



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ



**MANTAR KURUTMADA İNFRARED
KURUTMA TEKNİĞİNİN KULLANILMASI**

Mustafa Burak HAN

Tarım Makinaları ve

Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

ÇANAKKALE

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MANTAR KURUTMADA İNFRARED
KURUTMA TEKNİĞİNİN KULLANILMASI**

Mustafa Burak HAN

Tarım Makinaları ve

Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: 30/07/2019

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Habib KOCABIYIK

ÇANAKKALE

Mustafa Burak HAN tarafından Prof. Dr. Habib KOCABIYIK yönetiminde hazırlanan ve **30/07/2019** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Mantar Kurutmada İnfrared Kurutma Tekniğinin Kullanılması**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Ana Bilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

Prof. Dr. Ali VARDAR

.....

Başkan

Prof. Dr. Habib KOCABIYIK

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Burak BÜYÜKCAN

.....

Üye

Prof. Dr. Levent GENÇ

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Sıra No:.....

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI



Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Mustafa Burak HAN

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleŐtirilmesinde, çalıŐmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Habib KOCABIYIK, ve hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Mustafa Burak HAN
anakkale, Temmuz 2019



SİMGELER VE KISALTMALAR

ΔE	Renk değişimi
AV	Hava hızı
CMWD	Sürekli mikrodalga kurutma
dak	Dakika
Eö	Özgöl enerji
E_s	Özgöl enerji tüketimi (MJ/kg)
E_T	Toplam enerji (MJ)
g	Gram
h	Saat
HAD	Sıcak hava ile kurutma
HCMD	Mikrodalga ile birleştirilmiş sıcak hava ile kurutma
HCRFD	Radyo frekanslı ile birleştirilmiş sıcak hava ile kurutma
IMVD	Kesikli mikrodalga kurutma
IR	İnfrared
kg	Kilogram
kPA	Kilo pascal
KS	Kurutma süresi
m	Metre
M_D	Kuru örneğin kütlesi (g)
MIRCD	Orta infrared destekli konveksiyon kurutma
MJ	Megajoule
mm	Milimetre
M_R	Rehidrasyon sonrası örneğin kütlesi (g)
MVD	Mikrodalga vakumlu kurutma
MW	Kesikli mikrodalga kurutma
R_R	Rehidrasyon oranı,
S	Büzölme oranı
V_d	Örneğin kurutma sonrası hacmi (mm ³)
V_f	Örneğin kurutma öncesi hacmi (mm ³)
W_R	Örnekten uzaklaştırılan suyun kütlesi (kg)
yb	Yaş baz

ÖZET

MANTAR KURUTMADA İNFRARED KURUTMA TEKNİĞİNİN KULLANILMASI

Mustafa Burak HAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Habib KOCABIYIK

30/07/2019, 39

Kültür ve istiridye mantarının kuruma özellikleri, kuruma süresi (KS), özgül enerji tüketimi (Eö) ve kalite parametreleri üzerine infrared emitter gücünün (300, 400 ve 500 W) ve hava hızının (1.0, 1.5 ve 2.0 m/s) etkileri araştırılmıştır. Mantarların kurutma deneyleri sürekli ve kesikli (on/off) ısıtma moduyla gerçekleştirilmiştir. İstiridye mantarı için sürekli kurutma modunda 300, 400 ve 500 W infrared emitter gücünde kuruma süresi (KS) sırasıyla 108-153, 87-96 ve 78-87 dakika arasında değişmiştir. İstiridye mantarı için kesikli kurutma modunda 300, 400 ve 500 W infrared emitter gücünde KS sırasıyla 204-282, 171-234 ve 174-165 dakika arasında değişmiştir. KS, 300, 400 ve 500 W emitter gücü, kültür mantarı için sürekli kurutma modunda sırasıyla 243-258, 192-255 ve 174-261 dakika arasında değişmiştir. 300, 400 ve 500 W gücünde kesikli kurutma modunda KS sırasıyla 477-564, 348-522 ve 450-500 dakika arasında değişmiştir. İnfrared emitterin sürekli çalışmasında 300, 400 ve 500 W emitter gücünde istiridye mantarları için tüm hava hızlarında özgül enerji tüketimi sırasıyla 6.45-10.81, 6.73-7.67 ve 7.34-8.62 MJ/kg arasında değişmiştir. Bununla beraber, istiridye mantarları için aynı kurutma koşullarında kesikli emitter çalışma modunda özgül enerji tüketimi sırasıyla 5.16-7.24, 6.5-8.09 ve 7.22-7.93 MJ/kg arasında değişmiştir. İnfrared vericinin sürekli çalışmasında 300, 400 ve 500 W emitter gücünde ve kültür mantarları için tüm hava hızlarında özgül enerji tüketimi sırasıyla 13.70-18.23, 15.35-19.72 ve 17.24-25.21 MJ/kg arasında değişmiştir. Ayrıca, aynı kurutma koşullarında emitterin kesikli çalışmasında özgül enerji tüketimi sırasıyla 12.43-14.48, 12.30-18.05 ve 21.87-19.19 MJ/kg arasında değişmiştir. Tüm kuruma koşulları için büzülme oranı % 17,44 ile % 40,41 arasında bulunmuştur. Toplam renk değişimi, her iki mantar için sürekli kurutmada 7.44 ile

35.54, kesikli kurutmada 10.58 ve 26.02 arasında değişmiştir. Ancak, genel olarak artan hava hızı ile kuruma süresi uzarken, artan emitter güç ile kısaltılmıştır.

Anahtar sözcükler: Mantar, İnfrared Kurutma, Kuruma Süresi, Özgül Enerji Tüketimi, Büzülme, Toplam Renk Değişimi



ABSTRACT

USING INFRARED TECHNICS FOR DRYING OF MUSHROOM

Mustafa Burak HAN

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master of Science Thesis in Agricultural Machinery and Technologies Engineering

Advisor: Prof. Dr. Habib KOCABIYIK

30/07/2019, 39

The effects of infrared radiation power (300, 400 and 500 W) and air velocity (1.0, 1.5 and 2.0 m/s) on drying characteristics, drying time (KS), specific energy consumption (E_0) and quality parameters of oyster and button mushroom were investigated. Drying experiments of mushrooms were carried out with continuous and intermittent (on/off) infrared heating. KS at 300, 400 and 500 W infrared emitter power varied between 108-153, 87-96, and 78-87 minute at continuous drying mode for oyster mushroom, respectively. KS at 300, 400 and 500 W infrared emitter power varied between 204- 282, 171-234 and 174-165 minute at intermittent drying mode for oyster mushroom, respectively. KS at 300, 400 and 500 W infrared emitter power ranged from 243-258, 192-255 and 174-261 minute at continuous drying mode for button mushroom, respectively. KS at 300, 400 and 500 W infrared emitter power ranged from 477-564, 348-522 and 450-500 minute at intermittent drying mode for button mushroom, respectively. Specific energy consumption in continuous operation of infrared emitter at 300, 400 and 500 W of emitter power and all air velocity for oyster mushrooms respectively varied between 6.45-10.81, 6.73-7.67 and 7.34-8.62 MJ/kg. Also, specific energy consumption in intermittent operation of infrared emitter at the same drying conditions for oyster mushrooms respectively ranged from 5.16-7.24, 6.5 -8.09 and 7.22-7.93 MJ/kg. Specific energy consumption in continuous operation of infrared emitter at 300, 400 and 500 W of emitter power and all air velocity for button mushrooms respectively varied between 13.70-18.23, 15.35-19.72 ve 17.24-25.21 MJ/kg. Also, specific energy consumption in intermittent operation of infrared emitter at the same drying conditions respectively ranged from 12.43-14.48, 12.30-18.05 and 21.87-19.19 MJ/kg. They were also significantly affected by process variables. Shrinkage ratio was found between 17.44% and 40,41 % for all drying conditions. Total color change varied between 7.44 and

35.54 for continuous drying, 10.58 and 26.02 for intermittent drying, respectively. However, drying time was prolonged with increasing air velocity, while it was shortened with rising infrared power.

Keywords: Mushroom, Infrared Drying, Drying Time, Specific Energy Consumption, Shrinkage, Total Color Change



İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
TEZ SINAVI SONUÇ FORMU	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	v
ÖZET	vi
ABSTRACT.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
1.1. Kurutma ve Kurutma Yöntemleri	3
BÖLÜM 2	7
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	7
BÖLÜM 3	12
MATERYAL VE YÖNTEM.....	12
3.1. Materyal	12
3.1.1. Deneme Düzenegi	12
3.1.2. Denemelerde Kullanılan Diğer Alet ve Cihazlar.....	13
3.2. Yöntem.....	13
3.2.1. Örneklerin Hazırlanması	14
3.2.2. Kuruma Kinetikleri.....	14
3.2.3. Özgül Enerji Tüketiminin Belirlenmesi	14
3.2.4. Büzülme Katsayısının Belirlenmesi	15
3.2.5. Rehidrasyon Özelliklerinin Belirlenmesi	15
3.2.6. Renk Parametrelerinin Belirlenmesi.....	16
BÖLÜM 4	17
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	17
4.1. Kuruma Süresi ve Kuruma Kinetikleri	17
4.1.1. Kuruma süresi.....	17
4.1.2. Kuruma Kinetikleri.....	22
4.2. Özgül Enerji Tüketimi.....	25
4.3. Kalite Özellikleri.....	27
4.3.1. Renk Değişimi	27
4.3.2. Büzülme.....	28
4.3.1. Rehidrasyon.....	29

BÖLÜM 5	31
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	31
KAYNAKLAR	33
EKLERİ	I
EK 1. Grafik Kodlamaları	II
ÖZGEÇMİŞ	III



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1.1 Türkiye’de mantar üretimi.....	1
Şekil 1.2 Dünyada mantar üretimi	2
Şekil 3.1 İnfrared kurutma düzeneği.....	13
Şekil 4.1 İstiridye ve kültür mantarının kuruma süreleri	17
Şekil 4.2 Kültür mantarının, farklı hava hızları, emitter çalışma modu ve infrared emitter güçlerine göre nem içeriğinin kuruma süresiyle değişimi.	20
Şekil 4.3 İstiridye mantarının farklı hava hızları emitter çalışma modu ve infrared emitter güçlerine göre nem içeriğinin kuruma süreleriyle değişimi.	21
Şekil 4.4 Emitterin sürekli çalışma modunda farklı infrared ısıtıcı güçlerinde, farklı hava hızlarında istiridye ve kültür mantarının kuruma hızının nem içeriğiyle değişimi.....	23
Şekil 4.5 Emitterin kesikli (on/off) çalışma modunda farklı infrared ısıtıcı güçlerinde, farklı hava hızlarında istiridye ve kültür mantarının kuruma hızının nem içeriğiyle değişimi.....	24
Şekil 4.6 İstiridye mantarı ve kültür mantarının değişik kurutma kombinasyonlarında özgül enerji tüketimi	25
Şekil 4.7 Kurutulan istiridye mantarı ve kültür mantarının toplam renk değişimi (ΔE)	28
Şekil 4.8 Kurutulan kültür mantarının büzülme oranları	29
Şekil 4.9 İstiridye mantarı ve kültür mantarının rehidrasyon oranları.....	30

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 3.1 Deneme deseni.....	14
Çizelge 4.1 İnfrared emiter gücü ve hava hızı ile kuruma süresi arasındaki ilişki	18
Çizelge 4.2 İnfrared emitter gücü ve hava hızı ile özgül enerji tüketimleri arasındaki ilişkiler	26

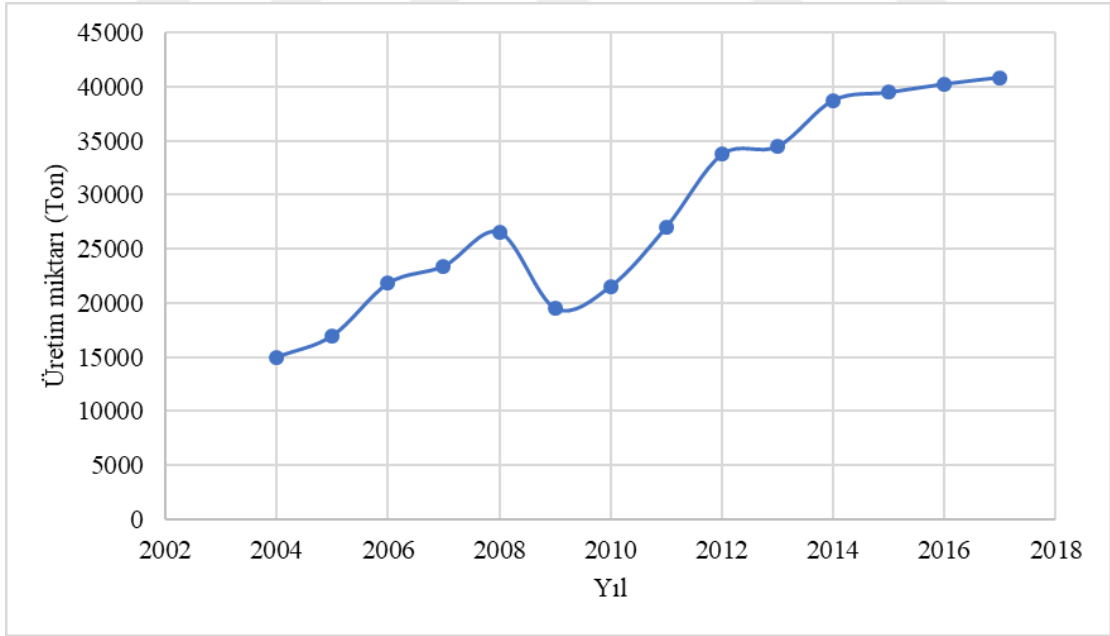


BÖLÜM 1

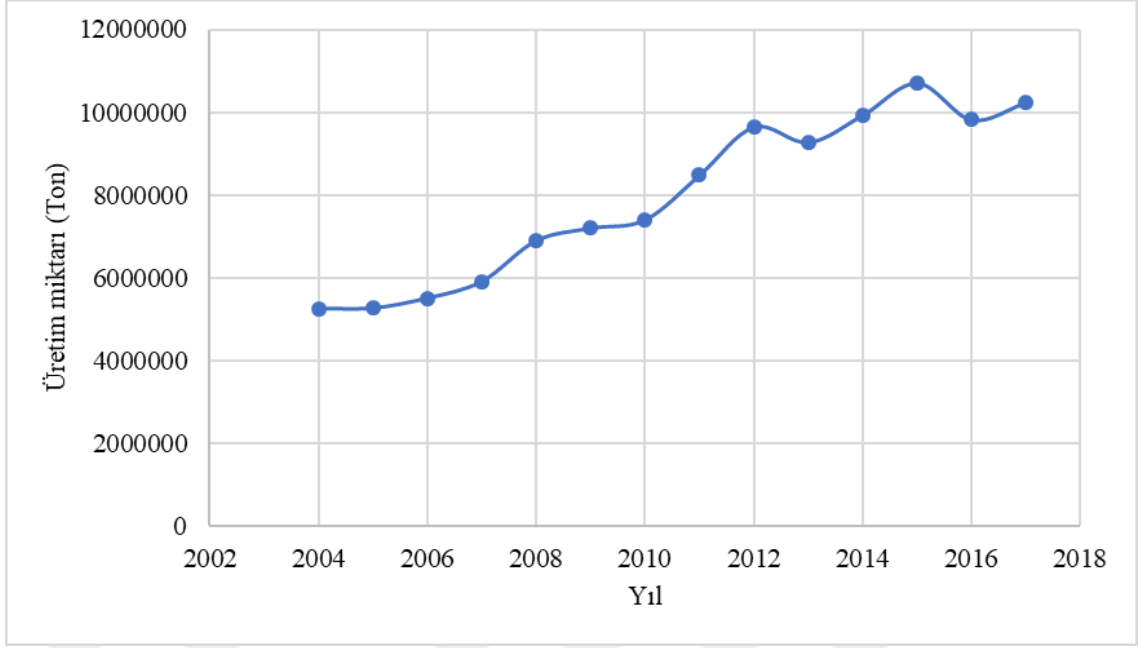
GİRİŞ

Ülkemizde birçok mantar çeşidi bulunmaktadır. Bu mantarların birçoğu doğal ortamlarında kendiliğinden yetişirken bazılarının kültürü yapılmaktadır. Kültürü yapılan bu mantarlar arasında, en çok üretilen mantar halk arasında kültür mantarı olarak bilinen *Agaricus* türü mantarlardır. Bu mantar türleri Türkiye’de kültürü yapılan mantarlar arasında % 86’lık bir yer kaplamaktadır. İkinci sırada ise *Pleurotus* türleri yer almaktadır ve bu mantar türleri %10’luk bir yer kaplamaktadır. %3’ lük bir pay ile *Lentinula edodes* türü üçüncü sırada yer almaktadır (Eren ve Pekşen, 2016).

Türkiye’de mantar üretimi grafiklerini incelediğimizde son 13 yıllık periyotta mantar üretiminde yaklaşık 2 katın üzerinde bir artış olmuştur. 2004 yılında yıllık 15000 ton civarında olan mantar üretimi 2017 yılına gelindiğinde 41000 ton civarına çıkmıştır (Şekil 1.1.). Dünyada da 2004 yılında 5 Milyon ton civarında olan mantar üretimi 2017 yılında 10 milyon ton civarına çıkmıştır (Şekil 1.2.). Dünyada ve ülkemizde mantar üretimi giderek artmaktadır.



Şekil 1.1 Türkiye’de mantar üretimi (FAO, 2017a)



Şekil 1.2 Dünyada mantar üretimi (FAO, 2017b)

Mantar eski çağlardan beri insanoğlu tarafından gıda olarak tüketilmiştir (Wani ve ark., 2010). Günümüzde de sofralarımızda yer alan mantarlar yüksek protein, vitamin, lif, karbonhidrat ve mineraller içermektedirler (Sanmee ve ark., 2003, Vetter, 2003, Pekşen ve ark., 2007). Gıda olarak tüketilmesinin yanında tıp alanında da kullanılan mantarların anti kanserojen ve bağışıklık sistemini kuvvetlendirici etkisi olan polisakkarit ve polisakkarit-protein kaynaklarıdır (Wasser, 2010). Bu gibi sebeplerle gıda sanayisinde son zamanlarda kullanımı artmıştır ancak mantar, yaklaşık %87-95 arasında değişen yüksek nem içeriği sebebiyle, hasattan hemen sonra bozulmaya başlayan oldukça dayanıksız bir üründür. Çoğunlukla taze olarak tüketilen bir sebze türü olmasına karşın son yıllarda kuru olarak tüketimi artmaktadır. Taze mantarlar raf ömrünün uzatılması için genellikle kurutulurlar. Kurutularak nem içeriğinin azaltılması, bozucu mikroorganizmaların gelişimini engeller, enzimlerin hareketini yavaşlatır ve birçok reaksiyonu minimize eder (Darvishi ve ark., 2013). Bu ürünlerin daha uzun sürelerde tüketilmesi için kurutma haricinde bazı işlemlerden geçerek saklanabilmektedirler. Bu saklama çeşitleri;

- Turşu yaparak saklama
- Alkolde bekleterek saklama
- Yağda bekleterek saklama
- Dondurarak saklama
- Konserve

- Sterilizasyon işlemleridir (Barutçıyan, 2012).

Mantar kurutulduğu zaman tadını ve diğer özelliklerini büyük oranda muhafaza eder. Mantar kurutulmuş haliyle kullanılabilmesinin yanında öğütülerek mantar tozu şeklinde de kullanılabilir. Kurutulmuş mantarlar çeşitli sos ve çorbalarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Mantarlar sıcaklığa karşı çok hassas olduklarından, doğru kurutma yöntemini seçmek çok önemlidir. Sıcak havalı kurutma sistemleri uzun işlem süreleri gerektirmekte ayrıca ürün havadaki oksijenle uzun süre temas etmekte, uzun süre yüksek sıcaklığa maruz kalmakta ve böylece kolay okside olabilen bazı değerli bileşenlerin içeriği azalmaktadır (Salehi, 2017).

1.1. Kurutma ve Kurutma Yöntemleri

Kurutma işlemi, kurutulmak istenen sıvı katı ve gaz halde bulunan maddenin içerisinden su veya diğer sıvıların giderilmesidir. Genellikle katılardan su veya sıvı moleküllerinin giderilmesi şeklinde yapılır. Bir katı maddenin kurutulması esnasında iki işlem oluşur. Bu işlemler;

- Sıvının buharlaşması için ısının maddeye transfer edilme işlemi
- İç sıvı ve buhar geçişi olarak gerçekleşen kütle transfer işlemi

Isının, kurutulacak maddeye uygulanış şekline göre üç şekilde kurutma yapılır; kurutulacak maddenin ısı kaynağına direk temas ederek (kondüksiyon) kurutulması, gerekli olan ısının hava aracılığıyla (konveksiyon) taşınarak kurutulması ve infraruj ısı kaynağından radyasyon (ışınım) şeklinde ısı taşınarak kurutulması (Güngör ve Özbalta, 1997). Bu üç ısı uygulanış şekli kullanılarak aşağıdaki yöntemlerle kurutma yapılabilir.

İletimle kurutma: Kurutulacak malzeme ısıtılan yüzey ile direk temas ettirilir. Genellikle kağıt kurutmada kullanılır. Yavaş kurutma sağlaması üniform olmayan ısı ve işletme maliyetleri gibi sorunları vardır (Güngör ve Özbalta, 1997).

Dondurarak kurutma: Kurutulacak ürün önce dondurulur daha sonra düşük sıcaklık yoğunlaştırıcısı veya kimyasal nem alıcı ile vakum uygulanarak nem üründen uzaklaştırılır. Bu işlem -10 °C ile -40 °C arasında uygulanır. Genellikle meyve suları, sebze, bakteri kültürleri, et ve süt üretiminde uygulanabilir (Güngör ve Özbalta, 1997).

Vakumda kurutma: Suyun düşük sıcaklıklarda düşük basınçlarda kaynaması gibi bir avantaja sahiptir. Bu özelliğinden faydalanarak kurutma işlemi yapılır. (Güngör ve Özbalta, 1997).

Mikrodalga kurutma: Yüksek güç ve frekanslarda mikro dalga ile yapılan kurutma yöntemidir. Hacimsel ısıtma mikrodalganın en önemli özelliğidir. Hacimsel ısıtma

uygulanan mikrodalga enerjisinin kurutulmuş ürün tarafından direkt olarak ürünün iç kısımlarında absorbe olması ve bu enerjinin ısıya dönüşmesiyle gerçekleşmektedir (Thostenson ve Chou, 1999; Goven ve ark., 2006).

Kesikli (on/off) Kurutma: Kurutma süresi boyunca aynı kurutma şartlarının sürekli ve aynı olması kurutulacak ürünün kalitesinin bozulmasına ürünün yüzeyinde hasara yol açmasına sebep olur (Zeki, 2009). Kesikli kurutma; hava akış hızı, hava sıcaklığı, nem ve çalışma basıncının kontrol edilmesiyle gerçekleştirilir. Enerji kaynağının belli periyotlarla enerjisinin tamamen (on/off) veya belli miktarlarla kesilerek kurutulacak ürüne uygulanan ısı miktarı kontrol edilebilmektedir. Mikrodalga, konvektif, infrared ve birçok kurutma yönteminde kesikli kurutma kullanılabilir. İnfrared kurutucularda kesikli kurutmanın etkisine baktığımızda, kurutulmuş ürünün renk, kalite ve ürün kurutma süresine pozitif yönde etki ettiği belirlenmiştir (Dostie ve ark., 1989; Carroll ve Churchill, 1986; Zhu ve Pan, 2009 Chandan ve ark., 2014). Ginzburg (1969), kesikli modda çalışan infrared radyasyonun, tahıllar, un, sebzeler, makarna, et ve balık gibi ısıya duyarlı yüksek değerli biyomalzemelere uygulanabileceğini belirtmiştir.

İnfrared kurutma: İnfrared ışınları 0.72 ile 1000 μm dalga boyu aralığında turuncu renkte elektromanyetik radyasyon olarak tanımlanmıştır. İnfrared ışınlar kendi içerisinde dalga boyu ve emisyon sıcaklıklarına göre 3' ayrılmıştır;

- Kısa dalga (0.72-2 μm , 3870-1180°C)
- Orta dalga (2-4 μm , 1180-450°C)
- Uzun dalga (4-1000 μm , <450°C) (Fasina, 2003)

İnfrared kurutma yöntemini konvansiyonel kurutma ile karşılaştırdığımızda infrared kurutma yönteminin;

- Daha kısa sürelerde kurutma sağlanması,
- İyi ürün kalitesine etkisi
- Daha yüksek enerji etkinliğine sahip olması,
- Homojen sıcaklık dağılımı,
- İşlem kontrolü kolaylığı
- Yüksek son ürün kalitesi
- Basit alet ve ekipmanlar gerektirmesi gibi avantajları bulunmaktadır (Wang ve Sheng, 2006; Kocabıyık, 2011).

İnfrared kurutma son yıllarda dikkate alınmaya başlanmış ve infrared kaynaklarla çeşitli tarım ve gıda maddelerinin kurutulmasına yönelik çok sayıda deneysel çalışma

yapılmıştır bunlar; soğan (Mongpraneet ve ark., 2002); havuç ve sarımsak (Baysal ve ark., 2003); elma dilimleri (Nowak ve Lewicki, 2004); çeltik (Das ve ark., 2004a, 2004b); havuç ve patates (Hebbar ve ark., 2004); soğan dilimleri (Jain ve Pathare, 2004); çeltik (Amaratunga ve ark., 2005); armut, havuç, tatlı mısır (Pan ve ark., 2005); tatlı patates (Lin ve ark., 2005); elma dilimleri (Togrul, 2005); soğan dilimleri (Sharma ve ark., 2005a, 2005b; Kumar ve ark., 2005; Kumar ve ark., 2006; Pathare ve Sharma, 2006); şeftali (Wang ve Sheng, 2006); domates (Kocabıyık ve ark., 2014).

Geleneksel olarak sıcak hava ile mantar kurutma işleminde, mantarlar öncelikle ön yıkama işlemlerinden geçer daha sonra bütün veya dilimlenmiş halde 2 ile 5 dak arasında sıcak su veya buhar ile haşlanırlar. Ön işlemde geçirilen mantarlar kabin veya tünel tipi kurutucularda 60-65°C’de olan sıcak hava ile %5 neme kadar kurutulurlar. Renk olarak daha iyi sonuç almak için 400 ppm Cl₂ ve 300 ppm SO₂ içeren bir çözeltiliye 5-10 dak arasında daldırıldıktan sonra kurutmaya başlanır ve kurutma işlemi önce 4 saat 45 °C sıcaklıkta daha sonra 1 saat 77 °C tutularak tamamlanır (Yağcıoğlu, 1999).

Konvektif sıcak havalı kurutma, enerji etkinliğinin düşük olması ve uzun kuruma süresi nedeniyle kurutma için gerekli toplam enerji tüketiminin artmasına neden olur. Sakai ve Hanzawa (1994) bantlı bir kurutucunun, infrared ısıtıcılarla ve sıcak hava desteği ile donatıldığında operasyon sıcaklığını, maliyeti ve kuruma süresini azaltacağını ifade etmişlerdir. İnfrared ve konvektif sıcak hava kombinasyonu ile kısa kuruma süresinin elde edilmesi sonucu, üründen birim miktarda suyun uzaklaştırılması için gerekli özgül enerji tüketiminde de avantaj sağlandığını belirtmişlerdir. Hebbar ve ark. (2004) patates ve havuç dilimlerinin infrared enerji ile kurutulmasında özgül enerji tüketiminin sırasıyla 7.60 ve 7.15 MJ/kg-su olduğunu bulmuşlar ve bununla birlikte patates ve havucun infrared ve konvektif sıcak hava kombinasyonu ile kurutulması sonucunda özgül enerji tüketiminin konvektif sıcak hava ile kurutmaya göre yaklaşık %63 daha az olduğunu ve kurutucunun ısı kullanım etkinliğinin patates için %38.5, havuç için %38.9 olduğunu tespit etmişler. Buna paralel olarak arpa için 70 °C sıcaklığındaki sıcak hava ile yapılan kurutmaya karşılaştırıldığında infrared-sıcak hava kombinasyonlu kurutma sisteminin toplam enerji gereksiniminin yaklaşık %245 azaldığı belirtilmiştir (Afzal vd., 1999).

Kurutma, meyve ve sebzelerin işlenmesinde önemli ve kalite açısından hassas bir süreç olarak görülmektedir. Endüstriyel uygulamalarda kurutma işlemi süreç olarak büyük enerji ihtiyacına gerek duyan bir işlemdir (Ratti ve ark., 2006). Bu sebeple yeni kurutma sistemlerinin geliştirilmesi, yeni kurutucu tasarımlarının yapılarının çıkarılması, yeni enerji kaynaklarının kullanımının araştırılması, enerji girdilerinin azaltılması, çevresel kirlenmeye

etkisi olmayan yöntemlerin araştırılması gerekmektedir. Tarımsal ürünlerin düşük ısı iletim özellikleri sıcak hava ile kurutma işlemlerinin yavaş gerçekleşmesinin esas nedenidir ve enzimatik kararma, zayıf kuruma karakteristiği ve besin değeri kayıpları geleneksel kurutma yöntemlerinin genel problemleridir (Hebbar ve ark, 2004). Birtakım üstünlüklerinden (enerji kullanım etkinliği, kurutma süresi, kullanım, ayar ve bakım kolaylığı vb.) dolayı infrared ısı kaynaklarının kurutma amacıyla kullanılabileceği bazı araştırmacılar tarafından ifade edilmiştir (Strumillo ve Kudra, 1986; Lewis, 1996; Fasina, 2003; Kocabiyik, 2012).

Sıcak hava ile yapılan kurutma işlemlerinde kuruma süresinin uzun olması ve enerji verimliliğinin düşük olması gibi olumsuz yönleri nedeniyle farklı kurutma yöntemleri araştırılmaktadır. Daha önceki bölümlerde bahsedildiği gibi infrared kurutma tekniği kısa kuruma süresi, yüksek enerji etkinliği gibi avantajlara sahiptir. Bu nedenle son yıllarda yaygın şekilde infrared kurutma sistemleri üzerine araştırmalar yürütülmektedir.

Çalışmanın temel amacı, kaliteli kurutulmuş mantar elde edilmesi ve mantar kurutmada enerji etkinliğinin geliştirilmesi için infrared kurutma tekniğinin kullanılabilirliğinin incelenmesidir. Çalışma, aşağıda sıralanan bazı özel amaçları da kapsamaktadır;

- İstiridye ve Kültür mantarının kuruma süreleri,
- Özgül enerji tüketimi gibi işletme özellikleri,
- Renk değişimi,
- Büzülme ve rehidrasyon gibi bazı kalite parametrelerini araştırmak.

BÖLÜM 2

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu çalışma yapılırken daha önce yapılan mantar kurutma ve infrared kurutucularla ilgili çalışmalar araştırılıp incelenmiş ve özet olarak aşağıda verilmiştir.

Doğan ve ark. (2014) farklı sıcaklık (50, 60 ve 70 °C) ve sürelerde (240, 300 ve 360 dak) istiridye mantarının kurutulması esnasında kurutma sıcaklığının ve süresinin bazı özelliklere etkisini incelemiştir. Mantarların kurutulmasında uygulanan sıcaklık ve süre farklılıklarının; kuru madde, su aktivitesi ve renk değerleri üzerine istatistiksel olarak etkisi olduğu belirtilmiştir.

Doymaz (2014), yaptığı çalışmada 83, 125, 167 ve 209 W infrared güç seviyelerinde kültür mantarı dilimlerini kurutmuş ve infrared güç seviyesinin kuruma etkileri incelemiştir. Ayrıca, tarımsal ürünlerin kurutulmasında sıkça kullanılan matematiksel modelleri mantar kurutmada uygulamıştır. Güç seviyesinin mantar dilimlerinin kurutma özelliklerini etkilediği belirlenmiştir. İnfrared güç seviyesi 83'ten 209 W'a yükselirken kuruma süresi 300 dakikadan 40 dakikaya düşmüştür. Parabolik model, mantar kurutmasının temsili için en iyi model olarak bulunmuş. Etkili nem yayılma özelliği, kullanılan infrared güç düzeylerine göre 3.81×10^{-10} ile 4.20×10^{-9} m²/s arasında değişmiştir. Aktivasyon enerjisi, değiştirilmiş bir Arrhenius tipi denklem kullanılarak tahmin edilmiş ve 7.55 kW/kg olarak hesaplanmıştır.

Şevik ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada; güneş enerjili ve güneş enerjisi destekli ısı pompalı deney düzeneğinde, iki farklı sıcaklık (45 °C ve 55 °C) ve iki farklı hava hızında (0.9 m²/s ve 1.2 m²/s) kültür mantarı kurutmuşlardır. Kurutma sonrası elde ettikleri verileri Levenberg-Marquardt geri yayılım öğrenme algoritması ve Fermi transfer fonksiyonu kullanılarak yapay sinir ağları ile modellemişlerdir. Farklı kurutma şartları için araştırmada kullandıkları modelleme ile mantarın kuruma davranışlarını başarılı şekilde analiz edilebilir bulmuşlardır.

Kantrong ve ark. (2014) Shiitake mantarlarını iki farklı şekilde; mikrodalga-vakumlu kurutma (MVD) ve mikrodalga-vakumlu kurutma yöntemine ilave infrared (MVD+IR) yöntemleri ile kurutmuşlardır. Kurutma 56, 143, 209 ve 267 W mikrodalga güçlerinde, 18.66, 29.32, 39.99 ve 50.65 kPa mutlak basınç altında 100 ve 200 W infrared güçlerinde kombine kurutma işlemleri gerçekleştirmişlerdir. Mikrodalga gücün, mutlak basıncın ve infrared gücün mantarın kuruma özellikleri, kalite ve özgül enerji tüketimine etkileri incelenmiştir. Kuruma hızının, düşük mutlak basınç, daha yüksek mikro dalga güç ve daha

yüksek infrared güç ile arttığı bulunmuştur. Özellikle, MVD+IR'ye maruz bırakılan kurutulmuş shiitake mantarının rengi, rehidrasyon oranı ve rehidrat edilenlerin dokusu açısından daha iyi özellikler sağlayabileceğini göstermiştir. Ayrıca, kurutma özellikleri altı farklı kurutma modeline uyarak tanımlanmıştır. Bu çalışma kapsamında, ürün kalitesi ve enerji tüketimi açısından uygun kurutma koşulunun 267 W mikrodalga gücünde, 18.66 kPa mutlak basıncında ve 200 W infrared gücünde MVD+IR kurutmanın olduğu belirlenmiştir.

Wang ve ark. (2014) Shiitake mantarı, orta infrared destekli konveksiyon kurutma (MIRCD), radyo frekanslı kurutma ile birleştirilmiş sıcak hava (HCRFD) ve mikro dalga kurutma ile birleştirilmiş sıcak hava (HCMD) yöntemleri ile kurutulmuştur. Karşılaştırma için, sıcak hava kullanan standart kurutma tekniği test edilmiştir. Tekstür, renk, rehidrasyon hızı, büzülme, besin korunumu ve mikro yapı gibi bazı kalite özelliklerini incelemiştir. Bu dört kurutma yönteminde sabit hava sıcaklığı (60 °C) kullanılmış ve HCRFD, MIRCD ve HCMD için güç seviyesi 4 W/g'de sabitlenmiştir. Sonuç olarak, mikrodalga kurutma ile birleştirilmiş sıcak havalı (HCMD) kurutma yönteminde en kısa kuruma süresi elde edilmiştir ve orta infrared destekli konveksiyonun (MIRCD) ve radio frekansı ile birleştirilmiş sıcak hava (HCRFD) kurutma yöntemlerinin daha iyi renk özellikleri ve besin korunumu sağladığını göstermiştir. Tüm test koşullarında, orta-infrared destekli konveksiyonla kurutma, minimum büzülme (maksimum rehidrasyon) ve rehidrasyon sonrasında daha düşük sertlik vermiştir. MIRCD örneklerinin uniform bal peteği yapısı ağı ve daha az çökmüş yapısı daha iyi kalite karakteristiklerinin açıklamak için kullanılabilirliğini göstermektedir.

Salehi ve ark. (2017) kültür mantarının infrared-vakum kuruma karakteristiği kombine bir kurutma sisteminde incelenmiştir. Kültür mantarının kuruma kinetikleri ve karakteristikleri üzerine 150-375 W infrared güç 5-15 kPa basınç ve 0 ile 160 dakika sürenin etkileri araştırılmıştır. İnfrared lamba gücü ve vakum basıncı, kültür mantarı dilimlerinin kuruma süresini etkilemiştir. İnce tabaka kurutma için dokuz farklı kinetik modelin hız sabiteleri deneysel verilerin non-linear regresyon analiziyle belirlenmiştir. Regresyon sonuçları, Page modelinin, en yüksek R değeri ve en düşük standart hata (SE) değerleri ile kültür mantarı dilimlerinin kurutma davranışını tatmin edici bir şekilde tarif ettiğini göstermiştir. Etkili nem yayılması, güç arttıkça artmış ve 0.83 ve 2.33×10^{-9} m²/s aralığında olmuştur. İnfrared güç artışı ΔE üzerine olumsuz bir etki göstermiştir.

Darvishi ve ark. (2013) mantar dilimlerinin infrared kuruma karakteristiklerini incelemişler. Mantar dilimleri, infrared kurutucu ile 50-90 °C'de kurutulmuş ve elde edilen veriler beş ayrı kurutma modeline uygulanmış ve karşılaştırılmıştır. Kurutma işlemleri farklı

sıcaklıklarda 60-168 dakika içinde tamamlanmış. Ortalama etkili nem yayılma kabiliyeti, sıcaklık arttıkça ve mantar dilimlerinin nem içeriğindeki azalma ile artmış ve 8.039×10^{-10} ile 20.618×10^{-10} m²/s arasında değişmiştir. 21.85 kJ/mol bir aktivasyon enerjili Arrhenius ilişkisi, difüzyon üzerine sıcaklığın etkisini vurgulandığını ifade etmişlerdir. Mantar dilimlerinin kurutulması için minimum ve maksimum enerji gereksinimleri, sırasıyla 90 ve 50 °C için 2.87 kWh/kg-su ve 5.36 kWh/kg-su olarak tespit edilmiştir.

Tezer (2010) yaptığı çalışmada infrared enerji ve sıcak hava kombinasyonu ile domates kurutmuştur. Hava hızı (1.0 ve 2.0 m/s), hava sıcaklığı (30 ve 45°C) ve infrared radyasyon yoğunluğunun (1080, 1506, ve 1715 W/m²) domatesin kuruma sürelerine ve kalite parametrelerine yaptığı etkiyi incelemiştir. Domatesin kurutulması için gerekli özgül enerji tüketiminin hava hızının ve giriş sıcaklığının artmasıyla arttığını belirlemiştir.

Nasıroğlu (2007) yaptığı çalışmada kırmızı biber, pırasa ve elmayı infrared tekniğini kullanarak kurutmuş ve hava hızının (1.0, 1.5 ve 2.0 m/s), infrared emitter gücünün (300, 400 ve 500 W) kuruma sürelerine, kalite parametreleri üzerine yaptığı etkiyi incelemiştir.

Rodriguez ve ark. (2005) yaptıkları çalışmada mantar kurutmada mikrodalga vakumla kurutma ve dondurarak kurutma karşılaştırılmıştır. Mantarların kuruma kinetiğini çeşitli çalışma koşullarında modellemek, kuruma modeliyle çıkarılan nem yayılma katsayısının sonlu farklarda etkin yayılma katsayısını değerlendirmek ve kurutma yönteminin kurutulmuş mantarların kalitesi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Örnek içindeki sıcaklık kontrolü, kurutulmakta olan üründe, yüzeyde kontrol edildiğinden daha iyi bir kalitenin sağlanmasına yardımcı olmuştur. Orta derecede güç ve ürünün sıcaklık kontrolü ile elde edilen mikrodalga da kurutulmuş örnekler, dondurularak kurutma ile elde edilene benzer derecede önemli bir kalite derecesi göstermiştir.

Walde ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada istiridye ve kültür mantarlarını ön işlemlerden geçirerek, sıcak havalı kabin kurutucu, akışkan yatak kurutucu, vakum kurutma ve mikrodalga fırın ile kurutmada kuruma sürelerini karşılaştırmışlardır. Sıcak havalı kabin kurutucuda kurutulan istiridye mantarı için kuruma süresi 120 ile 135 dak arasında, kültür mantarında ise 145 ile 180 dakika arasında değiştiğini bulmuşlardır.

Doymaz (2013) yaptığı çalışmada havuç posasını infrared kurutucuda kurutup infrared kurutma modellerini belirlemiş ve kuruma süresinin belirli olduğu herhangi bir anda kuruma modellerinin uygulanmasıyla ilgili araştırma yapmıştır. İnfrared güç seviyesinin kuruma hızına ve süresine etkilediğini belirtmiştir.

Doymaz (2014) sitrik asit çözeltisinde (%0.5) 3 dakika bekleterek ön işlem yaptığı şapkalı mantarı değişik infrared güçlerinde kurutmuş, güce bağlı olarak kuruma süresinin

300 dakikadan 40 dakikaya kadar düştüğünü belirlemiştir. Jaworska vd. (2014) sıcak havalı kurutma sisteminde *B. Edulis* cinsi mantarı 3 saat 40 °C ve sonrasında 60 °C de olmak üzere toplamda 15 saat gibi bir sürede kurutmuştur.

Kocabıyık ve ark. (2014)'nın yaptığı bir araştırmada, değişik radyasyon yoğunlukları ve hava hızlarında orta dalga infrared emitter ile domatesin kuruma parametrelerini optimize etmişlerdir. %12 nem düzeyine kadar kurutulmuş domateslerin kuruma süreleri 114 ile 249 dakika aralığında gerçekleşmiştir. Sıcaklıktan etkilenen vitamin C kaybı ise parametrelere bağlı olarak %26-72 arasında değişmiş, likopen artışı ise %65 ila 363 oranında gerçekleşmiştir. Bir diğer çalışmada ise, kısa dalga emitter altında domatesin kuruma özellikleri incelenmiş, kuruma sürelerinin 120 ila 186 dakika arasında değiştiği tespit edilmiştir. Vitamin C içeriği %2-51, β-karoten ise %5-51 oranında azalmıştır. Likopen içeriğinde ise %50-529 oranında artış tespit edilmiştir. İnfrared radyasyonun likopeni bağlı olduğu yüksek molekül ağırlıklı bileşenlerden ayırarak ekstrakte edilebilirliğini arttırdığı sonucuna varılmıştır.

Omari ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada mikrodalga ve sıcak hava kurutucuda farklı hava sıcaklıkları (23, 50, ve 70 °C) ve farklı mikrodalga güç yoğunluklarında (1.5, 2 ve 2.5 W/g) mantar kurutmuşlardır. Kinetik ve yapay sinir ağlarının modellenmesini gerçekleştirmişlerdir. En düşük özgül enerji tüketimi 23 °C ve 2.5 W/g mikrodalga güç yoğunluğunda elde edilmiştir. En düşük renk bozulması ise 70 °C ve 1.5 W/g mikrodalga güç yoğunluğunda bulunmuştur. Sonuçlar ayrıca 0.2179 RMSE ve 0.9914 R değerlerine sahip dinamik model yapısıyla diğer yapılara göre daha iyi sonuçlar elde edildiğini ve dinamik modelin kurutma kontrolü için bir tahmin kontrol sistemi olarak çok uygun olacağını belirtmişlerdir.

Kowalski ve Pawlowski (2011), yaptıkları çalışmada konvektif kurutucunun ısısını ve nemini kesikli olarak kontrol etmişlerdir ve kuruma süresi, enerji tüketimi ve kurumuş örneğin kalitesi açısından etkinliğini incelemişlerdir. Denemelerde silindirik şekilli kaolin kurutulmuş. Kesikli kurutma ile sürekli kurutmaya göre aynı süre ve sabit koşullarda, çok daha iyi kalitede ürünler elde etmişlerdir. Enerji tüketimi, sabit hava koşullarında kurumaya kıyasla, kesikli kurutmada değişken hava sıcaklığı ile daha küçük ve değişken hava nemiyle daha büyük olmuştur.

Szadzińska (2014) yaptığı çalışmada, konvektif kurutucuda iki farklı hava sıcaklığında kesikli(on/off) çalışma modunun sürekli çalışma moduna göre yeşil biberin kuruma kinetiği enerji tüketimi, renk değişimi, su aktivitesi, C vitamini tutma kapasitesi gibi kalite parametrelerine yaptığı etkiyi incelemiştir. Kesikli (on/off) kurutmanın sabit kurutma ile

ortaya çıkan olumsuz etkileri azalttığı ve biyo-ürünlerin tüm analiz edilen kalite göstergelerini olumlu yönde etkilediği sonucuna varmıştır.

Aghilinategh ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada, kesikli (IMWD), sürekli (CMWD) mikrodalga kurutma ve sıcak hava ile kurutmanın (HAD) elma dilimlerinin kurutma kinetikleri ve kalite özelliklerine yaptığı etki açısından karşılaştırmışlardır. Sonuçlar IMWD ve CMWD'nin kurutma kinetikleri ve kalite özellikleri açısından HAD'a göre daha etkili olduğunu ve ayrıca, CMWD'nin en düşük ve en yüksek kuruma süresine sahip olduğunu belirtmişlerdir. En yüksek renk değişimi HAD tarafından kurutulmuş elma dilimlerinde elde edilmiştir. IMWD aktivasyon enerjisinin hesaplanmasında üstel model ile temsil edilebileceğini belirtmişlerdir.

Chua ve Chou (2005) yaptıkları çalışmada, kesikli mikrodalga (MW) ve infrared (IR) kurutma ile patates ve havuç kurutmuşlardır. Mikro dalga gücü ve IR yoğunluk seviyesini kontrol altında tutmuşlardır. Kuruma kinetikleri açısından kurutma yöntemleri karşılaştırıldığında; kesikli IR kurutmanın konvektif-MW kurutmaya göre belirli bir nem içeriğine ulaşmak için gereken kuruma süresini kısaltmak için etkili bir yöntem olduğu belirtilmiştir.



BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

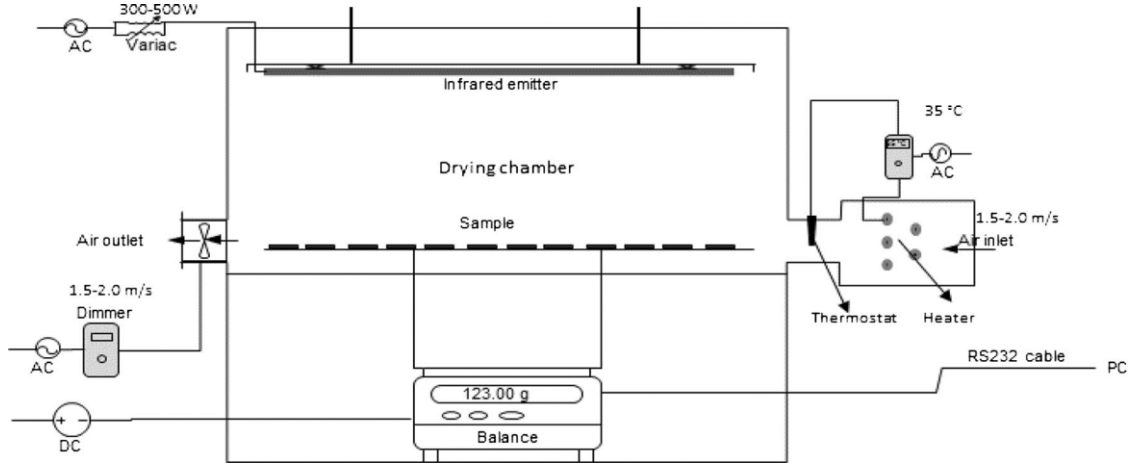
3.1. Materyal

Bu çalışmada deneme materyali olarak istiridye mantarı ve kültür mantarı kullanılmıştır. İstiridye mantarı, Çanakkale’de üretim yapan bir üreticiden alınmıştır. Kültür mantarı yerel bir marketten temin edilmiş ve aynı üreticiye ait ürünler alınmıştır.

3.1.1. Deneme Düzeneği

Bu çalışmada kullanılan kurutma düzeneği ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü laboratuvarında bulunan daha önce TÜBİTAK projesi kapsamında yapılan ve farklı çalışmalarda (Kocabıyık ve Tezer, 2009; Kocabıyık ve Ark., 2014; Kocabıyık ve Ark., 2015; Kocabıyık ve Ark.,) kullanılan deneme düzeneğidir. İnfrared emitter ile çalışan kurutma düzeneği, kurutma kabini 500 x 400 x 300 mm boyutlarında, ürün yüklenmesi ve kontrol için tek kapılı olarak tasarlanmıştır. 2 mm et kalınlığında paslanmaz çelik saç malzeme kullanılarak imal edilmiştir. (Şekil 3.1). Bu araştırma için infrared ışın kaynağı olarak 1200 W gücünde kısa dalga boyunda (1.0 – 1.4 μm) iki adet tüp şeklinde infrared emitter (Heraeus-Noblelight, Germany) kullanılmıştır. İnfrared emitterler kurutma yüzeyine 20 cm aralıkta kabin tavanına montaj yapılmıştır. Farklı infrared radyasyon yoğunluğu ve hava hızı elde etmek için kurutma düzeneği 0.3–2.8 μm dalga boyu ölçüm aralığında çalışan ve 7 ile 14 $\mu\text{V W}^{-1} \text{m}^{-2}$ hassasiyetli bir adet pyranometre (CMP 11, Kipp&Zonen, Netherlands) ve bir adet variac ile donatılmıştır.

Kurutma sırasında mantar örnekleri için teflon kaplı tel ızgaradan yapılmış bir adet raf kullanılmıştır. Kurutma rafı örneklerde oluşan kütle kaybını ölçebilmek için 0,01 hassasiyete sahip dijital terazi üzerine konulmuş ve 3 dakikalık aralıklarla terazi üzerinde ölçülen kütle değişim Balint programı aracılığı ile bilgisayara kaydedilebilmektedir.



Şekil 3.1 İnfrared kurutma düzeneği

3.1.2. Denemelerde Kullanılan Diğer Alet ve Cihazlar

1. Boyutsal ölçümler için 0,01 hassasiyetli digital kumpas
2. Hava hızının ayarlanması için RTM 3000 dimmer kullanılmıştır.
3. Minolta CR-400 Chroma meter
4. Emitter on/off durumu için KRK KFLR72 kontrol cihazı.
5. Kestrel 4500NV Anemometer
6. Pyranometre

3.2. Yöntem

Kurutma denemelerinde infrared emitter gücü 300, 400 ve 500 W ve hava hızı 1,0 m/s, 1,5 m/s ve 2.0 m/s olacak şekilde yapılmış ve ayrıca infrared emitter sürekli ve kesikli (on/off) olacak şekilde çalıştırılmıştır. Kesikli (on/off) çalıştırılma pozisyonunda emitter 10 dak çalıştırılıp enerji vermesi ve 5 dak enerji vermeden kapalı kalması sağlanmaktadır. İnfrared radyasyon yoğunluğu pyranometre kullanılarak ve hava hızı anemometer (Kestrel 4500NV, Nielsen-Kellerman, USA) kullanılarak kontrol edilmiştir. Her iki mantar çeşidi için oluşturulan deneme deseni Çizelge 3.1’de görülmektedir.

Çizelge 3.1 Deneme deseni

Emitter çalışma durumu	Isıtıcı gücü (W)	Hava hızı (m/s)
Sürekli / Kesikli(on/off)	300	1.0
		1.5
		2.0
	400	1.0
		1.5
		2.0
	500	1.0
		1.5
		2.0

3.2.1. Örneklerin Hazırlanması

Kurutma denemeleri için mantar örnekleri aynı büyüklükte olacak şekilde sınıflandırılmış +4 °C sıcaklıkta soğuk hava deposunda muhafaza edilmiştir. Mantar örnekleri soğuk hava deposundan çıktıktan sonra ortam sıcaklığına ulaşması için yaklaşık 1 saat beklenmiştir ve aynı büyüklükteki örnekler kurutma için seçilmiştir. Kültür mantarında sap büyüklüklerinin ve şekillerinin uniform olmaması nedeniyle bu sapların eşit olması için bütün mantarlarda şapka hizasından kesilmiştir. Kurutma öncesi ve sonrası kalite farklılığının gözlenmesi için kurutma rafına yerleştirilen mantar örneklerinden 5 tane seçilerek numaralandırılmıştır.

3.2.2. Kuruma Kinetikleri

Kuruma süresi; örneklerin ilk nem içeriklerinden son nem içeriklerine ulaşmaya kadar geçen süre olarak değerlendirilmiştir. Mantar için hedeflenen kurutma sonrası nem içeriği %12 (yb) olarak belirlenmiştir. Kuruma süresine bağlı olarak nem içeriği değişimini gösteren kuruma eğrileri oluşturulmuştur.

Örneklerin kuruma hızı; birim zamanda örnekten uzaklaştırılan su miktarı olarak tarif edilmiştir (Mongpraneet ve ark, 2002; Sharma ve ark, 2005b). Kuruma hızının nem içeriğine bağlı olarak gösteren kuruma eğrileri oluşturulmuştur.

3.2.3. Özgül Enerji Tüketiminin Belirlenmesi

İnfrared kurutma sisteminin donanımlarının tüketmiş olduğu elektrik enerjisi dijital bir elektrik sayacı ile ölçülmüş ve kurutma uygulamasının toplam enerji tüketimi belirlenmiştir.

Özgül enerji tüketimi; kuruma sırasında, örneklerden birim miktarda suyu uzaklaştırmak için gerekli enerji miktarı olarak ele alınmış, MJ/kg olarak ifade edilmiş ve aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (Unadi ve ark, 2002; Wang ve Sheng, 2006; Das ve ark, 2004a; Varith ve ark.,2007).

$$E_s = \frac{E_T}{W_R} \dots\dots\dots(3.1)$$

Burada;

E_s : Özgül enerji tüketimi (MJ/kg),

E_T : Toplam enerji (MJ),

W_R : Örnekten uzaklaştırılan suyun kütlesi (kg)

3.2.4. Büzülme Katsayısının Belirlenmesi

Mantar hacimlerinin hesaplanabilmesi için bir geometrik yapıya sahip olmadığı için, kurutmadan önce ve sonra örneklerin hazırlanması sırasında numaralandırılan 5 adet örnek mantarın çok sayıda çap ve kalınlık ölçümü gerçekleştirilmiştir. Kurutma öncesi ve sonrası hacimsel özelliklerinden yararlanılarak örneklerin büzülme katsayıları aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (Mongpraneet ve ark, 2002).

$$S = \frac{V_d}{V_f} \dots\dots\dots(3.2)$$

Burada,

S : Büzülme oranı,

V_d : Örneğin kurutma sonrası hacmi (mm³)

V_f : Örneğin kurutma öncesi hacmi (mm³)

3.2.5. Rehidrasyon Özelliklerinin Belirlenmesi

Kurutulmuş gıda maddelerinin kalite parametrelerinden birisi rehidrasyon özelliğidir. Kurutulmuş mantar gruplarından alınan 3'er adet kuru mantar örneği 100 ml lik beher içerisindeki 70 ml hacmindeki ve 30 °C sıcaklığındaki saf su içerisine bırakılmış (Levicki ve ark 2002; Durance ve Wang, 2002; Doymaz, 2007) ve 1 saat izotermik koşullarda bekletilmiştir. 1 saat sonra beherden alınan mantar örneklerinin üzerinde bulunan su, kâğıt

havlu ile alınıp örnek kütlesi tekrar tartılmıştır. Rehidrasyon öncesi ve sonrası kütlelerden yararlanılarak kurutulmuş örneklerin rehidrasyon katsayıları aşağıdaki eşitlikle belirlenmiştir (Kim ve Toledo, 1987; Kaymak-Ertekin, 2002; Sharma ve ark, 2005a; Nimmol ve ark, 2007).

$$R_R = \frac{M_R}{M_D} \dots\dots\dots(3.3)$$

Burada,

R_R : Rehidrasyon oranı,

M_D : Kuru örneğin kütlesi (g)

M_R : Rehidrasyon sonrası örneğin kütlesi (g)

3.2.6. Renk Parametrelerinin Belirlenmesi

Kurutma rafına yerleştirilecek örnek hazırlıkları sırasında numaralandırılan 5 adet mantarın kurutma öncesi ve sonrasında Minolta CR-400 Chroma Meter ile CIE Lab renk uzayında L (aydınlık), a (kırmızılık) ve b (sarılık) değerleri ölçülmüştür. Ölçülen bu renk değerlerinden yararlanılarak örneklerin toplam renk değişimi (ΔE) değerleri aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$\Delta E = \sqrt{(L_f - L_d)^2 + (a_f - a_d)^2 + (b_f - b_d)^2} \dots\dots\dots(3.4)$$

Her bir mantar için infrared radyasyon yoğunluğu, hava hızı ve emitter çalışma modu değerlerindeki değişime karşılık kuruma kinetiklerindeki değişimler ve kalite özellikleri analiz edilmiştir. Verilerin analizinde Minitab Release 17 istatistik yazılımı kullanılmıştır.

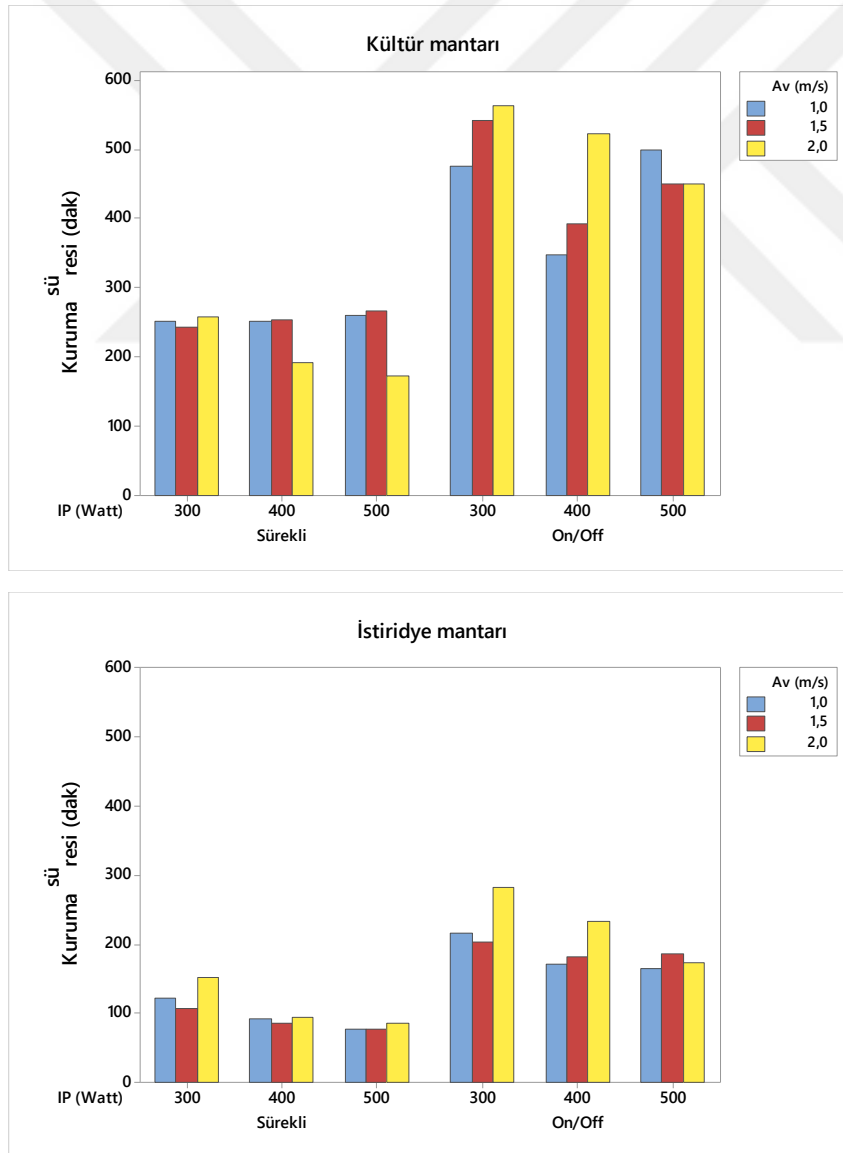
BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Kuruma Süresi ve Kuruma Kinetikleri

4.1.1. Kuruma süresi

İstiridye ve kültür mantarları ilk nem içeriklerinden (istiridye mantarı için %89, kültür mantarı için %93(yb)) güvenli bir şekilde saklanabilmeleri için gerekli nem içeriklerine (%12 (yb)) ulaşabilmelerini sağlamak amacıyla; infrared emitter gücü 300, 400 ve 500 W olan kurutucuda, infrared emitterler kesikli (on/off) ve sürekli olarak çalıştırılarak; 1.0, 1.5 ve 2.0 m/s hava hızlarında kurutma yapılmıştır. Denemeler sonucunda elde edilen kuruma süreleri Şekil 4.1’de verilmiştir



Şekil 4.1 İstiridye ve kültür mantarının kuruma süreleri

Kurutma denemelerinde en kısa kurutma süreleri; istiridye mantarı için emitterin sürekli olarak çalıştığı 500 W infrared emitter gücünde 1.0 m/s hava hızında 96 dak, kültür mantarında ise emitterin sürekli çalışma modunda 500 W emitter gücünde 2.0 m/s hava hızında 174 dak olarak elde edilmiştir. En uzun kurutma süreleri; istiridye mantarı için emitterin kesikli (on/off) çalışma modunda 300 W infrared emitter gücünde ve 2.0 m/s hava hızında 285 dak, kültür mantarında ise kesikli çalışma pozisyonunda 300 W infrared emitter gücünde 2.0 m/s hava hızında 564 dak olarak elde edilmiştir.

İnfrared emitter gücü, emitterin sürekli veya kesikli (on/off) olarak çalıştırılması ve hava hızının değişimi kuruma sürelerine etki etmiştir. Hava hızının sabit tutulduğu koşullarda ısıtıcı gücünün artmasıyla istiridye mantarının kuruma süresi azalmıştır. İnfrared ısıtıcı gücü sabit tutulup hava hızları incelendiğinde hava hızı arttıkça istiridye mantarının kuruma süresi artmıştır. İnfrared emitterin sürekli ve kesikli (on/off) olarak çalıştırılması durumunu incelediğimizde kesikli (on/off) çalışmanın sürekli çalışmaya göre kurutma daha uzun sürmüştür; bunun sebebiyse infrated emitterin kesikli (on/off) şekilde çalışma modunda 10 dak çalışıp 5 dak çalışmaması ve çalışmama modundayken içeri giren havanın ürün üzerindeki soğutma etkisidir (Şekil 4.1, 4.2 ve 4.3). Kuruma süresi üzerine infrared lamba gücü ve hava hızının etkilerinin regrasyon analizleri yapılmıştır. Yapılan analiz sonucu ürünlerin kuruma sürelerinin belirlenmesi için eşitlikler verilmiştir (Çizelge 4.1)

Çizelge 4.1 İnfrared emiter gücü ve hava hızı ile kuruma süresi arasındaki ilişki

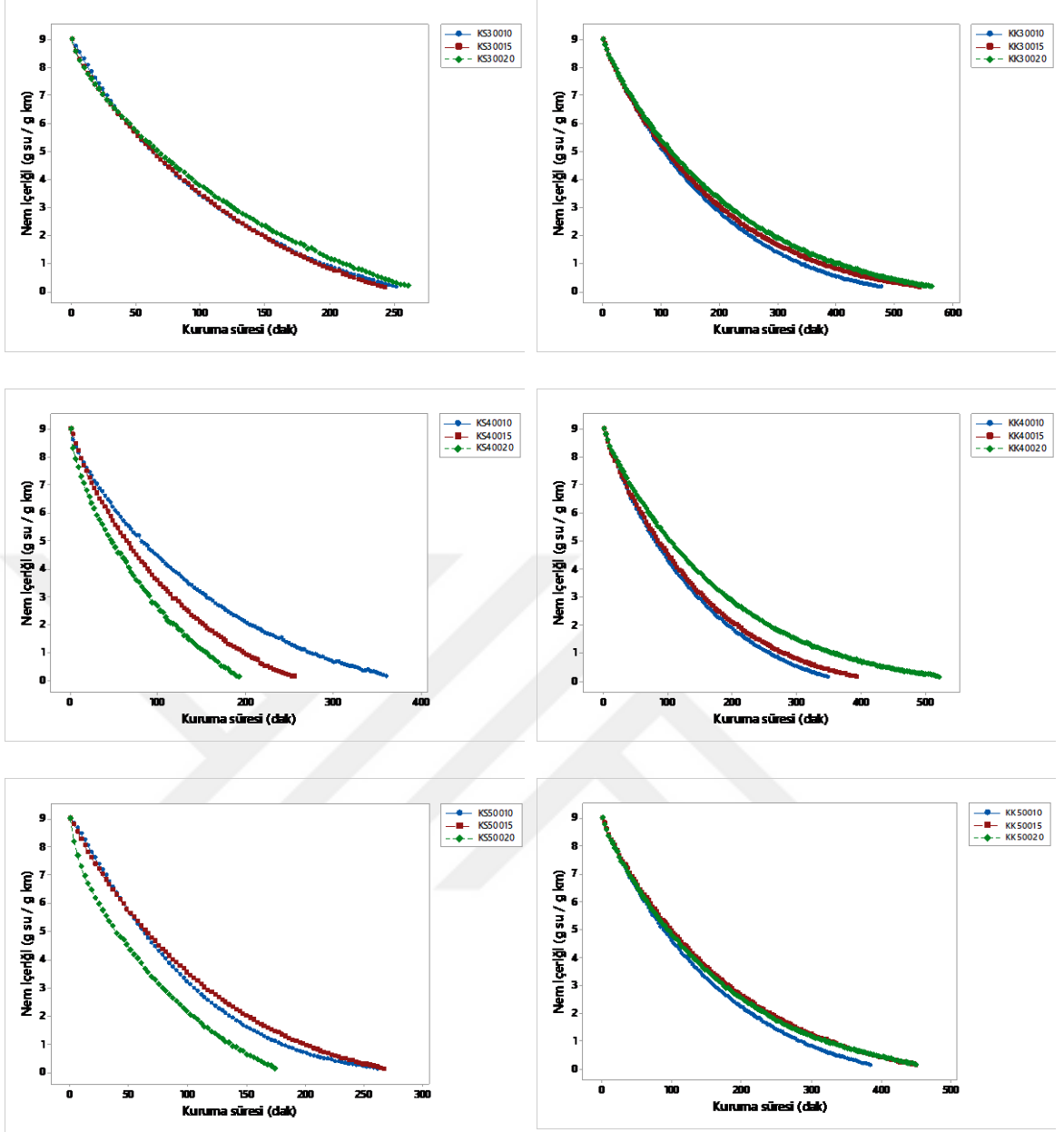
Mantar	Çalışma Modu	$Y=a+b1.IP+b2*Av$	R^2
Kültür	Sürekli	Kuruma Süresi (dak)= $343.8-0.085IP-47.0Av$	43.21
	On/Off	Kuruma Süresi (dak)= $489-0.307IP+70.3Av$	33.16
İstiridye	Sürekli	Kuruma Süresi (dak)= $173.3-0.2350IP+14.0Av$	75.60
	On/Off	Kuruma Süresi (dak)= $250.7-0.2950IP+46.0Av$	73.94

Tülek (2011) yaptığı çalışmada kabin tipi bir konvektif kurutucuda istiridye mantarı için kurutma sürelerini 300 dak ile 480 dak arasında bulmuştur. Şevik ve ark, (2013) yaptıkları güneş enerjili ısı pompalı mantar kurutma denemesinde 165 dak ile 270 dak arasında değişen kuruma süreleri bulmuşlardır. Walde ve ark (2006) yaptıkları çalışmada ön işleminden geçirilen istiridye ve kültür mantarlarını sıcak hava ile kabin kurutucuda kurutmuşlar ve kuruma sürelerinin istiridye mantarı için 120 ile 135 dak arasında, kültür

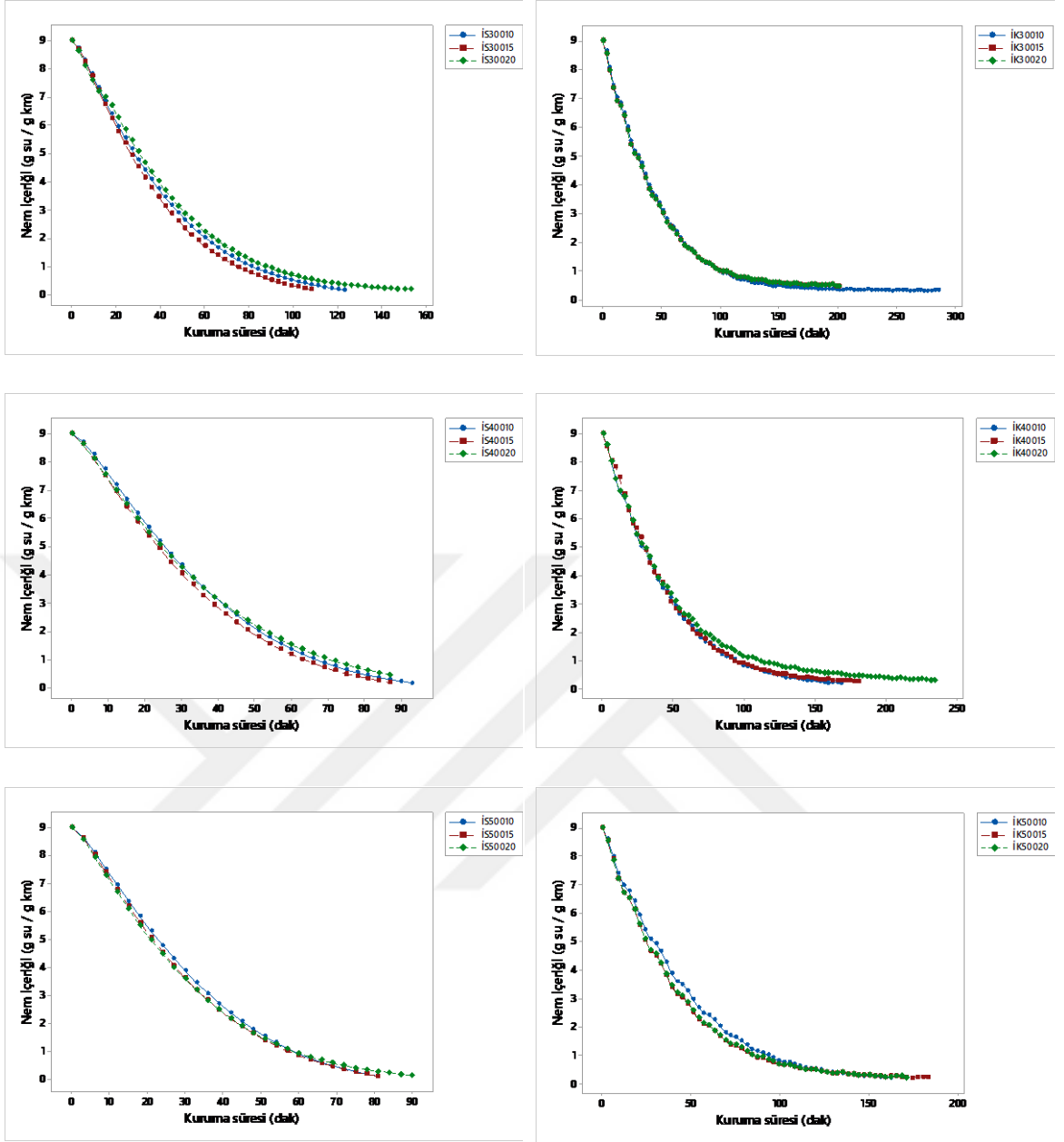
mantarında ise 145 ile 180 dak arasında değiştiğini bulmuşlardır.

Kocabıyık ve Tezer (2009), Nasiroğlu ve Kocabıyık (2009) farklı sebzeler üzerinde yaptıkları çalışmada infrared kurutmada infrared emitter gücün arttıķa kuruma süresinin azaldığını bulmuşlardır. İnfrared uygulamasının genel olarak sebzelerde kuruma süresini kısalttığına yönelik pek çok çalışma bulunmaktadır. Mantara yönelik sınırlı düzeyde çalışma bulunmakla birlikte, mantarların çok fazla çeşitte olması, literatürde de farklı sonuçlara ulaşılmasına neden olmaktadır. Ancak mantarın kuruma süresinin infrared kurutma uygulaması ile azalacağı düşünülmektedir.





Şekil 4.2 Kültür mantarının, farklı hava hızları, emitter çalışma modu ve infrared emitter güçlerine göre nem içeriğinin kuruma süresiyle değişimi.

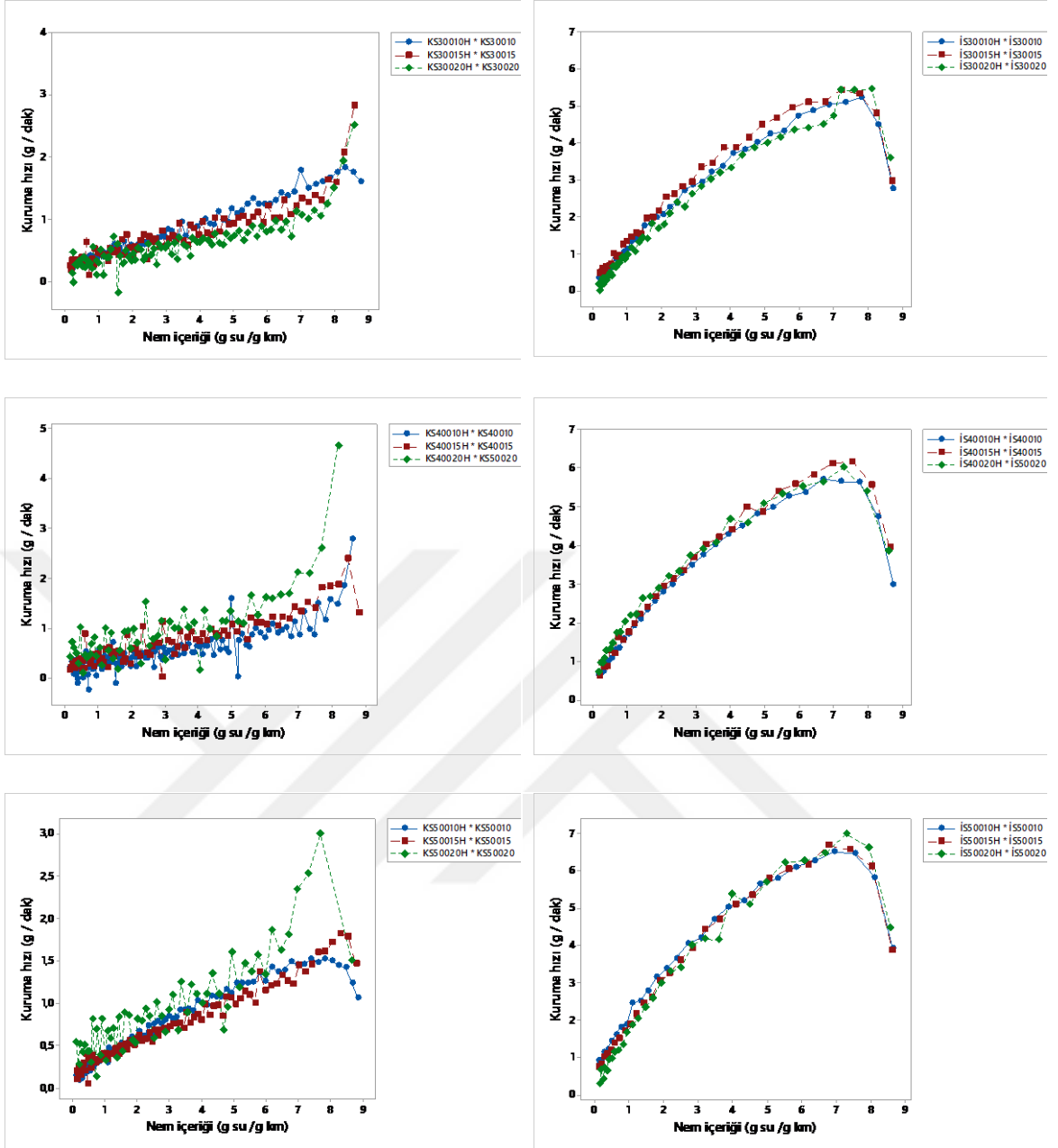


Şekil 4.3 İstiridye mantarının farklı hava hızları emitter çalışma modu ve infrared emitter güçlerine göre nem içeriğinin kuruma süreleriyle değişimi.

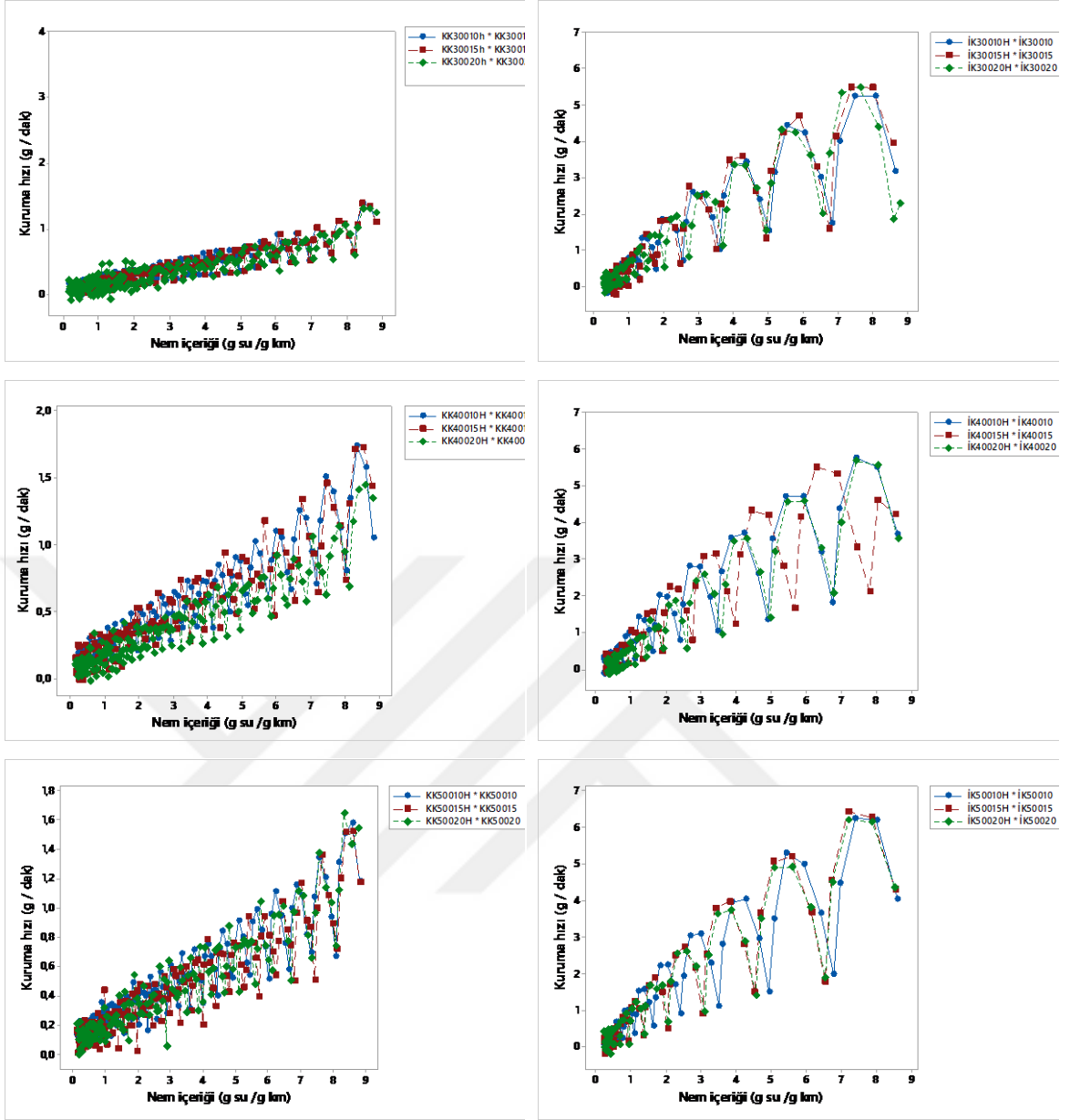
4.1.2. Kuruma Kinetikleri

İstiridye mantarı ve kültür mantarının kurutulması esnasında emitterin sürekli çalıştırıldığı tüm hava hızı ve infrared ısıtıcı gücü kombinasyonlarında istiridye mantarı ve kültür mantarının kuruma hızları genel periyoduna baktığımızda ilk başta yükselen bir kuruma hızı periyodu göstermişlerdir. İstiridye mantarlarının içerisindeki nemin azalmasıyla beraber kuruma hızları azalan bir periyoda girmiştir (Şekil 4.4). İnfrared emitterin her iki mantar içinde ve bütün kombinasyonlarda kesikli (on/off) olarak çalıştırıldığı durumlarda ise genel periyod yine ilk başta yükselen bir kuruma hızı periyodu göstermiştir ancak grafiği incelediğimizde infrared emitterin çalışmadığı kısımlarda kuruma hızı azalmış, çalıştığı kısımlarda ise kuruma hızı artmıştır. (Şekil 4.5)

Her iki mantarın kuruma hızlarını karşılaştırdığımızda istiridye mantarında dakikalık uzaklaştırılan nem her iki yöntem için de 6 g bulunurken, kültür mantarında dakikalık uzaklaştırılan nem 2 g civarındadır.



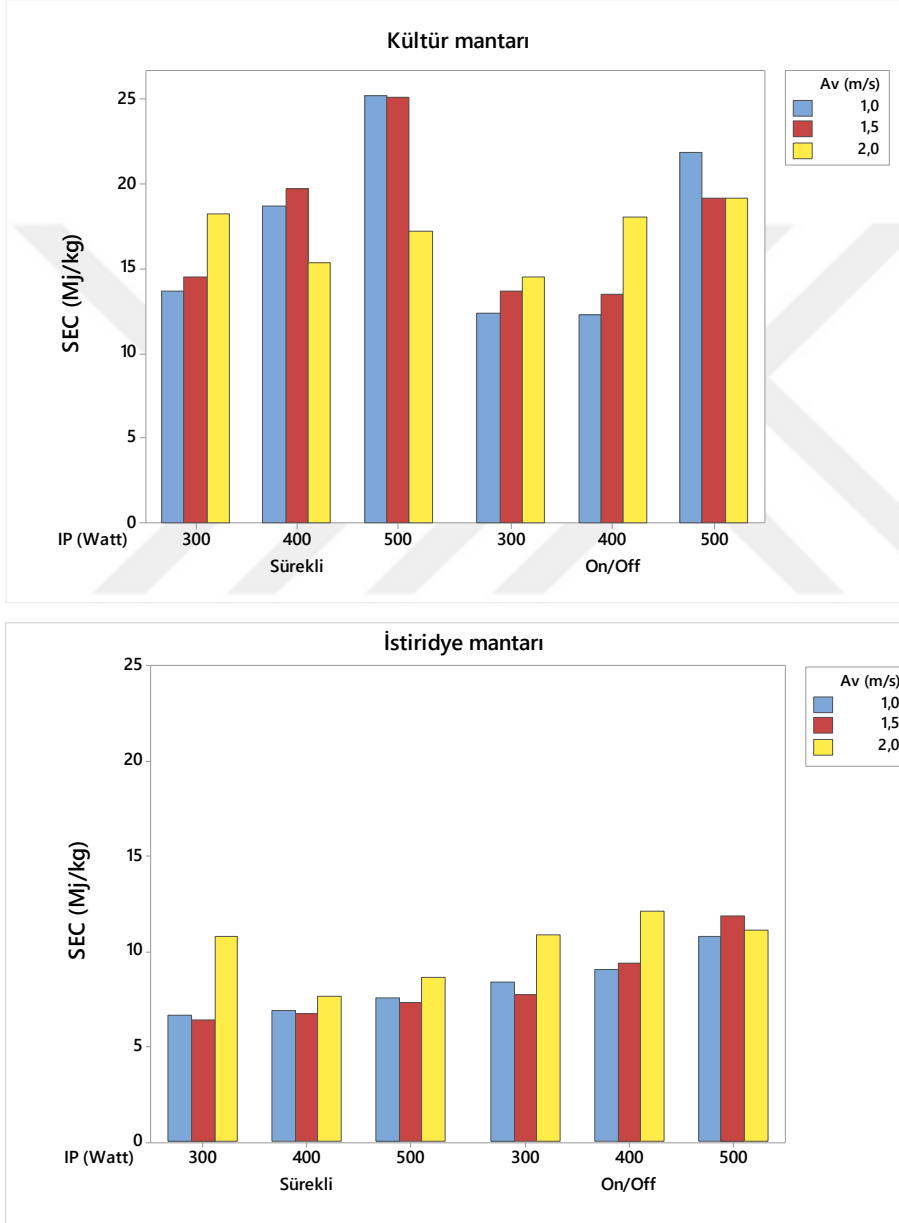
Şekil 4.4 Emitterin sürekli çalışma modunda farklı infrared ısıtıcı güçlerinde, farklı hava hızlarında istiridye ve kültür mantarının kuruma hızının nem içeriğiyle değişimi



Şekil 4.5 Emitterin kesikli (on/off) çalışma modunda farklı infrared ısıtıcı güçlerinde, farklı hava hızlarında ıstiridye ve kültür mantarının kuruma hızının nem içeriğiyle değişimi

4.2. Özgül Enerji Tüketimi

İstiridye ve kültür mantarının güvenli olarak depolanabilmesi için gerekli olan nem içeriğine kadar infrared emitter gücü 300, 400 ve 500 W olan kurutucuda, emitter kesikli (on/off) ve sürekli modda çalıştırılarak; 1.0 m/s, 1.5 m/s ve 2.0 m/s hava hızlarında istiridye ve kültür mantarından suyun uzaklaştırılması için gerekli özgül enerji miktarı ile ilgili değişim Şekil 4.6'de verilmiştir.



Şekil 4.6 İstiridye mantarı ve kültür mantarının değişik kurutma kombinasyonlarında özgül enerji tüketimi

İstiridye mantarının kurutulması esnasında infrared emitterin sürekli olarak çalıştırıldığı durumda mantardan suyun uzaklaştırılması için gerekli olan en düşük özgül enerji tüketimi (E_{δ}) 300 W infrared emitter gücünde 1.5 m/s hızında; 6.45 MJ/kg olarak elde edilmiştir. Yine istiridye mantarı için aynı şartlarda en yüksek özgül enerji tüketimine baktığımızda 300 W infrared emitter gücünde 2.0 m/s hava hızında 10.81 MJ/kg olarak elde edilmiştir. Kültür mantarına baktığımızda ise, infrared emitterin sürekli olarak çalıştırıldığı durumda en düşük özgül enerji tüketimi 300 W infrared emitter gücünde, 1.0 m/s hava hızında; 13.70 MJ/kg olarak elde edilmiştir. Yine aynı durumlarda kültür mantarının kurutulmasında en yüksek özgül enerji tüketimi 500 W infrared emitter gücünde 1.0 m/s hava hızında 25.21 MJ/kg olarak elde edilmiştir.

Infrared emitter kesikli (on/off) olarak çalıştırılması modunda istiridye için en düşük özgül enerji tüketimi 300 W infrared emitter gücünde 1.5 m/s hava hızında 5.16 MJ/kg elde edilmiştir. Aynı şartlarda istiridye mantarı için en yüksek özgül enerji tüketimi 400 W infrared emitter gücünde 2.0 m/s hava hızında 8.09 MJ/kg olarak bulunmuştur. Kültür mantarı tarafına baktığımızda en düşük özgül enerji tüketimi 400 W infrared emitter gücünde 1.0 m/s hava hızında 12.30 MJ/kg olarak bulunmuştur. Aynı şartlarda kültür mantarı için en yüksek özgül enerji tüketimi 500 W infrared emitter gücünde 1.0 m/s hava hızında 21.87 MJ/kg elde edilmiştir.

Infrared emitterin sürekli ve kesikli (on/off) şekilde çalışmasının özgül enerji tüketimi üzerine yaptığı etkiye bakarsak; kesikli (on/off) çalışma yönteminde tüketilen özgül enerji miktarı her iki mantar için sürekli çalışma yöntemine göre daha az olmuştur.

Özgül enerji tüketimine, infrared lamba gücü ve hava hızının etkilerinin regresyon analizleri yapılmıştır. Ürünün kurutulması için gerekli özgül enerji değerlerinin belirlenmesi için eşitlikler geliştirilmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 Infrared emitter gücü ve hava hızı ile özgül enerji tüketimleri arasındaki ilişkiler

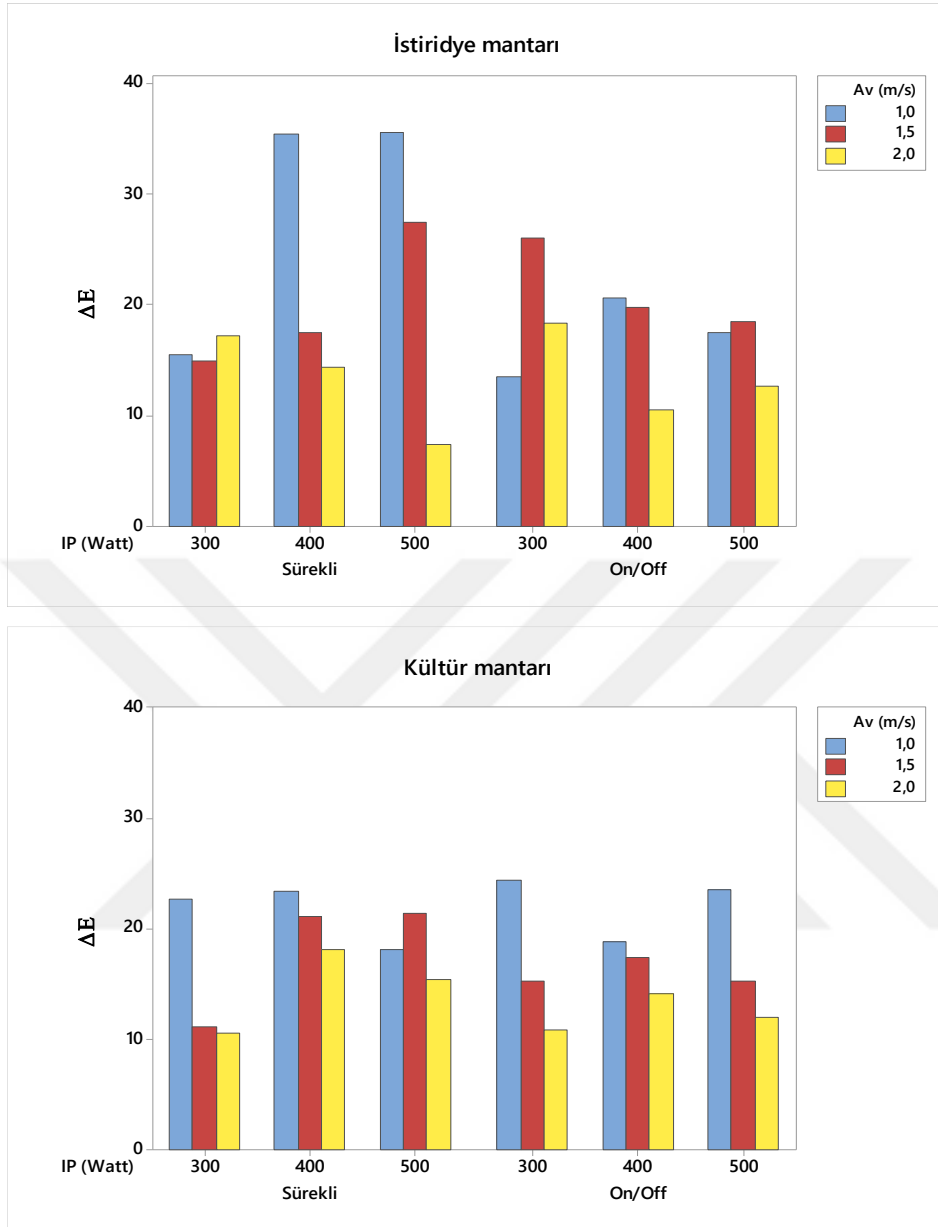
Mantar	Çalışma Modu	$Y=a+b_1.IP+b_2*Av$	R^2
Kültür	Sürekli	$E_{\delta}=7.93+0.0353IP-2.26Av$	58.38
	On/Off	$E_{\delta} =0.44-0.03268IP+1.71Av$	69.03
İstiridye	Sürekli	$E_{\delta} =4.94-0.00074IP+1.994Av$	40.41
	On/Off	$E_{\delta} =1.82-0.00757IP+1.288Av$	68.85

4.3. Kalite Özellikleri

4.3.1. Renk Değişimi

Farklı hava hızı, sürekli- kesikli(on/off) çalışma durumlarında ve farklı infrared emitter güçlerinde uygulanan kurutma işlemlerinde istiridye ve kültür mantarı örneklerinde renk değişimi gerçekleşmiştir (Şekil 4.7). Kurutulmuş istiridye mantarları örneklerinde en az renk değişimi (ΔE) 500 W infrared emitter gücünde ve 2.0 m/s hava hızında 7.4 olarak bulunmuştur. En fazla renk değişimi (ΔE) ise 500 W infrared emitter gücünde 1.0 m/s hava hızında sürekli çalışma modunda 35 olarak bulunmuştur. Kültür mantarına baktığımızda ise en az renk değişimi (ΔE) 300 W infrared emitter gücünde 2.0 m/s hava hızında ve sürekli çalışma modunda 10.5 olarak bulunmuştur. En fazla renk değişimi (ΔE) ise 300 W infrared emitter gücünde, 1.0 m/s hava hızında ve kesikli çalışma modunda 24.4 olarak bulunmuştur. İnfrared emitterin sürekli ve kesikli(on/off) şekilde çalıştırıldığı iki kurutma yönteminde kültür mantarı için hava hızının artışı genel olarak renk değişimini (ΔE) azaltmıştır.

Kültür mantarında renk değişimi çalışma modları açısından karşılaştırdığımızda benzer renk değişimleri elde edilmiştir. Renk değişimini her iki mantar için hava hızlarına göre incelediğimizde hava hızının artışı ile renk değişimi azalma göstermektedir.



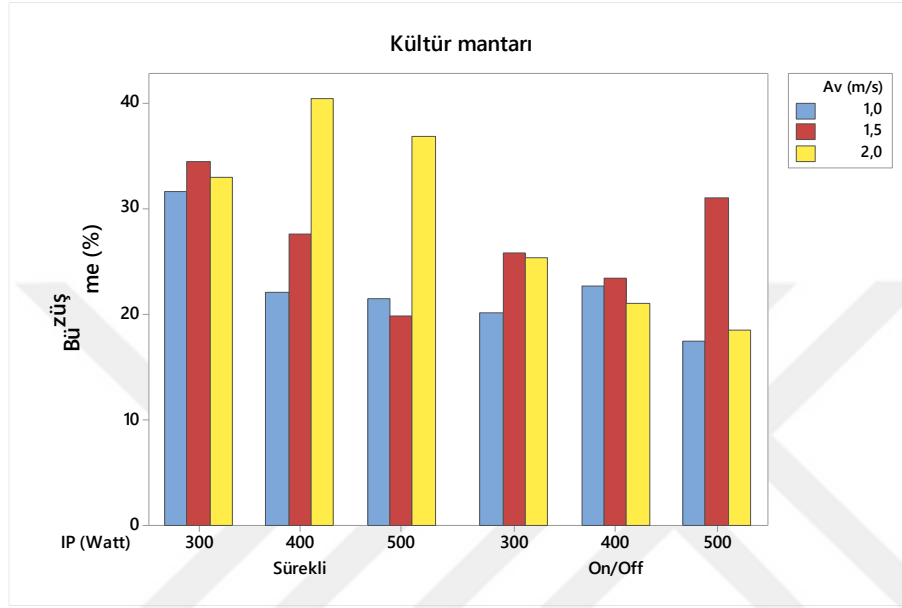
Şekil 4.7 Kurutulan ıstiridye mantarı ve kültür mantarının toplam renk değişimi (ΔE)

4.3.2. Büzülme

İstiridye mantarının geometrik yapısından dolayı kuruma öncesi ve sonrası ölçüm yapılamamıştır. Kültür mantarında kuruma öncesi ve sonrası çok sayıda çap ve boyut ölçümü yapılmıştır ve büzülme değerlerindeki değişim Şekil 4.8’de görülmektedir. En yüksek şekil değiştirme oranı sürekli modda çalıştırılan 400 W infrared emitter gücünde 2.0 m/s hava hızında %40.41 olarak gözükmektedir. En az şekil değiştirme yani büzülme oranı ise sürekli modda çalıştırılan 500 W infrared emitter gücünde ve 1.5 m/s hava hızında kurutulmuş örneklerde %19.79 olarak bulunmuştur. Kesikli (on/off) modda kurutmaya baktığımızda en

düşük şekil değiştirme oranı 500 W infrared emitter gücünde 1.0 m/s hava hızında %17.44 olarak gözükmeştir. Bu yöntemde en yüksek şekil değiştirme oranı 500 W infrared emitter gücünde 1.5 m/s hava hızında %30.95 olarak meydana gelmiştir.

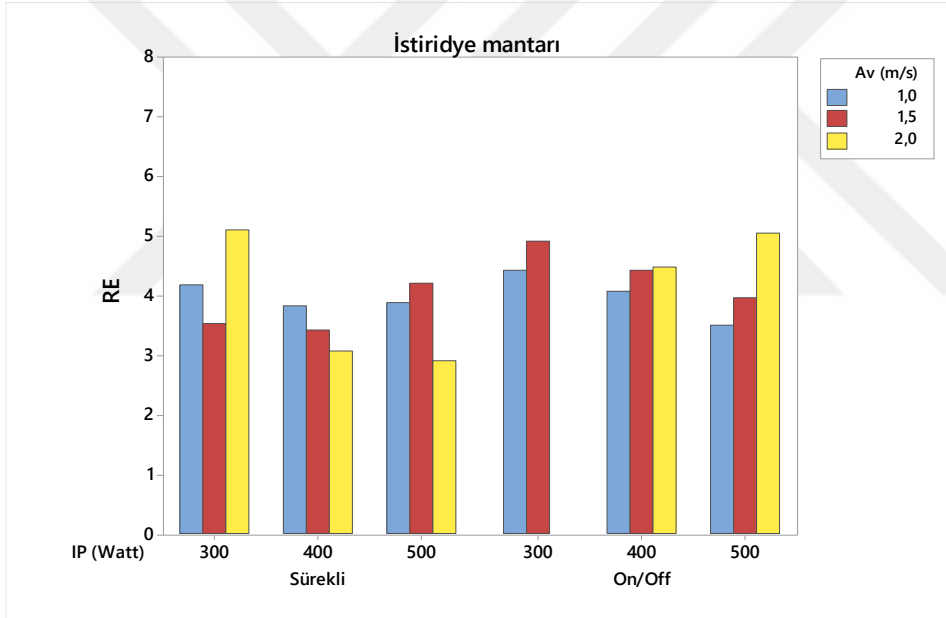
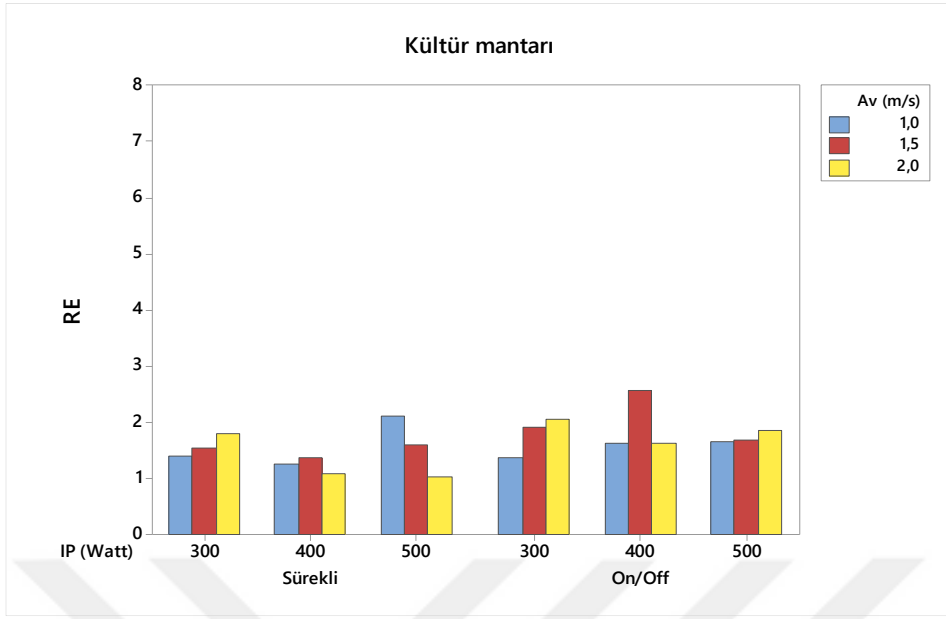
İnfrared emitterin kesikli olarak çalışması mantarın yapısında daha az bozulma gerçekteşirmiştir ve bu sayede kesikli modda daha az büzüşme meydana gelmiştir.



şekil 4.8 Kurutulan kültür mantarının büzüşme oranları

4.3.1. Rehidrasyon

Kurutulan istiridye mantarı ve kültür mantarı örneklerinin rehidrasyon katsayıları şekil 4.9'da verilmiştir. Kültür mantarında en yüksek rehidrasyon katsayısı kesikli(on/off) çalışma modunda 400 W infrared emitter gücünde 1.5 m/s hava hızında 2.57 olarak elde edilmiştir en düşük rehidrasyon katsayısı ise sürekli çalışma modunda 500 W infrared emitter gücünde 2.0 m/s hava hızında 1.03 olarak elde edilmiştir. İstiridye mantarı tarafına baktığımızda en yüksek rehidrasyon katsayısı kesikli (on/off) çalışma yönteminde 500 watt infrared emitter gücünde 2.0 m/s hava hızında 5.11 olarak elde edilmiştir. En düşük rehidrasyon katsayısı ise sürekli çalışma yönteminde 500 W infrared emitter gücünde 2.0 m/s hava hızında 2.93 olarak elde edilmiştir. Her iki mantar için rehidrasyon katsayılarına baktığımızda istiridye mantarının rehidrasyon katsayıları kültür mantarının rehidrasyon katsayılarından oldukça yüksek olmuştur. Bu durum istiridye mantarının tekrar nem alma kapasitesinin oldukça yüksek olduğunu ve kurutma sırasında daha gözenekli bir yapının oluştuğunu göstermektedir.



Şekil 4.9 İstiridye mantarı ve kültür mantarının rehidrasyon oranları

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

İstiridye mantarı ve kültür mantarının kurutulmasında üç farklı hava hızı (1.0-1.5 ve 2.0 m/s), üç farklı infrared emitter gücünün (300, 400 ve 500 W) ve infrared emitterin kurutma esnasında sürekli veya kesikli (on/off) olarak çalışmasının; kuruma süreleri, kuruma eğrileri, özgül enerji tüketimi, rehidrasyon ve renk değişimi gibi parametrelere yaptığı etkiyi araştırıp incelemek amaçlanmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Sürekli çalışan infrared emitter modunda 1.0, 1.5 ve 2.0 m/s hava hızlarında istiridye mantarında kuruma süreleri 300 W infrared emitter gücünde 108-153 dak, 400 W infrared emitter gücünde 87-96 dak, 500 W infrared emitter gücünde 78-87 dak arasında, kesikli(on/off) çalışma modunda ise 1.0, 1.5 ve 2.0 m/s hava hızlarında 300 W infrared emitter gücünde 204-282 dak, 400 W infrared emitter gücünde 171-234 dak, 500 W infrared emitter gücünde 174-165 dak arasında değişmiştir. Kültür mantarı tarafına baktığımızda infrared emitterin sürekli çalıştığı durumda üç hava hızında da kuruma süreleri 300 W infrared emitter gücünde 243-258 dak, 400 W infrared emitter gücünde 192-255 dak, 500 W infrared emitter gücünde 174-261 dak arasında, kesikli(on/off) çalışma modunda ise 1.0, 1.5 ve 2.0 m/s hava hızlarında 300 W infrared emitter gücünde 477-564 dak, 400 W infrared emitter gücünde 348-522 dak, 500 W infrared emitter gücünde 450-500 dak arasında değişmiştir.

Ürünlerin kuruma sürelerine, uygulanan infrared emitter güçlerinin, hava hızlarının ve infrared emitterin çalıştırılma modunun (sürekli-kesikli) etkisi gözlemlenmiştir. Genellikle emitterin gücü arttıkça kuruma süresi azalmıştır. İstiridye mantarında 1.0 ve 1.5 m/s hızlarında kuruma süreleri birbirine yakındır. 2.0 m/s hava hızında ise kuruma süresi diğer iki hava hızına göre artmıştır. İstiridye mantarı için kesikli (on/off) çalışma modunda ise genellikle hava hızının artmasıyla kuruma süresi artmıştır. Her iki mantar içinde infrared emitter için kullanılan sürekli ve kesikli(on/off) çalışma yöntemi kuruma süresi açısından karşılaştırıldığında kesikli çalışma modunun sürekli çalışmaya göre yaklaşık olarak iki kat yüksek sürelerle çıktığı gözlemlenmiştir.

Özgül enerji tüketimi değerlerine baktığımızda sürekli çalışan infrared emitter modunda 1.0, 1.5 ve 2.0 m/s hava hızlarında istiridye mantarında 300 W infrared emitter gücünde 6.45-10.81 MJ/kg, 400 W infrared emitter gücünde 6.73-7.67 MJ/kg, 500 W infrared emitter gücünde 7.34-8.62 MJ/kg arasında, kesikli(on/off) çalışma modunda ise 1.0, 1.5 ve 2.0 m/s hava hızlarında 300 W infrared emitter gücünde 5.16-7.24 MJ/kg, 400 W

infrared emitter gücünde 60.5 -8.09 MJ/kg, 500 W infrared emitter gücünde 7.22-7.93 MJ/kg arasında değişmiştir. Kültür mantarı tarafına baktığımızda infrared emitterin sürekli çalıştığı durumda üç hava hızında da özgül enerji tüketimi 300 W infrared emitter gücünde 13.70-18.23 MJ/kg, 400 W infrared emitter gücünde 15.35-19.72 MJ/kg, 500 W infrared emitter gücünde 17.24-25.21 MJ/kg arasında, kesikli(on/off) çalışma modunda ise 1.0, 1.5 ve 2.0 m/s hava hızlarında 300 W infrared emitter gücünde 12.43-14.48 MJ/kg, 400 W infrared emitter gücünde 12.30-18.05 MJ/kg, 500 W infrared emitter gücünde 21.87-19.19 MJ/kg arasında değişmiştir.

İstiridye mantarı ve kültür mantarının kurutulması sırasında özgül enerji tüketimi infrared emitterin gücünün artmasıyla artış göstermiş, hava hızının artmasıyla da genellikle artış göstermiştir. İnfrared emitterin çalışma yöntemine (Sürekli-kesikli) göre baktığımızda kesikli çalışma yönteminde sürekli çalışma yöntemine göre özgül enerji tüketimi daha azdır.

Kültür mantarında büzüşme oranları infrared emitterin sürekli çalıştığı yöntemde diğer yöntemde göre daha fazla olmuştur.

Renk değişimlerini incelediğimizde her iki mantar içinde 1.0 m/s hava hızındaki renk değişimleri genellikle 1.5 ve 2.0 m/s hava hızlarına göre yüksektir. Hava hızının artışı genellikle olarak renk değişimini azaltmıştır.

KAYNAKLAR

Afzal T. M., Abe T., Hikida Y., 1999. Energy and Quality Aspects of Combined Fir-Convection Drying of Barley. *Journal of Food Engineering*, 42: 177-182.

Aghilinategh N., Rafiee S., Gholikhani A., Hosseinpur S., Omid M., Mohtasebi S., Maleki N., 2015. A Comparative Study of Dried Apple Using Hot Air, Intermittent and Continuous Microwave: Evaluation of Kinetic Parameters and Physicochemical Quality Attributes. *Food Science and Nutrition*, 3 (6): 519-526.

Amaratunga K., Pan Z., Zheng X., Thompson J., 2005. Comparison of Drying Characteristics and Quality of Rough Rice Dried With Infrared and Heated Air. ASAE, Paper No: 056005.

Barutçiyar J., 2012. Türkiye'nin Mantarları. Oğlak Yayıncılık, İstanbul. 73-74.

Baysal T., İcier F., Ersus S., Yıldız H., 2003. Effects of Microwave and Infrared Drying on The Quality of Carrot and Garlic. *Eur. Food Res Technol*, 218: 68-73.

Carroll M., Churchill S., 1986. A Numerical Study of Periodic On-Off Versus Continuous Heating by Conduction. *Numerical Heat Transfer*, 10: 297-310.

Chandan K., Karim M., Mohammed U., 2014. Intermittent Drying of Food Products: A Critical Review. *Journal of Food Engineering*, 121: 48-57.

Chua K. J., Chou S. K., 2005. A Comparative Study Between Intermittent Microwave and Infrared Drying of Bioproducts. *International Journal of Food Science and Technology*, 40: 23-39.

Darvishi H., Najafi G., Adel H., 2013. Far-Infrared Drying Characteristics of Mushroom Slices. *Chemical Product and Process Modeling*, 8 (2): 107-117.

Das I., Das S. K., Bal S., 2004b. Drying Performance of A Batch Type Vibration Aided Infrared Dryer. *Journal of Food Engineering*, 64: 129-133.

Das I., Das S. K., Bal S., 2004a. Specific Energy and Quality Aspects of Infrared (IR) Dried Parboiled Rice. *Journal of Food Engineering*, 62: 9-14.

Doğan N., Doğan C., Hayoğlu İ., 2014. Farklı Sıcaklık ve Süre Uygulamalarının

Pleurotus Ostreatus (İstiridyе Mantarı)'un Bazı Özelliklerine Etkisi. Harran Tarım ve Gıda Bil. Derg., 18 (4): 10-16.

Dostie M., Seguin J., Maure D., Ton-That Q., Chatingy R., 1989. Preliminary Measurements On The Drying of Thick Porous Materials By Combinations of Intermittent IR. Drying, 92: 513-520.

Doymaz İ., 2007. Air-Drying Characteristics of Tomatoes. Journal of Food Engineering, 78: 1291-1297.

Doymaz İ., 2013. Determination of Infrared Drying Characteristics and Modelling of Drying Behaviour of Carrot Pomace. Journal of Agricultural Sciences, 19: 44-53.

Doymaz İ., 2014. Infrared Drying of Button Mushroom Slices. Food Sci. Biotechnol, 23 (3): 723-729.

Durance T., Wang J., 2002. Energy Consumption, Density and Rehydration Rate of Vacuum Microwave-and Hot-Air Convection-Dehydration Tomatoes. Convection-Dehydration Tomatoes, Journal of Food Science, 67 (6): 2112-2116.

Eren E., Pekşen A., 2016. Türkiye’de Kültür Mantarı Sektörünün Durumu ve Geleceğine Bakış. Gıda ve Bilim Tek. Derg., 4(3): 189-196.

FAO., (2017a). Production/Yield Quantities of Mushrooms and Truffles in Turkey. 27 Haziran 2019, <http://www.fao.org/faostat>.

FAO., (2017b). Production/Yield Quantities of Mushrooms and Truffles in World. 27 Haziran 2019, <http://www.fao.org/faostat>.

Fasina O., 2003. Infrared Heating of Food and Agricultural Materials. ASAE, Paper No: 036219.

Ginzburg A., 1969. Application of Infrared Radiation in Food Processing. Leonard Hill Pp., London. 174–254.

Goven A., Abu-Ghannam N., Frias J., Oliveire J., 2006. Optimisation of Dehydration and Rehydration Properties of Cooked Chickpeas (Cicer Arietinum) Undergoing Microwave-Hot Air Combination Drying. Trends Food Science Technology, 17: 177-183.

Güngör A., Özbalta N., 1997. Endüstriyel Kurutma Sistemleri. III. Ulusal Tesisat

Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, İzmir. 737-746.

Hebbar H. U., Viswanathan K., Ramesh M. N., 2004. Development of Combined Infrared and Hot Air Dryer For Vegetables. *Journal of Food Engineering*, 65: 557-563.

Jain D., Pathare P. B., 2004. Selection and Evaluation of Thin Layer Drying Models For Infrared Radiative and Convective Drying of Onion Slices. *Journal of Food Engineering*, 65: 557-563.

Kantrong H., Tansakul A., Mittal G. S., 2014. Drying Characteristics and Quality of Shiitake Mushroom Undergoing Microwave-Vacuum Drying and Microwave-Vacuum Combined With Infrared Drying. *Journal Food Science Technology*, 51 (12): 3594-3608.

Kaymak-Ertekin F., 2002. Drying and Rehydrating Kinetics of Green and Red Peppers. *Journal of Food Science*, 67 (1): 168-175.

Kim M., Toledo R., 1987. Effect of Osmotic Dehydration and High Temperature Fluidized Bed Drying on Properties Dehydrated Rabbit Eye Blueberries. *Journal of Food Science*, 52: 480-489.

Kocabıyık H., 2011. Combined Infrared and Hot Air Drying. *Infrared Heating for Food and Agricultural Processing*: 101-116.

Kocabıyık H., 2012. Biological Materials and Food- Drying Innovations. *Progress in Food Preservation*: 131-142.

Kocabıyık H., 2014. The Effects of Middle Infrared Radiation Intesity on The Quality of Dried Tomato Products. *International Journal of Food Science and Technology*, 49: 703-710.

Kocabıyık H., Tezer D., 2009. Drying of Carrot Slices Using Infrared Radiation. *International Journal of Food Science And Tecnology*, 44 (5): 953-959.

Kocabıyık H., Yılmaz N., Tuncel N., Sümer S., Büyükcan M., 2015. Drying, Energy and Some Physical And Nutritional Quality Properties of Tomatoes Dried With Short Infrared Radiation. *Food And Bioprocess Technology*, 8: 516-525.

Kocabıyık H., Yılmaz N., Tuncel N., Sümer S., 2016. Quality Properties, Mass Transfer Characteristics and Energy Consumption During Shortwave Infrared Radiation Drying of Tomato. *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*, 3: 447-456.

Kocabiyik H., Yılmaz N., Tuncel N., Sümer S., Büyükcan M., 2014. The Effects of Middle Infrared Radiation Intensity On The Quality of Dried Tomato Products. *International Journal of Food Science And Technology*, 49: 703-710.

Kowalski S., Pawlowski A., 2011. Energy Consumption and Quality Aspect by Intermittent Drying. *Chemical Engineering and Processing*, 50 (4): 384-390.

Kumar D., Hebbar H., Ramesh M., 2005. Infrared and Hot-Air Drying of Onions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 29: 132-150.

Kumar D., Hebbar H., Ramesh M., 2006. Suitability of Thin Layer Models for Infrared-Hot Air Drying of Onion Slices. *LWT*, 39: 700-705.

Lewicki P., Le H., Pomaranska-Lazuka W., 2002. Effect of Pre-Treatment on Convective Drying of Tomatoes. *Journal of Food Engineering*, 54 (2): 141-146.

Lewis M., 1996. *Physical Properties of Food And Food Processing Systems*. Woodhead Publishing Limited, England. 456 p.

Lin Y., Tsen J., King V., 2005. Effects of Far-Infrared Radiation On The Freeze-Drying of Sweet Potato. *Jorunal of Food Engineering*, 68: 249-255.

Mongpraneet S., Abe T., Tsurusaki T., 2002. Far Infrared-Vacuum and Convection Drying of Welsh Onion. *Transaction of The ASAE* 45 (5): 1-16.

Nasıroğlu Ş., Kocabiyik H., 2009. Thin-Layer Infrared Radiation Drying of Red Pepper Slices. *Journal of Food Process Engineering*, 32 (1): 1-16.

Nasıroğlu Ş., 2007. Kırmızı Biber, Elma ve Pırasanın Kurtulmasında Infrared Kurutma Tekniğinin Kullanılması. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Türkiye.

Nimmol C., Devahastin S., Swasdisevi T., Soponronnarit S., 2007. Drying of Banana Slices Using Combined Low-Pressure Superheated Steam and Far-Infrared Radiation. *Jorunal of Food Engineering*, 81: 624-633.

Nowak D., Lewicki P., 2004. Infrared Drying of Apple Slices. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5: 353-360.

Omari A., Khazaei N., Sharifian F., 2018. Drying Kinetic and Artificial Neural

Network Modeling of Mushroom Drying Process in Microwave-Hot Air Dryer. *J. Food Process Eng.* 41 (7): 1-10

Pan Z., Olson D., Amaratunga K., Olsen C., Zhu Y., Mchugh T., 2005. Feasibility of Using Infrared Heating for Blanching and Dehydration of Fruits and Vegetables. ASAE, Paper No: 05086.

Pathare P., Sharma G., 2006. Effective Moisture Diffusivity of Onion Slices Undergoing Infrared Convective Drying. *Journal of Food Engineering*, 93 (3): 285-291.

Pekşen A., Kibar B., Yakupoğlu G., 2007. Yenilebilir Bazı Lactirius Türlerinin Morfolojik Özelliklerinin, Protein ve Mineral İçeriklerinin Belirlenmesi. *OMÜ Zir. Fak. Derg.* 22 (3): 301-305.

Ratti C., Mujumdar A., 2006. Infrared Drying in Handbook of Industrial Drying 3rd Enhanced Edition. Taylor and Francis, New York. 1279 p.

Rodriguez R., Lombrana J. I., Kamel M., Elvira C., 2005. Kinetic and Quality Study of Mushroom Drying Under Microwave and Vacuum. *Drying Technology*, 23: 2197-2213.

Sakai N., Hanzawa T., 1994. Applications and Advances in Far-Infrared Heating in Japan. *Trends in Food Science and Technology*, 5 (11): 357-362.

Salehi F., Kashaninejad M., Jafarianlari A., 2017. Drying Kinetics and Characteristics of Combined Infrared-Vacuum Drying of Button Mushroom Slices. *Heat Mass Transfer*, 53: 1751-1759.

Sanmee R. B., Dell P. L., Izumori K., Lumyong S., 2003. Nutritive Value of Popular Wild Edible Mushrooms From Northern Thailand. *Food Chem.*, 84 (4): 527-532.

Sharma G., Verma R., Pathare P., 2005b. Mathematical Modeling of Infrared Radiation Thin Layer Drying of Onion Slices. *Journal of Food Engineering*, 71: 282-286.

Sharma G., Verma R., Pathare P. B., 2005a. Thin-Layer Infrared Radiation Drying of Onion Slices. *Journal of Food Engineering*, 67: 361-366.

Strumillo C., Kudra F., 1986. Drying: Principles, Applications and Design. *Biotechnology Progress*, 2 (3): 109-119.

Szadzinska J., 2014. Influence of Convective-Intermittent Drying On The Kinetics,

Energy Consumption and Quality of Green Pepper. Phd Interdisciplinary Journal: 118-124.

Şevik S., Aktaş M., Doğan H., Koçak S., 2013. Mushroom Drying With Solar Assisted Heat Pump System. Energy Conversion and Management, 72: 171-178.

Şevik S., Aktaş M., Özdemir M. B., Doğan H., 2014. Güneş Destekli Isı Pompalı Bir Kurutucuda Mantarın Kuruma Davranışlarının Yapay Sinir Ağı Kullanılarak Modellenmesi. Tar. Bil. Derg., 20 (2): 187-202.

Tezer D., 2010. İnfrared Enerji ve İnfrared Enerji-Sıcak Hava Kombinasyonu ile Domatesin Kurutulması. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Türkiye.

Thostenson E., Chou T., 1999. Microwave Processing: Fundamentals and Applications. Applied Science and Manufacturing, 30: 1055-1071.

Togrul H., 2005. Simple Modeling of Infrared Drying of Fresh Apple Slices. Journal Food Engineering: 311-323.

Tulek Y., 2011. Drying Kinetics of Oyster Mushroom (Pleurotus Ostreatus) in A Convective Hot Air Dryer. J. Agr. Sci. Tech. Vol., 13: 655-664.

Unadi A., Fuller R., Macmillan R., 2002. Strategies For Drying Tomatoes in A Tunnel Dehydrator. Drying Tecnology, 20 (7): 1407-1425.

Varith J., Dijkanarukkul P., Achariyaviriya A., Achariyaviriya S., 2007. Combined Microwave-Hot Air Drying of Peeled Longan. Journal of Food Engineering, 81 (2): 459-468.

Vetter J., 2003. Chemical Composition of Fresh and Conserved Agaricus Bisporus Mushroom. Eur. Food Res. Technol., 217: 10-12.

Walde S. G., Velu V., Jyothirmayi T., Math R. G., 2006. Effects of Pretreatments and Drying Methods On Dehydration of Mushroom. Journal of Food Engineering, 74: 108-115.

Wang H., Zhang M., Mujumdar A. S., 2014. Comparison of Three New Drying Methods For Drying Characteristics and Quality of Shiitake Mushroom (Lentinus Edodes). Drying Technology, 32: 1791-1802.

- Wang J., Sheng K., 2006. Far Infrared and Microwave Drying of Peach. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 39: 247-255.
- Wani B., Bodha R., Wani A., 2010. Nutritional and Medicinal Importance of Mushrooms. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4 (24): 2598-2604.
- Wasser S., 2010. Medicinal Mushroom Science: History, Current Status, Future Trends, and Unsolved Problems. *Int. J. Med*, 12 (1): 1-16.
- Yağcıoğlu A., 1999. Tarım Ürünleri Kurutma Tekniği. E.Ü Ziraat Fakültesi Ofset Atelyesi, İzmir. 348 p.
- Zeki B., 2009. Food Process Engineering and Technology. Academic Press, San Diego. 459-510.
- Zhu Y., Pan Z., 2009. Processing and Quality Characteristics of Apple Slices Processed. *Journal of Food Engineering*, 90 (4): 441-452.



EKLERİ

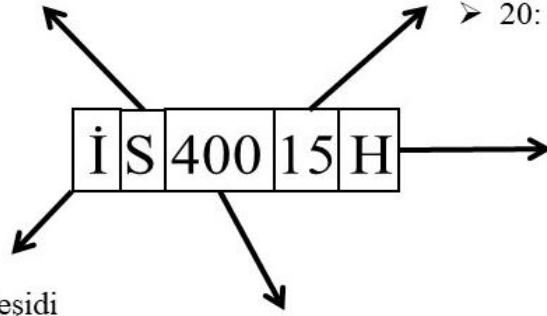
EK 1. Grafik Kodlamaları

İnfrared emitter çalışma modu

- S: Sürekli
- K: Kesikli

Hava hızı

- 10: 1,0 m/s
- 15: 1,5 m/s
- 20: 2,0 m/s



H: Kuruma hızı verisi

Mantar Çeşidi

- İ: İstiridye mantarı
- K: Kültür mantarı

İnfrared emitter gücü (Watt)

- 300
- 400
- 500

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mustafa Burak HAN

Doğum Yeri : Erzincan

Doğum Tarihi :06/06/1989

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, Çanakkale (2011-2015)

Yüksek Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Anabilim Dalı, Çanakkale (2015-2019)

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Yayınlar -SCI -Diğer

b) Bildiriler -Uluslararası -Ulusal Han M. B., Kocabıyık H., 2017. Infrared Drying of Mushroom. III International Conference on Engineering and Natural Sciences (ICENS), 3-7 Mayıs 2017, Budapeşte/ MACARİSTAN. PP:623. Book of Abstracts ISBN: 978-605-83575-4-9

c) Katıldığı Projeler

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl :

İLETİŞİM

E-posta Adresi : hanmstfbrk@gmail.com