition and nutritional value of unripe banana flour (*Musa acuminata*, var. Nanicão), *Plant Foods for Human Nutrition*, 66, 231-237.
- Menrad, K., 2003, Market and marketing of functional food in europe, *Journal of Food Engineering*, 56, 181-188.
- Mofasser Hossain, A. K. M., Brennan, M. A., Mason, S. L., Guo, X. and Brennan, C., 2017, The combined effect of blackcurrant powder and wholemeal flours to improve health promoting properties of cookies, *Plant Foods for Human Nutrition*, 72, 280-287.
- Mokbel, M. S. and Hashinaga, F., 2005, Antibacterial and antioxidant activities of banana (*Musa*, AAA cv. Cavendish) fruits peel, *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 1 (3), 125–131.
- Molina, A. J., Escalant, J. V. and Bergh, I. V. D., 2005, INIBAP programme on conservation and use of banana diversity.
- Mondal, A., Banerjee, S., Bose, S., Das, P. P., Sandberg, E. N., Atanasov, A. G. and Bishayee, A. 2021, Cancer Preventive and Therapeutic Potential of Banana and Its Bioactive Constituents: A Systematic, Comprehensive and Mechanistic Review, *Frontiers in Oncology*, 11.
- Moongngarm, A., 2013, Chemical compositions and resistant starch content in starchy foods, *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 8 (2), 107.
- Mthiyane, F. T., Dlodla, P. V., Ziqubu, K., Mthembu, S. X., Muvhulawa, N., Hlengwa, N., ... and Mazibuko-Mbeje, S. E., 2022, A Review on the Antidiabetic properties of moringa oleifera extracts: focusing on oxidative stress and inflammation as main therapeutic targets, *Frontiers in Pharmacology*, 13.

- Murphy, M. M., Douglass, J. S. and Birkett, A., 2008, Resistant starch intakes in the United States, *Journal of the American Dietetic Association*, 108(1), 67-78.
- Mujumdar, A. S., 2014, Handbook of Industrial Drying. CRC Press.
- Najjar, Z., Kizhakkayil, J., Shakoor, H., Platat, C., Stathopoulos, C., Ranasinghe, M. 2022, Antioxidant potential of cookies formulated with date seed powder, *Foods*, 11, 448.
- Netshiheni, R. K., Omolola, A. O., Anyasi, T. A. and Jideani, A.I., 2019, Banana bioactives: absorption, utilisation and health benefits, In Banana nutrition-function and Processing Kinetics, *IntechOpen*.
- Ngo, H. B. G., Phu, M. L., Tran, T. T. T., Ton, N. M. N., Nguyen, T.Q.N. and LE, V. V.M., 2024, Dietary fiber-and antioxidant-enriched cookies prepared by using jackfruit rind powder and ascorbic acid, *Heliyon*, 10 (9), e30884.
- Nielsen, S. S., ve ark., 2010, *Food Analysis* (4th ed.), Springer.
- Nindo, C. I., Tang, J., 2007, Refractance window dehydration technology: a novel contact drying method, *Drying Technology*, 25, 37-48.
- Ning, X., Wu, J., Luo, Z., Chen, Y., Mo, Z., Luo, R., ... and Wang, L., 2021, Cookies fortified with purple passion fruit epicarp flour: Impact on physical properties, nutrition, in vitro starch digestibility and antioxidant activity, *Cereal Chemistry*, 98 (2), 328-336.
- Nollet, L. M. L., 2004, Handbook of food analysis (2nd ed.). Marcel Dekker.
- Ojewole, J. A. O. and Adewunmi, C. O., 2003, Hypoglycemic effect of methanolic extract of *Musa paradisiaca* (Musaceae) green fruits in normal and diabetic mice, *Methods and Findings In Experimental and Clinical Pharmacology*, 25 (6), 453-456.

- Olçay, N., 2019, Farklı Teknikler ile Kurutulmuş kamkat meyvesinin, bisküvi ve kek üretiminde kullanım imkânları, Yüksek Lisans Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi*, Konya.
- Oprasita, P. E. A. and Sofyan, A., 2024, Effect of modification of banana kepok (*Musa paradisiaca L.*) starch substitution on ash, water and protein content in cookie products, *Engineering Proceedings*, 63 (1), 26.
- Pahdi, S. and Madhuresh, D., 2022, Physico-chemical, structural, functional and powder flow properties of unripe green banana flour after the application of Refractance window drying, *Future Foods*, 2022 (5), 100101.
- Pasha, I., Basit, A., Ahsin, M. and Ahmad, F., 2022, Probing nutritional and functional properties of salted noodles supplemented with ripen Banana peel powder, *Food Production, Processing and Nutrition*, 4 (1), 22.
- Pasqualone, A., Haider, N. N., Summo, C., Coldea, T. E. and George, S. S., 2021, Altemimi, A.B. Biscuit contaminants, their sources and mitigation strategies: A Review, *Foods*, 10, 2751.
- Pawde, S., Talib, M. I. and Parate, V. R., 2020, Development of Fiber-Rich Biscuit by Incorporating Dragon Fruit Powder, *International Journal of Fruit Science*, 20 (3), 1620–1628.
- Petković, M., Miletić, N., Pantelić, V., Filipović, V., Lončar, B., Mitrović, O., 2024 Physical and Chemical Properties of Convective- and Microwave-Dried Blackberry Fruits Grown Using Organic Procedures, *Foods*, 13, 791.
- Polyphenols, 2019, Antioxidant capacity and anti-inflammatory effects of banana peel polyphenols in vitro and in vivo. Polyphenols Communications; <https://www.polyphenols.com> (Ziyaret Tarihi: 15.05.2024).

- Pradhan, B., Bhuyan, P. P. and Ki, J. S., 2023, Immunomodulatory, antioxidant, anticancer and pharmacokinetic activity of Ulvan, a seaweed-derived sulfated polysaccharide: An updated comprehensive review, *Marine Drugs*, 21 (5), 300.
- Prior, R. L., Wu, X. and Schaich, K., 2005, Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (10), 4290-4302.
- Puente-Díaz, L., Spolmann, O., Nocetti, D., Zura-Bravo, L. and Lemus-Mondaca, R., 2020, effects of infrared-assisted refractance window™ drying on the drying kinetics, microstructure and color of physalis fruit purée. *Foods*, 9 (3), 343.
- Rahman, N., Tangkas, I. M., Mappiratu, K. and Bohari, B., 2023, Organoleptic analysis and nutritional content of biscuits based on purple sweet potato and seaweed flours, *International Journal of Design and Nature and Ecodynamics*, 18 (1), 231-235.
- Rashed, A. A., Saparuddin F., Rathi D. G., Nasir N. N. M. and Lokman, E. F., 2022, Effects of resistant starch interventions on metabolic biomarkers in pre-diabetes and diabetes adults, *Frontiers in Nutrition*, 8. 793414.
- Ratti, C., Kudra, T. and Mujumdar, A. S., 2001, Drying of foodstuffs, In *Handbook of Industrial Drying*, 491-502.
- Rostami, H., Dehnad, D., Jafari, S. M., Tavakoli, H. R., 2018, Evaluation of physical, rheological, microbial and organoleptic properties of meat powder produced by Refractance Window drying, *Drying technology*, 36 (9), 1076-1085.
- Salau, B. A., Adeosun C.B., Odufuwa K. T., Kale O.E., Olukanni O. D. and Adeyanju M. M., 2013, Methanolic extract of *Musa sapientum* surker proffers antioxidant effects against indomethacin-induced ulceration oxidative stress in wistar rats, *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 8 (1), 07–12.

- Salçın, N., ve Ercoşkun, H., 2021, Diyet lifi ve sağlık açısından önemi, *Akademik Gıda*, 19 (2), 234-243.
- Salehi, F., 2020, Recent applications of powdered fruits and vegetables as novel ingredients in biscuits: A review, *Nutrira* 45, 1.
- Santos, C. M. S., Vilas Boas, E. V. D. B., Botrel, N. and Pinheiro, A. C. M., 2006, Influence of controlled atmosphere on post-harvest life and quality of 'Prata Ana' banana, *Science and Agrotechnology* , 30 , 317-322.
- Saravanan, K. and Aradhya, S. M., 2011, Polyphenols of pseudostem of different banana cultivars and their antioxidant activities, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59 (8), 3613–3623.
- Savas, E., 2022, The Modelling of convective drying variables effects on the functional properties of sliced sweet potatoes, *Foods*, 11, 741.
- Savlak, N., Türker, B. and Yeşilkanat, N., 2016, Effects of particle size distribution on some physical, chemical and functional properties of unripe banana flour, *Food Chemistry*, 213, 180-186.
- Scott, W. E., McKay, H. H., Schaffer, P. S. and Fontaine, T. D., 1949, The partial purification and properties of antibiotic substances from the banana (*Musa Sapientum*), *The Journal of Clinical Investigation*, 25 (5–1), 899–902.
- Segundo, C., Román, L., Gómez, M. and Martínez, M. M., 2017, Mechanically fractionated flour isolated from green bananas (*M. cavendishii* var. *nanica*) as a tool to increase the dietary fiber and phytochemical bioactivity of layer and sponge cakes, *Food Chemistry*, 219, 240-248.
- Shafi, A., Ahmad, F. and Mohammad, Z. H., 2022, Effect of the addition of banana peel flour on the shelf life and antioxidant properties of cookies, *ACS Food Science and Technology*, 2 (8), 1355-1363.

- Shah, F. U., Mahmood, Q., Rashid, N., Pervez, A. and Raja, I. A., 2016, Health benefits of green bananas, *Pakistan Journal of Nutrition*, 15 (2), 105-112.
- Shah, A. S., Bhat, S. V., Muzaffar, K., Ibrahim, S. A., and Dar, B. N., 2022, Processing technology, chemical composition, microbial quality and health benefits of dried fruits, *Current Research in Nutrition and Food Science*, 10 (1), 71.
- Shofian, N. M., Hamid, N. A. A., Osman, A., Saari, N., Anwar, F., Dek, M. S. P. and Hairuddin, M. R., 2011, Effect of freeze-drying on the antioxidant compounds and antioxidant activity of selected tropical fruits, *International Journal of Molecular Sciences*, 12 (7), 4678-4692.
- Sidhu, J. S. and Zafar, T. A., 2018, Bioactive compounds in banana fruits and their health benefits, *Food Quality and Safety*, 2 (4), 183-188.
- da Silva Bomfim, N., de Souza Ferreira, R., Silva e Oliveira, J. and de Cássia Gonçalves Alfenas, R., 2024, Green banana biomass anti-obesogenic, anti-hyperlipidemic, antidiabetic and intestinal function potential effects: a systematic review, *Nutrition Reviews*, nuae040.
- Singh, B., Singh, J. P., Kaur, A. and Singh, N., 2016, Bioactive compounds in banana and their associated health benefits, *Food Chemistry*, 206, 1–11.
- Sivakumar, D., Jiang, Y. and Yahia, E. M., 2011, Maintaining mango (*Mangifera indica* L.) fruit quality during the export chain, *Food Research International*, 44 (5), 1254-1263.
- Slavin, J. L., 2013, Fiber and prebiotics: mechanisms and health benefits, *Nutrients*, 5 (4), 1417-1435.
- Someya, S., Yoshiki, Y. and Okubo, K., 2002, Antioxidant compounds from bananas (*Musa Cavendish*), *Food Chemistry*, 79 (3), 351-354.

- Stone, H., Bleibaum, R. and Thomas, H. A., 2020, *Sensory Evaluation Practices* (5th ed.). Academic Press.
- Subaşı, O. S., Seçer, A., Yaşar, B., Emeksiz, F. ve Uysal, O., 2016, Türkiye’de muz üretim maliyeti ve karlılık durumu, *Mediterranean Agricultural Sciences*, 29 (2), 73-78.
- Sun, Y., Liang, J., Zhang, Z., Sun, D., Li, H. and Chen, L., 2024, Extraction, physicochemical properties, bioactivities and application of natural sweeteners: A review, *Food Chemistry* 457, 140103, 0308-8146.
- Tang, J., Hao, F. and Lau, M., 2002, Microwave heating in food processing, In *Advances In Bioprocessing Engineering* (sf. 1-44).
- Türker, B., 2016, Glütensiz kek üretimi ve bazı fiziksel, kimyasal, fonksiyonel özelliklerinin incelenmesi, Celal Bayar Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- Tüzel, Y. and Öztekin, G. B., 2015, Protected cultivation in Turkey, *Chronica Horticulturare*, 55 (2), 21-26.
- Thuwapanichayanan, R., Prachayawarakorn, S., Kunwisawa, J. and Soponronnarit, S., 2011, Determination of effective moisture diffusivity and assessment of quality attributes of banana slices during drying, *LWT-Food Science and Technology*, 44 (6), 1502-1510.
- USDA, 2024, <https://www.usda.gov/> (Erişim Tarihi 20.05.2024).
- Utrilla-Coello, R.G., Carrillo-Navas, M.E. Hernández-Jaimes, C., Vernon-Carter, E.J. and Alvarez-Ramirez, J., 2014, In vitro digestibility, physicochemical, thermal and rheological properties of banana starches, *Carbohydrate Polymers*, 101-2014, 154-162.

- Vernaza, M. G., Gularte, M. A. and Chang, Y. K., 2011, Addition of green banana flour to instant noodles: rheological and technological properties, *Ciência E Agrotecnologia*, 35 (6), 1157–1165.
- Vitali, D., Vedrina Dragojević, I. and Šebečić, B., 2009, Effects of incorporation of integral raw materials and dietary fibre on the selected nutritional and functional properties of biscuits, *Food Chemistry*, 114 (4), 1462-1469.
- Wang, J. and Xi, Y., 2005, Drying characteristics and drying quality of carrot using a two-stage microwave process, *Drying Technology*, 23 (6), 1171-1180.
- Whitaker, J. R., 2002, *Principles of Protein Structure, Function and Modification*. Academic Press.
- Wrolstad, R. E., Durst, R. W. and Lee, J., 2005, Tracking color and pigment changes in anthocyanin products, *Trends in Food Science and Technology*, 16 (9), 423-428.
- Zhang, P., Whistler, R. L., BeMiller, J. N. and Hamaker, B. R., 2005, Banana starch: production, physicochemical properties and digestibility, A review, *Carbohydrate Polymers*, 59 (4), 443-458.
- Zhang, M., Chen, H., Mujumdar, A. S. and Tang, J., 2016, Recent developments in high-quality drying of vegetables, fruits and aquatic products, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57 (6), 1239-1255.
- Zotarelli, M. F., Carciofi, B. A. M. and Laurindo, J. B., 2015, Effect of process variables on the drying rate of mango pulp by Refractance Window, *Food Research International*, 69, 410-417.

## EKLER

### EK-1 Kurutma Prosesine Ait Görseller



Kırınım Pencereli Kurutuma  
Metodundan Önce Muz Dilimleri



Kurutuma Prosesinden Sonra Muz  
Dilimleri



Tepsili Kurutucu ile  
Kurutulmuş Muz Dilimleri



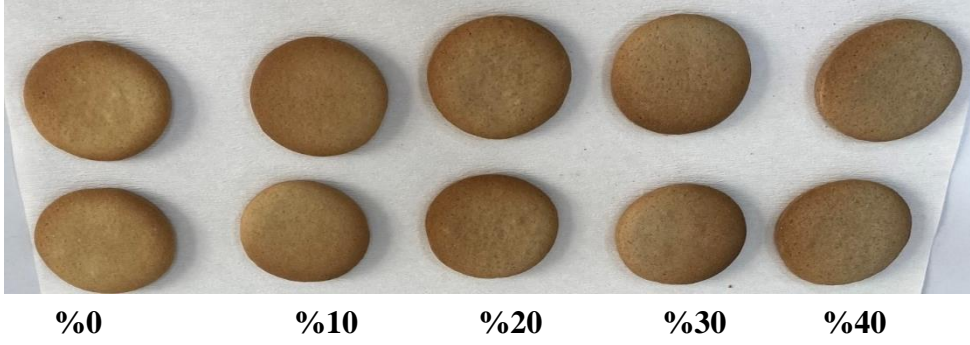
Mikrodalga Kurutucu ile  
Kurutulmuş Muz Dilimleri



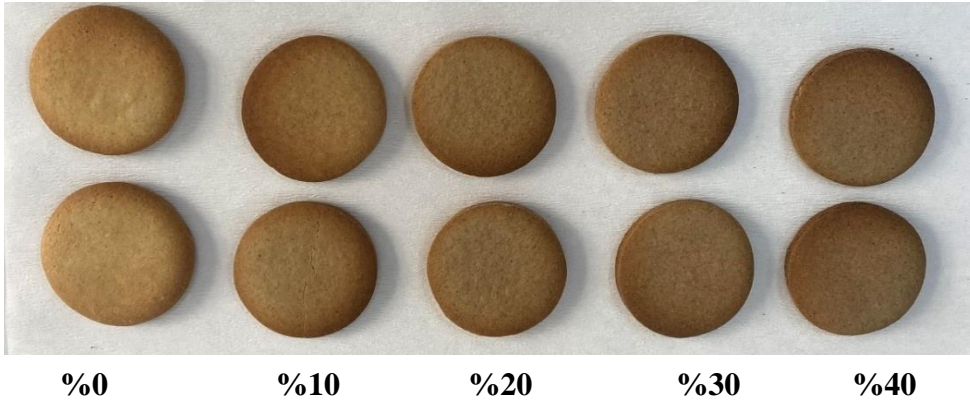
Kırınım Pencereli Kurutucu  
ile Kurutulmuş Muz  
Dilimleri

## EK-2 Üretilen Bisküvi Örneklerine Ait Görseller

Tepsili Kurutma Metoduyla Elde Edilen İkameli Bisküviler



Mikrodalga Kurutma Metoduyla Elde Edilen İkameli Bisküviler



Kırınım Pencereli Kurutma Metoduyla Elde Edilen İkameli Bisküviler

