ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI PERİYOTLARDA UYGULANAN YÜKSEK SICAKLIK-VAKUM İŞLEMİNİN MANTAR KURUMA VE KALİTE KARAKTERİSTİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Betül GÜVENKAYA

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇANKIRI
2021

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Betül GÜVENKAYA tarafından hazırlanan **"Farklı Periyotlarda Uygulanan Yüksek Sıcaklık-Vakum İşleminin Mantar Kuruma ve Kalite Karakteristikleri Üzerine Etkisi"** adlı tez çalışması 27/12/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman **:** Doç. Dr. Sezin TUTA ŞİMŞEK

Jüri Üyeleri **:**

Başkan **:** Doç. Dr. Oğuz AYDEMİR
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye **:** Doç. Dr. Sezin TUTA ŞİMŞEK
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye **:** Dr. Öğr. Üyesi Meriç ŞİMŞEK ASLANOĞLU
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum "**Farklı Periyotlarda Uygulanan Yüksek Sıcaklık-Vakum İşleminin Mantar Kuruma ve Kalite Karakteristikleri Üzerine Etkisi**" konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan "Bilimsel İntihal Tespit Programı"yla tarandığını, "intihal içermediğini" beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim (27/12/2021).

Betül GÜVENKAYA

Bu çalışma Çankırı Karatekin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından MF210621L07 numaralı proje ile desteklenmiştir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI PERİYOTLARDA UYGULANAN YÜKSEK SICAKLIK-VAKUM İŞLEMİNİN MANTAR KURUMA VE KALİTE KARAKTERİSTİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Betül GÜVENKAYA

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Sezin TUTA ŞİMŞEK

Bu tez çalışmasında dilimlenmiş mantar örneklerine konvansiyonel kurutma işleminin farklı periyotlarında yüksek sıcaklık ve düşük basınç uygulanarak mantar kurutma karakteristikleri üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Bu amaçla kurutmadan önce, ara aşamada ve en son aşamada yüksek sıcaklık (95°C-5 dk) – vakum basıncı (-90 kPa) uygulanmıştır. Uygulanan işlemlerin kuruma hızı, difüzyon katsayısı üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Kurutulmuş mantar dilimlerinin su aktivitesi, rehidrasyon kapasitesi, büzüşme analizi, tekstür, renk, toplam fenolik madde içeriği, antioksidan etkinlik analizi yapılmış ve mikroskobik özellikleri SEM analizi ile değerlendirilmiştir. Mantar dilimlerinin etkin difüzyon katsayısı $3{,}09\times10^{-9}$ - $5{,}83\times10^{-9}$ m^2/s arasında hesaplanmıştır. Yüksek sıcaklık ve vakum ön işlemi ile kuruma hızının ve difüzyon katsayısının kontrole göre artışının diğerlerine göre daha yüksek olduğu görülmüş; ancak fiziksel ve kimyasal özellikleri olumsuz etkilenmiştir. Son işlem olarak uygulanan yüksek sıcaklık ve vakum uygulaması ile kontrolle benzer toplam renk değişimi, sertlik ve toplam fenolik madde miktarı elde edilmiş, kurutma kontrolden daha kısa sürede gerçekleşmiştir. Son ve ara yüksek sıcaklık-vakum işlemi kuruma süresini kısalmıştır ancak yalnızca kurutma sonrası işlemin kalite özellikleri üzerine etkisinin kontrolle benzer olduğu görülmüştür. Bu tez çalışması sonucunda farklı aşamalarda uygulanan yüksek sıcaklık – vakum uygulamasının kuruma karakteristiklerini, fiziksel ve kimyasal özelliklerini farklı etkilediği görülmüştür. Endüstriyel sistemlerde yüksek sıcaklık – vakum uygulamasının konvansiyonel kurutma ile hibrit olarak uygulanabilir olduğu görülmüştür.

2021, 53 sayfa

ANAHTAR KELİMELER: Mantar, Kurutma, Vakum, Yüksek sıcaklık

ABSTRACT

Master of Science Thesis

EFFECT OF HIGH TEMPERATURE-VACUUM TREATMENT AT DIFFERENT PERIODS ON DRYING AND QUALITY CHARACTERISTICS OF MUSHROOM

Betül GÜVENKAYA

Çankırı Karatekin University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Sezin TUTA ŞİMŞEK

In this thesis, the effect of conventional drying process on mushroom drying characteristics was evaluated by applying high temperature and vacuum pressure to sliced mushroom samples in different periods. High temperature (95°C-5 min)-vacuum pressure (-90 kPa) was applied as pre-treatment, mid-treatment and post-treatment. Effect of these treatments was evaluated on drying rate and diffusion coefficient. Water activity, rehydration capacity, shrinkage analysis, texture, color, total phenolic content and antioxidant activity analysis were performed on dried mushroom samples. Microscopic properties of mushroom slices were evaluated by SEM analysis. Efficient diffusion coefficient of mushroom slices was calculated between 3.09×10^{-9} – 5.83×10^{-9} m^2/s. High temperature and vacuum pressure pre-treatment increased the drying rate and diffusion coefficient compared to the control; however, its physical and chemical properties were adversely affected. Post and mid-treatments were shortened drying time but only the effect of post-drying treatment on quality characteristics was similar to the control. As a result of this thesis, it has been seen that the high temperature - vacuum application applied at different stages affects the drying characteristics, physical and chemical properties differently. It has been observed that high temperature – vacuum application in industrial systems can be applied as hybrid with conventional drying.

2021, 53 pages

Keywords: Mushrooms, Drying, Vacuum treatment, High temperature

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

“Farklı Periyotlarda Uygulanan Yüksek Sıcaklık-Vakum İşleminin Mantar Kuruma ve Kalite Karakteristikleri Üzerine Etkisi ” konulu bu tez 2019-2021 yılları arasında hazırlanarak Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’ne “Yüksek Lisans Tezi” olarak sunulmuştur. Bu çalışmada, kültür mantarının kurutulması sırasında uygulanan farklı aşamalardaki yüksek sıcaklık-vakum uygulamasının kurutma karateristikleri, kurutulmuş mantar dilimlerinin kalite fizikokimyasal ve morfolojik yapısı üzerine etkisi değerlendirilmiştir.

Bu tez çalışmasının bütün aşamalarında değerli bilgilerini benden bir an olsun esirgemeyen çalışmam boyunca kıymetli bilgilerinden yararlandığım yanında çalışmaktan onur duyduğum sayın hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. Sezin TUTA ŞİMŞEK’e teşekkür eder saygılarımı sunarım.

Çankırı Karatekin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü’ne teşekkür ederim.

Tez çalışmamda yardımlarını esirgemeyen, beni destekleyen Dr. Öğr. Üyesi Seda ÖZGEN’e (Çankırı Karatekin Üniversitesi, toplam fenolik madde analizi ve antioksidan aktivite analizi ile ilgili yardımları için) teşekkür ederim.

MF210621L07 numaralı proje desteği ile tez çalışmamı destekleyen Çankırı Karatekin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi’ne teşekkür ederim.

Aynı zamanda hayatımın her anında beni her daim destekleyen ve teşvik eden aileme sonsuz teşekkür ederim.

Betül GÜVENKAYA
Çankırı, 27/12/2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**
ABSTRACT ..... **ii**
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR ..... **iii**
İÇİNDEKİLER ..... **iv**
SİMGELER DİZİNİ ..... **vi**
KISALTMALAR DİZİNİ ..... **vii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **viii**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **ix**
1. GİRİŞ **10**
2. KAYNAK ÖZETLERİ **12**
2.1Kurutma **12**
2.1.1 Kurutma yöntemleri **13**
2.2Mantar **15**
2.3 Mantar Kurutma **16**
3 MATERYAL VE YÖNTEM **19**
3.1 Materyal **19**
3.1.1 Kimyasallar **19**
3.2 Kurutma Uygulamaları **19**
3.2.1 Nem tayini **20**
3.2.2 Su aktivitesi **20**
3.2.3 Kurutma eğrilerinin çizilmesi **21**
3.2.4 Etkin difüzyon katsayısının belirlenmesi **21**
3.2.5 Mantarların büzüşme oranlarının belirlenmesi **22**
3.3 Kurutulmuş Mantar Analizleri **23**
3.3.1 Tekstür analizi **23**
3.3.2 Rehidrasyon kapasitesinin belirlenmesi **24**
3.3.3 Renk analizi **25**
3.3.4 Taramalı elektron mikroskobu analizi **25**
3.3.5 Toplam fenolik madde analizi **26**
3.3.6 Antioksidan aktivite analizi **28**

3.4 İstatistiksel analiz **28**
4. BULGULAR VE TARTIŞMA **29**
4.1Mantar dilimlerinin kurutma karakteristikleri **29**
4.2Difüzyon Katsayısı **30**
4.3Kurutulmuş Mantar Örneklerinin Fizikokimyasal Özellikleri **31**
4.3.1 Tekstür **31**
4.3.2 Renk **32**
4.3.3 Rehidrasyon kapasitesi **36**
4.3.4 Büzüşme analizi **37**
4.3.5 SEM analizi **38**
4.3.6 Toplam fenolik madde analizi **40**
4.3.7 Antioksidan aktivite analizi **42**
5. SONUÇ **44**
KAYNAKLAR **47**
ÖZGEÇMİŞ **53**

SİMGELER DİZİNİ

a^*	Kırmızılık-Yeşillik
a_w	Su aktivitesi
b^*	Sarılık-Mavilik
D_{eff}	Etkin difüzyon katsayısı
dk	Dakika
g	Gram
mg	Miligram
mm	Milimetre
m/s	Hız birimi
t	Zaman
kPa	Kilopascal
L^*	Parlaklık
L_s	Kuru madde miktarı
m	Metre
ml	Mililitre
nm	Nanometre
ppm	Milyonda bir
µm	Mikrometre
µL	Mikrolitre
X_t	t anındaki nem içeriği
X	Serbest nem içeriği
X^*	Denge nem değeri
W	Nemli katı kütlesi

KISALTMALAR DİZİNİ

DPPH	2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
GAE	Gallik asit ekstraktı
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Tipik kurutma eğrisi 1) Ön ısınma, 2) Sabit hız periyodu, 3) Birinci azalan hız periyodu, 4) İkinci azalan hız periyodu, 5) Denge kurutma hızı periyodu (Babu *et al.* 2018) 13
Şekil 3.1 Kurutulmuş mantar örneğinin büzüşme analizi 23
Şekil 3.2 Kurutulmuş mantar örneğinin tekstür analizi 24
Şekil 3.3 Kurutulmuş mantar örneğinin renk analizi 25
Şekil 3.4 Kurutulmuş mantar ekstrakt çözeltileri 26
Şekil 3.5 Toplam fenolik madde analizi 27
Şekil 3.6 Gallik asit kalibrasyon grafiği 27
Şekil 4.1 Mantar dilimlerinin nem miktarlarının zamana bağlı değişimi 30
Şekil 4.2 Farklı yöntemlerle kurutulmuş mantar örneklerinin sertlik değerleri 32
Şekil 4.3 Kurutulmuş mantar görselleri 35
Şekil 4.4 Farklı yöntemlerle kurutulmuş mantar örneklerinin rehidrasyon oranları 37
Şekil 4.5 Mantar örneklerinin SEM görüntüleri (1000x) 39
Şekil 4.6 Mantar örneklerinin SEM görüntüleri (2500x) 40
Şekil 4.7 Farklı yöntemlerle kurutulmuş mantar örneklerinin toplam fenolik madde içeriği 41
Şekil 4.8 Kurutulmuş mantar örneğinin büzüşme analizi 43

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Mantar örneklerine uygulanan işlemler 20
Çizelge 4.1 Mantar dilimlerinin difüzyon katsayısı değerleri..... 31
Çizelge 4.2 Farklı yöntemlerle kurutulmuş mantar örneklerinin L^*, a^*, b^* ve ΔE değerleri 34

1. GİRİŞ

Kültür mantarı (*Agaricus bisporus*), besin içeriği ve duyusal özellikleri nedeniyle insan beslenmesinde önemli yere sahip olan bir gıda maddesidir. Türkiye, zengin ve yenilebilir makrofungal özellikler nedeniyle Dünya'da mantar ihracatında önemli yeri olan ülkelerdendir (Orhan and Üstün 2011). 1983 yılında yılda 1400 ton olan mantar üretim hacmi, 2018 yılı sonunda 65000 ton düzeylerine ulaşmıştır. 1980'li yıllarda üretimin büyük bir kısmı modern ve yenilikçi olmayan küçük işletmelerde yapılırken, günümüzde küçük işletmelerin üretimi devam etmekte ve aynı zamanda mantar üretiminin yaklaşık %35'i 1000-9000 kg/gün kapasiteye sahip modern ve ileri düzey tesislerde gerçekleşmektedir. Mantar üretiminin Marmara ve Akdeniz bölgesi dışında İç Anadolu ve Ege bölgelerinde de yaygın olarak gerçekleştirilmektedir. Mantar üreticiliği, bazı Avrupa ve Amerika ülkelerinde de yüksek düzeylerde ileri teknoloji endüstrisi seviyelerine ulaşmıştır. Dünya'da mantar piyasasının 2013 yılı bilgilerine göre ortalama 63 milyar dolarlık bir kapasitesi mevcuttur. Mantar piyasasının %38'ini (24 milyar dolar) tıbbi mantarlar, %54'ünü (34 milyar dolar) kültürü yapılabilen yenilebilir mantarlar, ve %8'ini (5 milyar dolar) doğa mantarları meydana getirmektedir. (Eren and Pekşen 2019). Ancak yüksek nem içeriği ve enzim aktivitesi mantarın kısa sürede bozulmasına sebep olmaktadır. Bu sebeple hasat sonrası işlem mantarın raf ömrünün artırılması açısından önemlidir. Mantarların kurutulması bu amaçla uygulanan geleneksel yöntemlerdendir. Kurutma işlemi sıcak hava ile kurutma, vakum dondurarak kurutma, ozmotik dehidrasyon gibi farklı yöntemlerle gerçekleştirilmektedir. Geleneksel olarak kurutma uygulaması sıcak hava ile gerçekleştirilmekte ve bu yöntem ile yüksek kuruma sıcaklığı ve uzun kuruma süresi nedeniyle gıdaların hücresel yapısı zarar görmektedir. Kurutmadan önce mantara sülfit uygulanması ve haşlanması uygulanan ön-işlemlerdendir. Ancak bu yöntemlerle kurutulan mantarların kalite özellikleri olumsuz etkilenmektedir (Martinez-Soto *et al.* 2001). Kurutma prosesi ısı ve kütle transferinin bir arada gerçekleştiği karmaşık bir prosestir. Konvansiyonel kurutma yöntemi olan sıcak hava ile kurutmada hava nem ve ısı taşıyıcı ortamdır. Bu yöntem uzun işlem süresi, enerji sarfiyatı ve gıdanın kalite özelliklerini olumsuz etkileyebilmekte bu nedenle son zamanlarda ısıl olmayan alternatif teknolojilerin hibrit olarak kullanıldığı görülmektedir.

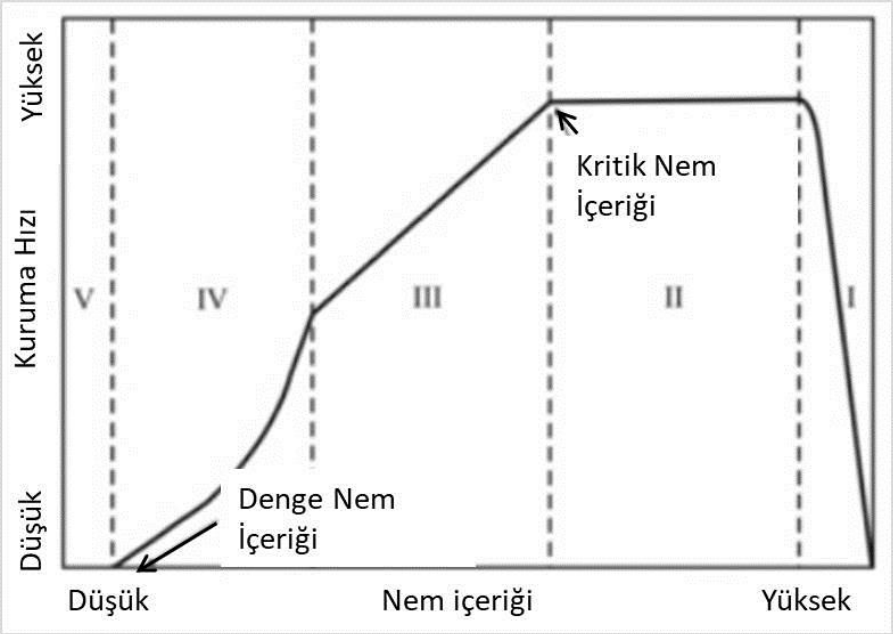
Hibrit kurutma son zamanlarda üzerinde çalışılan birden fazla kurutma teknolojisinin birarada kullanıldığı ve böylece ısı transfer modlarının değiştirilerek kurutma etkinliğinin artırıldığı proseslerdir. Konvansiyonel kurutma yöntemleri ile alternatif teknolojiler bir arada kullanılarak kurutma hızı artırılabilmektedir. Vakum kurutma ile atmosferik basıncın altında kurutma gerçekleştirilmekte ve böylece suyun kaynama noktası düşmektedir. Böylece sıcaklığa hassas gıdalar düşük sıcaklıkta kurutulabilmektedir. Ortam basıncının düşüşü ile ürün gözenek yapısı ve ısı ve kütle transfer mekanizmalarını etkilenmektedir. Bu tez çalışmasında vakumun yüksek sıcaklık ile birlikte kurutma prosesi değerlendirilmiştir. Literatürde kurutma öncesinde ön-işlem olarak ve sonrasında son işlem uygulanarak farklı proseslerin kurutma üzerine etkisi değerlendirilmektedir. Ancak uygulanan bu işlemlerin hangi aşamada uygulandığı gıdanın kalite, gözenek ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi farklı olacaktır. Bu nedenle bu tez çalışmasında kurutmanın farklı periyotlarında uygulanan yüksek sıcaklık – vakum uygulamasının mantar kurutma kinetiği ve kalite özellikleri üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Konvansiyonel kurutmanın farklı aşamalarında uygulanan yüksek sıcaklık ve vakum işleminin mantar kurutma karakteristikleri üzerine etkisi kurutma grafikleri ve etkin nem difüzyon katsayısının hesaplanarak; kalite özellikleri tekstür, renk, rehidrasyon kapasitesi ve kimyasal özellikleri antioksidan aktivite analizi ve toplam fenolik madde analizi, mantar dilimlerinin morfolojik yapısı taramalı elektron mikroskobu ile belirlenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Kurutma

Kurutma, gıdalardan suyun uzaklaştırılması ile su aktivitesinin azaltıldığı, ısı ve kütle transferinin bir arada gerçekleştiği bir prosestir. Gıda muhafazasında kurutma en ekonomik temel işlemlerdendir. Kurutma, sürekli ve kesikli olarak uygulanabilir. Sıcak hava kurutma, direkt temaslı kurutma, dondurarak kurutma ve elektromanyetik kurutma endüstriyel olarak uygulanan kurutma yöntemlerindendir. Kurutmanın en önemli amacı gıdanın su aktivitesini düşürerek (a_w<0,6) mikrobiyel gelişim ve reaksiyon hızını yavaşlatmaktır (Lamidi *et al.* 2019) Gıda endüstrisinde kurutmanın amacı kimyasal degradasyonu, mikrobiyel bozulmayı istenilen renk ve tekstür ve uzun raf ömrü ile birlikte minimize etmektedir (Örs 2019).

Gıdaların kurutulması genel olarak iki aşamada gerçekleşir, gıdanın sıcaklığı arttıktan (Şekil 2.1- 1. bölge) sonra birinci aşamada sabit hızda buharlaşma gerçekleşir (Şekil 2.1- 2. bölge) ve sonra azalan hız kuruma periyodu gözlemlenir (Şekil 2.1- 3. bölge ve Şekil 2.1- 4. bölge). Bu aşamalar tüm kurutma periyodunu etkiler. Sabit hızda kuruma sırasında gıdadan serbest su uzaklaşır ve kritik nem içeriği değerinde bu periyod sona erer. Azalan hızda kuruma periyodu gıda son nem değerine ulaşana kadar devam eder. Bu periyotta uzaklaşan nem miktarı az olmasına rağmen oldukça uzun sürmektedir. Bu aşamanın kontrol edilmesi tüm kurutma prosesini etkilemektedir. Toplam kurutma süresinin belirlenmesinde azalan hızda kuruma bölgesinin tahmin edilmesi önemlidir. Azalan hızda kuruma bölgesi gıda denge nem içeriğine ulaştığında sona erer. Denge nem içeriğinde gıda ile ortam arasında nem transferi artış göstermez. Kurutma bu aşamada sona erer. Yüksek sıcaklık ve nem oranı azaltılmış hava kullanılmadığı sürece denge nem içeriği değerinin altına düşülmez (Lamidi *et al.* 2019, Babu *et al.* 2018).



Şekil 2.1 Tipik kurutma eğrisi 1) Ön ısınma, 2) Sabit hız periyodu, 3) Birinci azalan hız periyodu, 4) İkinci azalan hız periyodu, 5) Denge kurutma hızı periyodu (Babu *et al.* 2018)

2.1.1 Kurutma yöntemleri

Güneşte kurutma, gelişmekte olan ülkelerde tercih edilen geleneksel kurutma yöntemidir. Bu yöntem ucuz bir kurutma yöntemi olmasına rağmen kontrolsüz kurutma koşulları, kontaminasyona ve düşük kalitede kurutulmuş ürün elde edilmesine neden olmaktadır. Gıda kaynaklı toksik küf oluşumu güneşte kurutulmuş ürünlerin tüketilmesi ile gıda kaynaklı hastalıkların oluşmasına yol açmaktadır. Modern kurutma yöntemleri ile kontrollü koşullarda kurutma gerçekleştirilmesi ile daha iyi kalitede kurutulmuş ürünler elde edilebilmektedir. Bu sistemler pahalı olmasının yanı sıra yüksek enerji ihtiyacına sahip teknolojilerdir (Lamidi *et al.* 2019).

Sıcak hava ile kurutma, vakum kurutma ve dondurarak kurutma en çok uygulanan kurutma yöntemlerindendir. Sıcak hava ile kurutma dünya çapında 570 milyon üreticinin % 70'i tarafından uygulanan ve en çok kullanılan kurutma tekniğidir. Bu yöntem ile yüksek kuruma sıcaklığı ve uzun kuruma süresi nedeniyle gıdaların hücresel yapısı zarar görmektedir (Martinez-Soto *et al.* 2001).

Vakum kurutma, atmosferik basıncın altındaki basınç değerlerinde gerçekleştirilen kurutma prosesidir. Düşük basınçta suyun kaynama noktası düşer ve düşük sıcaklıklarda buharlaşma gerçekleşir. Atmosferik basınçta (101,3 kPa) su yaklaşık 100˚C'de kaynamakta, basınç yeteri kadar düşürüldüğünde (0,611 kPa) suyun kaynama sıcaklığı 0˚C'ye kadar düşürülebilmektedir. Kurutma sırasında ısı transferi kondüksiyonla gerçekleşmektedir. Vakum kurutma, ısıya duyarlı ve renk, görünüm, besin kaybı ve vitamin içeriğindeki değişikliklere duyarlı gıda malzemeleri için kullanılır (Menon *et al.* 2020).

Vurgulu vakum kurutma son zamanlarda uygulanan özgün kurutma tekniklerindendir. Bu işlem sırasında vakum belirli döngülerde atmosferik basınçta ve vakum basıncında uygulanmaktadır. Bir döngü üç aşamadan oluşmaktadır; gıda atmosferik basınçta ısıtılır, ikinci aşamada sabit vakum basıncı değerine kadar hava boşaltılır ve burada bekletilir, üçüncü aşamada tekrar atmosferik basınca dönülür. Vurgulu basınç değişimi ile oksijen oranı azaltılmış ortam sağlanarak esmerleşme reaksiyonları ve oksidasyon engellenebilir. Aynı zamanda basınç farkının vurgulu olarak uygulanması ile gıda içerisinde tünel etkisi oluşur ve ürünün büzüşmesinin önüne geçilebilir. Yu *et al.* (2020) yaptıkları çalışmada vurgulu basınç uygulaması ile kurt üzümü kurutmuşlardır. Bu yöntemle sıcak hava ile kurutmaya kıyasla daha yüksek kurutma etkinliği, daha düşük enerji sarfiyatı, daha az büzüşme ve renk, toplam polisakkarit içeriği, toplam polifenol içeriği daha yüksek ürünler elde etmişlerdir.

Hibrit kurutma birden fazla kurutma teknolojisinin veya ısı transfer modunun kullanılması ile istenilen kalitede ürün elde edilebilen kurutma teknolojisidir. Vakum kurutma - mikrodalga kurutma, vakum kurutma - sprey kurutma, akışkan yatak-ısı pompası gibi konvansiyonel olmayan yöntemler bir araya getirilmesi ile kurutma enerji tüketiminin azaltılabilmektedir. Horuz *et al.* (2017) yaptıkları çalışmada vişne kurutulması için konveksiyonel ve mikrodalga kurutma yöntemlerini hibrit olarak kullanmışlar ve en yüksek %10 enerji tasarrufu sağlamışlardır. Hossain *et al.* (2008) domates kurutma amacıyla sıcak hava ve güneş kurutma yöntemlerini birarada kullanarak en yüksek % 29 enerji tasarrufu sağlamışlardır. Literatürde yapılan çalışmalarda vakum kurutma ile hibrit olarak mikrodalga teknolojisi ile birleştirilerek

enerji etkinliği artırılmıştır. Ali *et al.* (2020) yaptıkları çalışmada biberiye kurutulmasında mikrodalga-vakum hibrit kurutma yöntemi uygulamışlar ve konvansiyonel ve dondurarak kurutma yöntemleri ile karşılaştırmışlardır. Mikrodalga-vakum hibrit kurutma konvektif ön kurutmadan sonra son işlem olarak uygulanmıştır. Konvektif kurutma ile en yüksek fenolik içeriği elde edilirken, vakum-mikrodalga hibrit kurutma yönteminin en iyi enerji etkinliğine sahip olduğunu rapor etmişlerdir.

2.2 Mantar

Mantarlar vitamin, mineral ve protein bakımından oldukça zengin doğa dostu gıdalardır. Düşük enerji ve yağ içeriğine sahip olmasından dolayı diyet yiyecekleri olarak kullanılmasındaki önemi oldukça fazladır (Baydaş 2019). Yenilebilir mantarlar, toprakta kendi kendine yetişen ya da insanların yapay yollarla ve ilerleyen teknolojileri kullanarak üretip tükettikleri mantarlardır. Doğada yaklaşık 2000-3000 çeşit mantar türü mevcuttur. Bunlar arasında sadece 25 tanesi yenilebilen mantar olarak kabul edilmiştir. Bu mantarlardan ise yaklaşık 8-10 tanesinin yetiştiriciliği yapılmaktadır (Lüle 2014). Ülkemizde yapılan çalışmalarda 2014 yılında kişi başı kültür mantarı tüketimini yıllık 579,2 g olarak belirlenmiştir. Günümüzde 100'den fazla ülkede kültür mantarı üretiminin yapıldığı ve üretim miktarının yıllık % 6-7 oranında artmıştır (Baydaş 2019). Mantarlar, botanikte bitkiler aleminin büyük gruplarından biri olan "Mycophyta" bölümündendir. Mycophyta bölümünde yaklaşık bir milyon tür yer almaktadır. Yüksek mantar adı da verilen "Makrofungus, makromantar, makromiset" ile tanımlanan bu mantarlar çayırlar ve ormanlarda kendilerine yaşanacak bir yer bulmaktadır. En fazla çürümeye yakın ağaç kütüklerinde, yapraklarda, ağaç dallarında ve canlı ağaç gövdelerinde miselyumlar şeklinde yaşamakta, nem ve sıcaklık kendilerine uygun hale gelip olgunlaştıklarında ise ortaya çıkmaktadırlar. Mantarlar, vitamin ve mineral açısından yüksek fakat yağ ve karbonhidrat oranı bakımından düşük olması ayrıca protein bakımından süt ile eşdeğer olması sebebiyle de sık tercih edilen ve tüketilen besin kaynağı olarak dikkat çekmektedir. Aynı zamanda bazı doğal yollarla üreyen mantarların antitümör özelliklerinin olması, insanların bağışıklık sistemini güçlendirmesi pek çok hastalığa karşı direnç göstermesi sebebiyle oldukça önemli bir besindir (Lüle 2014).

2.3 Mantar Kurutma

Mantar, yüksek nem ve enzim aktivitesi nedeniyle kolayca bozulmakta bu nedenle hasat edildikten sonra işlenmesi gerekmektedir. Mantarın raf ömrü yaklaşık bir haftadır bu nedenle hasattan sonra uygulanacak yöntemin raf ömrünü artırması ve mantarın kalite özelliklerini koruması gerekmektedir. Bu amaçla kurutma prosesi geleneksel olarak kullanılmaktadır. Kurutma gıda muhafazasında uygulanan ve yaygın olarak kullanılan bir temel işlemdir. Bu proses ile gıdada su kaybı gerçekleşir ve bu gıdanın renk, tat, besin ve tekstür özelliklerini etkiler. Kurutma işlemi sıcak hava ile kurutma, vakum dondurarak kurutma, ozmotik dehidrasyon gibi farklı yöntemlerle gerçekleştirilmektedir. Geleneksel olarak kurutma işlemi sıcak hava ile gerçekleştirilmekte ve bu yöntem ile yüksek kuruma sıcaklığı ve uzun kuruma süresi nedeniyle gıdaların hücresel yapısı zarar görmektedir. Kurutmadan önce mantara sülfit uygulanması ve haşlanması uygulanan ön-işlemlerdendir. Ancak bu yöntemlerle kurutulan mantarların kalite özellikleri olumsuz etkilenmektedir (Martinez-Soto *et al.* 2001). Bu nedenle mantarlara kurutmadan önce alternatif ön işlemler uygulanmaktadır.

Kurutma etkinliğini ve gıdanın kalite özelliklerini geliştirmek amacıyla gıdalara termosonik (Jiang and Xiong 2016), ultrases ve kesikli vakum ozmotik ön-işlem (Deng and Zhao, 2008) ,vurgulu elektrik alan (Kim *et al.* 2019; Parniakov *et al.* 2016) gibi ısıl olmayan ön-işlemler uygulanması son zamanlarda üzerinde çalışılan teknolojilerdir. Jiang and Xiong (2016) yaptıkları çalışmada mantar dilimlerine termosonik ön işlem uygulamışlardır. Termosonik ön işlem uygulanan mantar dilimleri mikrodalga ile kurutulmuş ve bu örneklerin hiçbir işlem uygulanmayan örneklere göre daha hızlı kuruduğu, rengin muhafaza edildiği rapor edilmiştir.

Öztürk (2010), *A. bisporus*, *P. ostreatus*, *L. edodes* ve *L. deliciosus* mantarları ile yürüttüğü çalışmada en fazla antioksidan miktarını *A. Bisporus* türünde saptamıştır. *A. Bisporus* türünü ise, *P. ostreatus*, *L. edodes* ve *L. deliciosus* türlerinin takip ettiğini analiz etmiştir. Çalışmasında, mantardaki antioksidan miktarının ise fenolik bileşiklerden dolayı olduğunu belirlemiştir. Öztürk (2010), *A. bisporus* türünde toplam fenolik madde miktarını 375,16 mg GAE / 100 g KM şeklinde tespit etmiştir.

Agaricus bisporus mantarının kurutulmasıyla ilgili yapılan bir çalışmada; mantarlar 5 mm kalınlıkda dilimlendikten sonra dondurarak, konveksiyonel ve mikrodalga-konveksiyonel kurutma ile kurutulmuştur. Çalışma sonucunda en iyi parlaklık (L^*) değerinin dondurarak kurutma işlemiyle gerçekleştiği, konveksiyonel ve mikrodalga-konveksiyonel yöntemlerle kurutulan mantarların parlaklık değerlerinin ise birbirine benzer olduğunu tespit etmiştir. En yüksek miktardaki sertlik değerinin konveksiyonel yöntemle kurutulan mantarlarda tespit edildiği, sonrasında mikrodalga-konveksiyonel ve dondurarak kurutma yöntemlerinin olduğu saptanmıştır. Kurutulmuş mantarlarda en iyi rehidrasyon kapasitesinin dondurarak kurutma yöntemi ile gerçekleştiği; sonrasında konveksiyonel ve mikrodalga-konveksiyonel kurutma yöntemlerinde olduğu tespit edilmiştir (Atalay 2015).

Yapılan diğer bir çalışmada dondurarak kurutma ve mikrodalga-vakumla kurutma ile mantarlar kurutulmuştur. Mantarların kuruma teknolojisini farklı çalışma şartlarında biçimlendirmek, kuruma biçimleriyle meydana çıkarılan nem yayılma katsayısının farklı sonuçlarında etkin yayılma katsayısını analiz etmek ve kurutma yönteminin kurutulmuş mantarların kalite karakteristikleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Numunedeki sıcaklık kontrollerini, kurutulmakta olan örnekte, yüzeyde kontrolü sağlanandan çok daha iyi derecede kalitenin meydana gelmesine sebep olmuştur. Ortalama derecelerde ürünün ve gücün sıcaklık kontrolü sonrasında meydana gelen mikrodalga ile kurutulmuş ürünler, dondurularak kurutma ile hazırlanan ürünlere yakın düzeyde kalite derecesinde meydana gelmiştir (Han 2019).

Çelen (2010); mantarın dondurarak kurutulması ile ilgili yaptığı çalışmada, 4 mm kalınlığındaki mantarların 7 mm kalınlığındaki mantarlara oranla daha kısa sürede kuruduğu ve 4 mm mantarların kuruma süresi 7 mm mantarlara göre daha az olduğundan ince mantarların kurutulmasında daha az enerji harcandığı gözlemlenmiştir. Kurutma esnasında mantar örneklerinin kalınlıkları arttıkça kuruma hızı azalmış ve kurutma süresi de artmıştır. Kurutma işlemi sonunda meydana gelen kurutulmuş mantar dilimlerinin renk ve tat gibi özellikleri önemli ölçüde koruduğu saptanmıştır.

Liu *et al.* (2021) yaptıkları çalışmada mantar dilimlerini nemlendirme stratejisi uygulayarak kurutmuşlardır. Mantar dilimlerini 60°C sıcaklıkta 3 m/s hava hızında kurutmuşlar ve başlangıçta belirli periyotlarda nemlendirme uygulamışlardır. Kurutmanın etkinliğini değerlendirmek amacıyla kurutma kinetiği, nem difüzivitesi, kütle transfer katsayısı, yüzey rengi ve rehidrasyon kapasitesini karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda nemlendirme ile ürün kalitesi ve kurutma sisteminin sürdürülebilirliğinin geliştirilebileceğini rapor etmişlerdir.

Vallespir *et al.* (2019) yaptıkları çalışmada ultrases uygulaması ile düşük sıcaklıkta mantar dilimlerini kurutmuşlardır. Bu amaçla mantar dilimleri 5, 10, 15°C sıcaklıkta ultrases uygulaması ile birlikte kurutulmuştur. Ultrases uygulaması ile kurutma süresi 5, 10, 15°C sıcaklıklarda % 41, % 57 ve % 66 seviyelerinde azalmıştır. Ultrases uygulaması özellikle örneklerin büzüşme oranlarının daha az olmasını sağlamıştır. Kurutma sıcaklığı 15°C olarak uygulanan örneklerde daha hızlı kuruma gözlemlenmesinin yanı sıra kalite özelliklerinde daha düşük değişim olduğu gözlemlenmiştir.

Literatür taramasında görüldüğü gibi kurutma işlemi farklı ön işlemler veya farklı yenilikçi teknolojiler uygulanarak geliştirilebilmektedir. Bu tez çalışmasında yüksek sıcaklık – vakum konvansiyonel kurutma bir arada kullanılarak mantar kurutma kinetiği ve kalite özellikleri üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Konvansiyonel kurutmanın farklı aşamalarında uygulanan yüksek sıcaklık ve vakum işleminin mantar kurutma karakteristikleri üzerine etkisi kurutma grafikleri ve etkin nem difüzyon katsayısının hesaplanarak; kalite özellikleri tekstür, renk, rehidrasyon kapasitesi ve kimyasal özellikleri antioksidan aktivite analizi ve toplam fenolik madde analizi, mantar dilimlerinin morfolojik yapısı taramalı elektron mikroskobu ile belirlenmiştir.

3 MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Bu çalışmada deneme materyali olarak kültür mantarı (*Agaricus bisporus*) kullanılmıştır. Mantarlar Çankırı'da yerel marketlerden temin edilmiştir. Mantarlar bir fırça yardımı ile yabancı maddelerinden arındırılmıştır. Standart olarak 20 ± 0,5 mm boyu, 40 ± 0,5mm eni olan mantarlar tercih edilmiştir. Mantarlar 5 ± 0,5 mm kalınlığında dilimlenmiş ve 20 ± 0,5 g ağırlığındaki mantar dilimleri delikli tel üzerine yerleştirilmiş ve kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir.

3.1.1 Kimyasallar

Toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite analizlerinde gallik asit (Sigma St. Louis, MO, Amerika), Folin–Ciocalteu folin reaktifi (Sigma St. Louis, MO, Amerika), DPPH radikal reaktifi (2,2-Diphenyl 1-picryhydrazyl) (Sigma St. Louis, MO, Amerika), sodyum karbonat (Na_2CO_3, Sigma St. Louis, MO, Amerika) ve metanol (Merck, A.G., Almanya) kullanılmıştır.

3.2 Kurutma Uygulamaları

Kurutma işlemi için fanlı etüv (Model MST-55, Teklab, Türkiye) ve vakum etüv (Model OV-11, Jeiotech, Kuzey Kore) ile birlikte vakum pompası (Model MVP6, WooSung Vacuum Pump, Kore) kullanılmıştır. Kurutma koşulları Çizelge 3.1'de açıklanmıştır. Kurutma mantar dilimlerinin nem içeriği %10' a düşene kadar devam ettirilmiştir.

Çizelge 3.1 Mantar örneklerine uygulanan işlemler

Kodlar	**Kurutma koşulları**
Kontrol	Konvansiyonel kurutma 50°C'de fanlı etüvde gerçekleştirilmiştir.
Pre	Kurutmanın başlangıcında mantar dilimleri 95°C-10 dk bekletildikten sonra ortam basıncı -90 kPa' a düşürülmüş ve atmosferik basınçta 50°C'de fanlı etüvde kurutmaya devam edilmiştir.
Mid-70	Kurutma 50°C'de 70 dk atmosferik basınçta kurutulduktan sonra mantar dilimleri 95°C-10 dk bekletildikten sonra ortam basıncı -90 kPa' a düşürülmüş ve atmosferik basınçta 50°C'de fanlı etüvde kurutmaya devam edilmiştir.
Mid-110	Kurutma 50°C'de 110 dk atmosferik basınçta kurutulduktan sonra mantar dilimleri 95°C-10 dk bekletildikten sonra ortam basıncı -90 kPa' a düşürülmüş ve atmosferik basınçta 50°C'de fanlı etüvde kurutmaya devam edilmiştir.
Post	Kurutma 50°C'de 180 dk atmosferik basınçta kurutulduktan sonra mantar dilimleri 95°C-10 dk bekletildikten sonra ortam basıncı -90 kPa' a düşürülmüş ve kurutma sonlandırılmıştır.

3.2.1 Nem tayini

Etüvde kurutma yöntemi uygulanmıştır. Buna göre yaklaşık 2 g taze mantar tartılmış ve 105°C'de sabit tartıma gelene kadar bekletilmiştir (Pei *et al.* 2014)

3.2.2 Su aktivitesi

Mantar dilimlerinin su aktivitesi analizi su aktivitesi ölçüm cihazı (AquaLab4, Meter, ABD) ile 3 paralel gerçekleştirilmiştir.

3.2.3 Kurutma eğrilerinin çizilmesi

Mantar dilimlerinin kuruma oranı ve serbest nem değerlerinin belirlenmesi için kurutma işlemi sırasında 10 dk zaman aralıklarında örnek kütlesi tartılmıştır. Kuruma oranı Eşitlik (3.1) yardımı ile belirlenmiştir.

$$X_t = \frac{W - L_s}{L_s} \tag{3.1}$$

Bu eşitlikte t anındaki nem içeriği X_t (g su/g kuru madde), nemli katı kütlesi W (g), kuru madde miktarı L_s (g kuru madde/ g örnek) ile gösterilmektedir. Kuruma oranı Eşitlik (3.2) yardımı ile hesaplanmıştır.

$$Kuruma\ oranı = \frac{X_t - X_{t+\Delta t}}{\Delta t} \tag{3.2}$$

Serbest nem içeriği Eşitlik (3.3) ile hesaplanmıştır.

$$X = X_t - X^* \tag{3.3}$$

X, serbest nem içeriği (g su/g kuru madde), X^*, denge nem değerini (g su/g kuru madde) göstermektedir (Şahin vd. 2016).

3.2.4 Etkin difüzyon katsayısının belirlenmesi

Katı gıdaların kurutulmasında temel mekanizma nem difüzyonudur. Gıda içerisindeki su buharı örnek yüzeyine kadar difüze olur ve sonra havaya karışır. Bu durum Fick yasası ile açıklanır (Eşitlik 3.4).

$$\frac{\partial X}{\partial t} = D_{eff} \frac{\partial^2 X}{\partial X^2} \tag{3.4}$$

Mantar dilimleri sonsuz plaka olarak düşünülebilir ve bu nedenle etkin difüzyon katsayısı (D_{eff}) Eşitlik (3.5) yardımı ile hesaplanmıştır.

$$\frac{X-X^*}{X_0-X^*} = \frac{8}{\pi^2}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{(2n-1)^2} exp\left[-(2n-1)^2\pi^2\frac{D_{eff}}{4L^2}t\right] \quad (3.5)$$

Bu eşitlikte D_{eff}, etkin düfüzyon katsayısı (m^2/s); L, mantar dilimlerinin kalınlığı (m), t, kurutma süresi (s) göstermektedir. Kurutma uzun süren bir proses olduğu için ($F_0 = \frac{D_{eff}t}{L^2} > 0{,}2$) eşitliğin ilk terimi (n=1) kullanılır (Eşitlik 2.6).

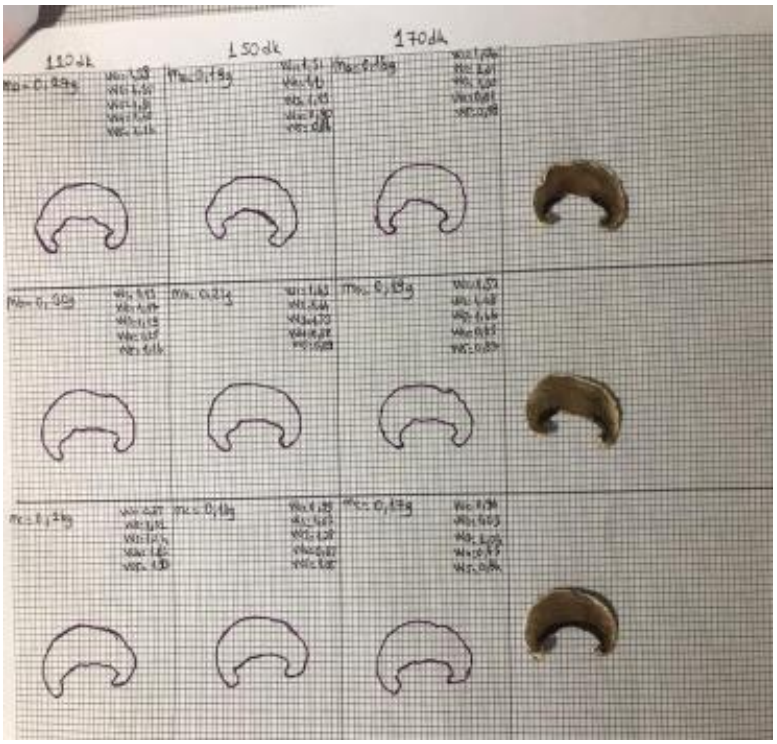
$$\frac{X-X^*}{X_0-X^*} = \frac{8}{\pi^2} exp\left[-\pi^2\frac{D_{eff}}{4L^2}t\right] \quad (3.6)$$

$$ln\frac{X-X^*}{X_0-X^*} = ln\frac{8}{\pi^2} - \pi^2\frac{D_{eff}}{4L^2}t \quad (3.7)$$

$ln\frac{X-X^*}{X_0-X^*}$ - t grafiğinin (Eşitlik 3.7) eğiminden yararlanılarak mantar dilimlerinin etkin difüzyon katsayısı hesaplanmıştır (Şahin vd. 2016).

3.2.5 Mantarların büzüşme oranlarının belirlenmesi

Mantarların büzüşme oranlarının belirlenmesinde, mantar örneklerine uygulanan 5 ayrı yöntem ile kurutulup hazırlanan numunelerin her birine büzüşme testi uygulanmıştır. 5 $\pm$ 0,5 mm kalınlıkta dilimlenen mantarlar ilk olarak işlem uygulanmamış hali ile tartılmış ve kumpas yardımıyla 5 ayrı noktadan kalınlıkları ölçülmüştür. Mantar dilimleri 30 dk aralıklarla etüvden çıkarılarak milimetrik kağıda çizilmiştir (Şekil 3.1). Mantarların yüzey alanının ölçülmesi için Image J programı kullanılmıştır.

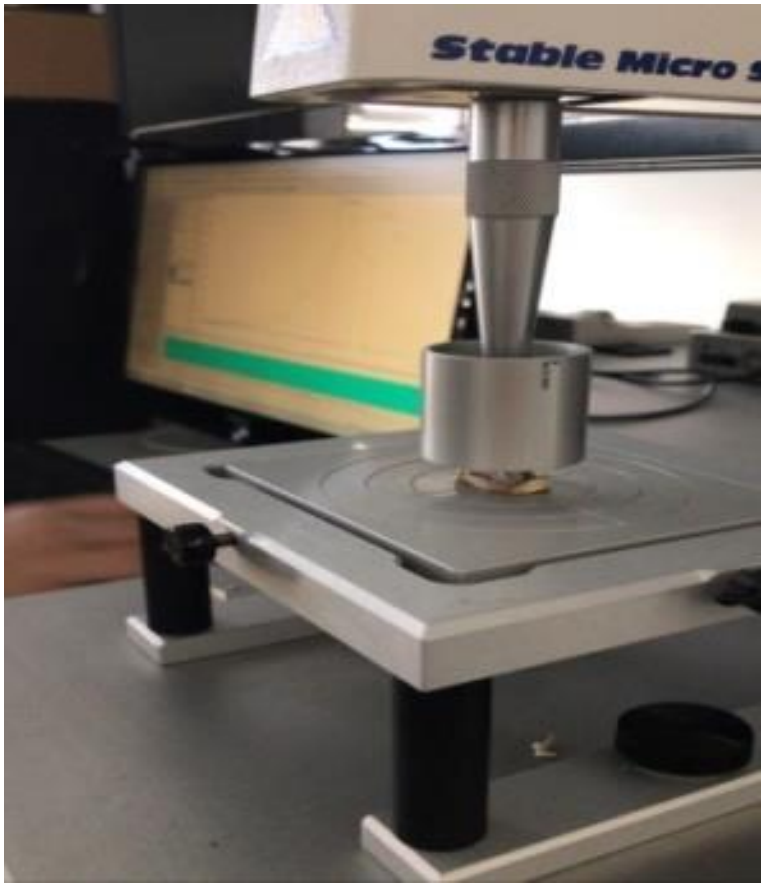


Şekil 3.1 Kurutulmuş mantar örneğinin büzüşme analizi

3.3 Kurutulmuş Mantar Analizleri

3.3.1 Tekstür analizi

Tekstür analizi içi Tekstür Analiz Cihazı (TA-XT2i , Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK) ve silindirik prob (P/36 , StableMicro System Ltd., London, UK) kullanılmıştır (Şekil 3.2). Test öncesi hız 5 mm/s, test hızı 0,5 mm/s, test sonrası hız 10 mm/s ve sıkıştırma oranı % 50 olarak uygulanmıştır. Kuvvet-zaman eğrisinde gözlenen en yüksek pik değeri sertlik olarak belirlenmiştir (Xu *et al.* 2019). Tekstür analizi 5 ayrı yöntem (kontrol, Pre, Mid-110, Mid-70, Post) ile hazırlanan mantar örneklerine 3 tekrar 5 paralel yapılmıştır.



Şekil 3.2 Kurutulmuş mantar örneğinin tekstür analizi

3.3.2 Rehidrasyon kapasitesinin belirlenmesi

Rehidrasyon deneyi oda sıcaklığında (25°C'de) gerçekleştirilmiştir. Kontrol ve vakum altında işlem uygulanan 2 adet mantar dilimi (yaklaşık 0,2 g) üzerine 20 mL saf su eklenmiştir. Mantar dilimlerinin ağırlığı ilk 1 saat 5 dk aralıklarla sonra 15 dk aralıklarla sabit ağırlığa ulaşıncaya kadar (mantarların ağırlıklarında değişme olmayana kadar) tartılmıştır (Aral and Beşe 2016). Rehidrasyon oranı Eşitlik (3.8) kullanılarak hesaplanmıştır. Eşitlikte m_r, rehidre mantar kütlesi; m_i, başlangıç kuru mantar ağırlığını göstermektedir.

$$Rehidrasyon\ oranı = \left(\frac{m_r - m_i}{m_i}\right) \times 100 \quad (3.8)$$

3.3.3 Renk analizi

Kontrol ve vakum altında işlem uygulanan mantar dilimlerinin renk ölçümü kromometre (Model CR400, Konica Minolta, Japonya) ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.3). Mantar dilimlerinin farklı noktalarından ölçüm alınarak L^*, a^*, b^* değerleri belirlenmiştir. Aynı yönteme ait mantar dilimlerinin 5 farklı bölgesinde renk analizi yapılmıştır. Analiz 3 tekrar gerçekleştirilmiştir. Toplam renk değişimi Eşitlik 3.9 kullanılarak hesaplanmıştır. Bu eşitlikte L_0^*, a_0^*, b_0^* değerleri işlem görmemiş mantarın ortalama L^*, a^*, b^*değerleridir ve L_0^* =88,47; a_0^* =1,71; b_0^*=11,27 olarak ölçülmüştür.

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2} \quad (3.9)$$



Şekil 3.3 Kurutulmuş mantar örneğinin renk analizi

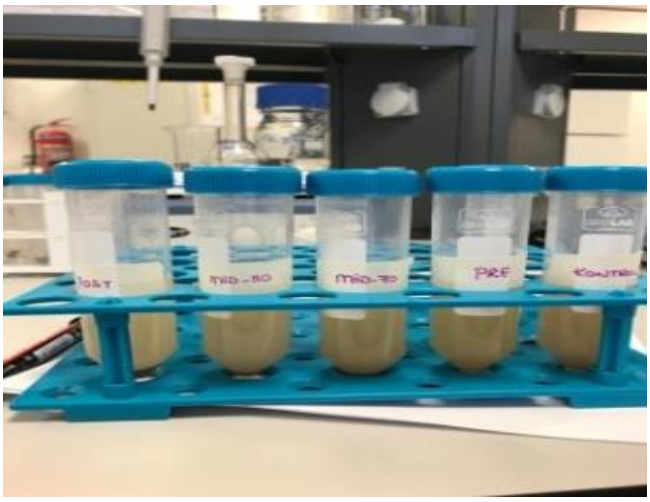
3.3.4 Taramalı elektron mikroskobu analizi

Farklı yöntemlerle kurutulan mantar dilimlerininin gözenek yapısı Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir. Örneklerin yüzeyine özel bir yapıştırıcı uygulandıktan sonra altınla kaplanmış ve taramalı elektron mikroskobunda analiz edilmiştir (Giri and Prasad 2007). Bu analiz iki tekrar gerçekleştirilmiştir.

3.3.5 Toplam fenolik madde analizi

Kontrol ve vakum altında işlem uygulanan kurutulmuş mantar örneklerinin toplam fenolik madde analizi Folin–Ciocalteu yöntemi ile spektrofotometrik olarak belirlenmiştir.

Ekstrakt hazırlama: Kurutulmuş mantar örnekleri öğütülmüş ve 0,5 g toz haline getirilmiş mantar üzerine 25 mL metanol eklenmiştir. Çalkalayıcıda 200 rpm hızda 24 h süre ile soğuk maserasyon gerçekleştirilmiştir. Süre sonunda örnekler kaba filtre kağıdından süzülmüş ve çözgen rotary evaporatör yardımıyla 55˚C'de uçurulmuştur. Ekstrakt üzerine 3 mL metanol eklendikten sonra 45 µm filtre şırınga ile süzülmüş fenolik madde analizi ve antioksidan etkinlik analizi için kullanılmıştır. Mantar örnekleri ile hazırlanan ekstraktlar Şekil 3.4'de görülmektedir.

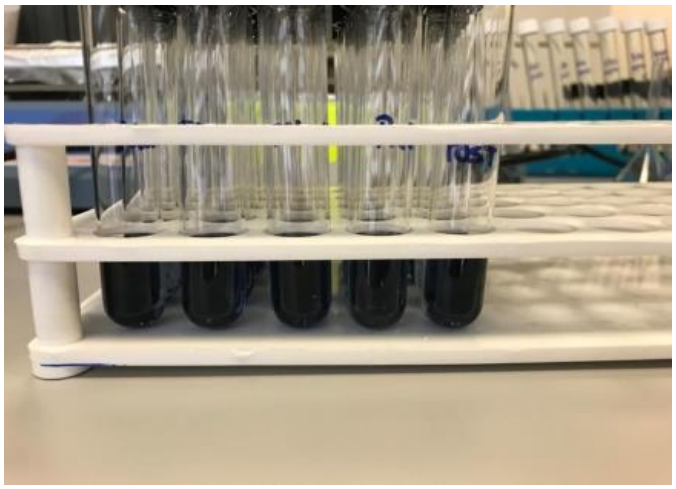


Şekil 3.4 Kurutulmuş mantar ekstrakt çözeltileri

Standart grafik oluşturma: Gallik asit ile farklı konsantrasyonlarda (20, 40, 60, 80, 100, 250 ppm) standart çözeltiler hazırlanmıştır.

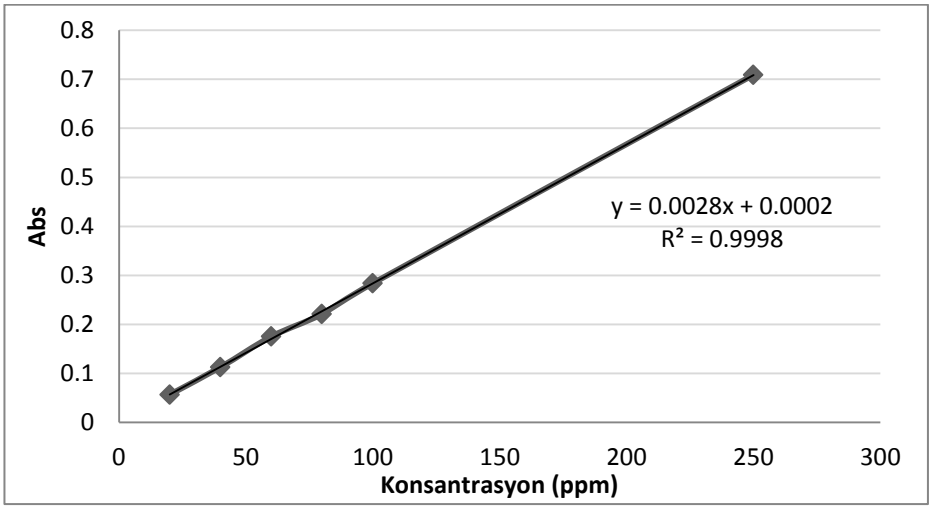
Folin–Ciocalteu yöntemi: Standart çözeltilerin ve mantar ekstraktlarının üzerine (100 µL), 2450 µL saf su, 150 µL Folin- Ciocalteu çözeltisi ilave edilerek 30 sn vorteks ile karıştırılmıştır. Çözelti üzerine 300µL %20'lik sodyum karbonat (Na_2CO_3) çözeltisi

ilave edilerek vortekslenmiş karanlıkta ve oda sıcaklığında 90 dk bekletilmiştir (Şekil 3.5). Süre sonunda standartların ve örneklerin absorbansı spektrofotometrede 725 nm dalga boyunda okunmuştur.



Şekil 3.5 Toplam fenolik madde analizi

Mantar örneklerinin toplam fenolik madde miktarı gallik asit eşdeğeri cinsinden (GAE; mg/100 g yaş örnek) hesaplanmıştır (Thaipong *et al.* 2006). Kalibrasyon grafiği Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6 Gallik asit kalibrasyon grafiği

3.3.6 Antioksidan aktivite analizi

Mantar örneklerinin antioksidan aktiviteleri DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) radikal süpürme yöntemi ile belirlenmiştir. DPPH radikal çözeltisi 12 mg DPPH tartılmış ve 50 mL metanolde çözdürülmüş ve karanlıkta muhafaza edilmiştir. Çalışma çözeltisi için 1 mL stok çözeltisine 45 mL metanol ilave edilerek 515 nm'de 1.1 absorbans değeri elde edilmiştir. Mantar ekstraktlarından 150 µl ekstrakta 2850 µl DPPH çözeltisi ilave edilerek ve oda sıcaklığında 1h karanlıkta bekletilmiştir. Süre sonunda örneklerin absorbans değerleri 515 nm dalga boyunda okunmuştur. Eşitlik 3.10 kullanılarak yüzde inhibisyon değeri hesaplanmıştır. Eşitlik 3.10 kör ve örneklerin 515 nm'deki absorbans değerleri sırasıyla Abs_k ve $Abs_{ö}$ olarak gösterilmiştir (Özgen 2014, Thaipong *et al.* 2006).

$$\%\ inhibisyon = \left(\frac{Abs_k - Abs_{ö}}{Abs_k}\right) \times 100 \qquad (3.10)$$

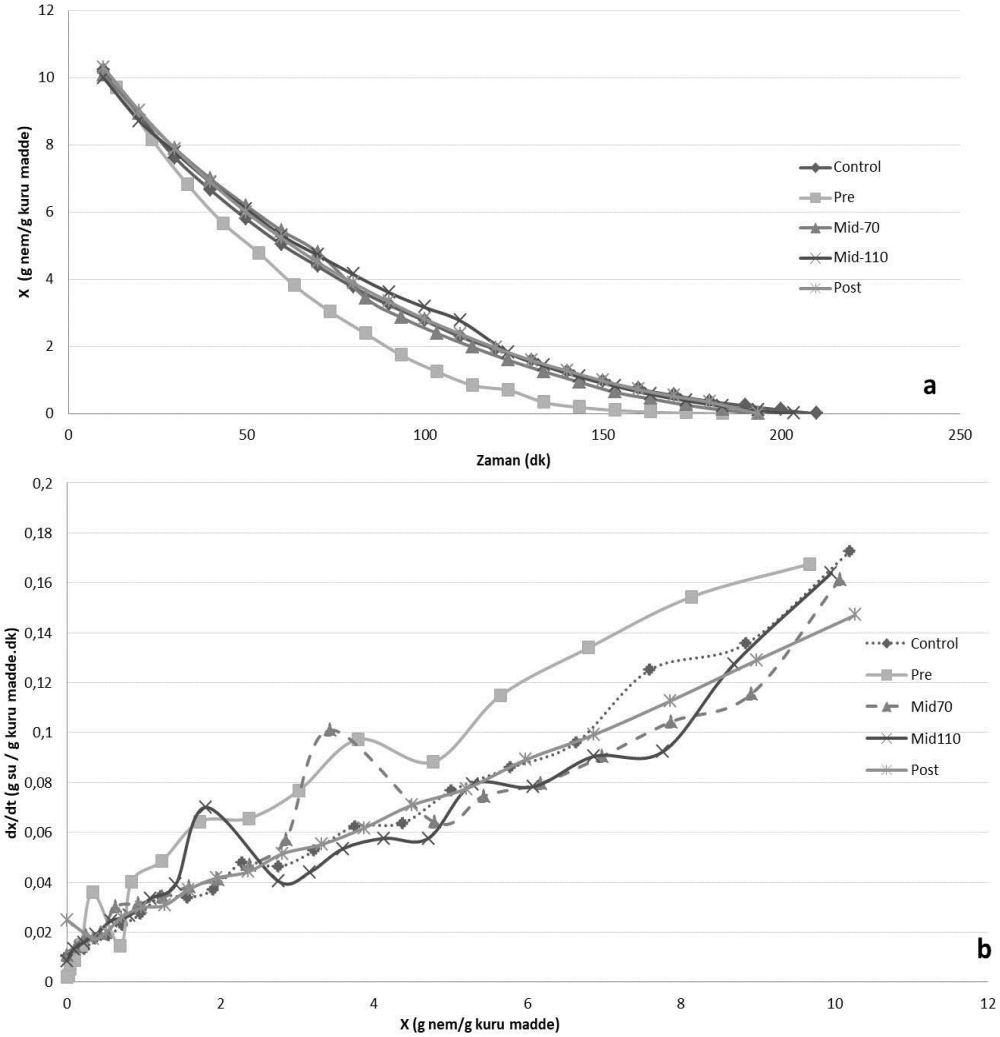
3.4 İstatistiksel analiz

Mantar dilimlerinin sertlik, renk parametreleri, toplam fenolik madde ve antioksidan etkinlik sonuçları arasındaki farklılık Fisher LSD testi (p=0,95) ile analiz edilmiştir. Bu amaçla Minitab 17 programı kullanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Mantar dilimlerinin kurutma karakteristikleri

Kontrol ve farklı işlemler uygulanarak kurutulan mantar dilimlerinin nem miktarlarının zamanla değişimi Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Mantar örneklerinin başlangıç ortalama nem içeriği % 92'dir. Kontrol, Pre, Mid-70, Mid-110 ve Post örneklerinin su aktivitesi değerleri sırasıyla 0,359±0,025; 0,335±0,060; 0,330±0,047; 0,373±0,005 ve 0,315±0,031 olarak ölçülmüştür. Kontrol örnekleri ile Mid-70, Mid-110, Post örneklerinin zamanla nem içeriğindeki değişim benzerdir ancak Pre örneklerinin nem içeriğindeki azalmanın daha hızlı gerçekleştiği gözlemlenmiştir (Şekil 4.1-a). Pre kodlu örneklere yüksek sıcaklık-vakum hibrit işlem kurutmanın başlangıcında uygulanmıştır. Bu da örneklerin hücresel yapısını etkileyerek serbest suyun yapıdan daha hızlı uzaklaşmasına neden olmuş olabilir. Şekil 4.1-b' de kuruma hızının nem içeriği ile değişimi incelendiğinde aynı şekilde Pre örneklerinin daha hızlı kuruduğu görülmektedir. Mid-70, Mid-110 örneklerine kurutmanın 70. ve 110. dakikalarında uygulanan yüksek sıcaklık-vakum hibrit işlem bu süreçte kuruma hızını artırmış; Post örneklerinde de artış gözlemlenmiş ancak bu iki örnekteki gibi belirgin olmadığı gözlemlenmiştir. Kuruma karakteristikleri incelendiğinde uygulanan ön işlemin mantar kuruma hızını artırdığı ve kontrolden farklılaştığı gözlemlenmiştir. Kurutmanın ortasında ve sonunda uygulanan ön işlemler kuruma eğrisini farklılaştırmamış ancak kurutma süresinin kontrolden daha az olmasına neden olmuştur.



Şekil 4.1 Mantar dilimlerinin nem miktarlarının zamana bağlı değişimi

4.2 Difüzyon Katsayısı

Kurutulmuş mantar dilimlerinin difüzyon katsayısı Çizelge 4.1'de gösterilmiştir. Difüzyon katsayısı, kurutma sırasında gerçekleşen sıvı difüzyonu, buhar difüzyonu, yüzey difüzyonu, kapiler akış ve hidrostatik akış gibi nem transferine neden olan bütün mekanizmalarla ilgili bilgi verir (Denghannya *et al.* 2018). Çizelge 4.1'de görüldüğü gibi en yüksek difüzyon katsayısı değeri Pre örnekleri için hesaplanmıştır. Başlangıçta uygulanan yüksek sıcaklık ve vakum işlemi mantarın hücre yapısının etkilenmesine ve nemin daha hızlı transferine neden olmuştur. Şekil 4.1-a ve b'de Pre örneklerinden nemin daha hızlı uzaklaştığı görülmüştür. Bu da yüksek difüzyon katsayısı ile ilişkilendirilebilir. Kontrol ve diğer örneklerin difüzyon katsayısı değerlerinin birbirine

benzer olduğu görülmüştür. Kurutmanın orta aşamalarında ve son aşamasında uygulanan yüksek sıcaklık ve ortam basıncının düşürülmesi ile kuruma hızında ve difüzyon katsayısında önemli bir değişim olmamıştır.

Çizelge 4.1 Mantar dilimlerinin difüzyon katsayısı değerleri

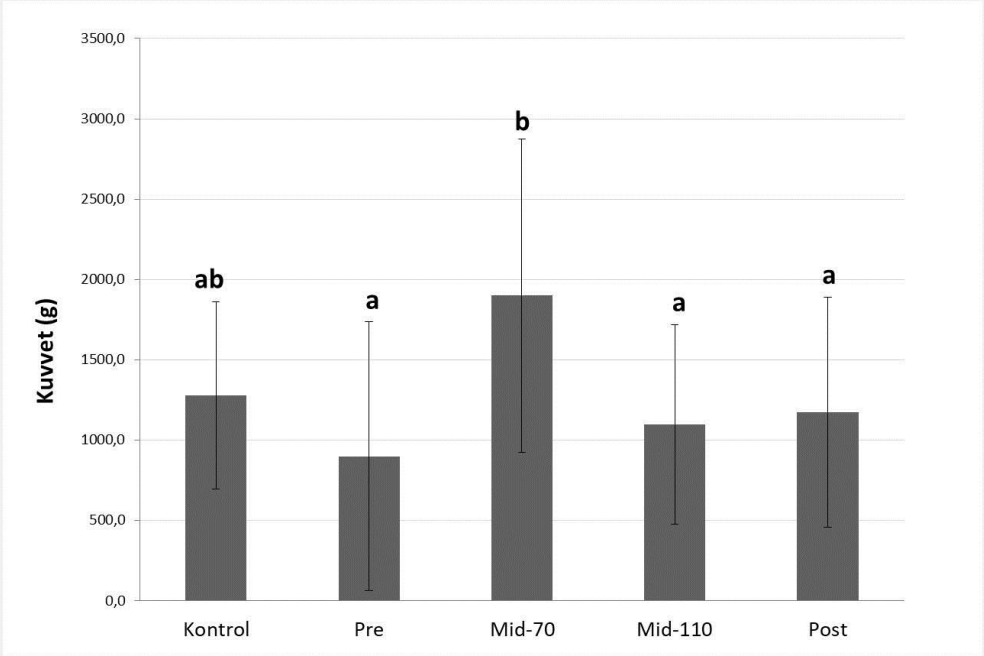
Örnekler	**D_{eff} (m^2/s)**
Kontrol	$3{,}46\times10^{-9}$
Pre	$5{,}83\times10^{-9}$
Mid-70	$3{,}75\times10^{-9}$
Mid-110	$3{,}63\times10^{-9}$
Post	$3{,}09\times10^{-9}$

4.3 Kurutulmuş Mantar Örneklerinin Fizikokimyasal Özellikleri

4.3.1 Tekstür

Tekstür gıdaların bazı önemli özelliklerinin, dokunma, görme ve işitme yolu ile tespit edildiği bir kalite ölçüsüdür. Tekstürün analizinin amacı, gıdalara uygulanan kuvvete gösterilen direnci ve oluşan deformasyon oranını belirlemektir (Ertaş ve Doğruer 2010). Gıdaların esnek olması, sert olması sakızımsı kıvamda olması gibi birçok özelliği tekstür analizleri ile belirlenebilmektedir. Tekstür değişkenlerinden olan sertliğin, kurutulan ürünler için oldukça önemli olduğu bunun yanı sıra kurutucu tiplerinden ve değişkenlerinden etkilendiği belirtilmiştir (Atalay 2015). Farklı yöntemlerle kurutulmuş mantar örneklerinin sertlik değerleri Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Kontrol örneklerinin vakum uygulanan örneklerle benzer sertlik değerlerine sahip olduğu görülmüştür ($p>0{,}05$). Sertlik değeri en yüksek Mid-70 kodlu mantar dilimi örneklerinde gözlemlenmiştir ve kontrol harici diğer örneklerden istatistiksel olarak farklı olduğu görülmüştür ($p<0{,}05$). Pre, Mid-110 ve Post kodlu kurutulmuş mantar örneklerinin sertlik değeri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı gözlemlenmiştir ($p>0{,}05$). Kayın mantarıyla yapılan çalışmada ise kurutulmuş mantarlarda yüksek sıcaklık değerlerinin sertlik miktarında artışa sebep olduğu aktarılmaktadır (Atalay

2015). Cempedak meyvesinin kurutulması çalışmasında, meyveye uygulanan sıcaklık arttıkça (50°C, 60°C, 70 °C) sertlik miktarlarınında arttığı tespit edilmiştir. Benzer olarak Baltacıoglu ve Esin (2013), mikrodalga kurutmanın kızartmayla karşılaştırıldığında cips numunelerinde daha yüksek sertlik değerleri gösterdiğini tespit etmiştir. Sıcak hava ve vakum ile kurutmanın cipslerin kırılma kuvveti üzerinde bir etkisi olmadığı saptanmıştır ($p>0,05$). Zhang *et al.* (2011), lahana cipslerinin sertliğinin, kullanılan kurutma yöntemlerinin yanında nişasta, şeker vb. gibi bileşenlerden de kaynaklanabileceğini bildirmiştir. Benzer sonuçlar havuç cipsi (Shyu *et al.* 2005), yer elması cipsi (Baltacıoğlu and Esin 2013) ve vakum-kızartma uygulanan patates cipsleri (Garayo and Moreira 2002, Granda and Moreira 2005) için de tespit edilmiştir (Halil 2019).



Şekil 4.2 Farklı yöntemlerle kurutulmuş mantar örneklerinin sertlik değerleri

4.3.2 Renk

Renk, gıdaların kalitesinin belirlenmesinde ve tüketicilerin gıdayı tercih etmesinde önemli olan kalite özelliklerinden biridir (Atalay 2015). Renk, nesnelerden yansıyan farklı dalga boylarına sahip görünür ışığın insan gözüne yansımasının ardından beyinde meydana getirdiği algı ve yorumdur. İnsan gözüne ulaşan yaklaşık 500-550 nm dalga

boyuna sahip ışık yeşil, 650-750 nm dalga boyuna sahip ışık kırmızı 400-450 nm dalga boyuna sahip ışık mavi renk olarak algılanmaktadır (Keskin *et al.* 2017). CIE Lab renk sisteminde; parlaklık, yeşillik-kırmızılık ve mavilik-sarılık formlarını ifade eden L^*, a^* ve b^* değerleri ile CIE-Lab sistemidir. CIE-Lab sistemi gıdaların rengi ile gıda saklama ve işleme sırasındaki değişimlerini analiz etmek için etkili ve güvenli bir renk ölçüm metodu olarak oldukça sık tercih edilmektedir (Lüle 2014). Bir gıdanın besinsel değeri çok iyi olsa bile, eğer rengi kötü ise tercih edilmemekte çünkü tüketici tarafından ürünün tadı, besinsel değeri ve kalitesi ile ilişkilendirilmektedir (Uyak *et al.* 2020).

Mantar örneklerinin renk değerleri Çizelge 4.2'de gösterilmiştir. En düşük L^* değeri Pre kodlu mantarlarda; en yüksek L^* değeri kontrol örneklerinde gözlenmiştir. L^* parlaklık bileşenidir ve değeri 0-100 arasında değişmektedir. "0" koyuluk ve "100" açıklık ile ilgili bilgi vermektedir. Buna göre Pre örneklerinin en koyu renkte olduğu söylenebilir. a^* değeri kırmızılık-yeşillik ve b^* değeri mavilik-sarılık değerleri olarak adlandırılır ve -120 ile +120 arasında değişmektedir (Keskin *et al.* 2017). Çizelge 4.2' de a^* değeri en yüksek Pre örneğinde en düşük ise kontrol örneğinde, b^* değeri en yüksek Mid-70 örneğinde en düşük ise kontrol örneğinde olduğundan kırmızıya yakın renkte olan örneğin pre, sarıya en yakın renkte olan örneğin ise Mid-70 örneğinin olduğu söylenebilir. Toplam renk değişimi, mantar örneklerinin işlem görmemiş mantarın renginden ne kadar farklılaştığı ile ilgili bilgi vermektedir (Numanoğlu and Çelik 2018). Buna göre en az renk değişimi kontrol örneklerinde ve sonrasında post örneklerinde gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.2 Farklı yöntemlerle kurutulmuş mantar örneklerinin L^*, a^*, b^* ve ΔE değerleri

Örnekler	L^*	a^*	b^*	**ΔE**
Kontrol	$65,80 \pm 4,25^a$	$2,42 \pm 0,91^a$	$14,99 \pm 1,09^a$	$23,05 \pm 4,06^a$
Pre	$48,63 \pm 6,06^b$	$5,20 \pm 0,28^b$	$16,07 \pm 3,51^a$	$40,47 \pm 5,39^b$
Mid-70	$58,83 \pm 3,29^a$	$3,96 \pm 0,48^c$	$17,44 \pm 1,19^a$	$30,40 \pm 3,09^c$
Mid-110	$60,33 \pm 2,62^a$	$3,68 \pm 0,36^c$	$16,11 \pm 1,41^a$	$28,67 \pm 2,42^{ac}$
Post	$63,71 \pm 6,07^a$	$3,42 \pm 0,55^c$	$16,33 \pm 1,00^a$	$25,41 \pm 5,75^{ac}$

L^* değeri kontrol ve vakum uygulanan örneklerde yalnızca Pre örneğindeki farklılık istatistiksel olarak anlamlıdır. Diğerlerinin birbiriyle benzer özellikte olduğu gözlemlenmiştir. Kontrol örneklerinin *a** değeri, vakum işlem uygulanan örneklerden düşük bulunmuştur ve vakum işlem uygulanan örnekler ile arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$). Vakum işlem uygulanan örneklerde Mid-70, Mid-110 ve Post örneklerinin *a** değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$). Pre kodlu mantar örneklerinin *a** değeri daha yüksek hesaplanmıştır ve bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$). Kontrol ve vakum işlem uygulanan örneklerin *b** değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$). En düşük ΔE değeri kontrol mantar örneklerinde gözlemlenmiştir. Vakum işlem uygulanan mantar örneklerinin ΔE değeri istatistiksel olarak kontrolden farklıdır. En yüksek ΔE değeri Pre kodlu mantar örneğinde gözlemlenmiştir. Mid-110 ve Post kodlu mantar örneklerinin kontrol ile benzer ΔE değerine sahip olduğu ve aynı zamanda da Mid-70 kodlu mantar örneğine de benzer özellik gösterdiği istatistiksel olarak gözlemlenmiştir. Yüksek ΔE değerine sahip Pre kodlu mantar örnekleri, en koyu renkli kurutulmuş mantar örnekleridir (Şekil 4.3).

Kurutma uygulamasının gıdaların renginde değişikliğe neden olduğu, kurutmanın sıcaklığı arttırıldığında renk değişiminde artış olmaktadır. Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu olan Maillard reaksiyonu renk değişiminin en önemli nedenidir. Yapılan birçok çalışmada da mantarlara uygulanan değişik kurutma uygulamalarının mantar örneklerin renk değerlerinde etkili olduğu görülmüştür (Başyiğit and Karaaslan 2020). Çörek mantarının (*Boletus edulis*) kurutulmasıyla ilgili yapılan bir çalışmada;

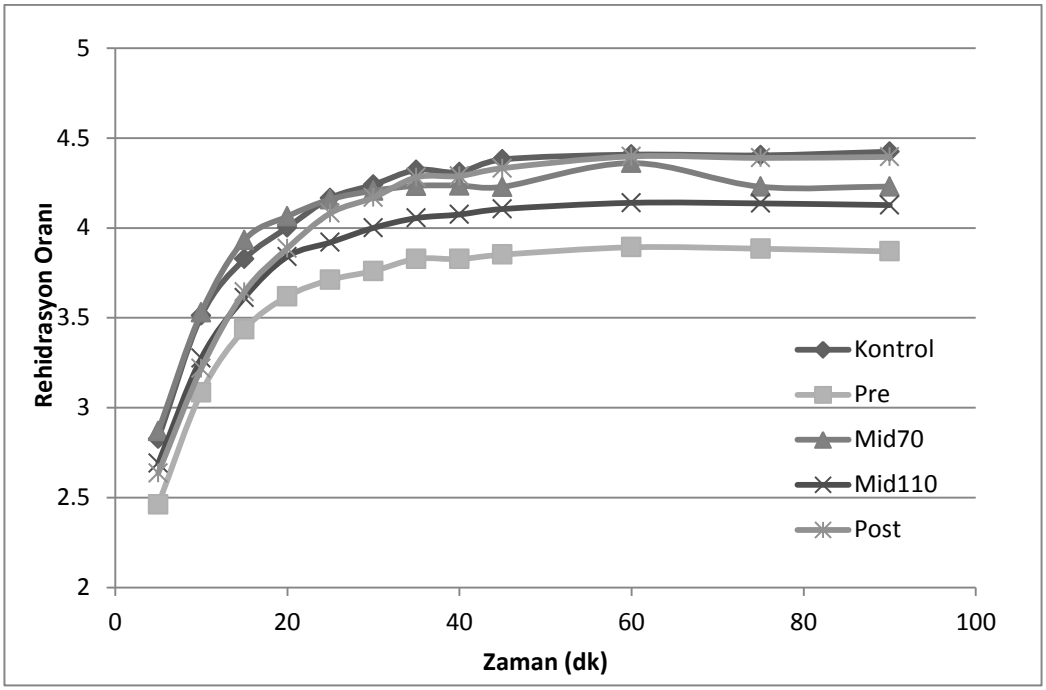
50°C, 60°C, 70 °C sıcaklıklarda kurutulan mantar örneklerinde, uygulanan sıcaklığın etkisiyle birlikte parlaklık (*L**) değerinde azalma meydana geldiği gözlemlenmiş ve meydana gelen bu azalmanın Maillard reaksiyonu sonucu oluşan kahverengi pigmentlerden meydana gelebileceği rapor edilmiştir (Atalay 2015). Duan *et al.* (2016) yaptıkları çalışmada mantar dilimleri mikrodalga vakum kurutma yöntemi ile kurutmuşlardır. Mikrodalga gücü arttıkça ve basınç azaldıkça mantar dilimlerinin renginin daha koyu olduğunu ve kuruma hızının artışının esmerleşmenin daha kolay gerçekleşmesine neden olduğunu rapor etmişlerdir. Tez kapsamında başlangıçta uygulanan sıcak hava ve vakum uygulaması ile kuruma hızının artışı (Şekil 4.1-b) ile birlikte esmerleşme hızının arttığı da görülmektedir.



Şekil 4.3 Kurutulmuş mantar görselleri

4.3.3 Rehidrasyon kapasitesi

Rehidrasyon kapasitesi kurutulmuş ürünlerin kalitesi üzerinde etkili olan oldukça önemli bir kalite kriteridir. Kurutulan bir ürün suda bırakıldığında taze şeklindeyken bünyesinde bulundurduğu kadar suyu tekrar bünyesine alarak ilk halinde olan şekline ve yapısına dönmesi o ürünün oldukça iyi özelliklerde olduğu göstermekte ve kurutulan gıdanın anlatılan özelliği rehidrasyon oranı olarak ifade edilmektedir (Yıldız 2019). Kurutulan mantar örneklerinin rehidrasyon oranlarında zamana bağlı olan değişim Şekil 4.4'de gösterilmiştir. Rehidrasyon oranı sıcaklık ve uygulanan yönteme bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Şekil 4.4'de görüldüğü gibi rehidrasyon oranı en düşük mantar örneğinin Pre kodlu mantarlar; en yüksek mantar örneğinin ise işlem uygulanmamış (kontrol) mantarlar olduğu gözlemlenmiştir. Sıcak hava ve vakum işlemlerinin mantar dilimlerinde rehidrasyon kapasitesinin zamanla değişimi başlangıçta hızlı ilerleyen sürelerde yavaşladığı ve sabit bir değere ulaştığı görülmektedir. Yıldız (2019), sıcak hava, vakum ve dondurarak kurutma uygulayarak balkabağı dilimleri üzerinde yaptığı çalışmada, ön işlem uygulanmış balkabağı örneklerinin büzülme oranının daha yüksek olduğu ve iç yapının hasar gördüğü için su absorpsiyon yeteneğinin azalmış olabileceği bildirilmiştir. İntepe (2010) yaptıkları çalışmada SO_2 ile kükürtlem, $K_2S_2O_5$+Etil Oleat, $K_2S_2O_5$, $Na_2S_2O_5$+Etil Oleat ve $Na_2S_2O_5$ çözeltileri ile kükürtleme ön işlemleri uygulanmış olan kayısıların, sıcak hava ve güneşte kurutma sonrası rehidrasyon yeteneklerini incelemiş ve ön işlem uygulanmayan kurutulmuş kayısıların ön işlem görenlere göre daha fazla rehidre olabildiğini rapor etmişlerdir.



Şekil 4.4 Farklı yöntemlerle kurutulmuş mantar örneklerinin rehidrasyon oranları

4.3.4 Büzüşme analizi

Kurutulmuş mantar örneklerinin büzüşme değerleri Çizelge 4.3'de gösterilmiştir. Büzüşme miktarı kontrol ve vakum uygulanan örneklerden Mid-70 ve Post örneğinde birbirleriyle benzer özellikte olduğu gözlemlenmiştir. Kontrol örneklerinin büzüşme miktarı, vakum işlem uygulanan örneklerden düşük bulunmuştur ve vakum işlem uygulanan örnekler ile arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,05$). Vakum işlem uygulanan örneklerde Mid-70 ve Post örneklerinin büzüşme değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir ($p>0,05$). Mid-70 kodlu mantar örneklerinin büzüşme miktarı daha yüksek hesaplanmıştır ve bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$).

Büzüşme gıdanın çoğu fiziksel özelliklerini oldukça etkilemektedir. Gıdaların yapısında bulunan nemin azalması ile büzüşmenin arttığı, fakat büzüşme kriterlerinin kurutulmuş gıda ve kurutma metodları arasında değişiklik gösterdiği bilinmektedir. Sette *et al.* (2016) ahududu ile yaptığı çalışmada ahududu sıcak hava ile kurutulduğunda büzüşme oranı %81 ve dondurarak kurutmada %11 olarak bulmuşlardır. Song *et al.* (2016) ısı

pompası teknolojisi ile yaptıkları çalışmada cipslerdeki büzüşme oranını %75 bulmuşlardır. Parniakov *et al.* (2016), elma meyvesiyle yaptığı çalışmada darbeli elektrik alanlı vakumlu dondurarak kurutma uygulamasında bazı analizler, uygulanan bu yöntemin kurutulan örneklerin şeklinin korunmasını kolaylaştırdığını, büzüşmeyi engellediğini ve dokuda gözenek artışına sebep olduğunu tespit etmiştir (Kovacı *et al.* 2018).

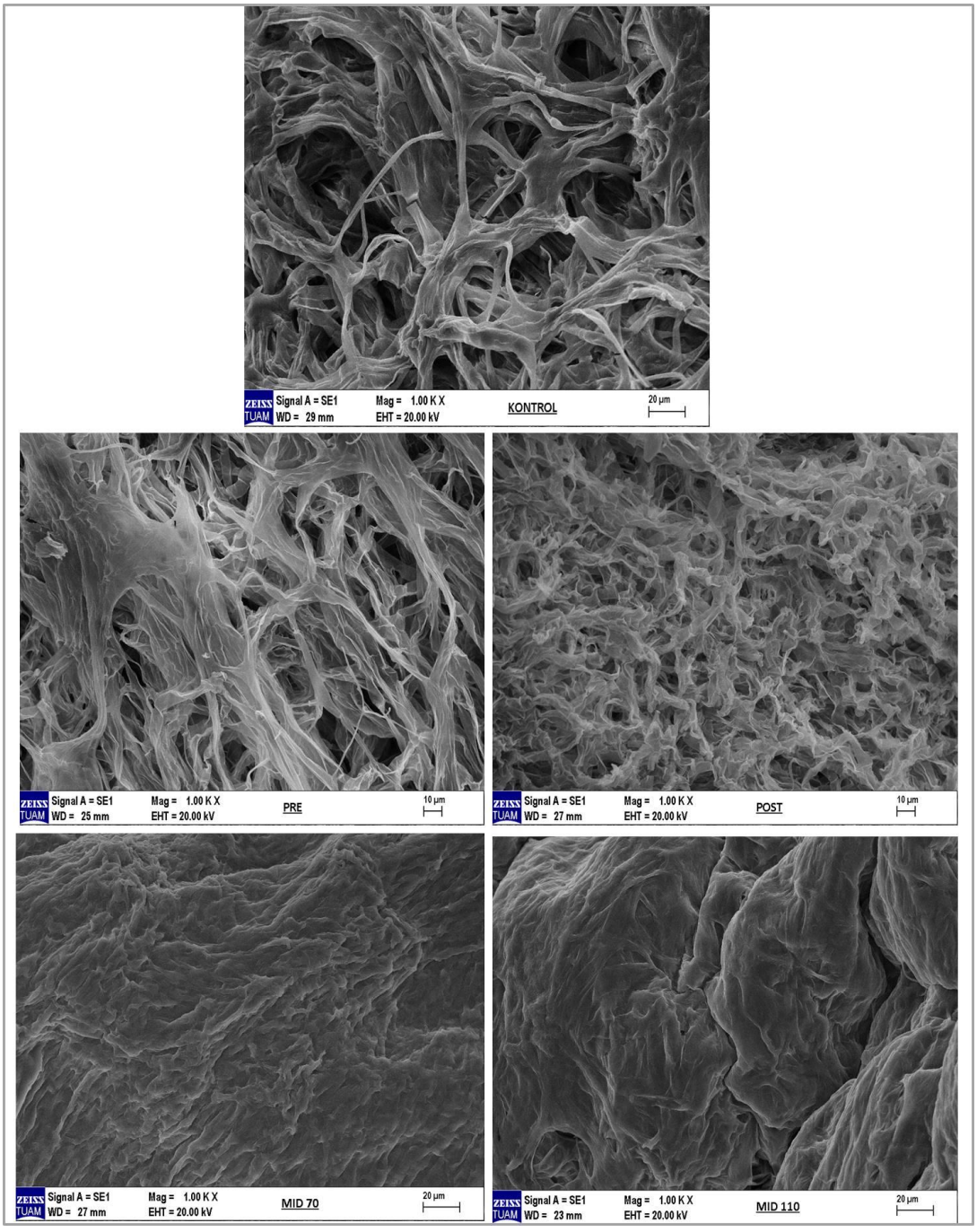
Çizelge 4.3. Farklı yöntemlerle kurutulmuş mantar örneklerinin büzüşme miktarları

Örnekler	**Büzüşme Miktarı (%)**
Kontrol	$82,38 \pm 5,93^{a}$
Pre	$88,12 \pm 1,94^{bc}$
Mid-70	$92,02 \pm 0,69^{c}$
Mid-110	$84,41 \pm 0,39^{ab}$
Post	$91,56 \pm 0,68^{c}$

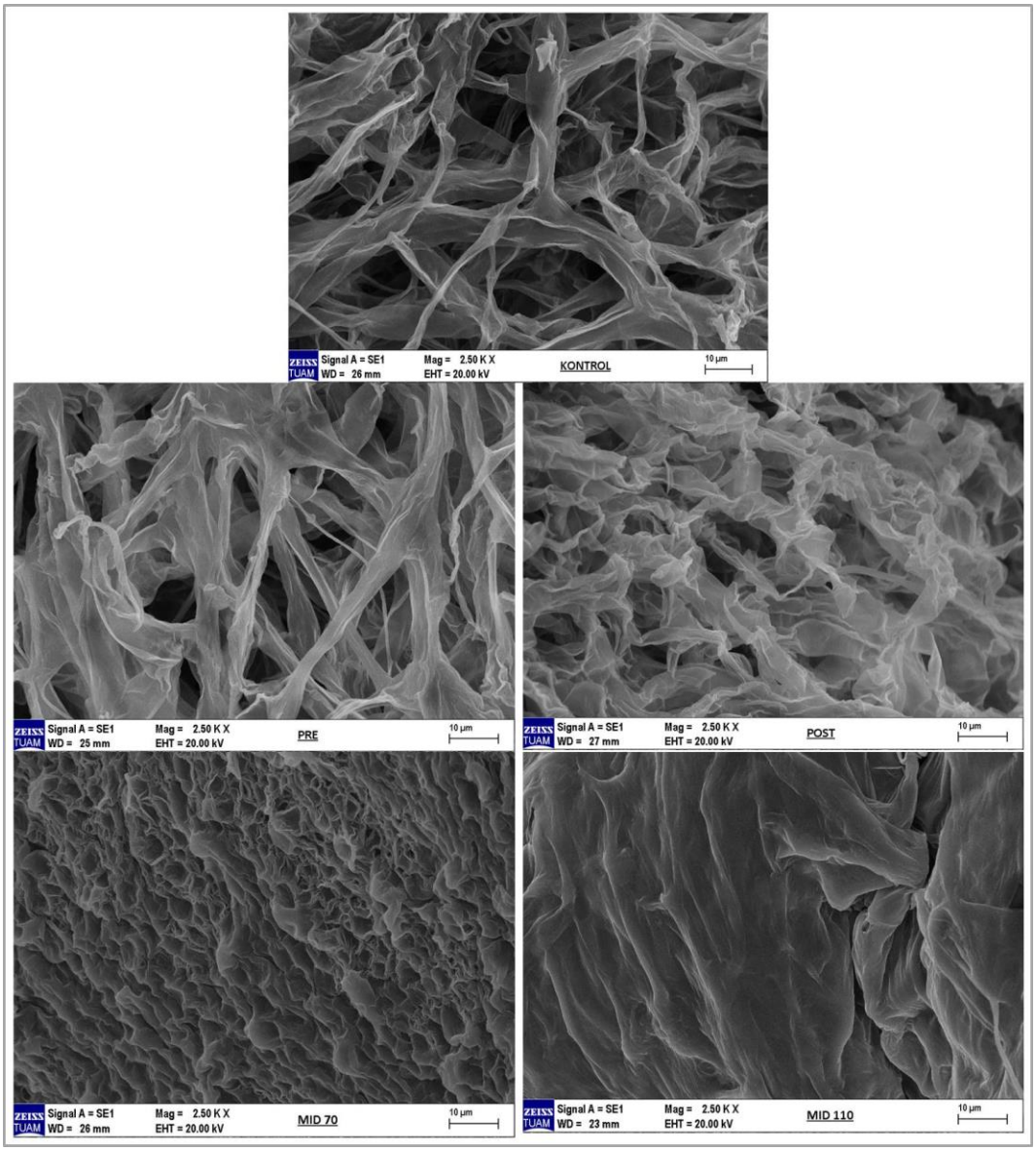
4.3.5 SEM analizi

Kurutulmuş mantar örneklerinin taramalı elektron mikroskobu altında 1000x ve 2500x büyütmede gözlemlenen mantar mikro yapıları Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Sebze ve meyvelere uygulanan ısıl işlem, protein denaturasyonu, hücresel suyun azalması ile geçirgenliğin değişmesi, doku yumuşaması ve hücrede turgor basıncının değişimi ile yapılarının zarar görmesine neden olur. Sebze ve meyvelerden farklı olarak mantarlar destek olarak sert hücre duvarlarına sahip değildir (Ko *et al.* 2007). Kontrol mantar örneklerinin her iki SEM görüntüsünde mantar dokusunun düzenli ve gözenekli olduğu görülmektedir. Pre örneklerinde gözenek açıklığının benzer ancak düzenli olmadığı görülmektedir. Yüksek sıcaklık ve vakum ön işlemi hücre turgor basıncında değişime ve yumuşamasına neden olmuştur. Pre örneklerinin en düşük sertlik değerine sahip olması da bu yorumu desteklemektedir (Şekil 4.2). Mid-70 ve Mid-110 örneklerinde 1000x büyütmeli görüntülerde kompakt bir yapı olduğu; 2500x görüntülerde Mid-70'te küçük gözenekler olduğu, Mid-110' un ise kompakt görüntüde olduğu görülmektedir. Bu örneklerde kuruma 50°C'de devam ederken ortam sıcaklığı

aniden 95°C'ye çıkmış ve ortam basıncının düşürülmesi ile suyun kaynama sıcaklığı düşmüştür. Sıcak hava ve vakum etkisi ile nem aniden uzaklaşarak mantar yüzeyinde kabuk tabakası oluşumuna neden olmuş olabilir. Post örneklerinde nemin önemli bir kısmı uzaklaştıktan sonra yüksek sıcaklık ve vakum uygulandığı için gözenekler küçülmüştür.



Şekil 4.5 Mantar örneklerinin SEM görüntüleri (1000x)

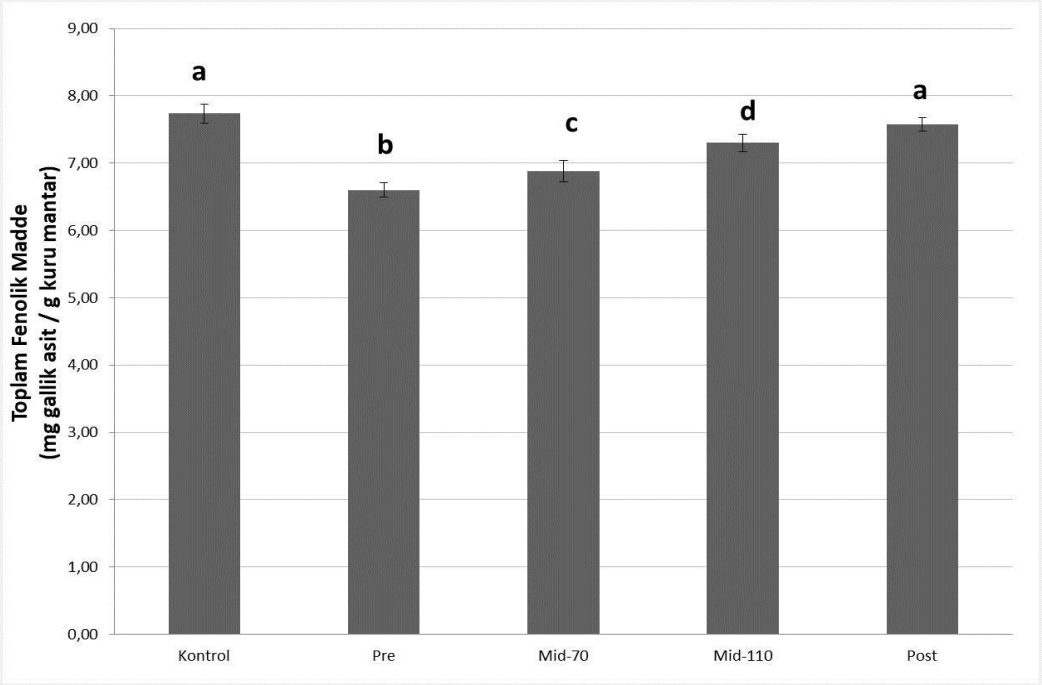


Şekil 4.6 Mantar örneklerinin SEM görüntüleri (2500x)

4.3.6 Toplam fenolik madde analizi

Farklı yöntemlerle kurutulmuş mantar örneklerinin toplam fenolik madde içeriği 6,60 – 7,74 mg gallik asit/ g kuru mantar aralığındadır. Mantar örneklerinin toplam fenolik madde içeriğindeki değişim Şekil 4.7' da gösterilmiştir. En yüksek toplam fenolik madde içeriği kontrol örneğinde gözlemlenmiş ve kontrol ile Post örneklerinin birbirleriyle benzer olduğu gözlemlenmiştir ($p>0,05$). Pre, Mid-70 ve Mid-110 örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı

($p<0,05$) ve en düşük toplam fenolik madde içeriği ise Pre örneklerinde olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.7 Farklı yöntemlerle kurutulmuş mantar örneklerinin toplam fenolik madde içeriği

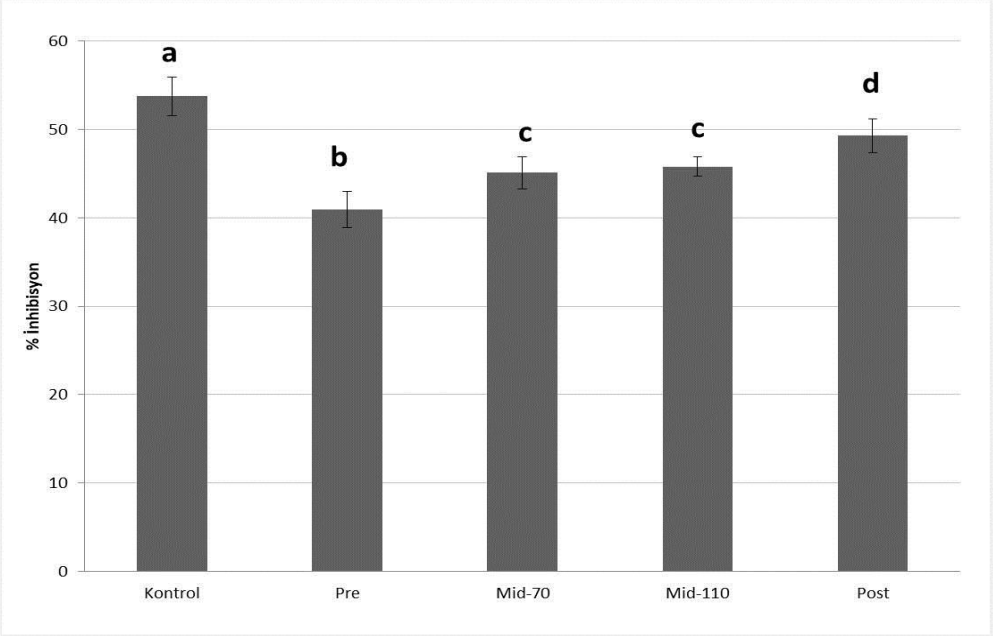
Kurutma, polifenollerin kimyasal yapısının değişmesine ya da proteinlere bağlanarak toplam fenolik madde ekstraksiyonunun zorlaşmasına neden olur. Ayrıca sıcaklık etkisi ile hücre yapısında meydana gelen kopmalar polifenollerin migrasyonuna ve kaybına neden olabilir. Etüvde kurutma sırasında biyoaktif bileşenlerin parçalanmasına ve enzimlerin bozunmasına neden olabilir. Polifenol oksidaz enzimi gibi degratif enzimler fenolik bileşenleri degrade etme yeteneğine sahiptir (Barimah *et al.* 2017). Pre kodlu mantar dilimlerinin en düşük toplam fenolik madde içeriğine sahip olması; yüksek su aktivitesi değerinde uygulanan yüksek sıcaklık ve vakum uygulamasının mantarların polifenol oksidaz enziminin aktivasyonu sonucu fenolik maddeleri degrade etmesi ile ilişkilendirilebilir. Kontrol örneklerinde toplam fenolik madde içeriğinin yüksek çıkmasının sebebi, yüksek sıcaklık ve ortam basıncının düşürülmesinin polifenollerin degradasyonuna neden olduğu şeklinde yorumlanabilir. Toplam fenolik madde içeriğinin Post örneğinde kontrolle benzer olması düşük su aktivitesi değerinde ve enzim inaktivasyonu sonrasında uygulanan yüksek sıcaklık ve vakum etkisinin polifenol

degradasyonuna neden olmaması olarak açıklanabilir. Mid-70 ve Mid-110 örneklerinin gözenek yapısının diğer üç örneğe göre oldukça küçük olması (Şekil 4.6) fenolik madde içeriğinin daha zor ekstrakte edilmesine ve daha düşük değerler elde edilmesine neden olmuş olabilir.

Literatürde yapılan bazı çalışmalarda, kurutulan gıdaların toplam fenolik madde miktarı ilk ürüne göre daha yüksek hesaplanmıştır. Feng *et al.* (2021), mikrodalga vakumlu kurutma, sıcak hava ile kurutma ve dondurarak kurutma metodunun, patlamalı şişirme kurutma ile bir arada uyguladığı, elmanın bazı fizikokimyasal özellikleri ve antioksidan aktivite içeriğine etkisi üzerine çalışmışlardır. Sonuç olarak dondurarak kurutma ve mikrodalga vakumlu kurutma ürünlerin antioksidan aktivitesinin ve fenolik madde içeriğinin daha yüksek olduğunu analiz etmişlerdir. Kurutma çalışması sonucunda vakum tekniğinin kullanılması, elma numunelerinin toplam fenolik madde içeriğinde oldukça fazla miktarda artış olduğunu saptamışlardır (Yağcıları 2020). Yi *et al.* (2016), vakum ortamının işlem sırasında daha az oksidatif bozulma sağladığını tespit etmiştir. Bu durum vakum kurutmanın toplam fenolik madde içeriği açısından zeytin katkılı cipsler için oldukça uygun bir kurutma yöntemi olduğunu belirtmektedir (Halil 2019).

4.3.7 Antioksidan aktivite analizi

Farklı yöntemlerle kurutulmuş mantar örneklerinin antioksidan aktiviteleri şekil 4.7'de gösterilmiştir. Antioksidan aktivitesi için belirlenen yüzde inhibisyon değeri ortalama % 40,94 ile % 53,74 aralığında olduğu görülmüştür. En yüksek yüzde inhibisyon değeri kontrol örneklerinde, en düşük yüzde inhibisyon değeri Pre örneklerinde gözlemlenmiştir ($p<0,05$). Kontrol ve Post örneklerinin yüzde inhibisyon değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) ve Mid-70 ve Mid-110 mantar dilimlerinin antioksidan etkinlik değeri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı ($p<0,05$) görülmüştür.



Şekil 4.8 Farklı yöntemlerle kurutulmuş mantar örneklerinin antioksidan aktivite içeriği

Mantar dilimlerine farklı periyodlarda uygulanan sıcak hava ve vakum uygulamasının antioksidan içeriğine etkisi ile toplam fenolik madde içeriği (Şekil 4.7) üzerine etkisinin benzer eğilimde olduğu görülmüştür. Mantarlarda bulunan biyolojik olarak aktif olan bileşenler mantar türüne, depolama ve işlem koşullarına göre değişmektedir. Mantarların antioksidan içeriği toplam fenolik madde içeriği ile orantılıdır. Yüksek fenolik madde içeriğine sahip mantarların antioksidan aktivite değeri de yüksektir (Kibar 2021). Yapılan çalışmalarda bazı gıdaların fenolik madde içerikleri ile antioksidan aktiviteleri ve uygulanan kurutma prosesi arasında bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Kurutulmuş örneklerin antioksidan aktivite değerleri hammaddeye göre daha yüksek bulunabilmektedir. Antioksidan aktivitesindeki artışın dokularda bulunan ve serbest hale geçen antioksidan polifenollerden kaynaklanabileceği ileri sürülmektedir. Manzocco *et al.* (2001) antioksidan aktivitenin enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu(maillard) ile artış gösterebildiğini tespit etmişlerdir (Yağcıları 2020).

5. SONUÇ

Bu tez çalışmasında sıcak hava-vakum basıncı uygulaması konvansiyonel kurutmanın farklı aşamalarında uygulanmıştır. Ön işlem, ara işlem ve son işlem olarak uygulanan sıcak hava-vakum etkisinin mantar kurutma kinetiği ve kalite özellikleri üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Bu işlemlerin mantar kurutma karakteristikleri üzerine etkisi kurutma grafikleri ve etkin nem difüzyon katsayısının hesaplanması, kalite özellikleri tekstür, renk, rehidrasyon kapasitesi ve kimyasal özellikleri antioksidan aktivite analizi ve toplam fenolik madde analizi ile belirlenmiştir.

Bu tez çalışması sonucunda;

Kuruma karakteristikleri incelendiğinde uygulanan ön işlemin mantar kuruma hızını artırdığı ve kontrolden farklılaştığı gözlemlenmiştir. Kurutmanın ortasında ve sonunda uygulanan ön işlemler kuruma eğrisini farklılaştırmamış ancak kurutma süresinin kontrolden daha az olmasına neden olmuştur.

Kontrol ve diğer örneklerin difüzyon katsayısı değerlerinin birbirine benzer olduğu görülmüştür. En yüksek difüzyon katsayısı değeri ön işlem uygulanan örneklerde gözlemlenmiştir. Kurutmanın orta aşamalarında ve son aşamasında uygulanan yüksek sıcaklık ve ortam basıncının düşürülmesi ile kuruma hızında ve difüzyon katsayısında önemli bir değişim olmamıştır.

Kontrol örneklerinin vakum uygulanan örneklerle benzer sertlik değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Sertlik değeri en yüksek Mid-70 kodlu mantar dilimi örneklerinde gözlemlenmiştir ve kontrol harici diğer örneklerden istatistiksel olarak farklı olduğu görülmüştür. Pre, Mid-110 ve Post kodlu kurutulmuş mantar örneklerinin sertlik değeri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı gözlemlenmiştir.

Kurutulmuş mantar dilimlerinin L^* değeri en düşük ön işlem (Pre) uygulanan mantarlarda, en yüksek kontrol örneklerinde gözlenmiştir. a^* değeri en yüksek ön işlem

uygulanan mantarlarda, en düşük kontrol örneklerinde gözlenmiştir. Ara aşamalarda (Mid-70 ve Mid-110) ve son aşamada (Post) uygulanan yüksek sıcaklık – vakum uygulaması ile L^* ve a^* değerleri benzer örnekler elde edilmiş ancak bu örnekler kontrolden istatistiksel olarak farklıdır. b^* değeri en yüksek Mid-70 örneğinde en düşük ise kontrol örneğinde gözlemlenmiştir ancak b^* değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür. En yüksek toplam renk değişimi değeri ön işlem uygulanan (Pre) örneklerde ve en düşük kontrol örneklerinde gözlemlenmiştir. Ön işlem uygulanan örneklerde difüzyon katsayısı ve kuruma hızı artmıştır ancak diğer örnek gruplarına göre daha koyu renkli örnekler elde edilmiştir.

Rehidrasyon oranı ön işlem uygulaması ile oldukça düşmüştür. Kontrol ve Post kodlu mantar örneklerinin en yüksek ve benzer olduğu görülmüştür. Kontrol ve vakum uygulanan örneklerden Mid-70 ve Post örneğinde birbirleriyle benzer büzüşme oranına sahip olduğu gözlemlenmiş ve kontrol örneklerinin büzüşme miktarı, vakum işlem uygulanan örneklerden düşük bulunmuştur.

SEM analizi ile yüksek sıcaklık ve vakum uygulaması ile kurutulmuş mantar dilimlerinin gözenek yapısının kontrolden farklılaştığı görülmüştür. Kontrol örneklerinin gözenek dağılımı düzenli ve gözeneklerinin açık olduğu görülmüştür. Yüksek sıcaklık ve vakum ön işlemi ile gözenek açıklığının kontrolle benzer ancak düzenli olmadığı görülmektedir. Ara ve son işlemlerin gözenek yapısının küçülmesine neden olduğu görülmüştür.

Toplam fenolik madde içeriği kontrol ile Post örneklerinin birbirleriyle benzer olduğu gözlemlenmiştir. Yüksek sıcaklık ve vakum ön işlemi (Pre) ile en düşük toplam fenolik madde içeriği gözlemlenmiştir. Mantar dilimlerine farklı periyodlarda uygulanan sıcak hava ve vakum uygulamasının antioksidan içeriğine etkisi ile toplam fenolik madde içeriği üzerine etkisinin benzer eğilimde olduğu görülmüştür.

Bu tez çalışması sonucunda;

Konveksiyonel kurutma yöntemiyle hibrit olarak yüksek sıcaklık ve vakum işlemi uygulandığında, kurutmanın hızlandırılabileceği ve bununla birlikte kalite özelliklerinin artırılabileceği ve korunabileceği görülmüştür. Kurutma süresinin azaltılması, ekonomik açıdan ve enerji tasarrufu açısından önemlidir, bu nedenle uygulanan yüksek sıcaklık ve vakum işleminin kurutma prosesinde kullanım potansiyelinin olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

Ali, A., Oon, C. C., Chua, B. L., Figiel, A., Chong, C. H., Wojdylo, A., Turkiewicz, I. P., Szumny, A., Łyczko, J. 2020. Volatile and polyphenol composition, anti-oxidant, anti-diabetic and anti-aging properties, and drying kinetics as affected by convective and hybrid vacuum microwave drying of Rosmarinus officinalis L. Industrial Crops and Products, 151: 112463.

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

Atalay, D. 2015. Konvansiyonel ve Mikrodalga metotlar ile kurutulmuş mantarın (*Agaricus bisporus*) optimizasyon koşullarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İzzet Baysal Üniversitesi, 144 sayfa, Bolu.

Babu, A. K., Kumaresan, G., Raj, V. A. A., Velraj, R. 2018. Review of leaf drying: Mechanism and influencing parameters, drying methods, nutrient preservation, and mathematical models. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 90: 536-556.

Baltacıoğlu, C. and Esin, A. 2013. Crisp production from jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus L.*) and investigation of quality parameters. Academic Food, 11(2): 14-20.

Barimah, J., Yanney, P., Laryea, D., Quarcoo, C. 2017. Effect of drying methods on phytochemicals, antioxidant activity and total phenolic content of dandelion leaves. American Journal of Food and Nutrition, 5(4): 136-141.

Başyiğit, B. and Karaaslan. 2020. M. The effects of different drying techniques on the properties of cheetah fungus (*Terfezio boudieri chatin*). Harran University Engineering Journal, 5(3): 239-246.

Baydaş, F. 2019. İstiridye mantarının (*Pleurotus ostreatus*) bazı biyoteknik özellikleri ve kurutma karakteristiklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Osmanpaşa Üniversitesi, 78 sayfa, Tokat.

Çelen, F. 2018. Dondurarak mantar kurutma. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, 119 sayfa, Ankara.

Deng, Y. and Zhao, Y. 2008. Effect of pulsed vacuum and ultrasound osmopretreatments on glass transition temperature, texture, microstructure and calcium penetration of dried apples (Fuji). LWT-Food Science and Technology, 41(9): 1575-1585.

Dehghannya, J., Hosseinlar, S. H., Heshmati, M. K. 2018. Multi-stage continuous and intermittent microwave drying of quince fruit coupled with osmotic dehydration and low temperature hot air drying. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 45: 132-151.

Duan, X., Liu, W. C., Ren, G. Y., Liu, L. L., Liu, Y. H. 2016. Browning behavior of button mushrooms during microwave freeze-drying. Drying Technology, 34(11): 1373-1379.

Eren, E. and Pekşen, A. 2019. Mushroom Production and Technological Developments in Turkey. The Journal of Fungus, 10: 225-233.

Ertaş, N. and Doğruer, Y. 2010. Texture in food. Erciyes University Veterinary Faculty Journal, 7(1): 35-42.

Garayo, J. and Moreira, R. 2002. Vacuum frying of potato chips. Journal of Food Engineering, 55(2): 181-191.

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.

Granda C. and Moreira R. G. 2005. Kinetics of acrylamide formation during traditional and vacuum frying of potato chips. Journal of Food Process Engineering, 28**,** 478–493.

Halil, T. 2019. Patates cipsi kalitesi üzerine farklı formülasyonların ve kurutma yöntemlerinin etkilerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, 120 sayfa, Bursa.

Han, M. 2019. Mantar kurutmada infrared kurutma tekniğinin kullanılması. Yüksek Lisans Tezi, Onsekiz Mart Üniversitesi, 58 sayfa, Çanakkale.

Horuz, E., Bozkurt, H., Karataş, H., Maskan, M. 2017. Effects of hybrid (microwave-convectional) and convectional drying on drying kinetics, total phenolics, antioxidant capacity, vitamin C, color and rehydration capacity of sour cherries. Food Chemistry, 230: 295-305.

Hossain, M. A., Amer, B. M. A., Gottschalk, K. 2008. Hybrid solar dryer for quality dried tomato. Drying Technology, 26(12): 1591-1601.

İntepe, M. 2010. Farklı şekillerde kurutulmuş kayısıların rehidrasyon yeteneklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, 80 sayfa, Afyon.

Jiang, J. and Xiong, Y.L. 2016. Natural antioxidants as food and feed additives to improve the health benefits and quality of meat products. Journal of Meat Science, 120: 107-117.

Keskin, M., Setlek, P., Demir, S. 2017. Use of color measurement systems in food science and agriculture. In International Advanced Researches & Engineering Congress, 16-18.

Kibar, B. 2021. Influence of different drying methods and cold storage treatments on the postharvest quality and nutritional properties of *P. ostreatus* mushroom. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 45(5): 565-579.

Kim, Y.N, Kwon, H.J., Lee, D.U. 2019. Effects of pulsed electric field (PEF) treatment on the physicochemical properties of Panax ginseng. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 58: 102232.

Ko, W. C., Liu, W. C., Tsang, Y. T., Hsieh, C. W. 2007. Kinetics of winter mushrooms (*Flammulina velutipes*) microstructure and quality changes during thermal processing. Journal of Food Engineering, 81(3): 587-598.

Kovacı, T., Dikmen, E., Şahin, A. 2018. Drying systems, energy consumption and effects on product quality and example system design. Journal of Technical Sciences, 8(2): 25-39.

Lamidi, R. O., Jiang, L., Pathare, P. B., Wang, Y., Roskilly, A. P. 2019. Recent advances in sustainable drying of agricultural produce: A review. Applied energy, 23: 367-385.

Liu, Z. L., Zielinska, M., Yang, X. H., Yu, X. L., Chen, C., Wang, H., Wang, J. Pan, Z., Xiao, H. W. 2021. Moisturizing strategy for enhanced convective drying of mushroom slices. Renewable Energy, 172: 728-739.

Lüle, F. 2014. Malatya-Arguvan yöresinde toplanan çaşır mantarında (*Pleurotus eryngii*) farklı kurutma yöntemlerinin karşılaştırılması. Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, 117 sayfa, Tekirdağ.

Martínez-Soto, G., Ocanna-Camacho, R., Paredes-López, O. 2001. Effect of pretreatment and drying on the quality of oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus*). Drying Technology, 19(3-4): 661-672.

Menon, A., Stojceska, V., Tassou, S. A. 2020. A systematic review on the recent advances of the energy efficiency improvements in non-conventional food drying technologies. Trends in Food Science & Technology, 100: 67-76.

Numanoğlu, E. N. and Çelik, A. G. 2018. Effects of antioxidants on enzymatic browning. Science Harmony, 1(1), 3-9.

Orhan, I. and Üstün, O. 2011. Determination of total phenol content, antioxidant activity and acetylcholinesterase inhibition in selected mushrooms from Turkey. Journal of Food Composition and Analysis, 24(3), 386-390.

Örs, B. 2019. Sağlıklı ve cazip kuru kayısı üretimine yönelik yeni bir teknik: İndirgen atmosferik kurutma. Yüksek Lisans Tezi, Iğdır Üniversitesi, 136 sayfa, Iğdır.

Özgen, S. 2020. Domatesten likopen izolasyonuna yönelik monodispers kromatografik kolon dolgu maddelerinin sentezi, likopenin saflaştırılması ve enkapsülasyonu. Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi, 206 sayfa, Kayseri.

Öztürk, A. 2010. Bazı yenilebilir mantar türlerinde farklı ön işlem ve kurutma yöntemlerinin kalite özellikleri ve besin öğeleri üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, 78 sayfa, Bursa.

Parniakov, O., Bals, O., Lebovka, N., Vorobiev, E. 2016. Pulsed electric field assisted vacuum freeze-drying of apple tissue. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 35: 52- 57.

Pei, F., Yang, W. J., Shi, Y., Sun, Y., Mariga, A. M., Zhao, L. Y., Hu, Q. H. 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.

Sette, P., Salvatori, D., Schebor, C. 2016. Physical and mechanical properties of raspberries subjected to osmotic dehydration and further dehydration by air- and freezedrying. Food and Bioproducts Processing, 100:156-171.

Shyu, S. L., Hau, L. B., Hwang, L. S. 2005. Effects of processing conditions on the quality of vacuum-fried carrot chips. Journal of the Science of Food and Agriculture, 85(11): 1903–1908.

Song, X., Hu, H., Zhang, B. 2016. Drying characteristics of Chinese Yam (*Dioscorea opposita Thunb.*) by far-infrared radiation and heat pump. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 17(3): 290-296.

Şahin, S., Sumnu, S. G., Hamamcı, H., İşçi, A., Şakıyan, Ö. 2016. Fluid Flow, Heat & Mass Transfer in Food Systems. Nobel Yayınevi, 862 sayfa, Ankara.

Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., Byrne, D. H. 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. Journal of food composition and analysis, 19(6-7): 669-675.

Uyak, F., Li, Y., Wu, Z., Wang, X., Wan, N., Yang, M. 2020. Dehydration of wolfberry fruit using pulsed vacuum drying combined with carboxymethyl cellulose coating pretreatment. LWT, 134: 110159.

Vallespir, F., Crescenzo, L., Rodríguez, Ó., Marra, F., Simal, S. 2019. Intensification of low-temperature drying of mushroom by means of power ultrasound: Effects on drying kinetics and quality parameters. Food and bioprocess technology, 12(5): 839-851.

Wojdylo, A., Oszmıanski, J., Laskowski, P. 2008. Polyphenolic compounds and antioxidant activity of new and old apple varieties. J. Agric. Food Chem., 56: 6520–6530.

Yağcıları, M. 2020. Farklı ön işlemler uygulanarak vakum altında kurutulan küp kesim elmaların kuruma karakteristiklerinin ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, 98 sayfa. Bursa.

Yıldız, D. 2019. Balkabağı dilimlerinin farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmasında ön işlem olarak ultrases destekli ozmotik kurutma kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, 118 sayfa, Ordu.

Yu, F., Li, Y., Wu, Z., Wang, X., Wan, N., Yang, M. 2020. Dehydration of wolfberry fruit using pulsed vacuum drying combined with carboxymethyl cellulose coating pretreatment. LWT, 134: 110159.

Zhang, F., Zhang, M., Mujumdar, A.S. 2011. Drying characteristics and quality of restructured wild cabbage chips processed using different drying methods. Drying Technology, 29(6): 682–688.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı ve Soyadı : Betül GÜVENKAYA

Eğitim

Yüksek Lisans	Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı	2018-Halen
Lisans	Çankırı Karatekin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü	2014-2018

İş Deneyimi

Yıl	Kurumu	Görev
2018-2018	Tekinak Gıda San. Ve Tic.A.ş	Gıda Mühendisi
2018-2019	Garden Tem. Nak.Gıda. İnş.Tur.Tah. Paz.İç.Dış.San.Tic.Ltd.Şti	Gıda Mühendisi
2019-2019	Garden Tem. Nak.Gıda. İnş.Tur.Tah. Paz.İç.Dış.San.Tic.Ltd.Şti	Gıda Mühendisi
2019-2019	Tatarlar Zahire Nak. Gübre. Kömürsan ve Tic.Ltd. Şti	Gıda Mühendisi
2019-Halen	Fer-ah Yemekhane Temizlik Nakliyat İnşaat Taahhüt Turizm Yazılım Servis Hizmetleri Ltd.Şti	Proje Müdürü

Akademik Aktiviteler

1.