



Kurutma sıcaklıklarının Mantarın (*Agaricus bisporus* L.) Rehidrasyon, Model, Kuruma Performansı ve Yüzey Alanı Değerlerine Etkisi

Muhammed TAŞOVA^{1a*}, Mustafa GÜZEL^{1a}

^a *Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Ziraat Fakültesi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, 60240, Tokat-TÜRKİYE*

(*): Sorumlu yazar. muhammed.tasova@gop.edu.tr; Tel: +90-356-2521616; Fax: +90-356-2521488

ÖZET

Ülkemizde mantar en önemli tarımsal ihracat ürünleri arasında yer alan ve aynı zamanda hem kullanım alanı çeşitliliği hem de sağlık değerleri açısından oldukça popüler bir üründür. Mantar, bünyesinde %90-95 gibi yüksek bir nem barındırmasından dolayı taze olarak uzun süre saklanamadan kısa süre içerisinde bozulmaktadır. Kurutma işlemi ile tarımsal ürünlerin bünyelerindeki yüksek nem miktarını ticari nem seviyelerine kadar düşürülerek bozulması engellenmekte ve alternatif ürün seçeneği haline almaktadır. Bu çalışmada, kültür mantarı 50, 60 ve 70°C sıcaklıklarda 12.54±1.21 kuru baz (k.b.) değerinden 0.13±0.02 (k.b.) son nem değerine kadar kurutulmuştur. 50, 60 ve 70°C sıcaklıklarında kurutulan mantar örneklerinin ortalama kuruma süreleri sırasıyla 9, 7.5 ve 4.5 saat olarak belirlenmiştir. İşlenen tüm kuruma modelleri arasında mantar örneklerinin kuruma verilerini en iyi 70°C sıcaklıkta Wang ve Singh eşitliği tahmin etmiştir. Farklı sıcaklık değerlerinde kurutulan mantar örnekleri sırasıyla 20, 40 ve 70°C sıcaklıklarındaki su banyosu ortamlarının rehidrasyon oranlarına etkisinin önemli olduğu bulunmuştur. En yüksek rehidrasyon oranı 1.84 ile 70°C sıcaklıkta yapılan su banyosunda ve 50°C sıcaklıkta kurutulan mantar örneklerinde tespit edilmiştir. En düşük rehidrasyon oranı ise 0.19 ile yine 70°C sıcaklıkta yapılan su banyosu işleminde ve 60°C sıcaklıkta kurutulan mantar örneklerinde bulunmuştur. Kurutma sıcaklıklarının yine mantar örneklerinin toplam alan değişim oranlarını etkilediği (p<0.05) görülmüştür. En yüksek alan değişim oranı %53.45 ile 70°C sıcaklığında kurutulan mantar örneklerinde belirlenirken en düşük ise %50.82 ile 50°C sıcaklık değerinde kurutulan örneklerde belirlenmiştir.

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Alınış tarihi: 16.03.2020
Kabul tarihi: 22.04.2020
Online basım: 01.05.2020

Anahtar Kelimeler :

- Mantar,
- Kurutma işlemi,
- Sıcaklık,
- Kuruma kinetiği,
- Alan değişimi,

Alıntı için: Taşova M, Güzel M (2020). Kurutma Sıcaklıklarının Mantarın (*Agaricus bisporus* L.) Rehidrasyon, Model, Kuruma Performansı ve Yüzey Alanı Değerlerine Etkisi. Turkish Journal of Agricultural Engineering Research (TURKAGER), 1(1): 74-84.

The Effect of Drying Temperatures on Rehydration, Model, Drying Performance and Surface Area Values of Mushroom (*Agaricus bisporus* L.)

ABSTRACT

Mushroom is one of the most important agricultural export products in our country and at the same time, it is a very popular product both in terms of usage area and health values. The mushroom spoils in a short time without being stored fresh for a long time due to its high humidity of 90-95%. With the drying process, the degradation of agricultural products is lowered down to commercial humidity levels and thus it becomes an alternative product option. In this study, the cultivated mushroom was dried from 12.54 ± 1.21 dry base (d.b.) to 0.13 ± 0.02 (d.b.) final humidity at 50, 60 and 70°C. Average drying times of mushroom samples dried at 50, 60 and 70°C were determined as 9, 7.5 and 4.5 hours, respectively. Wang and Singh equation estimates the drying data of mushroom samples among all drying models processed at the best 70°C temperature. It has been found that the effect of the fungus samples dried at different temperatures on the rehydration rates of water bath environments at 20, 40 and 70°C respectively. The highest rehydration rate was determined in the water bath made at a temperature of 1.84 and 70°C and mushroom samples dried at 50°C. The lowest rehydration rate was found in the water bath process at 70 °C with 0.19 and in mushroom samples dried at 60°C. It was observed that drying temperatures also affected the total area change rates of mushroom samples ($p < 0.05$). The highest field change rate was determined in the fungi samples dried at 70°C with 53.45%, while the lowest was determined in the samples dried at 50°C with 50.82%.

RESEARCH ARTICLE

Received: 16.03.2020

Accepted: 22.04.2020

Available online: 01.05.2020

Keywords :

- Mushroom,
- Drying process,
- Temperature,
- Drying kinetic,
- Area change

To cite: Taşova M, Güzel M (2020). The Effect of Drying Temperatures on Rehydration, Model, Drying Performance and Surface Area Values of Mushroom (*Agaricus bisporus* L.). Turkish Journal of Agricultural Engineering Research (TURKAGER), 1(1): 74-84.

GİRİŞ

Sinyal işleme uygulamalarında, veriler toplanıp ölçüm ve değerlendirmesi yapıldıktan sonra, başka bir cihaz tarafından okunması şeklinde işletilmektedir. Bu olay elektronik bir ortamdan farklı bir elektronik ortama taşınmasına rağmen, görüntü işleme uygulamalarında farklılık göstermektedir (Gonzalez ve Woods, 2005). Görüntülerin bilgisayar ortamında analiz edilmesiyle de görüntülerdeki nesnelerin içeriği detaylandırılmaktadır. Görüntü işleme uygulamaları detaylandırma aşaması ile tamamlanmaktadır (Jähne, 2005). Görüntü işleme uygulamaları tarım, gıda, ilaç, otomotiv gibi birçok sektör ve alanda uygulanmaktadır. Gıda alanında uygulanan görüntü işleme tekniği gerçek zamanlı veya asekron olmak üzere ürünlerdeki mikrobiyel gelişimi, renk, fiziksel özellikler ve kalite kriterleri izlenerek önlemlerin alınmasında ve isteğe özgü özelliklerin sağlanmasında etkin bir şekilde kullanılmaktadır.

Tarımsal ürünlerin yapılarında yaklaşık %75-95 aralığında bir nem seviyesine sahiptirler. Bu yüksek nem, ürünlerin uzun süre taze olarak saklanamadan kısa süre

içerisinde fiziksel ve kimyasal özelliklerinde kayıplara sebebiyet vererek hızla bozulmasına yol açmaktadır. Bu olumsuzluğu azaltmak veya tamamen ortadan kaldırmak için eskiden beri uygulanan kurutma işlemi ile ürünler uzun süre bozulmadan ve ekonomik bir şekilde muhafaza edilebilir (Doymaz, 2011; Ghanbarian ve ark., 2019).

Enerji tüketim maliyetinin olmaması ve teknik bilgi gerektirmemesinden dolayı ürünler genellikle güneş veya gölge (Panagopoulou ve ark. 2019, Asma yaprağı; Maseko ve ark., 2019 *Amaranthus cruentus*) altında kurutulmaktadır. Bu yöntemlerde kuruma süresinin uzun ve son kalite değerlerinde ciddi kayıplar meydana gelmektedir (Xio ve ark., 2015; Wang ve ark., 2018). Bununla beraber, açıkta kurutma yöntemlerinde, güneşten gelen kızılötesi ışınların ürünlerde kansorejen etki oluşturmaya ve çevreden gelen tarımsal ilaç, toz gibi zararlı gazlarında ürünlere bulaşma ihtimali vardır. Olumsuz bu durumları kontrol edebilmek için kurutulan ürünlerin kapalı ortamlarda ve/veya kurutma şartlarının ürüne özgü ayarlama olanağı bulunan yapay kurutucularda kurutulmaları daha uygundur. Kurutma yöntemlerinden bazıları ise konvansiyonel sıcak hava (Taşova, 2019), mikrodalga (Cucurullo ve ark., 2018), vakum (Viji ve ark., 2019), ve hibrit kurutucular (Ananno ve ark., 2020)'dır. Bu yöntemlerden en yaygın olarak kullanılanı konvansiyonel sıcak hava kurutucularıdır. Piyasada kurutulmuş ürün yelpazesi ve talebi her geçen gün sürekli artmaktadır. Bu durum hem konuyla ilişkili alternatif iş kollarının artmasına, hem de kuru ürün arayışlarını hızla geliştirmektedir.

Kurutulmuş ürün yelpazesi dünyada sürekli gelişen ve popüler hale gelen bir sektördür. Kurutulmuş ürünler arasında ise en fazla tüketilenlerden biriside mantardır. Mantarın kurusu özellikle çorbalarda kullanımı oldukça fazla tercih edilmektedir. Bunun yanında probiyotik, β -glucan polisakkariti (Aida, Shuhaimi, Yazid ve Maaruf, 2009; Palacios ve ark., 2011), yüksek seviyede protein ve esansiyel aminoasitler (Mattila, Salo-Väänänen, Könkö, Aro ve Jalava, 2002), ve düşük seviyede ise polifonol ve antioksidan maddeleri bulunmaktadır (Palacios ve ark., 2011; Yılmaz ve Bastıoğlu, 2020).

Bu çalışmada, etüv kurutucuda 50, 60 ve 70°C sıcaklarında kurutulan mantarın kuruma seyri boyunca değişen alan değerleri görüntü işleme yöntemi ile tespit edilmiş ve mantarın son nem değerleri, kuruma süreleri, en uygun ince tabakalı kuruma modeli, rehidrasyon oranı değerleri belirlenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Kurutulan Ürün

Kurutma çalışmasında kullanılan mantar Tokat ilinde bulunan yerel bir marketten satın alınmıştır. Çalışma sonlanana kadar Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi kurutma laboratuvarındaki $+4\pm 0.5$ °C sıcaklıktaki buzdolabında muhafaza edilmiştir.

Nem içeriğinin tespiti

Nem içeriğinin belirlenmesi için ortalama 20 ± 0.7 g yaş örnek kullanılarak 70 °C sabit sıcaklığa ayarlanmış etüvde ağırlık değişimi olmadığı ana kadar kurutulmuştur (Abuska ve Doğan, 2010).

Kurutma işlemleri

Mantarın kurutulması işleminde 50, 60 ve 70°C sıcaklık değerleri kullanılarak sap kısımları şapkadan ayrılmış ve oyuk kısımları yukarıya gelecek şekilde tabaklara yerleştirilmiştir. Daha sonra yaş baza göre %10 nem seviyelerine kadar kurutulmuş ve ağırlık değişimini izleyebilmek için mantarlar belirli aralıklarda çıkartılıp 0.01 g hassasiyetli terazi ile tartılmıştır.

İnce tabakalı kuruma modelleri

Kurutma işlemleri seyrince mantarlardan uzaklaşan nem değerleri alınabilir nem oranı (ANO) değerlerine 1 numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Yağcıoğlu, 1999).

$$ANO = \frac{M - M_e}{M_o - M_e} \quad (1)$$

Burada;

ANO: Üründen ayrılabilir nem oranı

M: Ürünün herhangi bir t anındaki nem içeriği

M_e: Ürünün denge nemi

M_o: Ürünün başlangıç nem içeriği

Kurutma sıcaklıkları için ayrı ayrı belirlenen ANO değerleri literatürde yaygın olarak kullanılan Jana ve Das, Lewis, ve Wang ve Singh ince tabakalı matematiksel kuruma modelleri seçilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Kullanılan modellere ait eşitlikler

Table 1. Equations for the models used

Model ismi	Eşitlik	Kaynak
Jena ve Das	$ANO = h \cdot \exp(-j \cdot (t^k)) + (m \cdot t)$	Jane ve Das (2007)
Lewis	$ANO = \exp(-k \cdot t)$	Lewis (1921)
Wang ve Singh	$ANO = 1 + k \cdot t + h \cdot t^2$	Wang ve Singh (1978)

Çizelge 1'e göre, eşitliklerdeki h, j, m ve k modellere ait katsayıları belirtirken, t ise süreyi temsil etmektedir.

Rehidrasyon oranına ait veriler

Kurutulan mantarların tekrar su alma kapasitelerinin oldukça yüksek olması istenir. Bu durum kuru ürünün kullanıldığı gıda ortamına aromasını ve tadını iyi bırakması arzu edilir. Aynı zamanda su alarak tekrar taze ürünün şekil ve boyutsal özelliklerini geri kazanması beklenir. Kurutulan gıdaların rehidrasyon kinetiğinin araştırıldığı çalışmalarda rehidre için kullanılan suyun sıcaklığı da toplam rehidrasyon parametrelerini (rehidrasyon, hızı, oranı, kapasitesi) önemli seviyede etkilediği belirtilmektedir. 50, 60 ve 70°C sıcaklıklarda kurutulan örnekler sırasıyla 20, 40 ve 70°C su banyosu ortamında ağırlık değişimi sabitlene kadar bekletilmiştir. Su banyosu işlemi Şimşek Laborteknik marka-Türkiye SBD309 model cihazda gerçekleştirilmiştir. Kurutulan mantar örneklerinin rehidrasyon oranı eşitlik 2 kullanılarak hesaplanmıştır (Ertekin ve Yaldız, 2004).

$$RO = \frac{M_2}{M_1} \quad (2)$$

Burada;

M_2 herhangi bir t süresi anındaki nemli ağırlığı, M_1 ise kurumuş haldeki başlangıç ağırlığını temsil etmektedir.

Görüntü işleme

Mantar görüntülerinin alan değerlerinin hesaplanmasında, Java tabanlı ImageJ programı kullanılmıştır. Farklı sıcaklıklarda kurutulan mantar örneklerine ait görüntülerde, açı ve mesafe etkisinin kontrolünü her görüntü içerisinde önceden uzunluğu ölçülmüş referans çizgiler kullanılarak ve ölçeklendirme işlemi yapılarak gerçekleştirilmiştir. Çekilen fotoğraflardaki mantar görüntülerini diğer cisimlerden ayırmak için eşikleme (threshold) işlemi yapılmış, mantar görüntüleri yalnızlaştırılarak referans çizgilere göre piksel başına alan sayıları hesaplatılarak alan değerleri tespit edilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Mantarın kuruma performansı

Yapılan nem tayinin işleminde mantarın yaş baza göre nem içeriği %92.90 olarak belirlenmiş ve bu değer % 9-13 nem seviyelerine kadar kurutulmuştur. Baydaş ve Altuntaş (2019) çalışmalarında kuruttukları mantar örneklerinin son nem değerlerini yaş baza göre %9-12 nem aralığına kadar düşürmüşlerdir. Kurutma sıcaklıklarında belirlenen meyvelere ait ortalama kuruma süreleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Meyvelere ait ortalama kuruma performans değerleri

Table 2. Average drying performance values of fruits

Kurutma sıcaklığı (°C)	Son nem değeri (y.b.)	Kuruma süresi (saat)
50	12.93	9
60	9.32	7.5
70	12.05	4.5

Çizelge 2’ye göre, kurutma sıcaklıklarının mantar örneklerinin kuruma süresi ve son nem değerlerini etkilediği görülmüştür. Örnekler arasında en uzun kurutma işlemi 9 saat sürerken en kısa ise 4.5 saat sürdüğü belirlenmiştir. 60 ve 70°C sıcaklıklarda kurutulan mantar örnekleri 50°C sıcaklığa göre sırasıyla %16.66 ve %50 oranlarında kuruma sürelerinin azaldığı tespit edilmiştir. Liu ve ark. (2019), yaptıkları mantar kurutma çalışmasında kurutma sıcaklığı, dilim kalınlığı ve hava hızı parametrelerinin örneklerin kuruma sürelerinin önemli sevide etkilediğini belirlemişlerdir. Çalışmada 65 ve 75°C değerlerinde kurutulan mantar örneklerinin 55°C sıcaklık değerine göre sırasıyla, %31.25 ve %56.25 oranlarında kuruma sürelerinin azaldığı görülmektedir. Shishir ve ark. (2019), çalışmalarında 60 ve 70°C sıcaklıklarda kuruttukları şiteyk mantar örneklerinin 50 °C sıcaklığa göre sırasıyla, %30.77 ve % 38.46 oranlarında kuruma sürelerinin azaldığı bulunmuştur.

Mantarın kuruma modellerine veriler

Çalışmada kullanılan mantar örneklerinin kuruma süreye bağlı kuruma oranlarının ince tabakalı kuruma eşitliklerinde işlenmesi neticesinde elde edilen modellere ait bulgular Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Matematiksel modellere ait bulgular

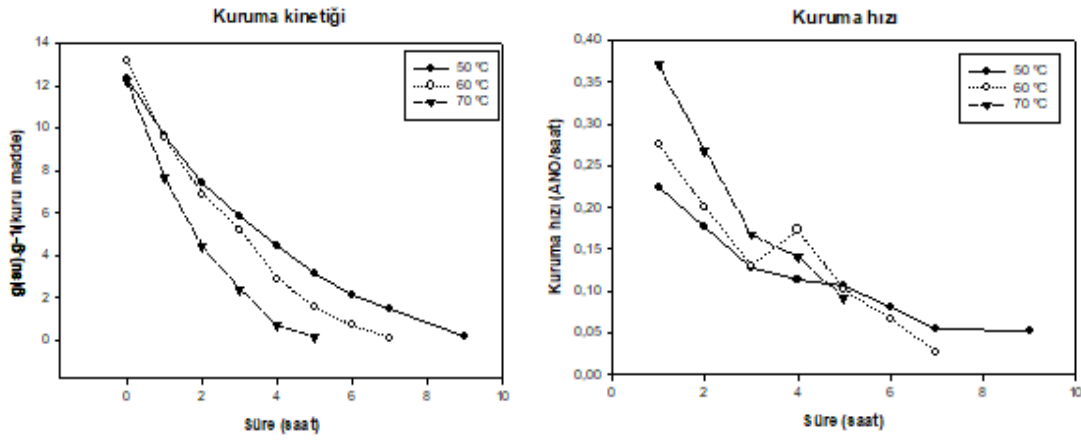
Table 3. Findings of mathematical models

Kurutma sıcaklıkları	Modeller	Katsayılar	R ²	p
50 °C	Lewis	k: 0.2750	0.9893	p<0.0001
	Jena Das	k: 1.0131 h: 0.5446 j: 0.5263 m: 0.0090	0.9901	p=1.0000
	Wang ve Singh	k: -0.2063 h: 0.0110	0.9965	p<0.0001
60 °C	Lewis	k: 0.3688	0.9818	p<0.0001
	Jena-Das	k: 1.0178 h: 0.5938 j: 0.4279 m: 0.0151	0.9833	p=1.0000
	Wang ve Singh	k: -0.2656 h: 0.0179	0.9979	p<0.0001
70 °C	Lewis	k: 0.5569	0.9843	p<0.0001
	Jena-Das	k: 1.0157 h: 0.6882 j: 0.2390 m: 0.0107	0.9853	p=1.0000
	Wang ve Singh	k: -0.3898 h: 0.0385	0.9983	p<0.0001

Çizelge 3'e göre, modeller arasında mantar örneklerinin kuruma verilerini (ANO) en iyi 70 °C kurutma sıcaklığında Wang ve Singh modeli tahmin ederken, ölçülen değerleri en zayıf kuvvette tahmin eden ise 60°C sıcaklıkta Lewis modeli olduğu bulunmuştur. Farklı sıcaklıklarda kurutulan mantar örneklerine ait matematiksel model verileri incelendiğinde Jena-Das modelinin tüm kurutma işlemlerinde ölçülen ANO değerlerini kuvvetli ($R^2 < 0.8500$) ettiği halde kullanımının güvenli ($p < 0.05$) olmadığı ($p = 1.0000$) görülmüştür.

Kurutma parametrelerine ait değerler

Farklı sıcaklıklarda kurutulan mantar örneklerinin kuru baza göre belirlenen kuruma kinetiği ve ANO değerlerine göre tespit edilen kuruma hız değerleri Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 1'e göre, farklı sıcaklık değerlerinde kurutulan mantar örneklerine ait kuruma kinetiğinin incelendiğinde ilk üç saat süresince 50 ile 60°C sıcaklık değerindeki örneklerin birbirlerine yakın bir kuruma eğrisi sergilediği görülmüştür. Bununla beraber 70°C sıcaklık değerinde kurutulan örneklerin ise başlangıç anından itibaren kuruma kinetiği belirgin bir şekilde diğerlerinden ayrıldığı tespit edilmiştir.

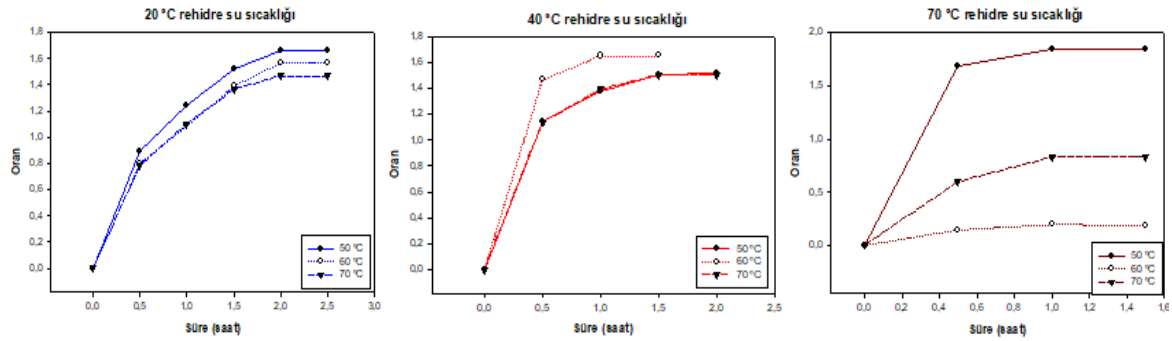


Şekil 1. Mantar örneklerine ait kuruma kinetiği ve kuruma hız eğrileri
Figure 1. Drying kinetics and drying speed curves of mushroom samples

Örneklerin kuruma hız değerlerine sıcaklığın etkisinin önemli olduğu bulunmuştur. İlk üç saat süresince örneklerin kuruma hızlarının belirgin bir şekilde hızla azaldığı ve daha sonra kuruma hızının yavaşlayarak düştüğü belirlenmiştir. Benzer bulguları; Carrión ve ark. (2017), Vallespir ve ark. (2019) ve Satimehin ve ark. (2018), yaptıkları mantar kurutma çalışmalarında benzer bulguları belirlediklerini belirtmişler.

Rehidrasyon bulguları

Mantar örneklerinin rehidrasyon özelliklerine kurutma sıcaklığı ve rehidre ortamındaki su sıcaklığının etkileri Şekil 2'de verilmiştir.



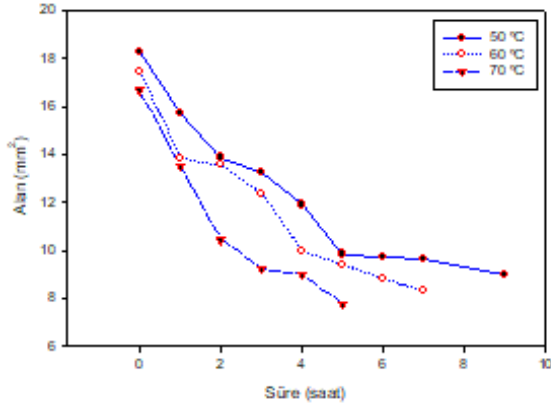
Şekil 2. Farklı su banyosu sıcaklıklarındaki rehidrasyon eğrileri
Figure 2. Rehydration curves at different water bath temperatures

Şekil 2'ye göre, farklı sıcaklıklarda kurutulmuş mantar örnekleri 20 ve 40°C sıcaklıktaki su banyosu ortamında sergilemiş oldukları rehidrasyon eğrilerinde ilk yarım saat süresince hızla bir yükselişin gerçekleştiği ve daha sonra azalarak bir yükseliş eğrisinin oluştuğu belirlenmiştir. 40 °C sıcaklıktaki su banyosunda 50 ve 70°C sıcaklık değerlerinde kurutulmuş mantar örneklerinin birlerine neredeyse çakışmış bir şekilde rehidre olduğu görülmüştür. Mantar örneklerinin 70°C sıcaklıktaki su banyosunda ilk başta sadece 50°C sıcaklıkta kurutulmuş örneklerin 60 ve 70°C sıcaklıkta kurutulmuşlara göre daha hızla rehidre olduğu gözlemlenmiştir.

Rehidrasyon oranlarına göre, 20 ve 70°C su banyosunda yapılan rehidrasyon işleminde 50°C sıcaklıkta kurutulan mantar örneklerinde maksimum nem alma işlemi gerçekleşirken, sadece 40 °C sıcaklıkta yapılan su banyosu ortamında 60°C sıcaklık değerinde kurutulan örneğin maksimum nem aldığı tespit edilmiştir. Literatürde, Vallespir ve ark. (2019), 5, 10 ve 15°C gibi düşük sıcaklık ultrason ön işleminin mantarın kuruma özelliklerine etkisini araştırmışlar. Çalışmalarında istatistiksel açıdan rehidrasyon kapasitelerinde önemli bir farklılık olmazken düşük sıcak ön işlemi uygulanmış mantar örneklerinin rehidrasyon kapasitesinin daha yüksek olduğunu belirlemişler. Piskov ve ark. (2020), kurutma yöntemlerinin istiridye mantarının rehidrasyon oranlarını etkilediğini ifade etmişlerdir. Çalışmada en yüksek rehidrasyon oranının dondurarak kurutulan mantar örneklerinde en az ise mikrodalga ile kurutulan örneklerde gözlemlenmiştir.

Alan değişimine ait veriler

Farklı sıcak değerlerinde kurutulan mantar örneklerinin alan değişim bulguları Şekil 3'de verilmiştir.



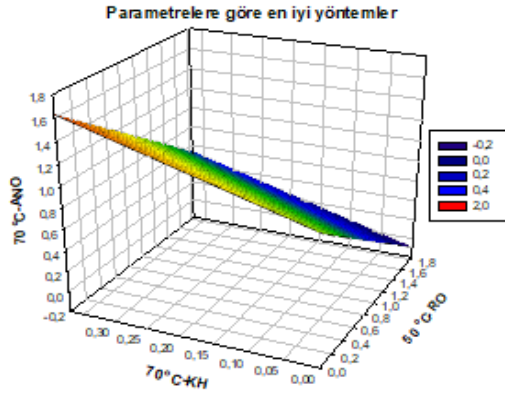
Şekil 3. Yüzey alan değişimi

Figure 3. Surface area change

Şekil 3'e göre, kurutma sıcaklıklarının mantarın yüzey alan değişimine etkinin önemli düzeyde olduğu görülmektedir. Kurutma işlemleri esnasında her sıcaklık değerinde de ilk 2 saat içerisindeki alan değişim eğrilerindeki hareketliliğin benzer olduğu ve daha sonra alan değişim değerlerinde hızla değiştiği belirlenmiştir. 70°C sıcaklıkta kurutulan örnekte alınabilir nem oranının yüksek olmasından dolayı alan değişim hızının diğer sıcaklık değerlerine göre daha büyük olduğu tespit edilmiştir. Özellikle 70°C sıcaklıkta 2-4 saat aralıklarındaki kuruma eğrisi incelendiğinde eğriye ait eğiminin daha büyük olduğu görülmektedir.

Optimum değerlerin belirlendiği kurutma sıcaklıkları

Kurutulan mantar örnekleri, rehidrasyon oranı (RO), kuruma hızı (KH) ve alınabilir nem oranı (ANO) değerleri açısından incelendiğinde en uygun bulguların olduğu kuruma sıcaklıkları Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4. En uygun değerler ve kurutma sıcaklıkları
Figure 4. Optimum values and drying temperatures

Şekil 4'e göre, 50, 60 ve 70°C sıcaklık değerlerinde kurutulan mantar örnekleri rehidrasyon oranı, kuruma hızı ve alınabilir nem değerleri verilmiştir. Rehidrasyon oranı açısından en yüksek değer 70 °C sıcaklıktaki rehidre ortamında tutulan 50 °C sıcaklıkta kurutulan mantar örneklerinde tespit edilmiştir. En yüksek kuruma hızının 70°C sıcaklıkta kurutulan örneklerde olduğu ve Alınabilir nem oranı değerlerini en iyi tahmin eden Wang ve Singh modelinin 70°C sıcaklıktaki kuruma verilerinde belirlenmiştir.

SONUÇ

Kurutma işlemlerinde rehidrasyon parametresi ürün hakkında fiziksel ve bazı kimyasal özelliklerinin değerlendirme imkânı sunması açısından önem arz etmektedir. Bununla beraber bol sulu ürünlerin kurutulması işlemlerinde örneklerin fiziksel özellikleri ciddi anlamda değişmektedir. Özellikle de alan değişimi çok fazla gerçekleşmektedir. Bu özellik ürünün kurutulmasından sonra paketleme ve depolama işlemleri için önemlidir. Bu çalışma kapsamında kültür mantarının kurutma, rehidrasyon ve alan özelliklerine kurutma sıcaklıklarının etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca farklı sıcaklıklarda kurutulan mantar örneklerinin rehidrasyon oranlarına farklı sıcaklıklardaki su banyosunun etkilediği ancak bu etkinin önemli seviyede olmadığı görülmüştür.

Kurutma sıcaklıklarının artmasıyla kuruma sürelerinin önemli düzeyde azaldığı tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan materyale ait kuruma verileri ince tabakalı matematiksel eşitliklerde işlenmiş ve ölçülen verileri en iyi 70°C sıcaklıkta Wang ve Singh modeli tahmin etmiştir. En yüksek rehidrasyon oranı 1.84 ile 70°C sıcaklıkta yapılan su banyosunda ve 50°C sıcaklıkta kurutulan mantar örneklerinde tespit edilmiştir. En düşük rehidrasyon oranı ise 0.19 ile yine 70°C sıcaklıkta yapılan su banyosu işleminde ve 60°C sıcaklıkta kurutulan mantar örneklerinde bulunmuştur. Ancak 20 ve 40°C sıcaklıklarda yapılan su banyosu işlemlerinde ise 70 °C sıcaklıkta kurutulan mantar örneklerinin 50°C sıcaklıkta kurutulan örneklere göre oldukça yakın bir rehidrasyon oranına sahip olduğu görülmüştür. Kurutma sıcaklıklarının mantar örneklerinin toplam alan değişim oranlarını önemli seviyede etkilerken kurutma sıcaklıkları arasındaki farklılığın alan değişimine etkisinin önemli olmadığı görülmüştür.

Toplam alan değişim oranları arasında en yüksek değer % 53.45 ile 70°C sıcaklıkta belirlenirken en düşük ise % 50.82 ile 50°C sıcaklıkta belirlenmiştir. Çalışmada incelenen tüm bulgular bir arada değerlendirildiğinde araştırılan parametreler açısından mantarın 70°C sıcaklıkta kurutulmasının daha olacağı önerilmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yapılan bu çalışmanın başlangıcından sonuna kadar olan tüm süreçte yazarlar arasında herhangi çıkar çatışmasının olmadığını beyan ederiz.

YAZAR KATKISI

Çalışmanın planlama aşamasında: Muhammed TAŞOVA ve Mustafa GÜZEL,
Çalışmanın yazım aşamasında: Muhammed TAŞOVA ve Mustafa GÜZEL,
Çalışmanın materyal temini, kurutma denemelerinin yapılması, görüntülerin alınması, kuruma, rehidrasyon, modelleme verilerinin işlenmesi ve analiz aşamasında: Muhammed TAŞOVA,
Görüntülerin işlenmesi aşamasında ise: Mustafa GÜZEL katkı sağlamıştır.

KAYNAKLAR

- Abuşka M ve Doğan H (2010). Endüstriyel tip ısı pompalı kurutucuda çekirdeksiz üzümün kurutulması. *Politeknik Dergisi*, 13 (4): 271-279.
- Aida FMNA, Shuhaimi M, Yazid M and Maaruf AG (2009). Mushroom as a potential source of prebiotics: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 20, 567-575.
- Ananno AA, Masud MH, Dabnichki P and Ahmed A (2020). Design and numerical analysis of a hybrid geothermal PCM flat plate solar collector dryer for developing countries. *Solar Energy*, 196, 270-286.
- Baydaş F ve Altuntaş E (2019). İstiridyeye Mantarının (Pleurotus ostreatus) Bazı Biyoteknik Özellikleri ve Kurutma Karakteristiklerinin Belirlenmesi*. *Mantar Dergisi*, 10 (3): 119-136. doi:10.30708.mantar.643565.
- Carrión C, Mulet A, García-Pérez JV and Cárcel JA (2017). Ultrasonically assisted atmospheric freeze-drying of button mushroom. Drying kinetics and product quality. *Drying Technology*, 36 (15): 1814-1823, <https://doi.org/10.1080/07373937.2017.1417870>.
- Cucurullo G, Giordano L, Matello A and Cinquanta L (2018). Drying rate control in microwave assisted processing of sliced apples. *Biosystems Engineering*, 170: 24-30.
- Doymaz İ (2011). Thin-layer drying characteristics of sweet potato slices and mathematical modelling. *Heat Mass Transfer*, 47: 277-285.
- Ertekin C and Yaldiz O (2004). Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. *Journal of Food Engineering* 63: 349-359.
- Ghanbarian D, Toriki-Harchegani M, Sadeghi M and Pirbalouti AG (2019). Ultrasonically improved convective drying of peppermint leaves: Influence on the process time and energetic indices. *Renewable Energy*, 153: 67-73.
- Gonzalez RC and Woods RE (2007). Digital Image Processing, 3th Ed., (pp. 1-7), A.B.D., New Jersey: Prentice Hall.
- Jähne B (2005). Digital image processing, Springer, 6th Ed., (pp. 7-19), Berlin.
- Jena S and Das H (2007). Modelling for vacuum drying characteristics of coconut presscake. *Journal of food engineering* 79: 92-99.
- Lewis WK (1921). The rate of drying of solid materials. *Industrial Engineering Chemistry*, 13: 427-443.
- Liu ZL, Bai JW, Wang SX, Meng JS, Wang H, Yu XL, Gao ZJ and Xiao HW (2019). Prediction of energy and exergy of mushroom slices drying in hot air impingement dryer by artificial neural network. *Drying Technology*, 37 (1): 1-12, <https://doi.org/10.1080/07373937.2019.1607873>.
- Maseko I, Mabhaudhi T, Ncube B, Tesfay S, Araya HT, Fessehazion MK, Chimonyo VGP, Ndhkala AR and Plooy CPD (2019). Postharvest drying maintains phenolic, flavonoid and gallocatechin content of some cultivated African leafy vegetables. *Scientia Horticulturae*, 255 (20): 70-76.

- Mattila P, Salo-Väänänen P, Könkö K, Aro H and Jalava T (2002). Basic composition and amino acid contents of mushrooms cultivated in Finland. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (22): 6419-6422. [10.1021/jf020608m](https://doi.org/10.1021/jf020608m).
- Palacios I, Lozano M, Moro C, D'Arrigo M, Rostagno MA and Martínez JA (2011). Antioxidant properties of phenolic compounds occurring in edible mushrooms. *Food Chemistry*, 128 (3): 674-678. [10.1016/j.foodchem.2011.03.085](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.085).
- Panagopoulou EA, Chiou A, Nikolidaki EK, Christea M and Karathanos VT (2019). Corinthian raisins (*Vitis vinifera* L., var. Apyrena) antioxidant and sugar content as affected by the drying process: a 3-year study. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99 (2): 915-922.
- Piskov S, Timchenko L, Grimm WD, Rzhepakovsky I, Avanesyan S, Sizonenko M and Kurchenko V (2020). Effects of various drying methods on some physico-chemical properties and the antioxidant profile and ACE inhibition activity of Oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus*). *Foods*, 9: 160-169 [doi:10.3390/foods9020160](https://doi.org/10.3390/foods9020160).
- Satimehin AA, Oluwamukomi MO, Enujiugha VN and Bello M (2018). *Drying characteristics and mathematical modelling of the drying kinetics of oyster mushroom (Pleurotus ostreatus)*. *IDS'2018 – 21st International Drying Symposium València, Spain, 11-14*. <http://dx.doi.org/10.4995/ids2018.2018.7847>.
- Shishir MRI, Karim N, Bao T, Gowd V, Ding T, Sun C and Chen W (2019). Cold plasma pretreatment – A novel approach to improve the hot air drying characteristics, kinetic parameters, and nutritional attributes of shiitake mushroom. *Drying Technology*, 37 (1): 1-18. <https://doi.org/10.1080/07373937.2019.1683860>.
- Taşova M (2019). Effect on the effective diffusion and activation energy values of pea (*Pisum sativum* L.) grains of drying temperature. *International Scientific and Vocational Studies Journal*, 3 (1): 8-13.
- Vallespir F, Crescenzo L, Rodriquez O, Marra F and 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: 839–851. <https://doi.org/10.1007/s11947-019-02263-5>.
- Viji P, Sai KSS, Debbarma J, Das PHD, Rao BM and Ravishankar CN (2019). Evaluation of physicochemical characteristics of microwave vacuum dried mackerel and inhibition of oxidation by essential oils. *Journal of Food Science and Technology*, 56 (4): 1890-1898.
- Wang CY and Singh RP (1978). A single layer drying equation for rough rice. ASAE Paper No: 78-3001, *ASAE, St. Joseph, MI*.
- Wang J, Law CL, Nema PK, Zhao JH, Liu ZL, Deng LZ, Gao ZJ and Xiao HW (2018). Pulsed vacuum drying enhances drying kinetics and quality of lemon slices. *Journal of Food Engineering*, 224: 129-138.
- Xiao HW, Bai JW, Xie L, Sun DW and Gao ZJ (2015). Thin-layer air impingement drying enhances drying rate of American ginseng (*Panax quinquefolium* L.) slices with quality attributes considered. *Food Bioprocess Processing*, 94: 581-591.
- Yağcıoğlu A (1999). Tarım Ürünleri Kurutma Tekniği. *Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ofset Atölyesi*, Yayın No: 536, İzmir.
- Yılmaz FM and Bastıoğlu AZ (2020). Production of phenolic enriched mushroom powder as affected by impregnation method and air drying temperature. *LWT-Food Science and Technology*, 12 (1): 102-111.