

T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
BAHÇE BİTKİLERİ ANA BİLİM DALI



***LENTİNULA EDODES* (SHİİTAKE) MANTARININ MİNERAL  
İÇERİĞİ, BİYOAKTİF BİLEŞİKLERİ VE RENK ÖZELLİKLERİ  
ÜZERİNE LED KURUTMA YÖNTEMİNİN ETKİSİ**

Yüksek Lisans Tezi

**Ahmed Mohammed Ahmed ALKARKOOKLI**

Danışman  
**Prof. Dr. Aysun PEKŞEN**

SAMSUN  
2023

## TEZ KABUL VE ONAYI

Ahmed Mohammed Ahmed ALKARKOOKLI tarafından, Prof. Dr. Aysun PEKŞEN danışmanlığında hazırlanan “*LENTİNULA EDODES* (SHİİTAKE) MANTARININ MİNERAL İÇERİĞİ, BİYOAKTİF BİLEŞİKLERİ VE RENK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE LED KURUTMA YÖNTEMİNİN ETKİSİ” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 26/05/2023 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

|        | Unvanı Adı Soyadı<br>Üniversitesi<br>Ana Bilim/Ana Sanat Dalı                         | Sonuç                               |       |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------|
| Başkan | Prof. Dr. Aysun PEKŞEN<br>Ondokuz Mayıs Üniversitesi<br>Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı | <input checked="" type="checkbox"/> | Kabul |
|        |                                                                                       | <input type="checkbox"/>            | Ret   |
| Üye    | Doç. Dr. Adnan UĞUR<br>Ordu Üniversitesi<br>Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı             | <input checked="" type="checkbox"/> | Kabul |
|        |                                                                                       | <input type="checkbox"/>            | Ret   |
| Üye    | Doç Dr. Harun ÖZER<br>Ondokuz Mayıs Üniversitesi<br>Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı     | <input checked="" type="checkbox"/> | Kabul |
|        |                                                                                       | <input type="checkbox"/>            | Ret   |

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Ahmet TABAK  
Enstitü Müdürü

## BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım yüksek lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin kaynaklarda gösterilenlerden oluştuğunu, enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet ☐ (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır ☒

02.05.2023

Ahmed Mohammed Ahmed ALKARKOOKLI

## TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

**Tez Başlığı:** *LENTİNULA EDODES* (SHİİTAKE) MANTARININ MİNERAL İÇERİĞİ, BİYOAKTİF BİLEŞİKLERİ VE RENK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE LED KURUTMA YÖNTEMİNİN ETKİSİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 02/05/2023 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : %13

Tek kaynak oranı : %3 çıkmıştır.

02.05.2023

Prof. Dr. Aysun PEKŞEN

## ÖZET

### *LENTINULA EDODES* (SHİİTAKE) MANTARININ MİNERAL İÇERİĞİ, BİYOAKTİF BİLEŞİKLERİ VE RENK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE LED KURUTMA YÖNTEMİNİN ETKİSİ

Ahmed Mohammed Ahmed ALKARKOOKLI

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans, Mayıs/2023

Danışman: Prof. Dr. Aysun PEKŞEN

Bu çalışmada bütün ve dilimlenmiş shiitake (*Lentinula edodes*) mantarlarının farklı LED renk sıcaklıklarında kurutulmasının mineral, biyoaktif bileşen ve renk kalitesi üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. LED’li kabin tipi kurutma sisteminde 3 farklı renk sıcaklıklarında (3000 K, 4000 K ve 6500 K) kurutulan shiitake mantarlarının mineral, biyoaktif bileşen içerikleri ve renk özellikleri kontrol olarak elektrikli gıda kurutucusunda kurutulan (hava kuru) mantarlarla karşılaştırılmıştır. Çalışmada farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının mineral içerikleri, biyoaktif bileşikler ve renk üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bütün olarak kurutulan shiitake mantarlarının K, Mg, Mn, Cu, Zn, Cd, suda çözünür kuru madde (SÇKM), titre edilebilir asit, vitamin C, protein, toplam fenolik madde miktarı dilimlenerek kurutulan mantarlardan önemli düzeyde daha yüksek bulunmuştur. Kurutma yöntemleri karşılaştırıldığında; hava kuru yöntemi ile kurutulan shiitake mantarlarının K, P, Ca, Mg, Mn, Cu, Se ve protein içerikleri, farklı LED renk sıcaklıklarında kurutulan mantarların içeriklerinden önemli düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir. En yüksek vitamin C, toplam fenolik madde, DPPH ve FRAP içerikleri (sırasıyla 168.83 mg 100 g<sup>-1</sup>, 604.77 mg GAE 100 g<sup>-1</sup>, 244.94 mmol TE 100 g<sup>-1</sup> ve 723.73 mmol TE 100 g<sup>-1</sup>), 6500 K uygulamasında tespit edilmiştir. Gıda kurutucusu ile kurutulan mantarların ΔE renk değişim değerlerinin farklı LED renk sıcaklıkları kurutma yöntemlerine göre daha düşük ve taze shiitake mantarlarının renklerine daha yakın değerlere sahip olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Antioksidan, C vitamini, LED kurutma, Mantar, Mineraller, Shiitake

## ABSTRACT

### THE EFFECT OF LED DRYING METHOD ON MINERAL CONTENTS, BIOACTIVE COMPOUNDS AND COLOR PROPERTIES OF LENTINULA EDODES (SHIITAKE) MUSHROOM

Ahmed Mohammed Ahmed ALKARKOOKLI

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Horticultural

Master, May/2023

Supervisor: Prof. Dr. Aysun PEKŞEN

In this study, it was aimed to determine the effect of drying whole and sliced shiitake (*Lentinula edodes*) mushrooms at different LED color temperatures on mineral, bioactive component and color quality. The mineral and bioactive component contents and color properties of shiitake mushrooms dried at 3 different color temperatures (3000 K, 4000 K and 6500 K) in the LED cabin drying system were compared with the mushrooms dried in an electric food dryer (air dry) as a control. In the study, the effect of shiitake mushrooms dried as whole and sliced at different LED color temperatures on mineral contents, bioactive compounds and color was found to be statistically significant. The amount of K, Mg, Mn, Cu, Zn, Cd, water soluble solids (WSS), titratable acid, Vitamin C, protein, total phenolic substance of shiitake mushrooms dried as a whole were significantly higher than mushrooms dried by slicing. When drying methods are compared; It was determined that the K, P, Ca, Mg, Mn, Cu, Se, and protein contents of shiitake mushrooms dried by air dry method were significantly higher than the contents of mushrooms dried at different LED color temperatures. The highest vitamin C, total phenolic substance, DPPH and FRAP contents (respectively, 168.83 mg 100 g<sup>-1</sup>, 604.77 mg GAE 100g<sup>-1</sup>, 244.94 mmol TE 100 g<sup>-1</sup> and 723.73 mmol TE 100 g<sup>-1</sup>), were determined in 6500 K application. It was determined that the  $\Delta E$  color change values of mushrooms dried with a food dryer were lower and closer to the colors of fresh shiitake mushrooms compared to different LED color temperature drying methods.

**Keywords:** Antioxidants, Ascorbic acid, LED drying, Mushroom, Minerals, Shiitake

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez danışman hocam Prof. Dr. Aysun PEKŞEN'in, tez çalışmasının planlanmasından yürütülmesi ve yazılmasına kadar her aşamasında büyük yardım ve katkılarını gördüm. Eğitimimin her aşamasında yardım ve desteğini gördüğüm ve öğrencisi olmaktan büyük bir gurur ve mutluluk duyduğum çok sevgili hocam Prof. Dr. Aysun PEKŞEN'e sonsuz şükranlarımı sunarım.

Mantarların LED sistemi ile kurutulmasındaki katkılarından dolayı Ordu Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü öğretim üyesi Dr. Öğr. Üyesi Mithat AKGÜN'e, biyoaktif bileşen analizlerindeki katkılarından dolayı Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. Burhan ÖZTÜRK ve Dr. Umut ATEŞ'e, ayrıca mineral madde okumalarındaki katkılarından dolayı Muharrem SÖKMEN'e çok teşekkür ederim. Tezimin kurulması ve yürütülmesi sırasında emeği geçen tüm arkadaşlarıma da çok teşekkür ederim.

Maddi ve manevi destekleri için aileme sonsuz teşekkür ederim.

Ahmed Mohammed Ahmed ALKARKOOKLI

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                                                                                    |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| TEZ KABUL VE ONAYI .....                                                                                                                           | i    |
| BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI .....                                                                                                               | ii   |
| TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI.....                                                                                                          | ii   |
| ÖZET.....                                                                                                                                          | iii  |
| ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....                                                                                                                            | v    |
| İÇİNDEKİLER.....                                                                                                                                   | vi   |
| SİMGELER VE KISALTMALAR.....                                                                                                                       | vii  |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                                                                                                              | viii |
| TABLolar DİZİNİ .....                                                                                                                              | ix   |
| 1. GİRİŞ .....                                                                                                                                     | 1    |
| 2. KAYNAK ÖZETLERİ .....                                                                                                                           | 6    |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM.....                                                                                                                         | 18   |
| 3.1. Materyal.....                                                                                                                                 | 18   |
| 3.2. Metot .....                                                                                                                                   | 18   |
| 3.2.1. Taze ve Kurutulan Mantar Örneklerinde Yapılan Analizler.....                                                                                | 21   |
| 3.2.2. İstatistiksel Analiz.....                                                                                                                   | 24   |
| 4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....                                                                                                                       | 25   |
| 4.1. Taze Shiitake Mantarına ait Analiz Sonuçları.....                                                                                             | 25   |
| 4.2. Bütün ve Dilimlenmiş Olarak Farklı LED Renk Sıcaklıklarında Kurutulan Shiitake Mantarlarının Mineral Madde İçerikleri.....                    | 26   |
| 4.3. Bütün ve Dilimlenmiş Olarak Farklı LED Renk Sıcaklıklarında Kurutulan Shiitake Mantarlarının pH, ŞÇKM, Titre Edilebilir Asit İçerikleri ..... | 35   |
| 4.4. Bütün ve Dilimlenmiş Olarak Farklı LED Renk Sıcaklıklarında Kurutulan Shiitake Mantarlarının Protein İçerikleri .....                         | 36   |
| 4.5. Bütün ve Dilimlenmiş Olarak Farklı LED Renk Sıcaklıklarında Kurutulan Shiitake Mantarlarının Biyoaktif Bileşen İçerikleri.....                | 37   |
| 4.5. Bütün ve Dilimlenmiş Olarak Farklı LED Renk Sıcaklıklarında Kurutulan Shiitake Mantarlarının Renk Değerleri .....                             | 41   |
| 5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....                                                                                                                         | 44   |
| KAYNAKLAR .....                                                                                                                                    | 45   |
| ÖZGEÇMİŞ.....                                                                                                                                      | 52   |

## SİMGELER VE KISALTMALAR

|      |                                           |
|------|-------------------------------------------|
| CCT  | : İlişkili Renk Sıcaklığı                 |
| DPPH | : 1, 1-Difenil-2-pikrilhidrazil           |
| FAO  | : Food and Agriculture Organization       |
| FRAP | : Demir İyonu İndirgeyici Antioksidan Güç |
| GAE  | : Gallik Asit Eşdeğeri                    |
| K    | : Kelvin                                  |
| LED  | : Light Emitting Diode                    |
| SÇKM | : Suda Çözünebilir Kuru Madde Miktarı     |
| TEA  | : Titre Edilebilir Asit Miktarı           |
| TÜİK | : Türkiye İstatistik Kurumu               |
| Ø    | : Çap                                     |
| da   | : Dekar                                   |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3.1 Kelvin skalası ve renk sıcaklıkları (Kandemir, 2019) ..... | 18 |
| Şekil 3.2 Bütün mantarlardan bir görünüm .....                       | 19 |
| Şekil 3.3 Küp şeklinde dilimlenen mantarlardan bir görünüm .....     | 19 |
| Şekil 3.4 LED kabin tipi kurutma üniteleri .....                     | 20 |
| Şekil 3.5 Elektrikli gıda kurutucusu.....                            | 21 |
| Şekil 3.6 C vitamini ölçümünde kullanılan reflektör .....            | 22 |



## TABLÖLER DİZİNİ

|                                                                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan LED'lerin özellikleri .....                                                                                                                                 | 20 |
| Tablo 4.1. Taze shiitake mantarlarının mineral madde, biyoaktif bileşen ve renk değerleri ...                                                                                               | 25 |
| Tablo 4.2. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının K (%) değerleri .....                                                               | 26 |
| Tablo 4.3. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının P (%) değerleri .....                                                               | 27 |
| Tablo 4.4. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının Ca (mg kg <sup>-1</sup> ) değerleri .....                                           | 28 |
| Tablo 4.5. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının Mg (mg kg <sup>-1</sup> ) değerleri .....                                           | 28 |
| Tablo 4.6. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının Na (mg kg <sup>-1</sup> ) değerleri .....                                           | 29 |
| Tablo 4.7. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının Mn (mg kg <sup>-1</sup> ) değerleri .....                                           | 30 |
| Tablo 4.8. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının Fe (mg kg <sup>-1</sup> ) değerleri .....                                           | 30 |
| Tablo 4.9. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının Cu (mg kg <sup>-1</sup> ) değerleri .....                                           | 31 |
| Tablo 4.10. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının Zn (mg kg <sup>-1</sup> ) değerleri .....                                          | 32 |
| Tablo 4.11. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının Se (mg kg <sup>-1</sup> ) değerleri .....                                          | 32 |
| Tablo 4.12. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının As (mg kg <sup>-1</sup> ) değerleri .....                                          | 33 |
| Tablo 4.13. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının Cd (mg kg <sup>-1</sup> ) değerleri .....                                          | 34 |
| Tablo 4.14. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının Pb (mg kg <sup>-1</sup> ) değerleri .....                                          | 34 |
| Tablo 4.15. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının pH değerleri .....                                                                 | 35 |
| Tablo 4.16. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının suda çözünür kuru madde (SÇKM) değerleri (%) .....                                 | 36 |
| Tablo 4.17. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının titre edilebilir asit (TEA) değerleri (mg laktik asit 100 mL <sup>-1</sup> ) ..... | 36 |
| Tablo 4.18. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının protein (%) değerleri .....                                                        | 37 |
| Tablo 4.19. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının C vitamini miktarları (mg 100 g <sup>-1</sup> ) .....                              | 38 |
| Tablo 4.20. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının toplam fenolik madde miktarları (mg GAE 100 g <sup>-1</sup> ) .....                | 39 |
| Tablo 4.21. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının DPPH içerikleri (mmol TE 100 g <sup>-1</sup> ) .....                               | 39 |

|                                                                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tablo 4.22. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının FRAP içerikleri ( $\text{mmol TE } 100 \text{ g}^{-1}$ )..... | 40 |
| Tablo 4.23. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının $L^*$ renk değerleri .....                                    | 41 |
| Tablo 4.24. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının $a^*$ renk değerleri.....                                     | 41 |
| Tablo 4.25. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının $b^*$ renk değerleri.....                                     | 42 |
| Tablo 4.26. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının $\Delta E$ renk değişim değerleri.....                        | 43 |



## 1. GİRİŞ

Mantarlar; yüksek protein, karbonhidrat, vitamin, diyet lif ve mineral içerikleri nedeniyle eski çağlardan günümüze sofralarımızda yer alan önemli gıdalardan biridir (Pekşen vd., 2007; Wani et al., 2010). Mantarlar, gıda olarak tüketilmelerinin yanı sıra önemli tıbbi faydalara sahiptirler. Dünya genelinde birçok yerde geleneksel tıpta yüzyıllardır kullanılmaktadırlar. Geleneksel olarak, hastalıkları önlemek veya sağlığı desteklemek için popüler ilaçlara dahil edilmişlerdir. Son on yılda yapılan bilimsel çalışmalar, mantarın gerçekten de kanser gibi önemli rahatsızlıkların riskini azaltabilecek birçok biyoaktif bileşik içerdiğini doğrulamıştır (Khan et al., 2018). Mantarlar; antimikrobiyal, antitümör, antiviral ve antioksidan gibi birçok biyoaktif özellikleri olan doğal ürünlerdir (Zahid et al., 2006; Venturella et al., 2021). Bu nedenle son yıllarda mantarların gerek taze gerekse gıda sanayinde kullanımları artmıştır.

Dünya nüfusunun hızla artması, gıdaya olan talebi artırmış ve gıda kaynaklarının en verimli şekilde kullanılması konusundaki çabaları zorunlu hale getirmiştir. Mantarlar yüksek su içerikleri nedeniyle hasattan sonra kısa sürede bozulmaya başlayan raf ömrü çok kısa ürünlerdir (Arumuganathan et al., 2009). Gıda kaynaklarının verimli kullanılmasında gıda üretimi kadar gıda kaynaklarının muhafazası da önemlidir. Günümüzde tüketici tercihleri, ürünün doğal halinin bozulmadan taze ürüne en yakın şekilde özelliklerini koruyarak muhafaza edilmesi yönündedir. Gıdaların saklanması birçok farklı yöntem kullanılmaktadır. Kullanılan yöntemlerde gıda sağlığı, ürünün kalitesi, depolama alanı, saklama süresi ve enerji maliyeti gibi kriterler dikkate alınarak yöntemler seçilmektedir. Muhafaza tekniklerinden biri olan gıdadaki nemin düşürülmesi ve mikrobiyolojik bozulmanın önüne geçmesini sağlayan kurutma tekniği, insanlar tarafından yüzyıllardır kullanılmaktadır (Giri and Prasad, 2007); Darvishi et al., 2013; Seçkin ve Taşeri, 2015; Akgün ve Kandemir, 2019). Kurutma; ürünün su içeriğini mikroorganizma gelişimi, enzimatik ve diğer bozulma reaksiyonlarının olmadığı düzeye düşürülmesi ile ürünün raf ömrünü artırılmasına yönelik bir muhafaza tekniğidir (Rodríguez et al., 2018; Kidoń and Grabowska, 2021).

Dünyada üretilen kültür mantarlarının %40-50'si taze olarak tüketilmektedir. Taze tüketim tercih edilmekle birlikte, raf ömürlerinin kısa olması mantarların taze tüketimini sınırlamaktadır. Mantarlar hasat edildikten sonra yüksek enzim ve nem

içerikleri nedeniyle kısa sürede kalite kaybına uğramaktadır. Çeşitli muhafaza (konserve, dondurma veya kurutma gibi) yöntemleriyle mantarların raf ömürleri uzatılmaktadır. Taze tüketim fazlası mantarların kurutularak uzun süreli saklanması tercih edilen bir yöntemdir (Doğan vd., 2014). Ayrıca, kurutulmuş mantarlar hazır çorba, sos, mantar diyet takviyeleri, ekstraktları ve tozları gibi fonksiyonel gıdalarda da kullanılmaktadır (Bulam vd., 2019). Kurutulan mantarlar, hava geçirmeyen ambalajlarda bir yıldan daha fazla süre ile saklanabilmektedir (Rama and John, 2000).

Raf ömrünü uzatmak (mevsimi dışında da tüketebilmek, mikrobiyal bozulmaları ve kimyasal reaksiyonları engellemek, depolama ve taşımayı kolaylaştırmak gibi nedenlerden dolayı mantarlarda kurutma yaygın olarak kullanılmaktadır. Kurutma ürün hacmini azaltırken paketleme, taşıma ve nakliye işlemlerini de kolaylaştırmaktadır (Doymaz and Karasu, 2018). Kurutma yöntemi ile ürün kalitesinin bozulmadan büyük miktarlarda ve düşük maliyetle muhafazası sağlanabilmektedir. Kurutma, çok çeşitli tarımsal ürün için kolay uygulanabilen bir gıda muhafaza yöntemidir.

Kurutma işlemi yaygın olarak güneşte (doğal kurutma) ya da endüstriyel olarak yapay kurutucularla yapılmaktadır. Güneşte kurutmada, kurutma koşullarının kontrol edilememesi, gece ve gündüz sıcaklık farklarının çok olması nedeniyle kurutma koşulları büyük farklılıklar göstermektedir. Aynı zamanda güneşte kurutmada; kurutma hızının yavaş olması, geniş alana ve işçiliğe ihtiyaç olması ve en önemlisi kurutma sırasında yağmur, toz ve çeşitli canlıların yol açtıkları zararlardan dolayı ürün kalitesinin düşük olması gibi sorunlar yaşanmaktadır. Yapay kurutucular da ise ürünün kontrollü kurutulma şartlarında yapılması nedeniyle temiz ve kaliteli ürün alınmakta, vitamin kayıpları az olmakta ve daha kısa sürede kurutma sağlanabilmektedir. Ancak yapay kurutucular ile kurutmada bazı ürünlerin renklerinde bozulma ve en önemlisi maliyetin yüksek olması söz konusudur (Cemeroğlu vd., 2003; Seçkin ve Taşeri, 2015).

Kurutma işlemi ürünün nem miktarını azaltmak için yaygın olarak kullanılan bir kütle ve ısı transferi işlemidir. Ancak kurutmada yüksek sıcaklık ürünün kalitesinin bozulmasına neden olabilecek organoleptik ve besinsel değişikliklere sebep olabilmektedir. Düşük sıcaklık ise ısıdan kaynaklı zararı önlemekle birlikte oksidasyon reaksiyonlarıyla kalite düşmesi ve kurutma süresinin artması gibi sorunlara neden olmaktadır (Rodríguez et al., 2018). En yaygın kurutma teknolojisi sıcak

havayla kurutmadır. Bu kurutma yönteminde ısı, havadan ürüne konveksiyonla aktarılır ve üründen buharlaşan su havayla ortamdan uzaklaştırılır. Bu yöntem zaman alıcı olup, üründe istenmeyen değişikliklere neden olabilmektedir (Schössler et al., 2012; Qi et al., 2014). Sıcak hava ile ürünün kurutulması sırasında hava akımının en yaygın uygulandığı kurutucular kabin ve tünel tipi kurutuculardır. Yapımlarının kolay ve maliyetlerinin düşük olması nedeniyle bu tip kurutucular tercih edilmektedirler (Dadalı, 2007). Kabin tipi kurutucular bütün veya dilimlenen elma, mantar, ceviz, fındık ve erik gibi birçok ürünün kurutulmasını sağlamaktadır. Bu tip kurutucularda ürünün raflar üzerine serildiği ve ürüne göre ayarlanan hava hızında kısa sürede kurutulduğu belirtilmiştir (Olgun ve Rzayev, 2000). Geleneksel sıcak hava ile kurutmada, kurutma veriminin ve ürün kalitesinin düşük olması nedeniyle, son yıllarda daha yüksek kaliteli ürünler sağlamak için başka kurutma yöntemleri üzerinde çalışılmaktadır (Janiszewska et al., 2013). Tarımsal ürünlerin kurutulmasında geleneksel sıcak hava (konvektif) dışında vakumlu, ozmotik, dondurarak, mikrodalga, kızılötesi kurutma, kızılötesi radyasyonla ısıtma, sprej, elektrohidrokinamik ve hibrit gibi birçok yöntem kullanılmaktadır (Luo et al., 2021; Günaydın vd., 2022). Kurutma sistemi tercih edilirken daha az enerji kullanarak gıdanın kimyasal ve biyolojik yapısını bozmadan, kısa sürede kurutmanın sağlandığı sistemler tercih edilmektedir.

*Agaricus bisporus* (kültür mantarı), *Lentinula edodes* (shiitake veya Japon mantarı), *Pleurotus ostreatus* (istiridye mantarı), *Flammulina velutipes* (enoki mantarı) ve *Auricularia* (kulak mantarları) türleri dünya genelinde yetiştirilen yenilebilir mantarların %85'ini oluşturmaktadır (Eren ve Pekşen, 2019). Son yıllarda üretim ve kullanım açısından artan bir büyüme gösteren shiitake mantarı, dünyada en çok yetiştirilen ikinci yenilebilir ve tıbbi mantar türüdür (Song et al., 2023). Dünya çapında tüketilen ve genellikle shiitake mantarı olarak bilinen *Lentinula edodes*, uzak doğuya özgü bir mantardır. Shiitake mantarının anavatanı Çin olup, Kore, Vietnam, Japonya, Tayland ve Tayvan gibi uzakdoğu ülkeleri ile Amerika ve Avrupa ülkelerinde yaygın olarak üretilmektedir (Chen, 2001; Curvetto et al., 2002; Kim et al., 2012). Çin'de üretilen mantarların %25 kadarını shiitake mantarı oluşturmaktadır (Chung et al., 2020).

Shiitake mantarı yüksek besin değeri ve lif içeriğine sahiptir. Besin değeri yanı sıra çeşitli fonksiyonel metabolitler sayesinde tüketiminin sağlık bakımından da birçok fayda sağladığı bildirilmiştir. Shiitake mantarından elde edilen özütler ve saf bileşikler

antibakteriyel, antifungal, sitostatik, antioksidan, antikanser ve immünomodülatör aktiviteler gösterdiği için, farklı shiitake kökenli ürünler diyet takviyeleri olarak piyasada satılmaktadır (Niego et al., 2021). İnsan sağlığına olan faydalarından dolayı "uzun yaşamın sırrı" olarak adlandırılmıştır (Hasegawa et al., 2005; Choi et al., 2006; Hearst et al., 2009; Song et al., 2021).

Hasat edilen shiitake mantarları, yüksek nem içeriği ve güçlü solunum metabolizması nedeniyle hızla yumuşar, rengi kahverengiye döner ve kısa sürede bozulmaya başlarlar. Bu da piyasa değerlerini düşürmektedir (Jiang et al, 2012; Liu et al., 2021). Taze shiitake mantarının raf ömrünü uzatmak, kalitesini korumak ve besin kaybını azaltmak için çeşitli muhafaza (konserve, dondurma veya kurutma gibi) yöntemleri kullanılmaktadır (Tian et al., 2016). Taze tüketim fazlası mantarların kurutularak uzun süreli saklanması tercih edilen bir yöntemdir (Doğan vd., 2014). Bu nedenle, hasat sonrası shiitake mantarları, raf ömrünü artırmak ve benzersiz lezzetlerinin oluşumuna izin vermek için genellikle kurutulur (Giri and Prasad, 2007; Xu et al., 2019; Hou et al., 2021).

Shiitake mantarı için bugüne kadar bildirilen kurutma teknikleri arasında kolay çalışması ve düşük enerji tüketimi nedeniyle sıcak havayla kurutma en çok tercih edilenidir (Xu et al., 2018). Ancak geleneksel sıcak hava kurutma yöntemiyle hazırlanan mantarların kalitesi düşüktür, bu nedenle ürünler, tüketicilerin suyu alınmış yüksek kaliteli ürünlere olan talebini karşılayamaz (Das and Arora, 2018). Kurutulmuş mantarların genel kalitesi; renk, rehidrasyon, doku ve tat açısından değerlendirilmektedir (Politowicz et al., 2018). Ancak bu özellikler yanında protein ve antioksidan içerikleri bakımından da değerlendirilmesi gerekir. Sıcaklığa karşı hassas olan mantarların doğal yapısı bozulmadan, renk, besin ve biyoaktif bileşen içeriğinde kalite kaybı olmaksızın düşük maliyetle kurutulması oldukça önemlidir. Endüstriyel uygulamalarda kurutma sırasında büyük enerji harcanmaktadır (Ratti and Mujumdar, 2020). Sıcak havayla kurutma uygulamasında hem sürecin uzun olması hem de yüksek enerji kullanımı yeni kurutma sistemlerinin araştırılmasını zorunlu kılmıştır. Bu amaçla, daha az enerji kullanımı, istenilen kalitede ürün eldesi ve çevreyle dost kurutma yöntemleri araştırılmaktadır.

Son yıllarda fındık, erik gibi ürünlerin LED'in (light-emitting diode, Işık Yayan Diyot) kullanıldığı kurutma sistemi ile kurutulduğu çalışmalar yapılmıştır (Akgün vd., 2017; Akgün et al., 2018). Ancak farklı LED renk sıcaklıklarının mantarların

kurutulmasında kullanımı ile ilgili herhangi bir literatür bilgisine rastlanılmamıştır. Bu çalışmada farklı LED renk sıcaklıklarında kurutma yönteminin bütün ve dilimlenmiş olarak *Lentinula edodes* (shiitake) mantarının mineral madde, biyoaktif bileşen ve renk üzerine etkisi araştırılmıştır.



## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Toğrul vd. (2005) 0.5, 1 ve 1.5 cm kalınlığında küp şeklinde kesilen mantarları 50, 60 ve 80°C sıcaklıklarda infrared kurutucuda kurutarak kuruma davranışlarını araştırmışlardır. Sıcaklık 50°C'den 80°C'ye artırıldığında kuruma süresi, 0.5 cm kalınlığında küp şeklinde kesilen mantarlarda 170 dk, 1 cm kesilenlerde 140 dk ve 1.5 cm kesilenlerde 104 dk olarak belirlemişlerdir.

Li et al. (2007) konveyör tipi uzak kızılötesi kurutma yöntemi ile geleneksel ısıtılmalı hava kurutma yönteminin shiitake mantarının kalitesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Konveyör-tipi uzak-infrared kurutucuda kurutma havası sıcaklığı 60, 70 ve 80°C'de sırasıyla 0.6 ve 0.8 m s<sup>-1</sup> hava hızında gerçekleştirilmiştir. Uzak-infrared kurutucu ile kurutulan shiitake mantarının kurutma özellikleri, antioksidan aktiviteleri ve antioksidan bileşikleri incelenmiştir. Genel olarak, taşıyıcı-tipi uzak-kızılötesi kurutma yöntemiyle kurutma hızı, geleneksel ısıtılmalı havayla kurutma yönteminden daha hızlı olduğu tespit edilmiştir. Konveyör-tipi uzak-kızılötesi kurutma yönteminde, artan sıcaklık ve hava hızı ile kurutma hızları artmıştır. 60°C-0.6 m s<sup>-1</sup>, 60°C-0.8 m s<sup>-1</sup> ve 70°C-0.6 m s<sup>-1</sup>'de konveyör-tipi-uzak-kızılötesi kurutma yöntemi sırasında antioksidan aktivite kaybının geleneksel kurutma yönteminden daha az olduğu belirlenmiştir. Ancak 70°C-0.8 m s<sup>-1</sup>, 80°C-0.6 m s<sup>-1</sup> ve 80°C-0.8 m s<sup>-1</sup>'de antioksidan aktivite kaybı geleneksel kurutma yöntemine göre daha yüksek bulunmuştur. Çalışma sonucunda yüksek antioksidan aktivite ve antioksidan bileşiklere sahip kurutulmuş shiitake mantarı için 70°C'nin altında ve 0.6 m s<sup>-1</sup> hava hızına sahip taşıyıcı-tipi uzak-kızılötesi kurutma koşulları önerilmiştir.

Zhang et al. (2009) dört kurutma yönteminin (mikrodalga, fırında, dondurarak ve güneşte kurutma) shiitake mantarının toplam fenolik madde içeriği, antioksidan kapasitesi ve DPPH süpürme aktivitesi üzerine etkisini incelemişlerdir. En yüksek antioksidan aktivite dondurarak kurutma yönteminde tespit edilmiştir. Sonuçlar, dondurarak kurutmanın shiitake'nin antioksidan özelliklerini korumada diğer kurutma yöntemlerinden daha üstün olduğunu göstermiştir. Termal kurutma yöntemleri (mikrodalga, fırın ve güneşte kurutma) ile kurutulan shiitake mantarlarının toplam fenolik madde içeriği, antioksidan kapasitesi ve DPPH süpürme aktivitesinde önemli azalmalar olduğu belirlenmiştir. Dondurularak kurutulan shiitake mantarlarında taze shiitake mantarlarından daha yüksek antioksidan içeriği tespit edilmiştir.

Öztürk (2010) yaptığı çalışmada *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus*, *Lentinula edodes* ve *Lactarius deliciosus* mantar türlerine ait örneklerde farklı ön işlem uygulamaları ve kurutma (etüvde, infrared ve dondurarak) yöntemlerinin besin öğeleri ve kalite üzerine etkilerini araştırmıştır. Çalışmada 3 ön işlem uygulanmıştır. Birinci ön işlemden mantarlar 5 g L<sup>-1</sup> sitrik asit, 20 g L<sup>-1</sup> tuz, 0.5 g L<sup>-1</sup> Nametabisülfid karışımında yıkanmış, aynı çözeltide 98-100°C'de 3 dk haşlanmışdır. İkincisinde 1 saat %0.5 askorbik asit ve %0.5 sitrik asitten oluşan çözeltide bekletilmiş, sonra mantarlar %1 tuz ve %0.5 sitrik asit çözeltisinde 98-100°C'de 3 dk haşlanmışlardır. Üçüncü ön işlemden mantarlar haşlanmamış, 300 ppm SO<sub>2</sub> ve 400 ppm Cl<sub>2</sub>'den oluşan çözeltide 7 dk bekletilmiştir. Mantar örneklerinde rehidrasyon kapasitesi, renk, protein, toplam fenolik madde miktarı, antioksidan aktivite, indirgen şeker ve mineral madde içerikleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda mantarların besin ve kalite özellikleri bakımından en etkili yöntemin dondurarak kurutma yöntemi olduğu saptanmıştır. Haşlama işlemi yapılmayan mantarlara göre kurutmadan önce 1. ve 2. ön işlemlerde uygulanan haşlama işleminin mantarların suda çözünen besin içeriklerinin azalmasına neden olduğu saptanmıştır. İkinci ön işlem uygulanan mantar örneklerinde toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değerlerinin diğerlerine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Kim et al. (2012) tarafından yürütülen çalışmada, fırında ve güneşte kurutma gibi farklı kurutma işlemlerinin shiitake mantarının antioksidan ve antijenotoksik etkiler üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. Taze ve kurutulmuş shiitake mantarının aseton, etanol, metanol ve sıcak su ile ekstraktları hazırlanmıştır. Shiitake mantarının antioksidan etkileri, toplam fenolik madde içeriği, DPPH radikal süpürme aktivitesi (RSA), bir ORAC testi ve bir hücresel antioksidan kapasite (CAC) testi ile belirlenmiştir. İnsan lökositlerinde oksidatif stresin neden olduğu DNA hasarı üzerinde shiitakenin inhibe edici etkisi, bir Comet tahlili ile değerlendirilmiştir. Metanol ile ekstrakte edilen ve su ile ekstrakte edilen taze shiitake mantarının toplam fenolik içeriği, kurutulmuş shiitakeden önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur. Su ekstraktları arasında, taze ve güneşte kurutulmuş shiitakenin DPPH RSA için IC<sub>50</sub> değeri, fırında kurutulmuş shiitake mantarlarından önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur. En güçlü ORAC değeri, 50 g mL<sup>-1</sup> ile güneşte kurutulmuş shiitake mantarlarında tespit edilmiştir. HepG2 hücrelerinde AAPH ile indüklenen oksidatif strese karşı CAC ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ile indüklenen DNA hasarı, tüm shiitake ekstraktları

tarafından etkili bir şekilde korunmuştur. Bu sonuçlar, işlenmemiş shiitake mantarının en iyi antioksidanlar olduğunu ve güneşte kurutma yönteminin antioksidan aktivite ve antijenotoksik etki açısından en iyi seçenek olacağını göstermiştir.

Rhim and Lee (2011), shiitake mantarının (*Lentinus edodes*) 25 ve 40°C'deki izotermelerini belirlemiş, konvektif hava kurutma yöntemi kullanarak bütün ve dilimlenmiş shiitake mantarlarının 40, 50, 60 ve 70°C'lik farklı kurutma sıcaklıklarında dehidrasyon (kuruma) kinetiklerini araştırmışlardır. Mantar içeriği, 25 ve 40°C'de sırasıyla 7.23 ve 5.44 g su 100 g<sup>-1</sup> kuru katı madde olarak belirlenmiştir. Kuruma sıcaklığındaki artışa bağlı olarak kuruma hızlarında azalma olduğu ve aynı kurutma koşullarında dilimlenmiş mantarların kuruma hızının bütün mantarlardan daha hızlı olduğu tespit edilmiştir. Mantarların dehidrasyonu için kinetik parametreler, Newton modeli ve Klasik difüzyon modeli kullanılarak belirlenmiştir. Newton modeli kullanılarak belirlenen aktivasyon enerjisi (Ea) değerleri, bütün ve dilimlenmiş mantarlar için sırasıyla 22.58 ve 20.48 kJ mol<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir.

Dutta et al. (2012) mikrodalga ve yüksek voltajlı ön işlemlerin mantarların (*Agaricus bisporus*) konvektif dondurarak kurutulması üzerine etkilerini belirlemişlerdir. Mikrodalga (5 dakika için 5 W g<sup>-1</sup>) ve yüksek elektrik alanın (HEF; 15 dakika için 430 kV m<sup>-1</sup>) kurutma sırasında kuruma hızları ve yukarıdaki ön işlemlerden kaynaklanan nihai kurutulmuş ürünlerin kalitesindeki değer artışı araştırılmıştır. Ön işlemlerin mantarların kurutma kinetiği üzerindeki etkilerini tahmin etmek için kurutma kinetiği Page denkleminde uydurularak üstel bir matematiksel model geliştirilmiştir. Ürün kalitesinin değerlendirilmesi için kurutulmuş mantarların renk, doku, çekme özellikleri ve rehidrasyon oranları tespit edilmiştir. HEF ile ön işleme tabi tutulmuş mantarların kuruma hızı bakımından kontrole arasında fark olmadığı, ancak HEF ön işlemleri uygulanan mantarların daha kaliteli ürün ve daha az genel büzülme gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışmada ön işleme tabi tutulmuş mantarların dondurularak kurutulmasında kuruma hızının yavaş olduğu, ancak daha iyi genel kalite ve rehidrasyon oranı ile sonuçlandığı belirlenmiştir.

Hasat edilen taze mantarlar, yüksek nem içeriği metabolizması ve enzimatik esmerleşmeye karşı hassas olmaları nedeniyle oldukça çabuk bozulurlar. Bu çalışmada; çeşitli kimyasal ön işlemler (%1.0 potasyum metabisülfite, %0.5 sitrik asit, %0.5 potasyum metabisülfite+%0.2 sitrik asit) ile kontrol ve düşük maliyetli kurutma yöntemleri yani ev tipi güneş enerjisi kurutucusu, orta boy güneş enerjisi kurutucusu

ve açık güneşte kurutmanın mantarların kalitesi üzerine etkisi incelenmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda en kaliteli kurutulmuş mantarların orta boy güneş enerjisi kurutucusu ile kurutma öncesi %1 potasyum metabisülfite uygulamasından elde edildiği saptanmıştır. Çalışmada kuruma süresi ve nihai nem içeriğinin gölgeleme altında ve açık güneşte kurutulan mantarlarda nispeten daha az olduğu belirlenmiştir (Kumar et al., 2013).

Giri and Prasad (2013) tarafından yapılan çalışmanın amacı, mikrodalga-vakumda kurutulmuş *Agaricus bisporus* (beyaz şapkali mantar) mantarlarının renk, doku, rehidrasyon oranı, yoğunluk, askorbik asit içeriği ve duyu skor gibi kalite özelliklerini geleneksel hava ile kurutulmuş ürünlerle karşılaştırmaktır. Bu amaçla *Agaricus bisporus* mantarları dilimler ve bütün mantarlar olarak mikrodalga vakumlu kurutma tekniği ile yaklaşık %6 (d.b.) nem içeriğine kadar kurutulmuştur. Mikrodalga vakumda kurutulan mantarlar, havayla kurutulanlara göre önemli ölçüde daha yüksek rehidrasyon potansiyeline, daha düşük yoğunluğa, daha iyi renge ve daha yumuşak dokuya sahip bulunmuştur. Yapılan duyu panelde mikrodalga vakumda kurutulmuş mantarların görünüm, renk ve genel kabul edilebilirlik açısından havada kurutulmuş mantarlara göre daha yüksek puanlandığı görülmüştür.

Qi et al. (2014) yaptıkları çalışmada orta kızılötesi kurutma (IIRD), sıcak hava kurutma (HAD) ve vakumlu mikrodalga püskürtmeli yatak kurutma (VMSD) ile elde edilen kurutulmuş shiitake mantarı (*Lentinus edodes*) küplerinin kurutma özelliklerini ve kalitesini karşılaştırmışlardır. Renk, doku ve rehidrasyon kapasitesi dahil olmak üzere ürünlerin çeşitli kalite parametreleri araştırılmıştır. HAD yöntemi, IIRD ve VMSD'ye göre daha uzun kuruma süresi ve düşük ürün kalitesi nedeniyle en istenmeyen yöntem olmuştur. Benzer rehidrasyon kapasitesi ile VMSD ürününün rengi orijinal malzemeye en yakın olan yöntem olarak bulunmuştur. Çalışma sonucunda; doku, toplam şeker içeriği ve duyu değerlendirme açısından vakumlu mikrodalga püskürtmeli yatak kurutma (VMSD) ürününün en iyi kaliteye sahip olduğu saptanmıştır.

Wang et al. (2014) laboratuvar ölçeğinde yaptıkları çalışmalarında shiitake mantarının kurutma özellikleri ve temel kalite parametreleri üzerine radyo frekanslı kurutma ile birleştirilmiş sıcak hava (HCRFD), orta kızılötesi destekli konveksiyonlu kurutma (MIRCD) ve mikrodalga ile birleştirilmiş sıcak havanın (HCMD) etkilerini incelemişlerdir. Bu yöntemler sıcak hava kullanılarak yapılan kurutma tekniği ile

karşılaştırılmıştır. Kalite parametreleri olarak doku, renk, rehidrasyon oranı, büzülme, besin tutma, mikro yapı gibi özellikler belirlenmiştir. Kurutma yöntemleri 60°C sabit hava sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. MIRCD, HCRFD ve HCMD için 4 W g<sup>-1</sup> güç seviyesi kullanılmıştır. En kısa kuruma süresi HCMD (mikrodalga kurutma ile birleştirilmiş sıcak hava) yönteminden elde edilmiştir. Kurutulan mantarlarda renk özellikleri ve besin tutma kapasitesi bakımından en iyi sonuçlar, MIRCD (orta kızılötesi destekli konveksiyon) ve HCRFD (radyo frekansı kurutma ile birleştirilmiş sıcak hava) yöntemlerinde belirlenmiştir. MIRCD kurutma yönteminde maksimum rehidrasyon ve daha düşük sertlik tespit edilmiştir.

Pei et al. (2014) tarafından dondurarak kurutma ve üç farklı kurutma yöntemi kombinasyonunda [sıcak havayla kurutma ile birleştirilmiş dondurarak kurutma (FD+AD), vakumla kurutma ile birleştirilmiş dondurarak kurutma (FD+VD) ve mikrodalga vakumlu kurutma ile birleştirilmiş dondurarak kurutma (FD+MVD)] kurutulan beyaz şapkalı mantar dilimleri renk, doku, besin tutma, mikro yapı ve enerji tüketimi bakımından karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, %38 nem içeriği değişim noktası koşulları altında, FD+VD ve FD+MVD numunelerinin L\* değerleri, a\* değerleri, ortalama yoğunluk ve sertlik dahil olmak üzere birçok parametrede önemli (p>0.05) bir değişiklik olmadığını göstermiştir. Tüm kombine kurutma yöntemleri enerji tüketimini azaltmıştır. Ancak sadece FD+MVD yöntemi kurutma süresini FD yöntemine kıyasla %35.63 oranında azaltabilmiştir. Ayrıca, FD+VD ve FD+MVD ürünleri, FD+MVD işlemi sırasında C vitamini içeriğinin nispeten düşük olması dışında besin tutmada FD+AD ürünlerinden daha iyi bulunmuştur. Çalışma sonucunda; FD+MVD yönteminin verimlilik ve enerji tasarrufu açısından daha avantajlı olduğu ve yüksek kaliteli ürünler üretmek için tercih edilebileceği bildirilmiştir.

Doğan vd. (2014) yaptıkları çalışmada farklı kurutma sıcaklıkları ve sürelerinin istiridye mantarının bazı özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada 50, 60 ve 70°C olmak üzere 3 farklı kurutma sıcaklığı ve 240, 300 ve 360 dk olmak üzere 3 farklı kurutma süresi ele alınmıştır. Farklı kurutma sıcaklık ve sürelerinin istiridye mantarların kuru madde ve renk değerlerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Çalışma sonucunda kurutma sıcaklık ve süresi arttıkça kuru madde ve renk değerlerinden a ve b'nin artmasına, ancak L değerinin azalmasına neden olduğu

saptanmıştır. Kurutma sıcaklığı 70°C olduğunda ürünün renginde istenmeyen değişimler olduğu, duyuusal ve besleyici değer açısından olumsuz olacağı belirtilmiştir.

Kantrong et al. (2014) yaptıkları çalışmada shiitake mantarlarını mikrodalga vakumlu kurutma (MVD) ve MDV yöntemine ek olarak infrared (kızılötesi) kurutma (MVD+IR) yöntemi olmak üzere 2 farklı şekilde kurutmuşlardır. MVD yönteminde 18.66, 29.32, 39.99 ve 50.65 kPa mutlak basınç ile 56, 143, 209 ve 267 W mikrodalga güçleri kullanılmış, MVD+IR yönteminde 100 ve 200 W'da kızılötesi radyasyon eklenerek kurutma yapılmıştır. Mikrodalga gücünün etkileri, mutlak basınç ve kızılötesi gücün kurutma özellikleri, kaliteleri ve özgül enerji tüketimi üzerine etkileri araştırılmıştır. Daha yüksek mikrodalga gücü, daha düşük mutlak basınç ve daha yüksek kızılötesi güç uygulandığında kuruma hızının arttığı bulunmuştur. Sonuçlar, özellikle, MVD+IR yöntemi ile kurutmanın, renk, rehidrasyon oranı ve rehidre olanların dokusu açısından daha üstün özellik gösterdiğini ortaya koymuştur. Çalışma sonucunda; ürün kalitesi ve enerji tüketimi açısından en uygun kurutmanın MVD+IR yöntemi ile 18.66 kPa mutlak basınçta, 267 W mikrodalga gücünde ve 200 W kızılötesi güçte gerçekleştiği bildirilmiştir.

Li et al. (2015) yaptıkları çalışmada farklı kurutma yöntemlerinin *Pleurotus eryngii* mantarının tat bileşikleri üzerine etkilerini incelemiştir. *P. eryngii* mantarının tadını maksimum düzeyde korumak için sıcak hava, vakum, mikrodalga, dondurarak kurutma ve doğal havada kurutma olmak üzere farklı kurutma yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Çalışmada dondurarak kurutma işlemi ve sıcak havanın, *P. eryngii* mantarında tat bileşiklerini maksimum düzeyde koruduğu tespit edilmiştir. Bu uygulamaları doğal havayla kurutma ve vakum ile kurutma yöntemleri takip etmiştir. Tat bileşiklerindeki kayıp nedeniyle mikrodalgada kurutmanın *P. eryngii* için uygun olmadığı belirlenmiştir. Dondurarak kurutmada serbest amino asitlerin konsantrasyonları, sıcak havayla kurutmada 5'-nükleotitlere kadar önemli ölçüde azaldığı saptanmıştır. Ek olarak, sıcak havayla kurutma kullanılan numunenin umami konsantrasyonu, mikrodalga ile kurutulan numuneden önemli ölçüde ( $p<0.05$ ) daha yüksek bulunmuştur.

Wang et al. (2015) tarafından orta kızılötesi kurutma (MIRD), kuruma süresini kısaltmak, rehidrasyonu arttırmak, aroma bileşiklerini ve rengini daha iyi korumak için shiitake mantarının dondurularak kurutulmasından (FD) önce veya sonra uygulanmıştır. Dondurarak kurutmadan önce (MIRD-FD) ve dondurarak kurutmadan

sonra (FD-MIRD) MIRD uygulamasının kuruma süresi, renk, rehidrasyon oranı, görünür yoğunluk, mikro yapı ve aroma bileşikleri üzerindeki etkisi ölçülmüş, açıklanmış ve FD'nin etkisi ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, FD (4 saat) ve ardından MIRD kombinasyonunun, ürün kalitesini kabul edilebilir bir seviyede tutarken FD'ye kıyasla %48 zaman kazandırdığını göstermiştir. MIRD-FD kombinasyonunun, FD-MIRD'ye kıyasla daha düşük olduğu bulunmuştur. MIRD'nin FD ile kombinasyonunun aroma tutma üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu ve dimetil, trisülfid ve 1, 2, 4-tritiolan gibi kükürt bileşiklerinin artmasına neden olduğu saptanmıştır.

Atalay (2015 yaptığı çalışmada farklı kalınlıklarda (2, 4 ve 6 mm) dilimler halinde farklı sıcaklıklarda konveksiyonel (50, 60 ve 70°C) ve farklı güçte mikrodalga (90, 345 ve 600 W) kurutucular ile kurutmanın *A. bisporus* mantarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkisini incelemiştir. Konveksiyonel kurutucuda kurutulan *A. bisporus* mantarlarının sıcaklığın artması ile rehidrasyon oranı, L\* değeri, h° değeri, toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivitesinin azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca sıcaklık arttıkça a\*, b\* renk değerlerinin arttığı saptanmıştır. Mikrodalga fırında mikrodalga gücünün artması kurutulan mantarların rehidrasyon oranlarını, L\*, a\*, b\* değerlerini, toplam fenolik madde miktarlarını ve antioksidan aktivitelerini artırmıştır.

Tian et al. (2016) gıdaların muhafazasında çeşitli kurutma yöntemlerinin önemli rol oynadığını, ancak farklı kurutma yöntemlerinin bazı gıdaların kalitesini nasıl etkilediği ile ilgili yeterli literatür bulunmadığını belirtmişlerdir. Bu doğrultuda da sıcak hava, vakum, mikrodalga ve mikrodalga vakumlu kurutma tekniklerinin bütün shiitake (*Lentinus edodes*) mantarlarının önemli nitelikleri ve uçucu bileşikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada ele alınan dört kurutma yönteminin toplam serbest amino asit içeriğinde ve kurutulmuş ürünlerin kükürt bileşiklerinin nispi içeriğinde önemli ölçüde ( $p<0.05$ ) artışa yol açtığı saptanmıştır. Mikrodalga vakumlu kurutma, diğer kurutuma yöntemlerine göre tada duyarlı amino asitlerin, besin tutma ve renk niteliklerinin korunmasını sağladığı belirlenmiştir. Araştırmacılar, mikrodalga vakumlu kurutma ile oluşturulan homojen petek ağı ve kurutulmuş numunelerin daha az çökmüş yapısının gözlemlenen yüksek rehidrasyon oranını açıklamak için kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Çalışma sonucunda mikrodalga vakumlu kurutma

yönteminin daha kaliteli kurutulmuş mantar ürünü elde etmek için uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Akgün vd. (2017), Karadeniz Bölgesi'nde fındığın hasat mevsimi boyunca havanın çok nemli ve yağışlı olması nedeniyle geleneksel yöntemle kurutulmasında kuruma süresinin uzaması ve fındıkta çürüme meydana gelmesi gibi sorunlar yaşandığını bildirmişlerdir. Bu da fındığın raf ömrünü ve kalitesini azaltmakta, fındıklarda aflatoxin oluşmasına yol açmaktadır. Fındığın kurutulması sırasında meydana gelen bu olumsuz etkilerden kurtulmak amacıyla kütle transferi mekanik olarak gerçekleştirilmektedir. Yapılan çalışmada; fındığın daha az enerji harcayarak kısa sürede kurutulması ve kalite özelliklerini koruması için 3000 K LED renk sıcaklığına sahip kabin tipi kurutma sistemi kullanılmıştır. Fındıklar, 14-15 ve 16-17 mm boyutta ve 4 farklı hava hızında (0, 0.5, 1 ve 1.5 m s<sup>-1</sup>) kurutulmuştur. Güneşte ve fırında kurutma uygulamaları da kontrol olarak kullanılmıştır. Fındığın 3000 K LED renk sıcaklığında kurutulması süre ve ürünün kalitesi bakımından güneşte kurutmadan daha iyi sonuçlar vermiştir. Konveksiyonel kurutuculardan ise süre ve enerji verimliliği bakımından üstün bulunmuştur.

Kurutma; su aktivitesini mikroorganizmaların çoğalmasını, enzimatik reaksiyonları ve diğer bozunma reaksiyonlarını engelleyecek kadar düşük bir seviyeye indirerek uzun raf ömrüne sahip ürünler ortaya çıkarmaktadır. Bu işlemin faydalarına rağmen, yüksek sıcaklıklar kullanıldığında ısıya duyarlı ürünlerin kalitesi düşmektedir. Düşük kurutma sıcaklıklarının kullanılması ısı hasarını azaltmakla birlikte kuruma süresinin uzamasına, dolayısıyla oksidasyon reaksiyonları meydana gelmesine ve kalitenin düşmesine neden olmaktadır. Bu nedenle alternatif teknikler üzerinde çalışılmaktadır. Gıda endüstrisinde güç ultrasonu, gelecek vaat eden bir teknoloji olarak kabul edilmektedir. Bu teknolojinin potansiyeli, katı-sıvı ve katı-gaz sistemlerinde kütle transfer süreçlerini hızlandırma yeteneğine dayanmaktadır. Güç ultrasonu ile kurutma işleminin yoğunlaştırılması, akustik olarak desteklenen bir sıvı ortama batırma gibi ön işlemler kullanılarak veya kurutma işleminin kendisi sırasında, gazlı ortamda güç ultrasonu uygulanarak, kurutma sırasında ürün davranışının değiştirilmesiyle elde edilebilir. Bu derlemede, akustik enerjinin kurutma sürecini yoğunlaştırması amaçlandığında, uygulama ön işleminden önce veya kurutma işlemi sırasında yapıldığında, güç ultrasonu uygulamasının meyve ve sebzeler gibi farklı kurutulmuş ürünlerin kalitesi üzerine etkileri özetlemiştir (Rodríguez et al., 2018).

Fındığın daha kısa sürede, besin özelliklerini koruyarak ekonomik kurutulması amacıyla LED'li fındık kurutma sistemi tasarlanmıştır. Yapılan çalışmada LED ile fındık arasındaki mesafe ve fındık boyutunun kuruma süresi üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada mesafeye bağlı olarak radyasyon etkisinin hem ortam sıcaklığı hem de fındık iç sıcaklığı üzerine etkisi belirlenmiştir. Fındık ile LED arasındaki mesafe 5 mm ve fındık çapı 16-17 mm boyutunda iken 3000 K, 4000 K ve 6500 K LED renk sıcaklıklarında kurutma ile güneşte (4080 dk) ve fırında kurutma süreleri karşılaştırılmış ve LED'li kurutma sisteminde sürenin kısaldığı tespit edilmiştir. LED ile fındık arasındaki mesafe arttıkça kuruma süresi artmıştır. Bu fark en belirgin 4000 K LED renk sıcaklığında ortaya çıkmıştır. Mesafenin 15 cm olmasına göre 5 ve 10 cm olduğunda sırasıyla %33 ve 29 oranında kurutma süresinin daha kısa olduğu saptanmıştır. En kısa kuruma süresi (840 dk), LED ile fındığın arasındaki mesafenin 5 cm ve fındıkların 14-15 mm boyutunda olduğunda 3000 K LED renk sıcaklığında elde edilmiştir. En uzun ise (1680 dk), LED ile fındığın arasındaki mesafenin 15 cm ve 18 mm üzeri fındık boyutunda 6500 K LED renk sıcaklığında belirlenmiştir. Çalışma sonucunda fındık boyutu arttıkça farklı renk sıcaklıklarındaki LED'li kurutma yöntemlerinde kuruma sürelerinin uzadığı tespit edilmiştir (Akgün ve Kandemir, 2019).

Han (2019), *Agaricus bisporus* ve *Pleurotus ostreatus* türlerinde kurutmada enerji etkinliği ve kaliteli mantar kurutma amacıyla infrared kurutma tekniğinin kullanılabilirliğini araştırmıştır. Her iki mantar türünde; 300, 400 ve 500 W infrared emitter gücünün ve 1.0, 1.5 ve 2.0 m s<sup>-1</sup> hava hızının kuruma süresi, enerji tüketimi, renk değişimi ile rehidrasyon ve büzülme özelliklerine etkisi belirlenmiştir. İnfrared emitter gücü arttıkça kuruma süresi kısalmıştır. Hem *P. ostreatus* hem de *A. bisporus* için 1.5 ve 2.0 m s<sup>-1</sup> hava hızındaki renk değişimleri, 1.0 m s<sup>-1</sup> hava hızlarına göre düşük olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda hava hızı arttıkça renk değişiminin azaldığı belirlenmiştir.

Zhao et al. (2019) tarafından yapılan çalışmada dondurarak kurutma (FD), uzak kızılötesi radyasyonla kurutma (FIRD), ısı pompasıyla kurutma (HPD), sıcak havayla kurutma (HAD) ve sıcak havayla kombine ani kontrollü basınç düşüşüyle kurutmanın (DIC) kurutma verimliliği ve kurutulmuş shiitake mantarlarının kalite özellikleri üzerine etkisi karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda HPD, HAD ve DIC ile karşılaştırıldığında; FIRD yönteminin shiitake mantarında daha az çekme, daha düşük

$\Delta E$  (6.10), daha düşük sertlik (34.82 N) ve daha yüksek rehidrasyon oranı (7.55) ile daha iyi bir görünüm sergilediği ve FD örneğine benzer olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, FD ve FIRD numunesinde önemli ölçüde daha yüksek protein (2.47 ve 2.30 mg g<sup>-1</sup>) ve polisakkarit tutulumu (1.79 ve 1.39 mg g<sup>-1</sup>) olduğu belirlenmiştir. Ayrıca FD'ye göre FIRD ile kurutma, kuruma süresinde %66.25 oranında tasarruf sağlaması ve aroma bileşenlerinin daha yüksek olması nedeniyle üstün bulunmuştur. Sonuç olarak beş kurutma yöntemiyle kurutulan ürünler arasında en iyi kalite FIRD yöntemi ile kurutulan shiitake mantarı ürünlerinden elde edilmiştir.

Kidoń and Grabowskak (2021) çalışmalarında konvektif kurutma (CD), konvektif kurutma ile vakumlu mikrodalga ön işlemi (CMWV) ve dondurarak kurutma (FD) olmak üzere üç kurutma yönteminin kırmızı etli elma küplerinin biyoaktif bileşik içerikleri, antioksidan aktiviteleri, renk özellikleri ve duyuşal özellikleri üzerine etkisini incelemiştir. Farklı kurutma yöntemleri, ürünün kalite faktörlerini önemli ölçüde etkilemiştir. Kalan fenoliklerin en yüksek konsantrasyonu, FD yöntemi ile kurutulan elmalarda belirlenmiştir. Kurutma yöntemleri antosiyaninlerin miktarını önemli ölçüde azaltmıştır. Bununla birlikte, en yüksek antioksidan aktivitesi CD elma küplerinden, en düşük ise CMWV elma küplerinden elde edilmiştir. Renkte de önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Çalışmada, FD elma küplerinin L\* (açıklık) ve a\* (kırmızı parametre) için yaklaşık %20 daha yüksek değerlere ve diğer kurutulmuş numunelere göre renk ve koku duyuşal özellikler bakımından daha iyi özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir.

Luo et al. (2021) tarafından yapılan çalışmada, hava jeti çarpmalı kurutmanın (AID) shiitake mantarının duyuşal nitelikleri üzerine etkisi, sıcak havayla kurutma (HAD) ve vakumlu dondurarak kurutma (VFD) yöntemleri ile karşılaştırılarak kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. AID, enzimatik ve Maillard reaksiyonlarını kısmen engelleyerek kurutulmuş mantarların karakteristik tatlarını (soğan benzeri koku ve umami) önemli ölçüde iyileştirmiştir. AID ve VFD yöntemi arasında kurutulan mantarların doku özellikleri (rehidrasyon ve büzülme) bakımından fark olmadığı, buna karşılık her iki yöntemin HAD yöntemine göre daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir. AID, HAD ve VFD teknolojilerinin avantajlarını birleştirerek toplam kalite açısından HAD ve VFD'den daha iyi performans göstermiştir. Ancak AID yöntemi ile kurutulan mantarların toplam serbest amino asit ve çözünür şeker içeriği biraz azalmıştır. Çalışma sonucunda AID yönteminin geçerli kurutma yöntemlerine kıyasla daha

yüksek duyuşal kaliteli shiitake mantarları elde etmek için umut verici bir kurutma teknolojisi olduğu bildirilmiştir.

Su tutma kapasitesi (WHC), rehidrate shiitake mantarının değeriendirilmesi için önemli bir faktördür, çünkü WHC duyuşal nitelikleri büyük ölçüde etkiler. Çalışmada farklı sıcak hava kurutma sıcaklığından etkilenen rehidre shiitake mantarının WHC'si, hücre zarı bütünlüğü, hücre duvarı lifli malzemesinin durumu ve protein denatürasyonu açısından araştırılmıştır. Üç faktör arasında protein denatürasyonu, rehidrasyondan sonra gözenekli yapının korunması ile yakından ilişkili olduğundan, rehidre edilmiş mantarın WHC'sini etkilemede en önemli rolü oynamıştır. Hücre duvarı lifli materyalin durumunun WHC değerişikliklerine etkisi nispeten zayıf ve yüksek sıcaklıkta (>80°C) WHC değerişiklikleriyle büyük ölçüde ilişkili bulunmuştur. Hücre zarının, bütünlük kaybından dolayı rehidre edilmiş shiitake mantarının WHC değerişikliklerine katkıda bulunma olasılığının düşük olduğü belirtilmiştir (Qiu et al., 2021).

Liu et al. (2022) tarafından yapılan çalışmada ısı pompalı nem alma cihazıyla kurutmanın (HPD) shiitake mantarının duyuşal nitelikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada HPD yöntemi ile sıcak havayla kurutma (HAD) ve vakumla dondurarak kurutma (VFD) yöntemleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada elde edilen veriler, HPD'nin, enzimatik ve Maillard reaksiyonlarını kısmen inhibe ederek kurutulmuş mantarların karakteristik tatlarını (uçucu sülfid seviyeleri ve eşdeğer umami konsantrasyonu) önemli ölçüde iyileştirdiğini göstermiştir. HPD mantarlarının rehidrasyon, büzüleme ve mikroyapısal özellikleri, VFD ve HAD mantarları arasında orta düzeyde bulunmuştur. Çalışmada duyuşal kalite analizinin sonuçları, genel kalite açısından HPD mantarlarının HAD ve VFD mantarlarından daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymuştur. İlave olarak HPD (0.85 kWh kg<sup>-1</sup>) yönteminin HAD (2.65 kWh kg<sup>-1</sup>) ve VFD'den (6.67 kWh kg<sup>-1</sup>) önemli ölçüde daha düşük enerji tüketimine sahip olduğü belirlenmiştir. HPD'nin yüksek duyuşal kalibreli kurutulmuş shiitake mantarlarının üretimi için ticari olarak çekici düşük enerjili bir teknik olduğü sonucuna varılmıştır.

Pataiya et al. (2023) farklı kurutma yöntemlerinin *Pleurotus ostreatus* mantarının fonksiyonel besleyici ve organoleptik özellikler üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada taze istiridye mantarları güneşte kurutma, 70°C'de vakumlu kurutma, -40°C'de dondurarak kurutma, 50°C'de tepside kurutma ve 55°C'de sıcak hava kurutma yöntemleri ile kurutulmuştur. Sıcak hava ile kurutmada

mantarların maksimum yağ tutma kapasitesi, hidrasyon kapasitesi, TSS ve toplam şeker değerleri sırasıyla 2.47 g gm<sup>-1</sup>, 4.36 g gm<sup>-1</sup>, 3.40 brix ve %10.04 olarak belirlenmiştir. Sıcak havayla kurutmada, tüm kurutma işlemleri arasında en yüksek biyokimyasal özellikler, mineral bileşenler ve fiziko-kimyasal özellikler elde edilmiştir. En yüksek kalsiyum, sodyum, potasyum ve magnezyum değerleri de sıcak havayla kurutma yönteminde bulunmuştur. En yüksek protein içerikleri sıcak havayla kurutmada (17.10 gm 100 gm<sup>-1</sup>) elde edilmiş, bunu 70°'de vakumla kurutma ve -40°C'de dondurucuda kurutma yöntemleri izlemiştir.

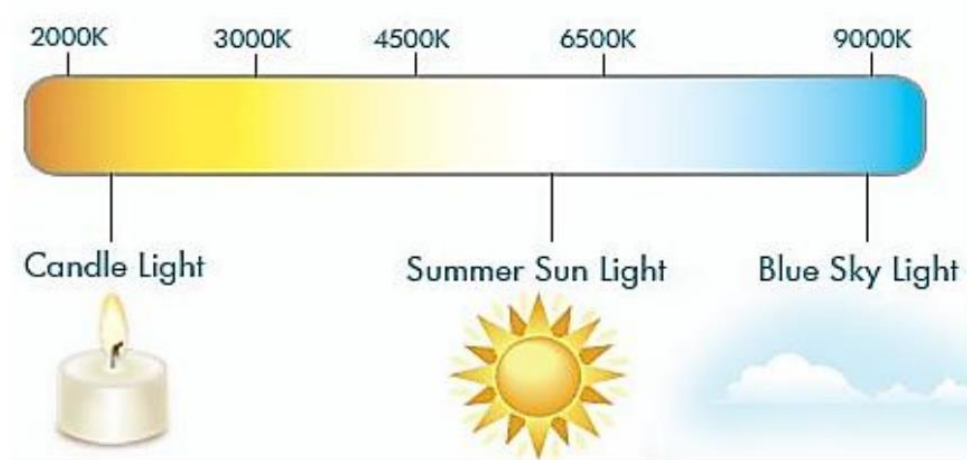


### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Çalışmada shiitake (*Lentinula edodes*) mantarının Sylvan firmasına ait 4325 çeşidi kullanılmıştır. Mantarlar ticari bir firmadan temin edilmiştir. Hasat edilen mantarlar, içerisine buz yerleştirilmiş %90 neme sahip soğutma kabı içerisinde laboratuvara transfer edilmiş ve kurutma işlemi yapılmaya kadar +4 °C’de muhafaza edilmiştir.

LED, Light Emitting Diode’in baş harflerinden oluşmakta olup, ışık yayan diyot anlamındadır. LED’lerde rengin sıcaklığı, Kelvin (K) ile ölçülen ve 2000 K-10000 K arasında yer alan renk sıcaklıklarında (CCT) üretilmektedir. Renk sıcaklıkları; 2500 K-3300 K sıcak beyaz ışık (sarı ışık), 3300 K-5000 K arası doğal beyaz ışık (gün ışığı) ve 5000 K-6500 K soğuk beyaz ışık (beyaz ışık) olmak üzere 3 ana gruba ayrılmıştır. Sıcaklık renk skalası Şekil 3.1’de verilmiştir. Çalışmada renk sıcaklıkları esas alınarak 3 farklı LED renk sıcaklığı kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Kelvin skalası ve renk sıcaklıkları (Kandemir, 2019)

#### 3.2. Metot

Çalışmanın başlangıcında taze örneklerde analiz yapılmak üzere yeterince shiitake mantar örneği alınarak parçalanmış ve falkon tüp içerisinde analizler yapılmaya kadar -20°C’de muhafaza edilmiştir.

Çalışmada shiitake mantarları bütün ve dilimlenmiş olmak üzere 2 şekilde kurutulmuşlardır. Bütün mantarlarda sadece saplar kesilmiştir. Dilimlenmiş mantarlar ise 1 x 1 cm boyutunda küp şeklinde kesilmişlerdir (Şekil 3.2 ve 3.3).



Şekil 3.2. Bütün mantarlardan bir görünüm



Şekil 3.3. Küp şeklinde dilimlenen mantarlardan bir görünüm

Çalışmada bütün ve dilimlenmiş mantarlar

- 1) Elektrikli gıda kurutucusunda hava kuru (kontrol),
- 2) 3000 K LED kurutma (sıcak beyaz LED),
- 3) 4000 K LED kurutma (doğal beyaz LED) ve
- 4) 6500 K LED kurutma (soğuk beyaz LED) olmak üzere kurutulmuşlardır.

Kabin tipi LED’li kurutucu içerisine yerleştirilen mantarlardan nem doğal taşınımıyla kurutma ortamlarından uzaklaşmıştır. Ortam ve ürün sıcaklığının aşırı artmaması için kabin duvarlarına pencereler açılarak ısınan nemli havanın ortamdaki doğal yollarla uzaklaşması sağlanmıştır. Böylece farklı renk sıcaklıktaki kurutma ortamlarının sıcaklıkları yaklaşık aynı olmuştur.

Çalışmada ele alınan LED'lerin özellikleri Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan LED'lerin özellikleri

| Renk sıcaklığı<br>(CCT) | Işık akısı<br>(lm) | Gerilim<br>(V) | Güç<br>(W) | LED kodu             |
|-------------------------|--------------------|----------------|------------|----------------------|
| 3000 K                  | 11520              | 12             | 96         | KL-HPL-LH351A-Vo-12  |
| 4000 K                  | 11529              | 24             | 94.5       | KL-L281B-WAT0S0-35XL |
| 6500 K                  | 11760              | 12             | 84         | KL-HPL-LH351A-P0-12  |

Mantarların 3 farklı renk sıcaklığına sahip LED ile kurutulması amacıyla LED'li kabin tipli tasarlanan sistem kullanılmıştır (Şekil 3.4). Farklı LED renk sıcaklıklarında kurutmaya mantar nem içerikleri %12 oluncaya kadar devam edilmiş, daha sonra elde edilen her bir örneğe ait mantarlar elektrikli öğütücüde öğütülmüştür. Öğütülen örnekler analizler yapılincaya kadar falkon tüpler içerisinde -20°C'de muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.4. LED kabin tipi kurutma üniteleri

Çalışmada kullanılan gıda kurutucusunun (Dehydrator) modeli, LT-27 (China) olup, 50 Hz, 1000 W ve 220-240 V özellikleri taşımaktadır. Gıda kurutucusunda mantarlar, %12 neme ulaşincaya kadar 65°C'de kurutulmuşlardır. Kurutucunun fotoğrafı Şekil 3.5'de verilmiştir.



Şekil 3.5. Elektrikli gıda kurutucusu

### 3.2.1. Taze ve Kurutulan Mantar Örneklerinde Yapılan Analizler

**Mineral madde miktarı ( $\text{mg kg}^{-1}$ ):** Mineral madde analizleri Kacar ve İnal (2008)'a göre yapılmıştır. 1 g örnek kül fırınında  $525 \pm 25^\circ\text{C}$ 'de kuru yakılmış, külün üzerine 4 ml HCl ilave edilmiştir. Daha sonra bu örneklerin üzerine 50 ml saf su ilave edilerek çözelti elde edilmiştir. Çözeltiler Falcon tüplerinde saklanmıştır. Mantar örneklerine ait çözeltiler ve standart çözeltiler ICP-MS cihazına yerleştirilmiş, elementlere ait cps değerleri ölçülmüştür. Kalibrasyon grafiğinden faydalanarak mineral madde analizi sonuçları % ve  $\text{mg kg}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Fosfor tayininde, Vanomolibdofosforik sarı renk yöntemi kullanılmıştır. 430 nm dalga boyu spektrofotometre'de okunmuştur.

**pH tayini:** Püre haline getirilmiş mantar örneklerinde pH metre yardımıyla belirlenmiştir.

**Suda çözünebilir kuru madde (SÇKM):** Ozturk et al. (2021)'e göre yapılmıştır.

**Titre edilebilir asit (TEA):** Ozturk et al. (2021)'e göre yapılmıştır.

**Protein miktarı (%):** Azot tayini, kurutulup öğütülen mantar örneklerinde Kjeldahl yöntemi ile belirlenmiştir (AOAC, 1984). Protein miktarı ise bulunan azot değerinin 6.25 faktörüyle çarpılması ile hesaplanmıştır.

**C vitamini:** Yeterince taze ve kuru mantar örneği alınarak bir homojenat elde edilmiş ve tülbentten süzölmüştür. Elde edilen mantar suyu oksalik asitle 10 kat seyreltilmiştir (5 g mantar suyu örneği, 50 ml oksalik asit). Ölçömlerde reflectoquant cihazı (Merck RQflex plus 10, Türkiye) kullanılmıştır. Her bir okuma 15 sn süre içerisinde gerçekleştirilmiştir. Okumalarda, ilk olarak seyreltilmiş mantar suyu çözeltisine kapalı gaz sızdırmaz test kit tüpünden alınan askorbik asit test kiti 2 sn süre ile daldırılmıştır. Daha sonra 8 s dışarıda okside olması için bekletilmiş ve 5 s kala reflectoquant cihazının (Şekil 3.6) test adaptörü içerisine yerleştirilmiştir. Cihazda okunan değeri kaydedilerek mg kg<sup>-1</sup> olarak ifade edilmiştir (Ozturk et al., 2021).



Şekil 3.6. C vitamin ölçümünde kullanılan refletoquant

**Toplam fenolik madde miktarı (mg GAE kg<sup>-1</sup>):** toplam fenolik bileşikler; Singleton and Rossi (1965) metodu modifiye edilerek Ozturk et al. (2021)'nın çalışmasında tarif edildiği üzere Folin-Ciocalteu's kimyasalı kullanılarak belirlenmiştir. Başlangıçta 400 µL taze mantar ekstraktı alınmış, bunun üzerine 4.2 mL saf su ilave edilmiştir. Üzerine 100 µL Folin-Ciocalteu's ayırıcı ile %2'lik sodyum karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) ilave edilmiş ve 2 saat bekletilmiştir. Daha sonra mavimsi bir renk alan çözelti spektrofotometre de 760 nm dalga boyunda ölçölmüştür. Gallik asidin farklı konsantrasyonlarda (mg mL<sup>-1</sup>) hazırlanan standart çözeltisi ile grafik çizilmiş ve örneklerin absorbans sonuçları elde edilen formölden gallik asit cinsinden hesaplanmıştır.

## Antioksidan aktivitesi

**a. DPPH serbest radikali giderme aktivitesi:** Mantar ekstraktının DPPH $\cdot$  (2, 2-difenil-1- pikrilhidrazil) serbest radikali giderme aktivitesi Blois (1958)'in metodu modifiye edilerek (Ozturk et al., 2021) belirlenmiştir. Serbest radikal olarak DPPH çözeltisi kullanılmıştır. Deney tüplerine sırasıyla değişik konsantrasyonlarda çözelti oluşturacak şekilde stok çözelti aktarılmıştır. DPPH $\cdot$  serbest radikalının 0.1 mM ethanol çözeltisinin 0.5 ml'lik miktarı, örneğin ekstraktı ve standart antioksidan çözeltisinin (50-500  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ) toplam hacimleri 3 ml'ye tamamlanmıştır. Karışım dinamik bir şekilde karıştırılmış ve 30 dk oda sıcaklığında bekletilmiştir. Daha sonra karışımın absorbansı 517 nm'de spektrofotometrede ölçülmüştür. Elde edilen absorbans değerleri Troloks (TE) (10-100  $\mu\text{mol L}^{-1}$ ) standart ile hazırlanan kurveden elde edilen formül ile hesaplanmıştır. Sonuçlar  $\mu\text{mol TE kg}^{-1}$  kuru ağırlık cinsinden ifade edilmiştir.

**b. FRAP [Demir iyonları (Fe+3) indirgeme antioksidan gücü testi]:** Benzie and Strain (1996)'in çalışmasında ifade ettiği yöntem modifiye edilerek belirlenmiştir. FRAP analizi için hazırlanmış stok çözeltiden 300  $\mu\text{L}$  taze mantar ekstraktı alınmış ve üzerine 1.25 ml fosfat tamponu, 1.25 ml potasyum ferrik siyanit ilave edilmiştir. 25 dk. 50°C'de inkübasyon işlemi gerçekleştirildikten sonra numuneler üzerine 1.25 TCA ve 0.25 ml demir klorür ilave edilmiştir. Daha sonra hazırlanmış olan numuneler spektrofotometre de 700 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Elde edilen değerler Troloks cinsinde hesaplanarak  $\mu\text{mol TE kg}^{-1}$  kuru ağırlık olarak ifade edilmiştir.

**Renk:** Mantar örneklerine ait renk değerleri, renk ölçer (Minolta, model CR-400, Tokyo, Japonya) vasıtasıyla ölçülmüştür. Hazırlanan skalaya göre  $L^*$  parlaklık,  $a^*$  değeri kırmızılık-yeşillik,  $b^*$  değeri ise sarılık-mavilik olarak ifade edilmiştir (McGuire, 1992).

**Renk değişimi:** Taze ve kurutulmuş örnekler arasındaki renk değişiklikleri Wang et al. (2014)'e göre değerlendirilmiştir. Renk değişimi ( $\Delta E$ ) aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\Delta E = \sqrt{[(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2]}$$

$L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  kurutulmuş mantar örneklerine ait renk değerleri,  $L_0^*$ ,  $a_0^*$  ve  $b_0^*$  taze mantar örneklerine ait renk değerleri

### **3.2.2. İstatistiksel Analiz**

Araştırmadan elde edilen verilerin değerlendirilmesinde IBM SPSS versiyon 20.0 istatistik analiz programı kullanılmıştır. Denemeden elde edilen veriler Tesadüf Parselleri deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey testi ile belirlenmiştir.



## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Taze Shiitake Mantarına ait Analiz Sonuçları

Kurutma öncesi hasat edilen ve laboratuvara getirilen taze shiitake mantarlarında belirlenen mineral madde, biyoaktif bileşen ve renk değerleri Tablo 4.1’de verilmiştir.

Çalışmada taze shiitake mantarlarının pH değeri 5.23 olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.1). Bu değer, Öztürk (2010)’ün belirlediği pH 6.00 değerinden düşük bulunmuştur. Taze shiitake mantarlarının titre edilebilir asit içeriği %0.45 ve toplam fenolik madde miktarı 71.00 mg GAE 100 g<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.1). Öztürk (2010) tarafından yapılan çalışmada ise taze shiitake mantarının titre edilebilir asit içeriği %0.24 ve toplam fenolik madde miktarı 330.04 mg GAE 100 g<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur.

Tablo 4.1. Taze shiitake mantarlarının mineral madde, biyoaktif bileşen ve renk değerleri

| Özellikler                                         | Değerler |
|----------------------------------------------------|----------|
| K (%)                                              | 0.20     |
| P (%)                                              | 0.05     |
| Ca (mg kg <sup>-1</sup> )                          | 232.48   |
| Mg (mg kg <sup>-1</sup> )                          | 107.43   |
| Na (mg kg <sup>-1</sup> )                          | 329.03   |
| Mn (mg kg <sup>-1</sup> )                          | 1.35     |
| Fe (mg kg <sup>-1</sup> )                          | 16.75    |
| Cu (mg kg <sup>-1</sup> )                          | 1.78     |
| Zn (mg kg <sup>-1</sup> )                          | 21.55    |
| Se (mg kg <sup>-1</sup> )                          | -*       |
| As (mg kg <sup>-1</sup> )                          | -*       |
| Cd (mg kg <sup>-1</sup> )                          | 0.10     |
| Pb (mg kg <sup>-1</sup> )                          | 0.08     |
| pH                                                 | 5.23     |
| SÇKM (%)                                           | 2.30     |
| Titre edilebilir asit (mg laktik asit 100 mL )     | 0.45     |
| Vitamin C (mg 100 g <sup>-1</sup> )                | 35.00    |
| Protein (%)                                        | 1.82     |
| Toplam fenolik madde (mg GAE 100 g <sup>-1</sup> ) | 71.00    |
| DPPH içerikleri (mmol TE 100 g <sup>-1</sup> )     | 62.50    |
| FRAP içerikleri (mmol TE 100 g <sup>-1</sup> )     | 150.67   |
| Renk                                               |          |
| L*                                                 | 30.21    |
| a*                                                 | 6.36     |
| b*                                                 | 12.59    |

-\*: <0.00 altı değer olduğu için belirlenememiştir

Taze shiitake mantarlarının protein değeri %1.82 olarak belirlenmiştir (Tablo 4.1). Taze shiitake mantarlarının protein değerleri, Lee (1980)’in çalışmasında elde

ettiği taze shiitake mantarlarının protein değerlerinden (%1.5) yüksek, İlbay (1994)'ın değerleri (%1.55-1.85) ile uyumlu bulunmuştur.

#### 4.2. Bütün ve Dilimlenmiş Olarak Farklı LED Renk Sıcaklıklarında Kurutulan Shiitake Mantarlarının Mineral Madde İçerikleri

Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının K (%) değerleri Tablo 4.2'de verilmiştir. Bütün ve dilimlenmiş olarak kurutma, kurutma yöntemleri ve bunların interaksiyonları arasında mantarların K değerleri bakımından istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) fark olduğu tespit edilmiştir. Bütün olarak kurutulan shiitake mantarlarının K içerikleri, dilimlenerek kurutulandan istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek bulunmuştur. Uygulamalar karşılaştırıldığında; en yüksek K miktarı gıda kurutucusunda kurutulan (hava kuru) mantarlardan elde edilmiştir. K miktarları, LED renk sıcaklıkları arttıkça azalmış ve hava kuru>3000 K>4000 K>6500 K olarak sıralanmıştır. İnteraksiyon değerleri en yüksek ve düşük sırasıyla %2.27-0.92 aralığında tespit edilmiştir. Öztürk (2010) tarafından yapılan çalışmada farklı kurutma ve ön işlem uygulanmış shiitake mantarların kuru madde de K içerikleri %2.25-3.53 olarak belirlenmiştir. Matilda et al. (2001) ise shiitake mantarında yapılan bir çalışmada K içeriğini %2.67 olarak saptamıştır. Çalışmada elde edilen K değerleri bu araştırmacıların bulgularından kısmen düşük bulunmuştur.

Tablo 4.2. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının K (%) değerleri

| Uygulamalar | Bütün  | Dilimlenmiş | Ortalama |
|-------------|--------|-------------|----------|
| Hava kuru   | 1.54d  | 2.27a       | 1.90a    |
| 3000 K      | 1.75bc | 1.10e       | 1.43b    |
| 4000 K      | 1.83b  | 1.05ef      | 1.44b    |
| 6500 K      | 1.59cd | 0.92f       | 1.25c    |
| Ortalama    | 1.67a  | 1.33b       |          |

Farklı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) fark vardır.

Bütün ve dilimlenmiş olarak kurutma, farklı LED renk sıcaklıkları ile kurutma ve bunların interaksiyonlarının shiitake mantarının P içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. K içeriğinin tersine P içeriği dilimlenmiş mantarlarda bütün mantarlardan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Farklı LED renk sıcaklıklarında kurutma yöntemleri arasında shiitake mantarının P içerikleri

bakımından istatistiksel fark olmadığı, hava kuru yöntemi ile kurutulan mantarların P içeriklerinin bu kurutma yöntemleri ile kurutulan mantarlardan önemli düzeyde yüksek olduğu saptanmıştır. Özellikle bütün olarak mantarın kurutulmasında farklı LED renk sıcaklıkları arttıkça P içeriğinin azaldığı görülmektedir. En yüksek P değeri bütün olarak hava kuru şeklinde kurutulan shiitake mantarlarında %0.51, en düşük ise aralarında istatistiksel fark bulunmayan bütün olarak 4000 K ve 6500 K’da kurutulan shiitake mantarlarında (sırasıyla %0.23 ve 0.24) belirlenmiştir (Tablo 4.3). Shiitake mantarının P içeriğini %0.87 (Mattila et al., 2001) ve %0.61-0.98 (Öztürk, 2010) olarak bildiren araştırmacıların değerleri ile benzer bulunmuştur.

Tablo 4.3. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının P (%) değerleri

| Uygulamalar | Bütün | Dilimlenmiş | Ortalama |
|-------------|-------|-------------|----------|
| Hava kuru   | 0.51a | 0.42bc      | 0.47a    |
| 3000 K      | 0.30d | 0.42bc      | 0.36b    |
| 4000 K      | 0.23d | 0.48ab      | 0.36b    |
| 6500 K      | 0.24d | 0.40c       | 0.32b    |
| Ortalama    | 0.32b | 0.43a       |          |

Farklı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) fark vardır.

Mantarın Ca içerikleri üzerine ele alınan kurutma şekli ve yöntemlerinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. P içeriğinde olduğu gibi dilimlenen mantarların Ca içerikleri ( $365.49 \text{ mg kg}^{-1}$ ), bütün mantarlardan ( $296.82 \text{ mg kg}^{-1}$ ) daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kurutma yöntemleri arasında en yüksek Ca içeriği hava kuru yönteminden elde edilmekle birlikte 3000 K ve 6500 K yöntemleri ile arasında istatistiksel fark olmadığı saptanmıştır. İnteraksiyon değerleri incelendiğinde en düşük ve yüksek Ca değerleri sırasıyla  $253.93\text{-}524.58 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlenmiştir (Tablo 4.4). Bu değerler shiitake mantarında farklı kurutma ve ön işlem uygulayan Öztürk (2010)’ün tespit ettiği Ca değerleri ile  $263.12\text{-}335.58 \text{ mg kg}^{-1}$  benzer bulunmuştur. George et al. (2014) *L. edodes* türüne ait 4 farklı suş ve 3 ticari çeşidin talaş kültürü üzerinde yetiştirildiğinde Ca içeriklerinin  $179.8\text{-}1698 \text{ mg kg}^{-1}$  aralığında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Tablo 4.4. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının Ca (mg kg<sup>-1</sup>) değerleri

| Uygulamalar | Bütün    | Dilimlenmiş | Ortalama |
|-------------|----------|-------------|----------|
| Hava kuru   | 253.93b  | 524.58a     | 389.26a  |
| 3000 K      | 340.73ab | 340.98ab    | 340.86ab |
| 4000 K      | 264.83b  | 273.82b     | 269.33b  |
| 6500 K      | 327.77ab | 322.58ab    | 325.18ab |
| Ortalama    | 296.82b  | 365.49a     |          |

Farklı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli (p<0.05) fark vardır.

Shiitake mantarının Mg içeriği üzerine bütün ve dilimlenmiş kurutma şekli, kurutma yöntemleri ve bunların interaksiyon etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bütün kurutulan mantarların Mg içerikleri, dilimlenerek kurutulan mantarlardan daha yüksek bulunmuştur. Kurutma yöntemleri karşılaştırıldığında LED renk sıcaklık değeri arttıkça shiitake mantarlarının Mg içeriklerinin azaldığı (hava kuru>3000 K>4000 K>6500 K) tespit edilmiştir. En yüksek Mg içeriği 871.80 mg kg<sup>-1</sup> ile dilimlenmiş hava kuru mantarlarda saptanmıştır. Belirlenen Mg değerleri, etüv ve infrared kurutmada 2. ön işlem uygulamasında mantarların Mg içeriği 908.80 ve 908.70 mg kg<sup>-1</sup>, dondurarak kurutma kontrol uygulamasında ise 1631.71 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirleyen Öztürk (2010)'un değerlerinden düşük bulunmuştur. Gaur et al. (2016) shiitake mantarının Mg içeriğini 456.0 mg kg<sup>-1</sup> ve Regula and Siwulski (2007) ise 1622 mg kg<sup>-1</sup> olarak bildirmişlerdir. Bunun mantar çeşidine, yetiştirme koşullarına ve uygulanan kurutma yöntemlerindeki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 4.5. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının Mg (mg kg<sup>-1</sup>) değerleri

| Uygulamalar | Bütün    | Dilimlenmiş | Ortalama |
|-------------|----------|-------------|----------|
| Hava kuru   | 625.37cd | 871.80a     | 748.58a  |
| 3000 K      | 771.48ab | 545.87de    | 658.68b  |
| 4000 K      | 760.63ab | 449.63e     | 605.13bc |
| 6500 K      | 688.18bc | 445.85e     | 567.02c  |
| Ortalama    | 711.42a  | 578.29b     |          |

Farklı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli (p<0.05) fark vardır.

Kurutma şekli (bütün ve dilimlenmiş), kurutma yöntemleri (hava kuru ve farklı LED renk sıcaklıkları) ve interaksiyonların shiitake mantarlarının Na içeriği üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Mantarların Na

içeriklerinin 383.48-552.50 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değiştiği saptanmıştır (Tablo 4.6). Bu değerler, *L. edodes* türüne ait 4 farklı suş ve 3 ticari çeşidin Na içeriklerinin 191.3-3448 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değiştiğini bildiren George et al. (2014)'nın değerleri ile uyumludur. Çalışmada elde edilen Na içerikleri, kurutulan shiitake mantarının Na içeriğinin 135.6 mg kg<sup>-1</sup> olduğunu bildiren Regula and Siwulski (2007)'nin bulgularından ise yüksek bulunmuştur.

Tablo 4.6. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının Na (mg kg<sup>-1</sup>) değerleri

| Uygulamalar | Bütün    | Dilimlenmiş | Ortalama |
|-------------|----------|-------------|----------|
| Hava kuru   | 384.27öd | 455.60      | 419.93öd |
| 3000 K      | 383.48   | 420.07      | 401.78   |
| 4000 K      | 440.23   | 552.50      | 496.37   |
| 6500 K      | 548.95   | 391.60      | 470.28   |
| Ortalama    | 439.23öd | 454.94      |          |

öd: önemli değil

Tablo 4.7 incelendiğinde görüleceği gibi shiitake mantarlarının Mn içerikleri bütün olarak kurutulduğunda dilimlenmiş mantarlara göre istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksektir. Kurutma yöntemleri karşılaştırıldığında en yüksek Mn içeriği gıda kurutucusunda hava kuru örneklerde (11.33 mg kg<sup>-1</sup>) tespit edilmiştir. Farklı LED renk sıcaklıklarında kurutulan mantarların Mn içerikleri arasında istatistiksel fark olmadığı ve Mn içeriklerinin 8.61-8.69 mg kg<sup>-1</sup> arasında olduğu saptanmıştır. Kurutma şekli x yöntemleri interaksiyonlarının mantarların Mn içerikleri üzerine etkisinin de istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır. En düşük Mn değerleri dilimlenerek 4000 K (6.05 mg kg<sup>-1</sup>) ve 6500 K'da (6.28 mg kg<sup>-1</sup>) kurutulan mantarlarda, en yüksek ise dilimlenerek gıda kurutucusunda kurutulan mantarlarda 13.75 mg kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur (Tablo 4.7).

Tablo 4.7. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının Mn (mg kg<sup>-1</sup>) değerleri

| Uygulamalar | Bütün   | Dilimlenmiş | Ortalama |
|-------------|---------|-------------|----------|
| Hava kuru   | 8.92bcd | 13.75a      | 11.33a   |
| 3000 K      | 9.80bc  | 7.42cd      | 8.61b    |
| 4000 K      | 11.32ab | 6.05d       | 8.68b    |
| 6500 K      | 11.10ab | 6.28d       | 8.69b    |
| Ortalama    | 10.28a  | 8.38b       |          |

Farklı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli (p<0.05) fark vardır.

Mantarların bütün veya dilimlenerek kurutulması arasında Fe içeriği bakımından istatistiksel bir fark bulunmamıştır. Farklı LED renk sıcaklıklarında kurutulan mantarların Fe içerikleri kontrol olarak ele alınan hava kuru mantarların Fe içeriklerinden düşük bulunmuştur. İnteraksiyonlar incelendiğinde en yüksek Fe içeriği dilimlenerek gıda kurutucusunda kurutulan mantarlarda tespit edilmiştir. En düşük Fe içeriği ise dilimlenerek 4000 K'da kurutulan shiitake mantarlarında saptanmıştır (Tablo 4.8). Çalışmada 21.12-54.48 mg kg<sup>-1</sup> aralığında belirlenen Fe içerikleri; Öztürk (2010)'ün (51.89-78.12 mg kg<sup>-1</sup>) ve Gaur et al. (2016)'nın değerlerinden (197.0 mg kg<sup>-1</sup>) düşük bulunmuştur. Mattila et al. (2001), Regula and Siwulski (2007) ve George et al. (2014)'in tespit ettikleri değerlerle (sırasıyla 44.4-125.1 mg kg<sup>-1</sup>, 39.5 mg kg<sup>-1</sup> ve 33 mg kg<sup>-1</sup>) uyumlu olduğu görülmektedir.

Tablo 4.8. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının Fe (mg kg<sup>-1</sup>) değerleri

| Uygulamalar | Bütün   | Dilimlenmiş | Ortalama |
|-------------|---------|-------------|----------|
| Hava kuru   | 36.02ab | 54.48a      | 45.25a   |
| 3000 K      | 28.92ab | 27.78ab     | 28.35b   |
| 4000 K      | 41.93ab | 21.12b      | 31.53ab  |
| 6500 K      | 24.25ab | 45.97ab     | 35.11ab  |
| Ortalama    | 32.78öd | 37.34       |          |

Farklı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli (p<0.05) fark vardır. öd: önemli değil

Kurutma şekli (bütün ve dilimlenmiş), kurutma yöntemleri (hava kuru ve farklı LED renk sıcaklıkları) ve interaksiyonların shiitake mantarlarının Cu içeriği üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli (p<0.05) olduğu belirlenmiştir. Bütün kurutulan shiitake mantarların Cu içerikleri dilimlenerek kurutulanlardan daha yüksek bulunmuştur. Kurutma yöntemleri karşılaştırıldığında; en yüksek Cu içeriği kontrol

olarak ele alınan hava kuru mantarlardan ( $7.81 \text{ mg kg}^{-1}$ ) elde edilmiştir. Bunu aralarında istatistiksel fark bulunmayan 6500 K ve 3000 K uygulamaları izlemiştir. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün olarak kurutulan mantarların Cu içerikleri yüksek iken hava kuru mantarlarda tam tersi gerçekleşmiştir. En düşük Cu değeri  $4.08 \text{ mg kg}^{-1}$  ile dilimlenerek kurutulan 3000 K uygulamasında, en yüksek ise dilimlenerek kurutulan hava kuru uygulamasında tespit edilmiştir (Tablo 4.9). Öztürk (2010) kurutma çalışmasında mantarların Cu içeriklerini  $6.12\text{-}12.13 \text{ mg kg}^{-1}$  aralığında bulmuştur. George et al. (2014) *L. edodes* türüne ait 4 farklı suş ve 3 ticari çeşidin talaş kültürü üzerinde yetiştirildiğinde Cu içeriklerinin  $13.7\text{-}182.4 \text{ mg kg}^{-1}$  aralığında değiştiğini bildirmişlerdir. Gaur et al. (2016) da *L. edodes* mantarının Cu içeriğini  $14.1 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak saptamışlardır. Elde edilen Cu içerikleri, George et al. (2014) ve Gaur et al. (2016)'dan düşük bulunmuştur.

Tablo 4.9. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının Cu ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) değerleri

| Uygulamalar | Bütün   | Dilimlenmiş | Ortalama |
|-------------|---------|-------------|----------|
| Hava kuru   | 7.15ab  | 8.47a       | 7.81a    |
| 3000 K      | 8.03a   | 4.08c       | 6.06ab   |
| 4000 K      | 6.33abc | 4.28bc      | 5.31b    |
| 6500 K      | 8.80a   | 4.25bc      | 6.53ab   |
| Ortalama    | 7.58a   | 5.27b       |          |

Farklı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.05$ ) fark vardır.

Kurutma şekli ve interaksiyonların shiitake mantarlarının Zn içerikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli, kurutma yöntemlerinin etkisi ise önemsiz bulunmuştur. Bütün olarak kurutulan mantarların Zn içeriklerinin dilimlenerek kurutulanlardan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. İnteraksiyon incelendiğinde; bütün olarak kurutulan tüm kurutma yöntemleri ( $67.20\text{-}77.12 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ve dilimlenerek gıda kurutucusunda kurutulan mantarların Zn içerikleri ( $68.85 \text{ mg kg}^{-1}$ ) istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Dilimlenerek farklı LED renk sıcaklıklarında kurutulan mantarların Zn içerikleri ise diğerlerine göre ( $47.48\text{-}49.77 \text{ mg kg}^{-1}$ ) daha düşük bulunmuştur (Tablo 4.10). George et al. (2014) yaptıkları çalışmada farklı shiitake suş ve çeşitlerinin Zn içeriklerini  $59.3\text{-}283.9 \text{ mg kg}^{-1}$  aralığında değiştiğini bildirmişlerdir. Kurutulan shiitake mantarının Zn içeriği Regula and Siwulski (2007) tarafından  $125.9 \text{ mg kg}^{-1}$  ve Gaur et al. (2016) tarafından ise  $77.0 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak bulunmuştur.

Tablo 4.10. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının Zn (mg kg<sup>-1</sup>) değerleri

| Uygulamalar | Bütün  | Dilimlenmiş | Ortalama |
|-------------|--------|-------------|----------|
| Hava kuru   | 67.20a | 68.85a      | 68.03öd  |
| 3000 K      | 75.85a | 49.77b      | 62.81    |
| 4000 K      | 72.92a | 48.87b      | 60.89    |
| 6500 K      | 77.12a | 47.48b      | 62.30    |
| Ortalama    | 73.27a | 53.74b      |          |

Farklı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) fark vardır. öd: önemli değil

Bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan mantarların Se içerikleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. Kurutma yöntemleri karşılaştırıldığında hava kuru mantarların Se içeriğinin farklı LED renk sıcaklarında kurutulan mantarların Se içeriğinden istatistiksel olarak  $p<0.05$  düzeyinde yüksek olduğu saptanmıştır. İnteraksiyonda da farkı oluşturan uygulama dilimlenerek gıda kurutucusunda kurutulan hava kuru mantarların Se içeriği olmuştur. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının Se değerleri 0.02-0.10 mg kg<sup>-1</sup> aralığında saptanmıştır (Tablo 4.11).

Tablo 4.11. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının Se (mg kg<sup>-1</sup>) değerleri

| Uygulamalar | Bütün  | Dilimlenmiş | Ortalama |
|-------------|--------|-------------|----------|
| Hava kuru   | 0.05b  | 0.10a       | 0.08a    |
| 3000 K      | 0.05b  | 0.03b       | 0.04b    |
| 4000 K      | 0.05b  | 0.03b       | 0.04b    |
| 6500 K      | 0.05b  | 0.02b       | 0.03b    |
| Ortalama    | 0.05öd | 0.05        |          |

Farklı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) fark vardır. öd: önemli değil

Mantarların bütün veya dilimlenerek kurutulması arasında As içeriği bakımından istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Kurutma yöntemleri karşılaştırıldığında; en yüksek As içeriği aralarında istatistiksel fark bulunmayan 3000 K ve hava kuru uygulamalarındaki mantarlardan elde edilmiştir. İnteraksiyonlar incelendiğinde en yüksek As içeriği aralarında istatistiksel fark bulunmayan bütün olarak 3000 K’da kurutulan ve dilimlenerek gıda kurutucusunda kurutulan mantarlarda tespit edilmiştir. Diğer uygulamalar arasında önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir

(Tablo 4.12). Mleczek et al. (2017), Polonya’da değişik substratlarda ticari olarak yetiştirilen shiitake mantarının As içeriğini kuru ağırlıkta 1.80 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlemişlerdir. Bu değerin insan sağlığına potansiyel olarak olumsuz seviyelerde olduğu ve bu mantar türünden elde edilen gıda ürünlerinde bu elementin izlenmesi gerektiğini bildirmişlerdir. Çalışmadan elde edilen As içerikleri, Mleczek et al. (2017)’nın bildirdiği değerden çok düşük olup, insan sağlığı için olumsuzluk oluştıracak düzeyde değildir.

Tablo 4.12. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının As (mg kg<sup>-1</sup>) değerleri

| Uygulamalar | Bütün  | Dilimlenmiş | Ortalama |
|-------------|--------|-------------|----------|
| Hava kuru   | 0.05b  | 0.15a       | 0.10a    |
| 3000 K      | 0.20a  | 0.07b       | 0.13a    |
| 4000 K      | 0.07b  | 0.05b       | 0.06b    |
| 6500 K      | 0.05b  | 0.05b       | 0.05b    |
| Ortalama    | 0.09öd | 0.08        |          |

Farklı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli (p<0.05) fark vardır.

Tablo 4.13 incelendiğinde görüleceği gibi bütün olarak kurutulan shiitake mantarlarının Cd içeriklerinin, dilimlenmiş kurutulanlara göre istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir. Kurutma yöntemlerinin Cd üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve en yüksek Cd içeriği hava kuru ve 4000 K uygulamalarından elde edilmiştir. Kurutma şekli x yöntemleri interaksiyonlarının mantarların Cd içerikleri üzerine etkisi de istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En düşük Cd değerleri dilimlenmiş shiitake mantarlarının 6500 K (0.20 mg kg<sup>-1</sup>)’da, en yüksek ise bütün olarak 4000 K (1.20 mg kg<sup>-1</sup>)’da kurutulan mantarlarda elde edilmiştir (Tablo 4.13). Cd içeriğinin yüksek olması diyetle arzu edilmemektedir. Diyetle alınan Cd, kanser riskini artırdığı için yüksek düzeyde alınması insan sağlığı bakımından olumsuz kabul edilmektedir (Siwulski et al., 2019). Mleczek et al. (2017) shiitake mantarının Cd içeriğini kuru ağırlıkta 1.76 mg kg<sup>-1</sup> olarak tespit etmişler ve bu değerin insan sağlığı için olumsuz seviyelerde olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada shiitake mantarlarından elde edilen Cd değerleri bu değerden düşük bulunmuştur. Ancak bu elementin izlenmesinde fayda bulunmaktadır. Regula and Siwulski (2007), kurutulan shiitake mantarının Cd içeriğini 2.40 mg kg<sup>-1</sup> olarak saptamışlardır. George et al. (2014) farklı shiitake suş ve çeşitlerinin Cd içeriklerinin 0.27-3.70 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değiştirdiğini bildirmişlerdir.

Tablo 4.13. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının Cd (mg kg<sup>-1</sup>) değerleri

| Uygulamalar | Bütün   | Dilimlenmiş | Ortalama |
|-------------|---------|-------------|----------|
| Hava kuru   | 0.68bc  | 0.85ab      | 0.77a    |
| 3000 K      | 0.47cde | 0.28de      | 0.38b    |
| 4000 K      | 1.20a   | 0.25de      | 0.73a    |
| 6500 K      | 0.58bcd | 0.20e       | 0.39b    |
| Ortalama    | 0.73a   | 0.40b       |          |

Farklı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli (p<0.05) fark vardır.

Kurutma şekli (bütün ve dilimlenmiş), kurutma yöntemleri (hava kuru ve farklı LED renk sıcaklıkları) ve interaksiyonların shiitake mantarlarının Pb içeriği üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Mantarların Pb içeriklerinin 0.08-0.12 mg kg<sup>-1</sup> aralığında değiştiği saptanmıştır (Tablo 4.14). George et al. (2014) farklı shiitake suş ve çeşitlerinin Pb içeriklerini 0-2.2 mg kg<sup>-1</sup> olarak tespit etmişlerdir.

Tablo 4.14. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının Pb (mg kg<sup>-1</sup>) değerleri

| Uygulamalar | Bütün  | Dilimlenmiş | Ortalama |
|-------------|--------|-------------|----------|
| Hava kuru   | 0.08öd | 0.10        | 0.09öd   |
| 3000 K      | 0.08   | 0.10        | 0.09     |
| 4000 K      | 0.12   | 0.10        | 0.11     |
| 6500 K      | 0.10   | 0.08        | 0.09     |
| Ortalama    | 0.10öd | 0.10        |          |

öd: önemli değil

Taze örneklerle göre hem hava kuru hem de farklı LED renk sıcaklıklarındaki kurutmaların mantarın mineral madde içeriklerini artırdığı görülmektedir. Taze örneklerde Se ve As mineralleri düşük olması nedeni ile belirlenmezken, kurutulan örneklerde tespit edilmiştir (Tablo 4.1, 4.11 ve 4.12). Bu taze örneklerdeki su içeriği ile ilişkilidir. Farklı araştırmacıların yaptığı değişik çalışmalardan elde edilen shiitake mantarlarının mineral içerikleri ile bu çalışmadan elde edilen shiitake mantarlarının mineral içeriklerinde farklılıklar olduğu görülmektedir. Bu shiitake mantarının çeşidine, yetiştirme ortamına, kurutma yöntemine ve ön işlemlere bağlıdır. Farklı kurutma işlemleri, ham maddenin bileşimi kadar fiziksel özelliklerini de etkileyebilmektedir (Dalmau et al., 2017; Pataiya et al., 2023).

#### 4.3. Bütün ve Dilimlenmiş Olarak Farklı LED Renk Sıcaklıklarında Kurutulan Shiitake Mantarlarının pH, SÇKM, Titre Edilebilir Asit İçerikleri

Shiitake mantarlarının pH değerleri incelendiğinde; mantarın bütün veya dilimlenerek kurutulması, kurutma yöntemleri ve bunlar arasındaki etkileşimler arasında istatistiksel olarak  $p < 0.05$  düzeyinde önemli bir fark olduğu saptanmıştır. Shiitake mantarlarının dilimlenerek kurutulduğunda bütün kurutulmaya göre pH değerlerinin yükseldiği belirlenmiştir. Farklı LED renk sıcaklıklarında kurutulan mantarların pH değerleri arasında istatistiksel fark bulunmamış, ancak gıda kurutucusunda (hava kuru) kurutulan mantarların pH değerlerinin farklı LED renk sıcaklıklarında kurutulan shiitake mantarlarından önemli düzeyde düşük olduğu saptanmıştır. Etkileşim incelendiğinde; en düşük pH değeri 5.75 ile bütün olarak hava kuru mantarlarda, en yüksek ise 6.31 ile dilimlenmiş 6500 K'da kurutulan mantarlarda tespit edilmiştir (Tablo 4.15).

Tablo 4.15. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının pH değerleri

| Uygulamalar | Bütün   | Dilimlenmiş | Ortalama |
|-------------|---------|-------------|----------|
| Hava kuru   | 5.75d   | 6.11abc     | 5.93b    |
| 3000 K      | 6.02bcd | 6.23ab      | 6.13a    |
| 4000 K      | 5.93cd  | 6.29ab      | 6.11a    |
| 6500 K      | 6.08abc | 6.31a       | 6.20a    |
| Ortalama    | 5.95b   | 6.24a       |          |

Farklı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.05$ ) fark vardır.

Bütün olarak kurutulan shiitake mantarlarının suda çözünür kuru madde miktarları (%6.84), dilimlenerek kurutulan mantarlardan (%5.18) istatistiksel olarak önemli düzeyde daha yüksek bulunmuştur. SÇKM değerleri bakımından kurutma yöntemleri arasında da önemli fark bulunmuştur. En yüksek SÇKM içeriği 3000 K uygulamasından (%6.41) elde edilmiştir. Bütün ve dilimlenmiş shiitake mantarları ve kurutma yöntemleri arasındaki etkileşim incelendiğinde; mantarların SÇKM miktarlarının %4.97-7.63 aralığında olduğu görülmüştür (Tablo 4.16).

Tablo 4.16. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının suda çözünür kuru madde (SÇKM) değerleri (%)

| Uygulamalar | Bütün | Dilimlenmiş | Ortalama |
|-------------|-------|-------------|----------|
| Hava kuru   | 6.67b | 5.40d       | 6.03b    |
| 3000 K      | 7.63a | 5.20de      | 6.41a    |
| 4000 K      | 6.17c | 5.13de      | 5.65c    |
| 6500 K      | 6.90b | 4.97e       | 5.93b    |
| Ortalama    | 6.84a | 5.18b       |          |

Farklı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) fark vardır.

Tablo 4.17 incelendiğinde görüleceği gibi bütün olarak kurutulan shiitake mantarlarının TEA içerikleri, dilimlenmiş kurutulanlara göre istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek bulunmuştur. Kurutma yöntemlerinin kurutulan mantarların TEA içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Kurutma şekli x yöntemleri interaksiyonlarının mantarların TEA içerikleri üzerine etkisi ise istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuştur. En düşük TEA değerleri dilimlenmiş-hava kuru shiitake mantarlarında ( $0.42 \text{ mg laktik asit } 100 \text{ mL}^{-1}$ ), en yüksek ise bütün-hava kuru shiitake mantarlarında ( $1.77 \text{ mg laktik asit } 100 \text{ mL}^{-1}$ ) belirlenmiştir (Tablo 4.17).

Tablo 4.17. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının titre edilebilir asit (TEA) değerleri ( $\text{mg laktik asit } 100 \text{ mL}^{-1}$ )

| Uygulamalar | Bütün  | Dilimlenmiş | Ortalama |
|-------------|--------|-------------|----------|
| Hava kuru   | 1.77a  | 0.42c       | 1.10öd   |
| 3000 K      | 0.45c  | 1.06bc      | 0.76     |
| 4000 K      | 1.02bc | 0.68bc      | 0.85     |
| 6500 K      | 1.01bc | 1.15ab      | 1.08     |
| Ortalama    | 1.06a  | 0.83b       |          |

Farklı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) fark vardır.

#### 4.4. Bütün ve Dilimlenmiş Olarak Farklı LED Renk Sıcaklıklarında Kurutulan Shiitake Mantarlarının Protein İçerikleri

Bütün olarak kurutulan shiitake mantarlarının protein içerikleri, dilimlenerek kurutulanlardan istatistiksel olarak önemli düzeyde daha yüksek bulunmuştur. Protein içeriği bakımından kurutma yöntemleri arasında da önemli fark bulunmuştur. Kontrol olarak ele alınan gıda kurutucusunda kurutulan (hava kuru) shiitake mantarlarının protein içerikleri farklı LED renk sıcaklıklarında kurutulan mantarların protein

içeriklerinden yüksek bulunmuştur. Özellikle dilimlenmiş mantarlarda bu farkın daha büyük olduğu görülmektedir. Bütün ve dilimlenmiş shiitake mantarları ve kurutma yöntemleri arasındaki interaksiyon incelendiğinde; mantarların protein içerikleri %9.13-18.93 aralığında bulunmuştur (Tablo 4.18).

Özçelik ve Pekşen (2006) shiitake mantarlarının protein miktarlarının kuru madde de %15.60-25.72 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Philippoussis et al. (2007) tarafından yapılan çalışmada shiitake mantarlarının protein içerikleri %11.03-18.97 ve Ranjbar et al. (2017) tarafından yapılan çalışmada ise %12.29-15.84 olarak bulunmuştur. Çalışmada kurutulan shiitake mantarlarının protein içerikleri, Baktemur (2020) tarafından farklı substratlarda yetiştirilen *Lentinula edodes* mantarının protein içeriklerinden (%21.25-35.62) düşük bulunmuştur. Farklı araştırmacıların tespit ettikleri protein değerleri ile bu çalışmadaki değerler arasındaki farkların shiitake mantarlarının yetiştirildiği kompostların bileşimine, çeşide ve uygulamaya bağlı olduğu düşünülmektedir.

Tablo 4.18. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının protein (%) değerleri

| Uygulamalar | Bütün  | Dilimlenmiş | Ortalama |
|-------------|--------|-------------|----------|
| Hava kuru   | 16.68a | 18.93a      | 17.80a   |
| 3000 K      | 16.94a | 10.27b      | 13.61b   |
| 4000 K      | 18.87a | 9.13b       | 14.00b   |
| 6500 K      | 17.01a | 9.17b       | 13.09b   |
| Ortalama    | 17.38a | 11.88b      |          |

Farklı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.05$ ) fark vardır.

#### 4.5. Bütün ve Dilimlenmiş Olarak Farklı LED Renk Sıcaklıklarında Kurutulan Shiitake Mantarlarının Biyoaktif Bileşen İçerikleri

Kurutma şekli (bütün ve dilimlenmiş), kurutma yöntemleri (hava kuru ve farklı LED renk sıcaklıkları) ve interaksiyonların shiitake mantarlarının C vitamini içeriği üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Çalışmada shiitake mantarlarının bütün olarak kurutulduğunda dilimlenmiş olarak kurutulmaya göre önemli düzeyde daha yüksek C vitamini (askorbik asit) içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.19). Bu durumun mantarların kurutulmadan önce kesilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. C vitamini; oksijen, sıcaklık, ışık, metal iyonu katalizi ve nem içeriği gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak bozulabilmektedir (Rojas and

Gerschenson, 2001). En yüksek C vitamini 6500 K uygulamasından (168.83 mg 100 g<sup>-1</sup>), en düşük hava kuru uygulamasından (75.50 mg 100 g<sup>-1</sup>) elde edilmiştir. İnteraksiyon değerleri incelendiğinde; en düşük C vitamini değeri 63.67 mg 100 g<sup>-1</sup> ile dilimlenerek elektrikli gıda kurutucusunda kurutulan (hava kuru) mantarlarda, en yüksek ise 190.67 mg 100 g<sup>-1</sup> ile dilimlenmiş 6500 K'da kurutulan mantarlarda tespit edilmiştir (Tablo 4.19).

Tablo 4.19. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının C vitamini miktarları (mg 100 g<sup>-1</sup>)

| Uygulamalar | Bütün   | Dilimlenmiş | Ortalama |
|-------------|---------|-------------|----------|
| Hava kuru   | 87.33d  | 63.67e      | 75.50d   |
| 3000 K      | 182.33a | 125.00c     | 153.67b  |
| 4000 K      | 144.67b | 131.33bc    | 138.00c  |
| 6500 K      | 147.00b | 190.67a     | 168.83a  |
| Ortalama    | 140.33a | 127.67b     |          |

Farklı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli (p<0.05) fark vardır.

Shiitake mantarlarının toplam fenolik madde miktarları bakımından bütün veya dilimlenerek kurutma, kurutma uygulamaları ve ikisinin interaksiyonları arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmuştur. Shiitake mantarları dilimlenerek kurutulduğunda bütün kurutulmaya göre toplam fenolik madde miktarında azalma olduğu belirlenmiştir. Kurutma yöntemleri birbiriyle karşılaştırıldığında; en yüksek toplam fenolik madde miktarı 6500 K uygulamasında, en düşük ise 3000 K uygulamasında tespit edilmiştir. İnteraksiyon değerleri incelendiğinde en yüksek toplam fenolik madde miktarı 832.63 mg GAE 100 g<sup>-1</sup> ile bütün olarak 6500 K uygulamasında kurutulan, en düşük ise 221.87 mg GAE 100 g<sup>-1</sup> ile dilimlenmiş 3000 K uygulamasında kurutulan mantarlardan elde edilmiştir (Tablo 4.20). Taze shiitake mantarındaki toplam fenolik madde miktarının (71.00 mg GAE 100 g<sup>-1</sup>) kurutma ile arttığı tespit edilmiştir (Tablo 4.1). Kurutmanın polifenol oksidaz enzimlerini inaktive etme işlevi gördüğü ve fitokimyasalların bileşiminde önemli değişikliklere yol açtığı bildirilmiştir (Capecka et al., 2005). Zhang et al. (2009) yaptıkları çalışmada taze shiitake örneklerinde toplam fenolik madde miktarını 149.6 mg GAE 100 g<sup>-1</sup> olarak belirlemişler ve farklı kurutma yöntemlerinin toplam fenolik madde miktarını etkilediğini saptamışlardır. Araştırmacılar, çalışmada toplam fenolik madde miktarlarını mikrodalga, güneşte kurutma, fırında kurutma ve dondurarak kurutma yöntemlerinde ise sırasıyla 106.7, 93.4, 132.1 ve 160.1 mg GAE 100 g<sup>-1</sup> taze shiitake olarak tespit

etmişlerdir. Öztürk (2010) yaptığı çalışmada dondurarak, etüvde ve infrared kurutma yöntemleri uygulanan shiitake mantarlarının toplam fenolik madde içeriklerini sırasıyla 206.45, 116.56 ve 111.51 mg GAE 100 g<sup>-1</sup> olarak tespit etmiştir. Çalışmada elde ettiğimiz toplam fenolik madde miktarları bu araştırmacıların bulgularından daha yüksek bulunmuştur. Bu kurutma yöntemleri ve başlangıç shiitake mantarlarının toplam fenolik madde içeriklerinden kaynaklanmış olabilir.

Tablo 4.20. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının toplam fenolik madde miktarları (mg GAE 100 g<sup>-1</sup>)

| Uygulamalar | Bütün   | Dilimlenmiş | Ortalama |
|-------------|---------|-------------|----------|
| Hava kuru   | 532.23b | 333.17e     | 432.70b  |
| 3000 K      | 243.30f | 221.87f     | 232.58d  |
| 4000 K      | 293.33e | 448.73c     | 371.03c  |
| 6500 K      | 832.63a | 376.90d     | 604.77a  |
| Ortalama    | 475.38a | 345.17b     |          |

Farklı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli (p<0.05) fark vardır.

Kurutmada shiitake mantarlarının bütün ve dilimlenmiş olması, farklı LED renk sıcaklıkları ve bunların interaksiyonlarının shiitake mantarının DPPH ve FRAP içerikleri (mmol TE 100 g<sup>-1</sup>) üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Tablo 4.21 ve 4.22). Toplam fenolik madde içeriğinin tersine bütün kurutulan mantarların DPPH ve FRAP içerikleri, dilimlenmiş kurutulanlardan daha düşük bulunmuştur.

Tablo 4.21. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının DPPH içerikleri (mmol TE 100 g<sup>-1</sup>)

| Uygulamalar | Bütün    | Dilimlenmiş | Ortalama |
|-------------|----------|-------------|----------|
| Hava kuru   | 151.53d  | 95.17e      | 123.35d  |
| 3000 K      | 161.01cd | 180.00c     | 170.50b  |
| 4000 K      | 81.72e   | 212.94b     | 147.33c  |
| 6500 K      | 248.07a  | 241.81a     | 244.94a  |
| Ortalama    | 160.58b  | 182.48a     |          |

Farklı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli (p<0.05) fark vardır.

DPPH içerikleri bakımından kurutma uygulamaları karşılaştırıldığında en yüksekten küçüğe doğru DPPH içerikleri 6500 K>3000 K>4000 K>Hava kuru olarak sıralanmıştır. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının DPPH içerikleri incelendiğinde; en yüksek değerler bütün ve

dilimlenmiş 6500 K uygulamasından (sırasıyla 248.07 ve 241.81 mmol TE 100 g<sup>-1</sup>), en düşük ise bütün 4000 K ve dilimlenmiş hava kuru uygulamasından (sırasıyla 81.72 ve 95.17 mmol TE 100 g<sup>-1</sup>) elde edilmiştir (Tablo 4.21).

Farklı LED renk sıcaklıkları ve gıda kurutucusunda kurutulan shiitake mantarlarının FRAP değerleri karşılaştırıldığında en yüksek değerler 723.73 mmol TE 100 g<sup>-1</sup> ile 6500 K uygulamasından, en düşük ise 312.95 mmol TE 100 g<sup>-1</sup> ile 3000 K uygulamasından elde edilmiştir. Mantarların FRAP içerikleri bakımından interaksiyon değerleri incelendiğinde en düşük ve yüksek FRAP değerleri 284.51 (bütün hava kuru)-742.47 mmol TE 100 g<sup>-1</sup> (bütün 6500 K) aralığında bulunmuştur (Tablo 4.22).

Tablo 4.22. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının FRAP içerikleri (mmol TE 100 g<sup>-1</sup>)

| Uygulamalar | Bütün   | Dilimlenmiş | Ortalama |
|-------------|---------|-------------|----------|
| Hava kuru   | 284.51e | 484.98c     | 384.75c  |
| 3000 K      | 165.36f | 460.54c     | 312.95d  |
| 4000 K      | 319.47d | 679.52b     | 499.50b  |
| 6500 K      | 742.47a | 704.99b     | 723.73a  |
| Ortalama    | 377.95b | 582.51a     |          |

Farklı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli (p<0.05) fark vardır.

Mantarların biyoaktif bileşen içerikleri mantar türüne, depolama ve kurutma yöntemine bağlı olarak değişebilmektedir (Güvenkaya, 2021). Taze shiitake mantarının DPPH içeriği 62.50 mmol TE 100 g<sup>-1</sup> ve FRAP içeriği 150.67 mmol TE 100 g<sup>-1</sup> olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.1). Başlangıç taze mantarlara göre kurutulmuş mantarların DPPH ve FRAP değerlerinin arttığı görülmektedir. Bu artış dokularda mevcut olan ve serbest hale geçen polifenollerden kaynaklanmış olabilir (Yağcıları, 2020). Vega-Gálvez et al. (2009) antioksidan kapasitesindeki artışı, gıdalarda doğal olarak bulunan antioksidan miktarının azalmasına rağmen, Maillard reaksiyonlarının ileri aşamasında oluşan bileşiklerin miktarının artması ile açıklamıştır. Cheung et al. (2003) *Lentinus edodes* ve *Volvariella volvacea* mantar türlerinin ekstraksiyonlarının lipit peroksidasyonu sırasında oluşan serbest radikalleri indirdiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, mantar ekstraktları içerisindeki fenolik bileşenlerin konsantrasyonu ile antioksidan aktiviteleri arasında da olumlu bir korelasyon olduğunu tespit etmişlerdir. Aynı şekilde Öztürk (2010), mantarın antioksidan aktivitesinin fenolik maddelerden kaynaklandığını bildirmiştir.

#### 4.5. Bütün ve Dilimlenmiş Olarak Farklı LED Renk Sıcaklıklarında Kurutulan Shiitake Mantarlarının Renk Değerleri

Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının L\*, a\* ve b\* renk değerleri Tablo 4.23, 4.24 ve 4.25’de verilmiştir. Kurutma şekli (bütün ve dilimlenmiş), kurutma yöntemleri (hava kuru ve farklı LED renk sıcaklıkları) ve interaksiyonların shiitake mantarlarının L\* ve a\* renk değerleri üzerine etkilerinin istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 4.23. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının L\* renk değerleri

| Uygulamalar | Bütün | Dilimlenmiş | Ortalama |
|-------------|-------|-------------|----------|
| Hava kuru   | 27.13 | 29.57       | 28.35    |
| 3000 K      | 22.55 | 25.83       | 24.19    |
| 4000 K      | 21.55 | 21.36       | 21.45    |
| 6500 K      | 18.99 | 21.54       | 20.26    |
| Ortalama    | 22.55 | 24.57       |          |

öd: önemli değil

Tablo 4.24. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının a\* renk değerleri

| Uygulamalar | Bütün | Dilimlenmiş | Ortalama |
|-------------|-------|-------------|----------|
| Hava kuru   | 9.13  | 4.22        | 6.67     |
| 3000 K      | 10.15 | 7.98        | 9.06     |
| 4000 K      | 7.20  | 9.73        | 8.46     |
| 6500 K      | 10.60 | 8.78        | 9.69     |
| Ortalama    | 9.27  | 7.67        |          |

öd: önemli değil

Kurutulan ürünlerin renkleri tüketici tercihinde ve piyasa değerini belirlemede önemli kriterlerden biridir. Kurutmada en önemli sorunlardan birisi de ürün renginde meydana gelen değişimdir. Kurutulmuş mantarın doğal rengine benzer olması istenilmektedir. Kurutulmuş shiitake mantarlarında renk kalitesi için L\* değerinin yüksek ve renk farkının ( $\Delta E$ ) ise düşük olması istenilmektedir (Wang et al., 2014; Kantrong et al., 2014).

Kurutma sırasında L\* değerinin azalma nedeninin taze mantarların karbonhidrat ve protein varlığına atfedilen enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları olduğu (Manzocco et al., 2000) düşünülmektedir. L\* değerindeki farklılıklarda O<sub>2</sub>

miktarındaki farklılık ile açıklanabilir (Artnaseaw et al., 2010). Tian et al. (2016), vakumlu kurutmada daha az oksijen bulunması nedeniyle kurutulmuş shiitake mantarlarının renklerinin daha az bozulduğunu bildirmişlerdir. Kurutma yöntemleri arasında  $L^*$  değerleri arasında her ne kadar istatistiksel fark bulunmamış olsa da hava kuru yöntemine göre farklı LED renk sıcaklıkları ile yapılan kurutmalarda  $L^*$  değerlerinin azaldığı (hava kuru > 3000 K > 4000 K > 6500 K) tespit edilmiştir (Tablo 4.23). Buna karşılık  $a^*$  değerlerinin tersine arttığı (hava kuru < 3000 K < 4000 K < 6500 K) görülmektedir (Tablo 4.24). Atalay (2015), *A. bisporus* mantarında yaptığı kurutma çalışmasında  $L^*$  değerleri üzerine kurutma yönteminin etkili olduğunu ve en iyi  $L^*$  değerini dondurarak kurutma yönteminde tespit ettiklerini bildirmişlerdir.

Mantarın kurutma şeklinin (bütün veya dilimlenerek kurutulması) ve kurutma şekli x kurutma yöntemi interaksiyonlarının  $b^*$  renk değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı, kurutma yöntemlerinin ise önemli olduğu belirlenmiştir. En yüksek  $b^*$  renk değerleri hava kuru, en düşük ise 6500 K uygulamasından elde edilmiştir. Renk sıcaklığı arttıkça  $b^*$  değerleri azalmıştır (Tablo 4.25).

Tablo 4.25. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının  $b^*$  renk değerleri

| Uygulamalar | Bütün | Dilimlenmiş | Ortalama |
|-------------|-------|-------------|----------|
| Hava kuru   | 11.36 | 10.29       | 10.82a   |
| 3000 K      | 0.13  | 3.25        | 1.69ab   |
| 4000 K      | 2.65  | -0.19       | 1.23ab   |
| 6500 K      | -8.60 | 0.10        | -4.25b   |
| Ortalama    | 1.38  | 3.36        |          |

Farklı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.05$ ) fark vardır. öd: önemli değil

Taze shiitake mantarının  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  renk değerleri (sırasıyla 30.21, 6.36 ve 12.59) ile bütün ve dilimlenmiş olarak farklı yöntemlerle kurutulan shiitake mantarlarının renk değerleri karşılaştırıldığında;  $L^*$  ve  $b^*$  değerlerinin azaldığı,  $a^*$  değerlerinin ise arttığı görülmektedir (Tablo 4.23, 4.24 ve 4.25).

Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının  $\Delta E$  renk değişim değerleri incelendiğinde; bütün veya dilimlenerek kurutmanın, kurutma yöntemlerinin ve bunların interaksiyonlarının  $\Delta E$  renk değişim değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bununla birlikte

hava kuru kurutma yönteminin  $\Delta E$  renk değişim değeri (renk farkı) (7.76), farklı LED renk sıcaklıklarında kurutma yöntemlerinden (9.33-14.69) daha düşük bulunmuştur. Farklı LED renk sıcaklıkları arttıkça  $\Delta E$  renk değişim değerinin arttığı belirlenmiştir (Tablo 4.26). Celen et al. (2010) 4 ve 7 mm kalınlığındaki mantarların dondurularak kurutulduğunda renk ve tat gibi özelliklerini önemli ölçüde koruduğunu bildirmişlerdir.

Kantrong et al. (2014) ve Wang et al. (2014) endüstriyel alanda kurutmada renk kalitesi için  $L^*$  değerinin yüksek ve renk farkının ( $\Delta E$ ) az olmasının tercih edildiğini ifade etmişlerdir. Šumić et al. (2013)  $\Delta E$  için 1.0'den yüksek değerlerin insan gözüyle algılanabilen farklılıkları ifade ettiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada  $\Delta E$  değerleri, bu değerden yüksek bulunmuştur. Bununla birlikte bütün olarak ve gıda kurutucusu ile kurutma yönteminin dilimlenmiş ve farklı LED renk sıcaklıkları kurutma yöntemlerine göre rengi daha iyi koruduğu ve taze shiitake mantarlarının renklerine daha yakın değerlere sahip olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.23, 4.24, 4.25 ve 4.26).

Tablo 4.26. Farklı LED renk sıcaklıklarında bütün ve dilimlenmiş olarak kurutulan shiitake mantarlarının  $\Delta E$  renk değişim değerleri

| Uygulamalar | Bütün | Dilimlenmiş | Ortalama |
|-------------|-------|-------------|----------|
| Hava kuru   | 4.67  | 10.86       | 7.76     |
| 3000 K      | 10.95 | 7.71        | 9.33     |
| 4000 K      | 10.00 | 14.71       | 12.35    |
| 6500 K      | 13.96 | 15.42       | 14.69    |
| Ortalama    | 9.90  | 12.17       |          |

öd: önemli değil

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllarda günlük diyet mineral kaynağı olarak kurutulmuş shiitake eklenmesi önerilmektedir. Bu nedenle mantarların mineral içerikleri en yüksek olacak şekilde kurutma şekli, kurutma yöntemi ve ön işlemlerin oluşturulması büyük önem taşımaktadır. Shiitake mantarı mineraller ve biyoaktif bileşenler bakımından zengin bir besindir. Shiitake mantarlarının mineral içerikleri  $K>P>Mg>Na>Ca$  şeklinde sıralanmıştır.

Bütün olarak kurutulan shiitake mantarlarının K, Mg, Mn, Cu, Zn, Cd, suda çözünür kuru madde (SÇKM), titre edilebilir asit, vitamin C, protein, toplam fenolik madde miktarı dilimlenerek kurutulan mantarlardan önemli düzeyde daha yüksek bulunmuştur. Kurutma yöntemleri karşılaştırıldığında; hava kuru yöntemi ile kurutulan shiitake mantarlarının K, P, Ca, Mg, Mn, Cu, Se ve protein içerikleri, farklı LED renk sıcaklıklarında kurutulan mantarların içeriklerinden önemli düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir.

Mantar için kurutma yöntemleri belirlenirken ürünün fiziksel özellikleri ve renk bakımından taze ile benzer olması renk değişimlerinin minimum düzeyde olması konusu dikkate alınmalıdır. Bu bakımdan gıda kurutucusu iyi sonuçlar vermiştir. Farklı ön işlemler denenerek renk değişimleri azaltılarak LED'li kurutma yapılabilir. Yine LED kurutmada, kabin içi hava hareketi hızı, ürün ile LED düzenek arasındaki mesafe, kabin hacmi ve farklı renklerde LED ışık gibi faktörlerin ve bunların kombinasyonlarının gerek shiitake gerekse farklı mantar türlerinin kurutma süresince kalite özellikleri üzerine olan etkisinin belirlenmesine yönelik daha detaylı araştırmalar yapılmalıdır. Ülkemizde ve mantar üretiminin sınırlı olduğu ülkelerde, kurutulmuş mantar tüketiminin günlük diyetlerde kullanımının teşvik edilmesi gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- Akgün, M., ve Kandemir, L. (2019). Alternatif fındık kurutma sistemlerinde led renk sıcaklığı ve mesafenin kuruma süresi ve ortam sıcaklığına etkisinin deneysel incelenmesi. *Academic Perspective Procedia*, 2(3), 1077-1088.
- Akgün, M., Kandemir, L., and Öztürk, B. (2018). Effect of led drying on drying behavior of *Prunus domestica* L. fruit. *Ind. J. Pharm. Edu. Res*, 52(4), S115-S118.
- Akgün, M., Şenyurt, Ö., ve Kandemir, L. (2017). Sıcak beyaz (sarı) renkli LED ile kurutmanın fındığın (*Corylus avellana* L.) kuruma karakteristiklerine etkisi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(2), 266-274.
- Al-Hussany, B., Reshak, A., and Abass, T. (2012). A study of blood gases ( $PO_2$ ,  $PCO_2$ ,  $HCO_3^-$ ) changes after long exposure to formaldehyde vapor on the respiratory system of rabbits. *Al-Qadisiyah Journal of Veterinary Medicine Sciences*, 11(1), 14-19.
- Anonim (1983). Gıda Maddeleri Muayene ve Analiz Metodları. T. C. Tarım Orman ve Köyşleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü. Ankara. 883 s.
- Arumuganathan, T., Manikantan, M. R., Rai, R. D., Anandakumar, S., and Khare, V. (2009). Mathematical modelling of drying kinetics of milky mushroom in a bed dryer. *International Agrophysics*, 23(1), 1-7.
- Artınaseaw, A., Theerakulpisut, S., and Benjapiyaporn, C. (2010). Drying characteristics of Shiitake mushroom and Jinda chili during vacuum heat pump drying. *Food and Bioproducts Processing*, 88(2-3), 105-114.
- AOAC. (1984). Association of Official Analytical Chemists. 14th Edition (Edited by Sidney Williams). Washington. USA.
- Atalay, D. (2015). Konveksiyonel ve Mikrodalga Metotlar ile Kurutulan Mantarın (*Agaricus bisporus*) Optimizasyon Koşullarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Bolu.
- Baktemur, G., Kara, E., Yazar, M., Yilmaz, N., Ağçam, E., Akyıldız, A., and Taşkın, H. (2022). Yield, quality and enzyme activity of shiitake mushroom (*Lentinula edodes*) grown on different agricultural wastes. *Notulae Botanicae Horti. Agrobotanici Cluj-Napoca*, 50(1).
- Baydaş, F., ve Altuntaş, E. (2019). İstiridye mantarının (*Pleurotus ostreatus*) bazı biyoteknik özellikleri ve kurutma karakteristiklerinin belirlenmesi. *Mantar Dergisi*, 10(3), 119-136.
- Benzie, I. 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(1), 70-76.
- Blois, M. S. (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181(4617), 1199-1200.
- Bulam, S., Pekşen, A., ve Üstün, N. Ş. (2019). Yenebilir ve tıbbi mantarların gıda ürünlerinde kullanım potansiyeli. *Mantar Dergisi*, 10(3), 137-151.
- Capecka, E., Mareczek, A., and Leja, M. (2005). Antioxidant activity of fresh and dry herbs of some Lamiaceae species. *Food Chemistry*, 93(2), 223-226.
- Celen, S., Kahveci, K., Akyol, U., and Haksever, A. (2010). Drying behavior of cultured mushrooms. *Journal of Food Processing and Preservation*, 34(1), 27-42.
- Cemeroğlu B, Karadeniz F, ve Özkan M. (2003). Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No: 28. Ankara.
- Chen, A. W. (2001). Cultivation of *Lentinula edodes* on synthetic logs. *Mushroom Growers' Newsletter*, 10(4), 3-9.

- Cheung, L. M., Cheung, P. C., and Ooi, V. E. (2003). Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. *Food Chemistry*, 81(2), 249-255.
- Choi, Y., Lee, S. M., Chun, J., Lee, H. B., and Lee, J. (2006). Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chemistry*, 99(2), 381-387.
- Chung, I. M., Kim, S. Y., Han, J. G., Kong, W. S., Jung, M. Y., and Kim, S. H. (2020). Fatty acids and stable isotope ratios in shiitake mushrooms (*Lentinula edodes*) indicate the origin of the cultivation substrate used: A preliminary case study in Korea. *Foods*, 9(9), 1210.
- Curvetto, N. S., Figlas, D. B., and Delmastro, S. (2002). Sunflower seed hulls as substrate for the cultivation of shiitake mushrooms. *HortTechnology*, 12(4), 652-655.
- Dadalı, G. (2007). Bamyas ve Ispanağın Mikrodalga Tekniğini Kullanarak Kurutulması, Doku ve Renk Özelliklerinin İncelenmesi ve Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dalmau, M. E., Bornhorst, G. M., Eim, V., Rosselló, C., and Simal, S. (2017). Effects of freezing, freeze drying and convective drying on in vitro gastric digestion of apples. *Food Chemistry*, 215, 7-16.
- Darvishi, H., Najafi, G., Hosainpour, A., Khodaei, J., and Aazdbakht, M. (2013). Far-infrared drying characteristics of mushroom slices. *Chemical Product and Process Modeling*, 8(2), 107-117.
- Das, I., and Arora, A. (2018). Alternate microwave and convective hot air application for rapid mushroom drying. *Journal of Food Engineering*, 223, 208-219.
- Demirtas, I., Erenler, R., Elmastas, M., and Goktasoglu, A. (2013). Studies on the antioxidant potential of flavones of *Allium vineale* isolated from its water-soluble fraction. *Food Chemistry*, 136(1), 34-40.
- Doğan, N., Doğan, C., ve Hayoğlu, I. (2014). Farklı sıcaklık ve süre uygulamalarının *Pleurotus ostreatus* (istiridye mantarı)'un bazı özelliklerine etkisi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 18(4), 10-16.
- Doymaz, İ., and Karasu, S. (2018). Effect of air temperature on drying kinetics, colour changes and total phenolic content of sage leaves (*Salvia officinalis*). *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 10(3), 269-276.
- Duong, A., Steinmaus, C., McHale, C. M., Vaughan, C. P., and Zhang, L. (2011). Reproductive and developmental toxicity of formaldehyde: a systematic review. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 728(3), 118-138.
- Durkan, N. (2006). Yukarı Büyük Menderes Havzasında Makrofunguslarda Ağır Metal İçeriklerinin Araştırılması. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniv., Isparta.
- Dutta, B., Raghavan, G., Dev, S., Liplap, P., Murugesan, R., Anekella, K., and Kaushal, T. (2012). A comparative study on the effects of microwave and high electric field pretreatments on drying kinetics and quality of mushrooms. *Drying Technology*, 30(8), 891-897.
- Eren, E., ve Pekşen, A. Türkiye’de kültür mantarı üretimi ve teknolojik gelişmeler. *Mantar Dergisi*, 10(3), 225-233.
- Gaur, T., Rao, P. B., and Kushwaha, K. P. S. (2016). Nutritional and anti-nutritional components of some selected edible mushroom species. *Indian Journal of Natural Products and Resources (IJNPR)[Formerly Natural Product Radiance (NPR)]*, 7(2), 155-161.

- George, P. L., Ranatunga, T. D., Reddy, S. S., and Sharma, G. C. (2014). A comparative analysis of mineral elements in the mycelia and the fruiting bodies of shiitake mushrooms. *American Journal of Food Technology*, 9(7), 360-369.
- Giri, S. K., and Prasad, S. (2007). Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms. *Journal of Food Engineering*, 78(2), 512-521.
- Giri, S., and Prasad, S. (2013). Quality characteristics of microwave-vacuum dried button mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Octa Journal of Biosciences*, 1(1).
- Günaydın, S., Sağlam, C., ve Çetin, N. (2022). Tarımsal Ürünlerin Kurutulmasında Kullanılan Kurutma Yöntemleri. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 5(1), 30-45.
- Güvenkaya, B. (2021). Farklı Periyotlarda Uygulanan Yüksek Sıcaklık-Vakum İşleminin Mantar Kuruma ve Kalite Karakteristikleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı.
- Han, M. B. (2019). Mantar Kurutmada İnfrared Kurutma Tekniğinin Kullanılması. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Hassegawa, R.H., Kasuya, M.C.M., and Vanetti, M.C.D. (2005). Growth and antibacterial activity of *Lentinula edodes* in liquid media supplemented with agricultural wastes. *Electron J Biotechnol.*, 8(2), 212-217.
- Hearst, R., Nelson, D., McCollum, G., Millar, B. C., Maeda, Y., Goldsmith, C. E., Rooney, P., Loughrey, A., Rao, J., and Moore, J. E. (2009). An examination of antibacterial and antifungal properties of constituents of Shiitake (*Lentinula edodes*) and Oyster (*Pleurotus ostreatus*) mushrooms. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 15(1), 5-7.
- Hou, H., Liu, C., Lu, X., Fang, D., Hu, Q., Zhang, Y., and Zhao, L. (2021). Characterization of flavor frame in shiitake mushrooms (*Lentinula edodes*) detected by HS-GC-IMS coupled with electronic tongue and sensory analysis: Influence of drying techniques. *LWT*, 146, 111402.
- İlbay, M. E. (1994). *Lentinus edodes* Kültür Mantarı Yetiştiriciliğinde Değişik Yetiştirme Ortamları ve Katkı Maddelerinin Verim ve Kaliteye Etkileri Üzerinde Araştırmalar. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Janiszewska, E., Witrowa-Rajchert, D., Kidoń, M., and Czapski, J. (2013). Effect of the applied drying method on the physical properties of purple carrot pomace. *International Agrophysics*, 27(2).
- Jiang, T., Feng, L., and Li, J. (2012). Changes in microbial and postharvest quality of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) treated with chitosan–glucose complex coating under cold storage. *Food Chemistry*, 131(3), 780-786.
- Kacar, B., ve İnal, A. (2008). Bitki Analizler. Nobel Yayın Dağıtım. Ankara. 879.
- Kandemir, L. (2019). LED Teknolojisi ile Fındık Kurutma. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yenilenebilir Enerji Anabilim Dalı, Ordu.
- Kantrong, H., Tansakul, A., and Mittal, G. S. (2014). Drying characteristics and quality of shiitake mushroom undergoing microwave-vacuum drying and microwave-vacuum combined with infrared drying. *Journal of Food Science and Technology*, 51(12), 3594-3608.
- Khan, A. A., Gani, A., Khanday, F. A., and Masoodi, F. (2018). Biological and pharmaceutical activities of mushroom  $\beta$ -glucan discussed as a potential functional food ingredient. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 16, 1-13.

- Kidoń, M., and Grabowska, J. (2021). Bioactive compounds, antioxidant activity, and sensory qualities of red-fleshed apples dried by different methods. *LWT*, 136, 110302.
- Kim, M. J., Chu, W. M., and Park, E. J. (2012). Antioxidant and antigenotoxic effects of shiitake mushrooms affected by different drying methods. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 41(8), 1041-1048.
- Kumar, K., Mehra, R., Guiné, R. P., Lima, M. J., Kumar, N., Kaushik, R., Ahmed, N., Yadav, A.N. and Kumar, H. (2021). Edible Mushrooms: A comprehensive review on bioactive compounds with health benefits and processing aspects. *Foods*, 10(12), 2996.
- Kumar, A., Singh, M., and Singh, G. (2013). Effect of different pretreatments on the quality of mushrooms during solar drying. *Journal of Food Science and Technology*, 50, 165-170.
- Lee, R. E. (1980). Manual of oak mushroom cultivation. Korea National Federation of Forestry Association, 1, 53.
- Li, H., Choi, Y.M., Lee, J.S., Park, J.S., Yeon, K.S., and Han, C.S. (2007). Drying and antioxidant characteristics of the shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom in a conveyor type far-infrared dryer. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 36(2), 250-254.
- Li, X., Feng, T., Zhou, F., Zhou, S., Liu, Y., Li, W., Ye, R., and Yang, Y. (2015). Effects of drying methods on the tasty compounds of *Pleurotus eryngii*. *Food Chemistry*, 166, 358-364.
- Liu, Q., Bau, T., Jin, R., Cui, X., Zhang, Y., and Kong, W. (2022). Comparison of different drying techniques for shiitake mushroom (*Lentinus edodes*): Changes in volatile compounds, taste properties, and texture qualities. *LWT*, 113651.
- Liu, Q., Cui, X., Song, Z., Kong, W., Kang, Y., Kong, W., and Ng, T. B. (2021). Coating shiitake mushrooms (*Lentinus edodes*) with a polysaccharide from *Oudemansiella radicata* improves product quality and flavor during postharvest storage. *Food Chemistry*, 352, 129357.
- Lu, H., Lou, H., Hu, J., Liu, Z., and Chen, Q. (2020). Macrofungi: A review of cultivation strategies, bioactivity, and application of mushrooms. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(5), 2333-2356.
- Luo, D., Wu, J., Ma, Z., Tang, P., Liao, X., and Lao, F. (2021). Production of high sensory quality shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) by pulsed air-impingement jet drying (AID) technique. *Food Chemistry*, 341, 128290.
- Manzocco, L., Calligaris, S., Mastrocola, D., Nicoli, M. C., and Lerici, C. R. (2000). Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. *Trends in Food Science & Technology*, 11(9-10), 340-346.
- Mattila, P., Salo-Väänänen, P., Könkö, K., Aro, H., and Jalava, T. (2002). Basic composition and amino acid contents of mushrooms cultivated in Finland. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(22), 6419-6422.
- McGuire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27(12), 1254-1255.
- Mleczek, M., Siwulski, M., Rzymiski, P., Niedzielski, P., Gąsecka, M., Jasińska, A., Budzyska, S., and Budka, A. (2017). Multi-elemental analysis of *Lentinula edodes* mushrooms available in trade. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 52(3), 196-205.
- Niego, A.G., Rapior, S., Thongklang, N., Raspe, O., Jaidee, W., Lumyong, S., and Hyde, D.H. (2021). Macrofungi as a nutraceutical source: promising bioactive compounds and market value. *J. Fungi (Basel)*, 7(5), 397.

- Olgun, H., ve Rzayev, P. (2000). Fındığın üç farklı sistemde güneş enerjisi ile kurutulması. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 24(1), 1-14.
- Özçelik, E., ve Pekşen, A. (2006). *Lentinus edodes* yetiştiriciliğinde fındık zurufundan hazırlanan farklı yetiştirme ortamlarının verim ve bazı mantar özelliklerine etkileri. *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 21(1), 65-70.
- Öztürk, A. (2010). Bazı Yenilebilir Mantar Türlerinde Farklı Önileşim ve Kurutma Yöntemlerinin Kalite Özellikleri ve Besin Öğeleri Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Ozturk, B., Havsut, E., and Yildiz, K. (2021). Delaying the postharvest quality modifications of *Cantharellus cibarius* mushroom by applying citric acid and modified atmosphere packaging. *LWT*, 138, 110639.
- Pataiya, V., Bhati, D., Singh, S. K., Maurya, D., Tyagi, D. B., and Sharma, S. (2023). Effect of different drying treatments on functional and nutritional composition of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) powder. *Indian Journal of Ecology*, 50(2), 478-481.
- Pei, F., Yang, W., Shi, Y., Sun, Y., Mariga, A. M., Zhao, L., Fang, Y., Ma, N., An, X., and Hu, Q. (2014). Comparison of freeze-drying with three different combinations of drying methods and their influence on colour, texture, microstructure and nutrient retention of button mushroom (*Agaricus bisporus*) slices. *Food and Bioprocess Technology*, 7(3), 702-710.
- Pekşen, A., Kibar, B., ve Yakupoğlu, G. (2007). Yenilebilir bazı *Lactarius* türlerinin morfolojik özelliklerinin, protein ve mineral içeriklerinin belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 22(3), 301-305.
- Philippoussis, A., Diamantopoulou, P., and Israilides, C. (2007). Productivity of agricultural residues used for the cultivation of the medicinal fungus *Lentinula edodes*. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 59(3), 216-219.
- Politowicz, J., Lech, K., Sánchez-Rodríguez, L., Figiel, A., Szumny, A., Grubor, M., and Carbonell-Barrachina, Á. A. (2018). Volatile composition and sensory profile of oyster mushroom as affected by drying method. *Drying Technology*, 36(6), 685-696.
- Qi, L. L., Zhang, M., Mujumdar, A. S., Meng, X. Y., and Chen, H. Z. (2014). Comparison of drying characteristics and quality of shiitake mushrooms (*Lentinus edodes*) using different drying methods. *Drying Technology*, 32(15), 1751-1761.
- Qiu, Y., Bi, J., Jin, X., Hu, L., Lyu, J., and Wu, X. (2021). An understanding of the changes in water holding capacity of rehydrated shiitake mushroom (*Lentinula edodes*) from cell wall, cell membrane and protein. *Food Chemistry*, 351, 129230.
- Rama, V., and John, P. J. (2000). Effects of methods of drying and pretreatments on quality of dehydrated mushroom. *Indian Food Packer*, 54(5), 59-64.
- Ranjbar, M.E., Olfati, J.A., and Amani, M. (2017). Influence of enriched soaking water on shiitake (*Lentinus edodes* (Berk.) Singer) mushroom yield and properties. *Acta Agriculturae Slovenica*, 109(3), 555-560.
- Ratti, C., and Mujumdar, A. S. (2020). Infrared drying. In Handbook of industrial drying (pp. 567-588). CRC Press.
- Regula, J., and Siwulski, M. (2007). Dried shiitake (*Lentinula edodes*) and oyster (*Pleurotus ostreatus*) mushrooms as a good source of nutrient. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 6(4), 135-142.
- Rhim, J.W., and Lee, J. H. (2011). Drying kinetics of whole and sliced shiitake mushrooms (*Lentinus edodes*). *Food Science and Biotechnology*, 20(2), 419-427.

- Rodríguez, Ó., Eim, V., Rosselló, C., Femenia, A., Cárcel, J. A., and Simal, S. (2018). Application of power ultrasound on the convective drying of fruits and vegetables: effects on quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(5), 1660-1673.
- Rojas, A. M., and Gerschenson, L. N. (2001). Ascorbic acid destruction in aqueous model systems: an additional discussion. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(15), 1433-1439.
- Schössler, K., Jäger, H., and Knorr, D. (2012). Effect of continuous and intermittent ultrasound on drying time and effective diffusivity during convective drying of apple and red bell pepper. *Journal of Food Engineering*, 108(1), 103-110.
- Seçkin, G. U., ve Taşeri, L. (2015). Yarı-kurutulmuş meyve ve sebzeler. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(9), 414-420.
- Singleton, V. L., and Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Siwulski, M., Rzymiski, P., Budka, A., Kalač, P., Budzyńska, S., Dawidowicz, L., Hajduk, E., Kozak, L., Budzulak, J., Sobieralski, K., and Niedzielski, P. (2019). The effect of different substrates on the growth of six cultivated mushroom species and composition of macro and trace elements in their fruiting bodies. *European Food Research and Technology*, 245, 419-431.
- Solanki, A. K., Rathore, Y. S., Badmalia, M. D., Dhoke, R. R., Nath, S. K., and Nihalani, D. (2014). Global shape and ligand binding efficiency of the HIV-1-neutralizing antibodies differ from those of antibodies that cannot neutralize HIV-1. *Journal of Biological Chemistry*, 289(50), 34780-34800.
- Song, T., Xia, Z., Liu, C., Nie, J., Zhou, Y., Wadood, S. A., Zhang, Y., Li, C., Rogers K.M., and Yuan, Y. (2023). Model optimization for geographical discrimination of *Lentinula edodes* based stable isotopes and multi-elements in China. *Journal of Food Composition and Analysis*, 118, 105160.
- Song, X., Cai, W., Ren, Z., Jia, L., and Zhang, J. (2021). Antioxidant and hepatoprotective effects of acidic-hydrolysis residue polysaccharides from shiitake culinary-medicinal mushroom *Lentinus edodes* (Agaricomycetes) in mice. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 23(2).
- Šumić, Z., Tepić, A., Vidović, S., Jokić, S., and Malbaša, R. (2013). Optimization of frozen sour cherries vacuum drying process. *Food Chemistry*, 136(1), 55-63.
- Tang, X., Bai, Y., Duong, A., Smith, M. T., Li, L., and Zhang, L. (2009). Formaldehyde in China: production, consumption, exposure levels, and health effects. *Environment International*, 35(8), 1210-1224.
- Terashima, K., and Matsumoto, T. (2004). Strain typing of shiitake (*Lentinula edodes*) cultivars by AFLP analysis, focusing on a heat-dried fruiting body. *Mycoscience*, 45(1), 79-82.
- Tian, Y., Zhao, Y., Huang, J., Zeng, H., and Zheng, B. (2016). Effects of different drying methods on the product quality and volatile compounds of whole shiitake mushrooms. *Food Chemistry*, 197, 714-722.
- Toğrul, H., Toğrul, İ., ve İspir, A. (2005). Mantarların ince tabaka kuruma karakteristiklerinin incelenmesi. III. Tarımsal Ürünleri Kurutma Çalıştayı, Antalya.
- Vega-Gálvez, A., Di Scala, K., Rodríguez, K., Lemus-Mondaca, R., Miranda, M., López, J., and Perez-Won, M. (2009). Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annuum*, L. var. Hungarian). *Food Chemistry*, 117(4), 647-653.

- Venturella, G., Ferraro, V., Cirlincione, F., and Gargano, M.L. (2021). Medicinal mushrooms: bioactive compounds, use, and clinical trials. *Int. J. Mol. Sci.*, 22(2), 634-664.
- Wang, H.C., Zhang, M., and Adhikari, B. (2015). Drying of shiitake mushroom by combining freeze-drying and mid-infrared radiation. *Food and Bioproducts Processing*, 94, 507-517.
- Wang, H., Zhang, M., and Mujumdar, A. S. (2014). Comparison of three new drying methods for drying characteristics and quality of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*). *Drying Technology*, 32(15), 1791-1802.
- Wani, B. A., Bodha, R. H., and Wani, A. H. (2010). Nutritional and medicinal importance of mushrooms. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(24), 2598-2604.
- Xu, L., Fang, X., Wu, W., Chen, H., Mu, H., and Gao, H. (2019). Effects of high-temperature pre-drying on the quality of air-dried shiitake mushrooms (*Lentinula edodes*). *Food Chemistry*, 285, 406-413.
- Xu, W., Song, C., Li, Z., Song, F., Hu, S., Li, J., Zhu, G., and Raghavan, G. V. (2018). Temperature gradient control during microwave combined with hot air drying. *Biosystems Engineering*, 169, 175-187.
- Yağcılar, M. (2020). Farklı Ön İşlemler Uygulanarak Vakum Altında Kurutulan Küp Kesim Elmaların Kuruma Karakteristiklerinin ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, 98 sayfa. Bursa.
- Zahid, S., Udenigwe, C. C., Ata, A., Eze, M. O., Segstro, E. P., and Holloway, P. (2006). New bioactive natural products from *Coprinus micaceus*. *Natural Product Research*, 20(14), 1283-1289.
- Zhang, Z., Lv, G., Pan, H., Wu, Y., and Fan, L. (2009). Effects of different drying methods and extraction condition on antioxidant properties of Shiitake (*Lentinus edodes*). *Food Science and Technology Research*, 15(5), 547-552.
- Zhao, Y., Bi, J., Yi, J., Jin, X., Wu, X., and Zhou, M. (2019). Evaluation of sensory, textural, and nutritional attributes of shiitake mushrooms (*Lentinula edodes*) as prepared by five types of drying methods. *Journal of Food Process Engineering*, 42(4), e13029.

## ÖZGEÇMİŞ

Ahmed Mohammed Ahmed ALKARKOOKLI, Kerkük Almustaqbal Lisesi'ni bitirdi. 2018 tarihinde Kerkük Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümünden mezun oldu. 2020 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsünde Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans programına girdi. Halen Yüksek Lisans Eğitimine devam etmektedir.

### İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0000-0002-3493-4325

### Yayınlar

1. Alkarkookli, A.M.A., Kargıdan, A.İ., Zengin, Y., Pekşen, A. (2022). Farklı ağaç türlerine ait talaş ve katkı materyallerinin shiitake mantarının (*Lentinula edodes*) verim ve morfolojik özellikleri üzerine etkileri. 15th International Scientific Research Congress, 17-18 December 2022, Ankara, 155s.