

Sıcaklık Kontrollü Bir Mikrodalga Kurutucunun Geliştirilmesi ve Mantar Kurutma İşleminin Enerji ve Kalite Değerlerine Etkisi


Development of a Temperature Controlled Microwave Dryer and Effect of Mushroom Drying on Energy and Quality Values


Samet Kaya DURSUN¹, Burcu AKSÜT², Hakan POLATCI³, Muhammed TAŞOVA^{4*}


Öz


Mantar içerdiği %90 seviyelerindeki yüksek nemden dolayı hasat sonrası çabuk bozulabilen bir üründür. Meydana gelebilecek kimyasal, mikrobiyolojik ve enzimatik bozulmaları önlemek için ürün içerisindeki fazla nemin kurutularak uzaklaştırılması önemlidir. Kurutma işlemi üründeki fazla nemi ürünün kalite özelliklerini (fiziko-kimyasal, fitokimyasal vb.) kaybetmeden depo edilebilir bir nem değerine (%10-13) kadar düşürülmesi işlemidir. Bu çalışmada; geliştirilen sıcaklık kontrollü bir mikrodalga kurutucu kullanılarak $50 \pm 1,5^\circ\text{C}$, $60 \pm 2^\circ\text{C}$ ve $70 \pm 2,5^\circ\text{C}$ sıcaklık değerlerinde kültür mantarı (şapkalı) kurutulmuştur. Kurutma işlemleri örneklerinin nem içeriği 92.85 ± 0.29 'den %10 nem seviyesine düşene kadar devam etmiştir. Çalışma kapsamında sıcaklık kontrollü mikrodalga yönteminin mantarın kuruma süresi, kuruma oranı, matematiksel modelleme, rehidrasyon kapasitesi, rehidrasyon oranı, renk, sertlik ve efektif difüzyon-aktivasyon enerji değerlerine olan etkisi araştırılmıştır. Bulgulara göre en kısa kuruma süresi 40 dakika ile 70°C kurutma sıcaklığında belirlenirken en uzun kuruma süresi ise 210 dakika ile 50°C kurutma sıcaklığında yapılan kurutma işlemlerinde belirlenmiştir. Taze mantarın renk değerlerini istatistiksel açıdan en iyi 50°C sıcaklıkta muhafaza ettiği tespit edilmiştir. En yüksek rehidrasyon kapasitesi 50°C rehidre su banyosunda ve 70°C sıcaklıkta kurutulan örneklerde belirlenmiştir. Sertlik özellikleri açısından incelendiğinde 70°C sıcaklığın istatistiksel açıdan ($P < 0.05$) daha uygun olduğu bulunmuştur. Rehidrasyon oranı ve kapasite değerleri açısından 60°C sıcaklığın istatistiksel ($P < 0.05$) olarak daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Kurutulan mantarların efektif difüzyon değerleri $1.42-6.39 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ arasında değişmiştir. Kurutulan mantar örneklerinin aktivasyon enerji değeri ise $69.47 \text{ kJ mol}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. İnce tabaka kuruma modelleri arasında kuruma verilerini en iyi Midilli-Küçük modeli ($R^2: 0.9991$) tahmin etmiştir. Bu şartlar altında elde edilen bulgulara göre kültür mantarının optimum veriler açısından 70°C sıcaklıkta kurutulması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Mantar kurutma, Rehidrasyon sıcaklığı, Kurutma işlemi, Fiziko-kimyasal özellikler, Matematiksel modelleme, Efektif Difüzyon-aktivasyon enerjisi.

¹Samet Kaya Dursun, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, 60250, Tokat. E-mail: kayadrn44@gmail.com  OrcID: [0000-0002-8230-3560](https://orcid.org/0000-0002-8230-3560).

²Burcu Aksüt, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, 60250, Tokat. E-mail: burcu.aksutt@gmail.com  OrcID: [0000-0002-2732-5388](https://orcid.org/0000-0002-2732-5388).

³Hakan Polatçı, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, 60250, Tokat. E-mail: hakan.polatci@gop.edu.tr  OrcID: [0000-0002-2071-2086](https://orcid.org/0000-0002-2071-2086).

^{4*}**Sorumlu Yazar/Corresponding Author** Muhammed Taşova, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, 60250, Tokat. E-mail: muhammed.tasova@gop.edu.tr  OrcID: [0000-0001-5025-0807](https://orcid.org/0000-0001-5025-0807).

Atıf/Citation: Dursun, S.K., Aksüt, B., Polatçı, H., Taşova, M. Sıcaklık kontrollü bir mikrodalga kurutucunun geliştirilmesi ve mantar kurutma işleminin enerji ve kalite değerlerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(3): 561-573.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2023.

Abstract

Mushroom is a perishable product from harvest due to the high humidity of 90%. When planning to occur, it is important to remove excess moisture from the microbiological evaluation of physical and enzymatic degradation. The drying process takes as long as a storable moisture treatment (10-13%) without losing the excess moisture in the product to determine the quality (physico-chemical, phytochemical, etc.). In this study; A temperature at the modeling temperature is 60 ± 1.5 °C and 70 ± 2.5 °C. Drying samples will continue from 92.85% to 10% humidity of the sample. Research that has drying rate, drying rate, rehydration capacity, rehydration rate, color, effect and effective di-activation energy values is used. According to the demonstration, the shortest drying time is estimated at 40 to °C, while the shortest drying time refers to long runs between 210 minutes and 50 °C. The color nominal collection of fresh mushroom is best preserved when stored at 50 °C. The highest rehydration capacity is seen in the season passing from -70 °C in 50 °C rehydrated water. The hardness model is suitable for use at 70 °C ($P < 0.05$). Rehydration rate and capacity properties were found to be better at 60 °C ($P < 0.05$). Effective heights of dried mushrooms are $1.42-6.39 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ variety. The activation energy value of the dried mushroom sample was calculated as $69.47 \text{ kJ mol}^{-1}$. Among the thin layer drying models, the drying method was the best, I could choose the Pony-Little model ($R^2: 0.9991$). The estimation for this case is that the cultivar is optimally targeted to mature at 70 °C.

Keywords: Mushroom drying, Rehydration temperature, Drying process, Physico-chemical properties, Mathematical modeling, Effective diffusion-activation energy

1. Giriş

Mantarlar, beslenme ve hastalık kontrolündeki önemli besin maddelerinden dolayı son yıllarda giderek artan popüler gıda ürünleri arasında yer almaktadır (Chang ve Miles, 1989; Tolera ve Abera, 2017). Protein, karbonhidrat, lif, mineral ve B vitamini açısından oldukça zengin olması başta kolesterol olmak üzere birçok sağlık sorunlarının ortaya çıkmasını engellemektedir. Dünya da mantar üretimi en çok yapılan ülke Çin'dir. Türkiye de ise mantar üretimi her yıl artış göstermektedir. Türkiye'de son beş yılda mantar üretimi yaklaşık 15.183 ton artış göstermiş ve 2020 yılında bu değer 55.455 ton mantar olarak kayıt edilmiştir (TÜİK, 2021). Üretim miktarı ve bünyesindeki yüksek su içeriğinden dolayı hasat sonrası muhafazası da oldukça önemlidir. Mevcut yüksek nem içeriği mantarda hızlıca mikrobiyal gelişmeyi artırmaktadır. Bu nedenle uygun bir muhafaza yönteminin belirlenmesi gerekmektedir.

Hasat sonra soğuk muhafaza koşulları olsa bile çeşitli morfolojik ve fizyolojik değişiklikler meydana gelebilmektedir. Ayrıca soğukta muhafaza yönteminde ilk yatırım ve enerji tüketim masraflarının yüksek olması ekonomikliğini zorlaştırmaktadır. Bu sebeple mantarın muhafaza işlemlerinde hem ürünün daha uzun süre depolanabilmesi hem de enerji tüketimi ve ilk yatırım masraflarının daha az olduğu yöntemleri seçmek önemlidir (Omari ve ark., 2018). Gelişmekte olan ülkeler arasında uygun muhafaza yöntemlerinin bilinmemesi ve/veya uygun alt yapının olmamasından kaynaklı hasat edilen taze ürünlerin yaklaşık %30-40 oranı çöpe gitmektedir. (Lewicki ve Lenart, 2006; Bonazzi ve Dumoulin, 2011). Muhafaza işlemleri arasında en yaygın olarak tercih edilen yöntem kurutmadır. Bu işlem biyolojik materyaldeki mevcut nemin belirli bir nem seviyesine kadar düşürülmesidir. Kurutma işlemlerinde birçok enerji kaynağı türü kullanılarak geliştirilen kurutucular mevcuttur. Bu amaçla literatürde yaklaşık 500 çeşit kurutucunun olduğu bildirilmesine rağmen bunlardan ortalama 100 tanesi yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Mujumdar, 2000; Şevik, 2013). Bu yöntemler arasında açıkta, mikrodalga, vakum, normal sıcak hava ve kızılötesi kurutma işlemleri ile bunların kombinasyonlarından oluşan hibrit kurutma teknikleridir. Açıkta kurutma yöntemi pratiklik ve masraf açısından uygun bir yöntemdir. Fakat kurutulan tarımsal materyalin son kalite özellikleri ve üniform olmayan sıcaklık dağılımından dolayı kurutma işlemi uzun sürmektedir. Bununla birlikte açıkta kurutulduğundan dolayı biyolojik materyal çevresel etmenlerden olumsuz etkilenmektedir. Sıcak havayla kurutma işlemi ise mikrodalga yöntemine göre kuruma süresi daha uzun ve kalite özellikleri de daha düşük son ürünler elde edilmektedir. Mikrodalga kurutma işleminde elektromanyetik enerji direkt ürün içerisindeki su moleküllerini titreştirerek ısının daha üniform ve daha yüksek olmasını sağlamaktadır. Bu durum kurutma işleminin daha kısa sürmesine, kalite özelliklerinin daha yüksek olmasına ve enerji tüketiminin ise daha düşük olarak sonuçlanmasını sağlamaktadır (Omari ve ark., 2018). Fakat mikrodalga kurutma yönteminde güç parametresinin ürün üzerinde oluşturduğu sıcaklık değeri bilinmemektedir. Kurutma sıcaklığı ise ürünlerin kalite ve kuruma kinetiği üzerindeki en önemli etmenlerden biridir. Bu kapsamda yapılan çalışmada bir mikrodalga fırın üzerine temassız kızılötesi sıcaklık sensörü yerleştirilerek ürün yüzeyindeki sıcaklık değeri kontrol edilmiştir.

Literatürde mantar kurutma işlemiyle ilgili çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Mantar kurutulduğunda hemen hemen tüm lezzetini ve diğer özelliklerini koruyabilmektedir (Çelen ve ark., 2010). Das ve Arora (2018), mantar kurutma için mikrodalga destekli bir sıcak hava kurutucu geliştirmişlerdir. Çalışmada mantarın kuruma süresini 72 dakika olarak tespit etmişlerdir. Taşova ve Güzel (2020), 50, 60 ve 70 °C sıcaklarda kültür mantarı kurutma işlemi yapmışlardır. En uzun kuruma süresini 50 °C ile 9 saatte olduğunu bulmuşlardır. Hanmammadli (2020), 4 farklı mantar çeşidini (istiridye, kültür, kestane ve shiitake) 3 farklı mikrodalga gücünde (100, 200 ve 300 W) kurutmuştur. Çalışmada en kısa kuruma süresi 27 dakika ile kestane mantarında 300 W mikrodalgada belirlemiştir. Ancak daha önce yapılan mikrodalga kurutma çalışmalarında mantar yüzeyinde oluşan sıcaklığın kontrol edildiği bir kurutma çalışmasına rastlanılmamıştır.

Bu çalışmada geliştirilen sıcaklık kontrollü bir mikrodalga kurutucuda kültür mantarı kurutulmuştur. Farklı sıcaklık değerlerinin; kuruma süresi, kuruma oranı, modelleme, rehidrasyon, rehidrasyon oranı, rehidrasyon kapasitesi, renk, sertlik ve efektif difüzyon-aktivasyon enerji değerlerine etkisi araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Kurutma materyali

Çalışma materyali olarak mantar sebzesi kullanılmıştır. Ürün temini Tokat ilindeki bir marketten satın alınarak yapılmıştır. Nem tayini ve kurutma işlemleri için Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği

Bölümü kurutma laboratuvarına getirilmiştir. İşlemler bitinceye kadar ürünler $+4\pm 0.5$ °C sıcaklıkta muhafaza edilmiştir.

2.2. Nem tayini işlemi

Kurutma işlemi öncesinde taze mantarın yaş baza göre ilk nem içeriğinin belirlenmesi için ortalama 40 ± 0.15 g örnek kullanılmıştır. Nem tayini işlemi sabit 70 °C sıcaklıktaki bir etüvde ağırlık değişimi sabitlenene kadar kurutulmuştur (Yağcıoğlu, 1999). Yaş baza göre nem içeriği eşitlik (1) ve (2) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$N_y = \frac{W_i - W_s}{W_i} \times 100 \quad (\text{Eş.1})$$

$$N_k = \frac{W_i - W_s}{W_s} \times 100 \quad (\text{Eş.2})$$

Burada; N_y : Yaş baza göre nem (%), N_k : Kuru baza göre nem (%), W_i : Yaş örneğin ağırlığı (g), W_s : Kuru örneğin ağırlığı (g).

2.3. Kurutma işlemi

Çalışmada ürünlerin kurutulması için geliştirilen sıcaklık kontrollü bir mikrodalga fırın kullanılmıştır (*Şekil 1*). Bu kurutucuda mikrodalga enerjileri fırın içerisine dağılarak kurutulan ürün tarafından absorbe edilip ayarlanan (istenilen) sıcaklık değerine kadar fırın çalıştır-kapa (kesikli) yöntemle çalışmaktadır. Mikrodalga kurutucuların düşük enerji tüketimi, kısa kuruma süresi ve yüksek kaliteli kuru ürün elde etme avantajlarından faydalanarak ürün yüzeyinde oluşan kurutma sıcaklığı da kontrol edilmektedir. Fırın içerisindeki cam tepsi üzerine yerleştirilen mantarın yüzey sıcaklığını ölçmek için mikrodalga üzerindeki temassız kızılötesi sıcaklık sensörü kullanılmıştır (*Şekil 1-1*). Ürün yüzeyinden ölçülen sıcaklık değeri önceden kontrol paneline önceden girilen kurutma sıcaklığına göre kontrol edilmiştir (*Şekil 1-2*). Kontrol paneli, ürünün yüzey sıcaklığı girilen kurutma sıcaklığına ulaştığında mikrodalga fırını otomatik olarak durdurmaktadır. Ürün sıcaklığı girilen kurutma sıcaklığının altına düştüğünde ise mikrodalga fırını otomatik olarak çalıştırmaktadır (*Şekil 1-3*). Çalışmada, mikrodalga fırının dinlenme süresi ise 15 saniye olarak belirlenmiştir (Polatçı ve Taşova, 2017).



Şekil 1. Sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucu

Figure 1. Temperature-controlled microwave dryer

2.4. Kurutma yöntemi

Kurutma işlemine başlamadan önce mantar yığınının temiz ve kararmamış örnekler seçilmiştir. Daha sonra mantarın sap kısımları ayrılmıştır. Kurutma işlemi için ortalama 35-40 g kadar ürün kullanılmıştır. Kurutma işlemleri geliştirilen sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucuda 50, 60 ve 70 °C sıcaklıklarda paralel olarak yürütülmüştür. Kuruma işlemlerinde örneklerin son nem değeri yaş baza göre %10-14 seviyelerine kadar kurutulmuştur. Kurutulan örneklerin ağırlık değişimi ANDGF300 model hassas terazi (0.01 g) ile takip edilmiştir.

2.5. Renk ölçümü

Renk, gıdaların ve tarımsal ürünlerin en önemli kalite değerlerini ortaya koyan bir kriterdir. Ürünlerde meydana gelen enzimatik ve enzimatik olmayan reaksiyonlardan kaynaklı olumsuz renk değişimleri, market değerini önemli

seviyede etkilemektedir (Krokida ve ark., 2000; Adiletta ve ark., 2014; Polatçı ve ark., 2020). Taze ve kurutulmuş mantar örneklerinin L, a ve b değerleri Minolta marka CR300 model renk ölçer ile ölçülmüştür. Bu değerler kullanılarak kroma, hue, kahverengileşme indeksi ve toplam renk değişim değerleri hesaplanmıştır. "L" meyvenin parlaklık değerini ifade ederken 0-100 arasında değerler almaktadır. "a" kırmızı-yeşil ve "b" ise sarı-mavi renkleri temsil etmektedir. Bu değerler (+) işaretli olursa "a" kırmızıyı "b" sarı renkte olduğunu (-) işaretli değerler alırsa "a" yeşil ve "b" mavi renkte olduğunu göstermektedir (McGuire, 1992).

Kroma değeri, rengin doygunluğunu göstermektedir. Canlı renklerde yüksek değerler hesaplanırken solgun renklerde düşük değerler hesaplanmaktadır. Kroma değeri eşitlik (3) numaralı kullanılarak hesaplanmıştır.

Hue değeri, ölçülen kırmızılık ve sarılık değerleri kullanılarak hesaplanan bir renk radyantını ifade etmektedir. Hue değeri eşitlik (4) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$C = (a^2 + b^2)^{1/2} \quad (\text{Eş.3})$$

$$h^\circ = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (\text{Eş.4})$$

Toplam renk değişim değeri (ΔE) taze mantarın renk değerlerini kurutma işlemleriyle ne kadar değiştiğini belirlemektir. Toplam renk değişim değerini eşitlik (5, 6, 7 ve 8) kullanılarak hesaplanmıştır (Çelen ve ark., 2015).

$$\Delta L = L_{taze} - L^2 \quad (\text{Eş.5})$$

$$\Delta a = a_{taze} - a \quad (\text{Eş.6})$$

$$\Delta b = b_{taze} - b \quad (\text{Eş.7})$$

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (\text{Eş.8})$$

Kahverengileşme indeks değeri (BI) mantarın kurutma işlemi sonunda gerçekleşen kahverengilik değerini belirtmektedir. Kahverengileşme indeksi eşitlik (9) numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Plou ve ark., 1999).

$$X = \frac{a+(1,75 \times L)}{[(5,645 \times L)+(a-(3,012 \times b))]} \quad (\text{Eş.9})$$

$$BI = \frac{[100(x-0,31)]}{0,17} \quad (\text{Eş.10})$$

2.6. Rehidrasyon değerleri

Kurutulan mantarların tekrar su alma miktarlarının yüksek olması istenir. Bu durum kuru ürünün kullanıldığı gıda ortamına aromasını ve tadını bırakması için arzu edilir. Kurutulan gıdaların rehidrasyon kinetiğinin araştırıldığı çalışmalarda rehidre için kullanılan suyun sıcaklığı da rehidrasyon parametrelerini (rehidrasyon hızı, oranı, kapasitesi) önemli seviyede etkilediği belirtilmektedir. Çalışma kapsamında farklı sıcaklarda kurutulan mantar örnekleri su banyosu cihazında (Şimşek Labortechnik marka-Türkiye SBD309 model) 50, 60 ve 70 °C sıcaklıklarda bekletilmiştir. Rehidrasyon su sıcaklıklarının kurutulan mantarın rehidrasyon oranı ve kapasite parametrelerine etkisi araştırılmıştır. Kurutulan mantar örneklerinin rehidrasyon oranı (RO) eşitlik (11) kullanılarak hesaplanmıştır (Ertekin ve Yıldız, 2004). Kurutulan mantarların rehidrasyon kapasiteleri (RK) ise eşitlik (12) kullanılarak hesaplanmıştır (Chen ve ark., 2017).

$$RO = \frac{M_2}{M_1} \quad (\text{Eş.11})$$

$$RK = \frac{(M_2 - M_1)}{M_1} \times 100 \quad (\text{Eş.12})$$

Burada; M_2 herhangi bir t süresi anındaki nemli ürünün ağırlığını, M_1 ise kuru ürünün ilk ağırlığını temsil etmektedir. M_2 nemlendirilmiş ürünün ağırlığını, M_1 ise kuru ürünün ilk ağırlığını belirtmektedir.

2.7. Efektif difüzyon ve aktivasyon enerji değerlerinin belirlenmesi

Kurutma işlemlerinde ürünlerden nemin uzaklaşması Fick yasasının ikinci kanunu ile açıklanmaktadır. Bu kanun süreye bağlı olarak uzaklaşan nemin birim zamanda yayılan alan miktarını belirtmektedir. Efektif difüzyon değeri hesaplanırken ürün doku yapısının korunduğu ve nemin sadece difüzyon yolu ile ortamdaki uzaklaştığı

varsayımı kabul edilmektedir. Bu değer eşitlik (14) kullanılarak hesaplanmıştır (Crank, 1979; Türker ve İşleröglü, 2017).

$$MR = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} = \frac{8}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp \left[(2n+1)^2 \frac{\pi^2 D_{eff} t}{4 L^2} \right] \quad (\text{Eş.13})$$

$$\ln MR = \ln \frac{8}{\pi^2} - \frac{\pi^2 D_{eff} t}{4 L^2} \quad (\text{Eş.14})$$

Burada; Deff efektif difüzyon değerini ($m^2 s^{-1}$), L ürünün dilim kalınlığının (m) yarısını ifade etmektedir. t ise ürünün kuruma süresini göstermektedir.

Aktivasyon enerjisi ürünün efektif difüzyon değerinin sıcaklığa bağlı değişimi Arrhenius eşitliğinde kullanılarak hesaplanmıştır (Karel ve Saguy, 1991). Bu fonksiyon eşitlik (15) te verilmiştir.

$$D_{eff} = D_0 \exp \left(- \frac{E_a}{RT} \right) \quad (\text{Eş.15})$$

Burada; D₀ değeri difüzyon katsayısını ($m^2 s^{-1}$), R değeri gaz sabitini ($8.3143 \text{ kJ mol}^{-1}$), E_a aktivasyon enerji değerini (kJ mol^{-1}) ve T (Kelvin^o) ise kurutma havası sıcaklığını ifade etmektedir.

2.8. Kuruma modeli

Kurutulan mantar örneklerinin süreye bağlı olarak ayrılan nem oranı değeri eşitlik (16) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$ANO = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} \quad (\text{Eş.16})$$

ANO: Ayrılabilir nem oranı

M: Kurutulan materyalin anlık nem içeriği ($\text{g nem g kurumadde}^{-1}$)

Me: Kurutulan materyalin verilen durumdaki denge nemi ($\text{g nem g kurumadde}^{-1}$)

M₀: Kurutulan materyalin ilk nem içeriği ($\text{g nem g kurumadde}^{-1}$)

Kuruma eğrilerini oluşturmak için literatürde yaygın olarak kullanılan Lewis, Yağcıoğlu, Wang-Sing ve Midilli-Küçük ince tabakalı matematiksel modeller seçilmiştir. Modellere ait eşitlikler *Tablo 1*'de verilmiştir.

Tablo 1. Kurutma model eşitlikleri

Table 1. Drying model equations

Model ismi	Eşitlik	Kaynak	
Lewis	$ANO = \exp(-k.t)$	Lewis(1921)	(Eş.17)
Yağcıoğlu	$ANO = k. \exp(-h.t) + j$	Yağcıoğlu(1999)	(Eş.18)
Wang-Sing	$ANO = 1 + k.t + h.t^2$	Wang ve Singh (1978)	(Eş.19)
Midilli-Küçük	$ANO = h. \exp(-j.t^k) + (m.t)$	Midilli ve ark. (2002)	(Eş.20)

2.9. Kuruma hızı

Mantar örneklerinin kuruma hız değerlerine sıcaklıkların etkisi belirlenmiştir. Kuruma hız değerlerinin hesaplamak için eşitlik (21) kullanılmıştır.

$$KH = (M_t - M_{t+dt}) / dt \quad (\text{Eş.21})$$

Burada: M_t; t anındaki nem içeriği ($\text{g su g kuru madde}^{-1}$), dt; dakika, KH; kuruma hızı ($\text{g su g kuru madde}^{-1}.\text{dakika}$).

2.10. İstatistiksel analiz

Kurutulmuş örnekler ile taze örnekler arasındaki istatistiksel farkı ($P < 0.05$) belirlemek için SPSS23 programında çoklu karşılaştırma testi (Duncan) yapılmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Kuruma verileri

Mantar örnekleri, geliştirilen sıcaklık kontrollü bir mikrodalga kurutucu ile belirli bir nem seviyesine kadar kurutulmuştur. Mantar örneklerinin yaş baza göre ilk nem içeriği 92.85 ± 0.29 olarak belirlenmiştir. Taşova ve Güzel (2020), çalışmalarında 92.90 nem içeriğine sahip mantar örneklerini etüvde 50 , 60 ve 70 °C sıcaklıklarda kuruttukları ürünlerin kuruma süresini sırayla 9 , 7.5 ve 4.5 saat olarak bulmuşlardır. Han, (2019) infrared kurutma tekniği ile kültür mantarının kurutulması üzerine yaptığı çalışmada taze mantarların ilk nem içeriğini 93 olarak bulmuştur. Bu çalışmada, literatürdeki kaynakla benzer sonuç elde edilmiştir. Tolera ve Abera (2017), çalışmalarında ozmotik ön işlem ve farklı kurutma yöntemlerinin mantarın besin kalitesi üzerine etkisini incelemişlerdir. Deneme materyali olan mantarın nem içeriğini 88.75 ± 0.02 olarak bulmuşlardır. Bu farklılığın sebebinin mantar çeşidinin farklı olmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Kurutma işlemlerinde bu değer güvenli depolanabilir $10-14$ nem seviyesine kadar düşürülmüştür. Çalışmada en uzun kuruma süresi 210 dakika ile 50 °C kurutma sıcaklığında tespit edilmiştir. En kısa kuruma süresi ise 40 dakika ile 70 °C kurutma sıcaklığında belirlenmiştir. Kurutma sıcaklığının 50 °C'den 70 °C'ye çıkarılması halinde kuruma süresinin 70.83 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Şahin ve ark. (2012), 65 °C ve 75 °C kurutma sıcaklıklarında domates örneklerini kurutmuşlardır. Kurutma sıcaklığının artmasıyla kuruma süresinin ortalama 10 civarında azaldığını tespit etmişlerdir. Aktaş ve ark. (2013) kurutma sıcaklığının artması kurutulmuş meyvenin kuruma performansını (kuruma oranı, kuruma süresi vb.) olumlu etkilediğini tespit etmişlerdir.

3.2. Renk değerleri

Taze ve kurutulmuş mantar örneklerinin ölçülen ve hesaplanarak belirlenen renk değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Mantar örneklerine ait ölçülen ve hesaplanan renk değerleri

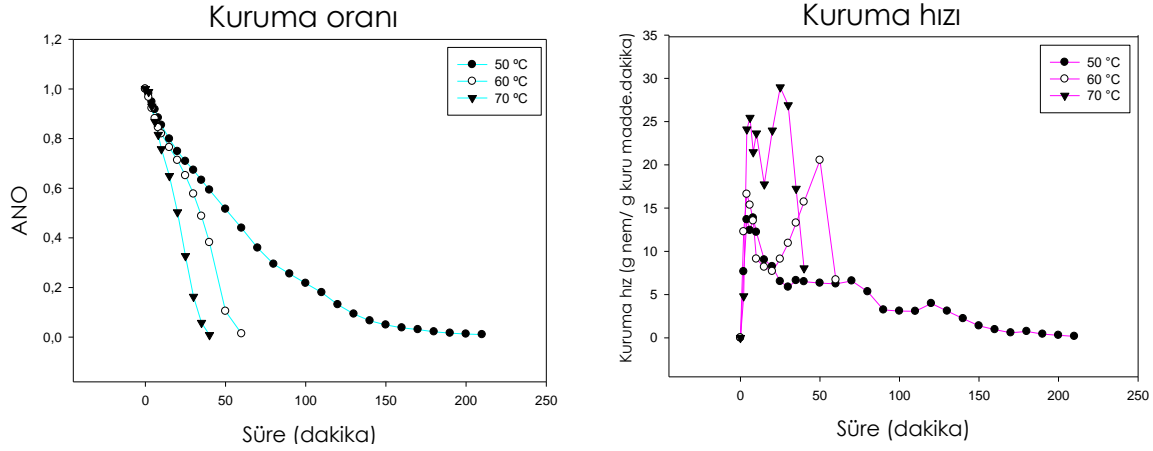
Table 2. Measured and calculated color values of mushroom samples

	L	a	b	C	Hue	ΔE	BI
Taze	88.08 ± 3.13^a	3.23 ± 0.29^c	9.71 ± 1.96^c	10.25 ± 1.91^c	71.13 ± 2.90^a	-	-
50°C	43.71 ± 2.09^c	10.79 ± 0.94^{ab}	22.22 ± 1.97^b	24.70 ± 2.22^b	64.08 ± 1.19^d	29.79 ± 3.27^c	87.03 ± 8.92^a
60°C	52.89 ± 3.42^b	11.23 ± 0.98^a	25.78 ± 1.45^a	28.13 ± 1.71^a	66.48 ± 0.94^c	36.24 ± 2.13^b	81.37 ± 9.20^b
70°C	52.33 ± 4.64^b	10.40 ± 0.82^b	26.82 ± 1.60^a	28.79 ± 1.35^a	68.72 ± 2.36^b	35.77 ± 3.13^b	84.85 ± 7.20^{ab}

Tablo 2'ye göre kurutulmuş örneklerin L, a ve b değerleri $\%5$ önem seviyesinde taze örneklere göre istatistiksel açıdan bir fark bulunmuştur. L değerleri incelendiğinde 60 ve 70 °C sıcaklıklarda ölçülen parlaklık değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli düzeyde ($p < 0.05$) bir fark olmamıştır. Kurutma sıcaklıklarının taze durumdaki mantara göre parlaklık değerlerini koruyamadığı tespit edilmiştir. Doğan ve ark. (2014), yaptıkları çalışmada istiridye mantarını farklı sıcaklıklarda ve belirli süre kurutmuşlardır. Kurutma işlemi sonucunda L değerleri 50 , 60 ve 70 °C sıcaklıklar için ortalama $70-75$ arası değiştiğini belirtmişlerdir. Sarı/mavi renk değerleri incelendiğinde yine 60 ve 70 °C sıcaklıklarda ölçülen b değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli düzeyde ($P < 0.05$) bir fark olmamıştır. Hanmammadli (2020), farklı mantar çeşitlerini kuruttuğu tez çalışmasında kültür mantarı örneklerinin b renk değerlerinin $13.80-22.25$ arasında değiştiğini tespit etmiştir. Taze ürünün kroma (renk doygunluğu) değeri 10.25 ± 1.91 olarak bulunmuştur. En düşük kroma değeri 50 °C'de 24.70 ± 2.22 bulunurken en yüksek değer ise 70 °C ile 28.79 ± 1.35 olarak belirlenmiştir. 60 ve 70 °C sıcaklıklar için hesaplanan kroma değerleri arasında istatistiksel açıdan ($P < 0.05$) bir fark yoktur. Kurutma sıcaklıklarının mantar örneklerinin kroma değerlerini artırdığı belirlenmiştir. Taze ürünlerin hue açısı 71.13 ± 2.90 olarak hesaplanmıştır. Yapılan çalışmada en düşük hue açısı 50 °C'de 64.08 ± 1.19 olarak tespit edilirken en yüksek hue açısı ise 70 °C sıcaklıkta 68.72 ± 2.36 olarak bulunmuştur. Kurutma sıcaklıklarının mantar örneklerinin hue değerlerini artırdığı tespit edilmiştir. Kurutma sıcaklıklarının taze mantarın toplam renk değişimi üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli düzeyde olduğu bulunmuştur. En fazla renk değişimi 60 °C sıcaklıkta 36.24 ± 2.13 olarak belirlenirken en az ise 50 °C sıcaklıkta 29.79 ± 3.27 olarak belirlenmiştir. En düşük BI (kahverengileşme indeksi) değeri 60 °C sıcaklıkta 81.37 ± 9.20 olarak hesaplanırken en yüksek ise 87.03 ± 8.92 hesaplanmıştır. Taze mantarın renk değerlerine istatistiksel açıdan en yakın 50 °C sıcaklıkta kurutulmuş örneklerde tespit edilmiştir.

3.3. Kurutma parametrelerine ait değerler

Kurutulan mantar örneklerine ait mantarın kuruma hızı ve kuruma oranları Şekil 2' de verilmiştir.



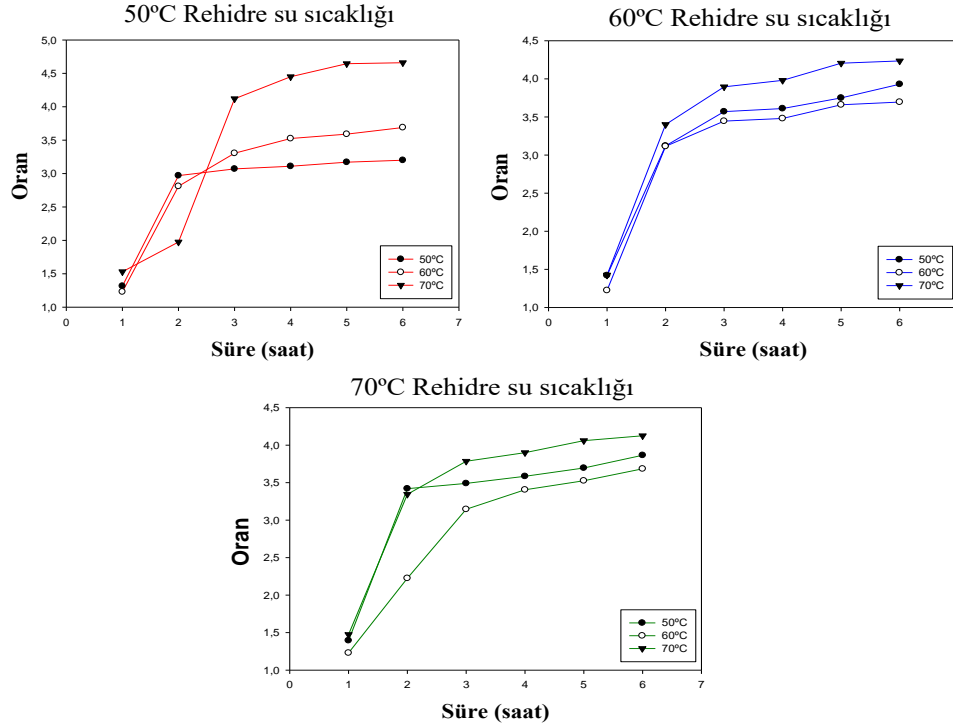
Şekil 2. Mantar örneklerine ait kuruma kinetiği ve kuruma hız eğrileri

Figure 2. Drying kinetics and drying rate curves of mushroom samples

Şekil 2'ye göre kurutma sıcaklıklarının kuruma hız değerlerine istatistiksel açıdan etkisinin önemli düzeyde olduğu görülmüştür. 50 °C' de yapılan kurutma işleminin kuruma hız değerleri 0.0028-0.2568 g nem.g kuru madde⁻¹.dakika arasında değiştiği tespit edilmiştir. 60 ve 70 °C' lerde ise bu değer sırasıyla 0.1097-0.3356 ve 0.0891-0.5031 g nem.g kuru madde⁻¹.dakika arasında değiştiği belirlenmiştir.

3.4. Rehidrasyon verileri

Kurutulan mantar örneklerine ait rehidrasyon ağırlık değişim değerleri Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Farklı su banyosu sıcaklıklarındaki rehidrasyon eğrileri

Figure 3. Rehydration curves at different water bath temperatures

Çalışmada kurutma ve rehidre su sıcaklık değerlerinin mantar örneklerinin rehidrasyon ağırlık değişimlerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. 50 °C rehidre su sıcaklığında kuru mantarların göstermiş olduğu rehidrasyon eğrileri incelendiğinde en yüksek rehidrasyon ağırlık değişimi 70 °C kurutma sıcaklığında belirlenmiştir. 60 ve 70 °C rehidre su sıcaklıklarında en yüksek rehidrasyon ağırlık değişimi yine 70 °C sıcaklıkta tespit edilmiştir. Tüm rehidrasyon ağırlık değişimleri birlikte değerlendirildiğinde en yüksek su alma miktarı 50 °C rehidre su sıcaklığında ve 70 °C sıcaklıkta kurutulan örneklerde belirlenmiştir. Taşova ve Güzel (2020), yaptıkları çalışmada kültür mantarını 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 kurutmuşlardır. Kurutma sonrasında mantarlara uygulanan farklı rehidre su sıcaklıklarının rehidrasyon oranına etkisine bakılmıştır. Deneme sonucunda en yüksek rehidrasyon oranı 1.84 ile 70 °C sıcaklıkta yapılan su banyosunda ve 50 °C sıcaklıkta kurutulan mantar örneklerinde tespit edilmiştir. Hanmammadli (2020), mikrodalga kurutma yöntemi ile çeşitli mantarlara kurutma işlemi uygulamıştır. Sonuçlar incelendiğinde 100, 200 ve 300 W mikrodalga uygulamalarıyla kurutulan kültür mantarı örneklerinin rehidrasyon oranı değerleri sırasıyla 1.55, 0.79 ve 1.01 olarak bulunmuştur.

3.5. Rehidrasyon parametreleri ve sertlik değerleri

Kurutulan mantar örneklerine ait sertlik rehidrasyon oranı ve rehidrasyon kapasite değerleri *Tablo 3*'te verilmiştir.

Tablo 3. Mantar örneklerine ait sertlik, rehidrasyon oranı ve kapasitesi değerleri

Table 3. Hardness, rehydration rate and capacity values of mushroom samples

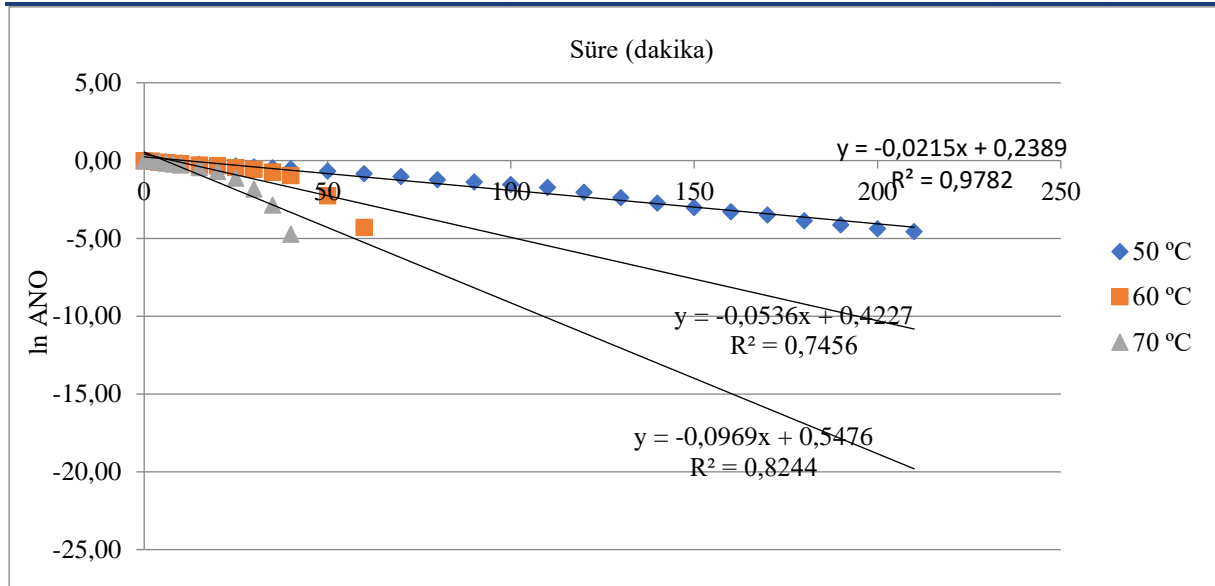
Kurutma sıcaklıkları	S	Rehidrasyon su sıcaklığı	RO	RK
Taze	51.83±3.97 ^c	-	-	-
50 °C	66.30±1.95 ^a	50 °C	2.45±0.09 ^b	59.10±1.49 ^b
		60 °C	3.00±0.15 ^a	66.63±1.66 ^a
		70 °C	3.05±0.09 ^a	67.13±0.97 ^a
60 °C	66.80 ±2.89 ^a	50 °C	2.78±0.06 ^{ab}	63.91±0.84 ^{ab}
		60 °C	3.02±0.29 ^a	66.72±3.19 ^a
		70 °C	2.95±0.35 ^a	65.88±4.08 ^a
70 °C	61.80±2.04 ^b	50 °C	2.77±0.05 ^{ab}	63.92±0.60 ^{ab}
		60 °C	3.02±0.20 ^a	66.78±2.25 ^a
		70 °C	2.80±0.23 ^{ab}	64.16±3.01 ^{ab}

^{ab}Farklı üst simgelere sahip bir satır içindeki değerler, P<0.05'te önemli ölçüde farklılık gösterir. S: Sertlik, RO: Rehidrasyon oranı, RK: Rehidrasyon kapasitesini göstermektedir.

Tablo 3'e göre kurutma sıcaklıklarının mantarın sertlik değerlerine etkisi istatistiksel açıdan (P<0.05) önemli düzeyde olduğu bulunmuştur. 50 ve 60 °C sıcaklıklarda kurutulan mantar örneklerinin sertlik değerleri taze ve diğer kurutma sıcaklığına göre istatistiksel açıdan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. 50 °C rehidre su sıcaklığında istatistiksel açıdan (P<0.05) en yüksek rehidrasyon oranları ve kapasitesi 60 ve 70 °C'lerde kurutulan örneklerde tespit edilmiş. 60 °C rehidre su sıcaklığında istatistiksel açıdan (P<0.05) en yüksek rehidrasyon oranı ve kapasitesi yine 60 ve 70 °C'lerde kurutulan örneklerde belirlenmiştir. 70 °C rehidre su sıcaklığında istatistiksel açıdan en yüksek rehidrasyon oranı ve kapasitesi ise 60 °C'de kurutulan örnekte bulunmuştur. Kurutulan mantar örnekleri sertlik özellikleri açısından kıyaslandığında 70 °C sıcaklıkta yapılan işlemin istatistiksel açıdan (P<0.05) daha uygun olduğu belirlenmiştir. Kurutulan mantar örnekleri rehidrasyon oranı ve kapasite özellikleri açısından değerlendirildiğinde 60 °C sıcaklıkta yapılan işlemin istatistiksel açıdan (P<0.05) daha iyi olduğu bulunmuştur.

3.6. Efektif difüzyon ve aktivasyon enerji değerleri

Kurutulan mantar örneklerine ait süreye bağlı ln ANO değerleri *Şekil 4*'te verilmiştir.



Şekil 4. *ln ANO* değerler

Figure 4. *ln ANO* values

Kurutma sıcaklıklarının efektif difüzyon ve aktivasyon enerji parametrelerine etkisi Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. *Efektif difüzyon ve aktivasyon enerji*

Table 4. *Effective diffusion and activation energy*

Kurutma sıcaklıkları	Efektif difüzyon ($m^2 s^{-1}$)	Aktivasyon enerji ($Kj mol^{-1}$)
50 °C	1.42×10^{-6}	
60 °C	3.53×10^{-6}	69.47
70 °C	6.39×10^{-6}	

Tablo 4'e göre kurutma sıcaklıklarının efektif difüzyon değerlerini önemli düzeyde etkilemiştir. Kurutulan mantarların efektif difüzyon değerleri $1.42-6.39 \times 10^{-6} m^2 s^{-1}$ arasında değişmiştir. Kurutma sıcaklıklarının artmasıyla efektif difüzyon değerleri artmıştır. Kurutulan mantar örneklerinin aktivasyon enerji değeri ise $69.47 kJ mol^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Doymaz ve Aktaş (2018), yaptıkları çalışmada sıcak hava kurutucusunda, 40, 50, 60 ve 70 °C sıcaklıklarda patlıcan kurutmuşlardır. Kurutma havası sıcaklığının artmasıyla birlikte kurutulmuş patlıcan dilimlerinin efektif difüzyon katsayısı değerlerinin arttığını belirtmişlerdir. Taşova ve Güzel (2020), üç farklı (50, 60 ve 70 °C) kurutma sıcaklığında kurutulan kuşburnu meyvesinin kurutma havası sıcaklığı ürünün efektif difüzyon değerini etkilediği ve sıcaklık değerinin artması ile efektif difüzyon değerinin arttığı ve en yüksek efektif difüzyon değerini ise 70 °C kurutma sıcaklığında belirlediklerini ifade etmişlerdir.

3.7. Modelleme Verileri

Kurutulan mantar örneklerine ait matematiksel modelleme değerleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5'e göre Lewis modeli kuruma verilerini en iyi 50 °C'de modellemiştir. Wang-Sing, Yağcıoğlu ve Midilli-Küçük modelleri kuruma verilerini yine en iyi 50 °C'de modellemiştir. Tüm kurutma modeller arasında kuruma verilerini en iyi Midilli-Küçük modeli ($R^2: 0.9991$) tahmin etmiştir. Çalışmada kullanılan matematiksel modellerin tümü istatistiksel açıdan güvenli ($P < 0.05$) olduğu bulunmuştur. Bu çalışmada mantar için en uygun kurutma modelinin belirlenmesi kurutma işleminin kontrolünün sağlanması açısından bir avantaj sağlayacağı düşünülmektedir.

Tablo 5. Modelleme eşitliklerine ait hesaplanan değerler*Table 5. Calculated values of modeling equations*

Model Eşitlikleri	Sıcaklık (°C)	R ²	p	k	h	j	m
Lewis	50 °C	0.9959	<0.0001	0.0153	-	-	-
	60 °C	0.9480	<0.0001	0.0241	-	-	-
	70 °C	0.9533	<0.0001	0.0425	-	-	-
Wang Sing	50 °C	0.9983	<0.0001	-0.0111	3.1453	-	-
	60 °C	0.9937	<0.0001	-0.0138	-5.1387	-	-
	70 °C	0.9956	<0.0001	-0.0248	-3.5182	-	-
Yağcıoğlu	50 °C	0.9990	<0.0001	1.1007	0.0124	-0.1006	-
	60 °C	0.9906	<0.0001	16.5601	0.0010	-15.5529	-
	70 °C	0.9968	<0.0001	8.6395	0.0033	-7.6039	-
Midilli- Küçük	50 °C	0.9991	<0.0001	1.1208	0.9802	0.0083	-0.0002
	60 °C	0.9913	<0.0001	0.0006	1.0131	0.0079	-0.0162
	70 °C	0.9982	<0.0001	1.5783	0.9947	0.0048	-0.0054

R²: Kararlılık katsayısı, p: Önemlilik seviyesi, k-h-j-m: Model katsayıları

4. Sonuç

Mantarın kuruma özelliklerinin incelendiği bu çalışma kapsamında kurutma sıcaklıklarının artmasıyla kuruma sürelerinin önemli düzeyde azalttığı tespit edilmiştir. Renk değerleri açısından en uygun 50 °C sıcaklıkta yapılan kurutma işlemi olmuştur. Kurutulan mantar örnekleri arasında en yüksek geri su alma miktarı 50 °C rehidre su sıcaklığı ortamında ve 70 °C sıcaklıkta kurutulan örneklerde belirlenmiştir. Kurutulan mantar örneklerinin sertlik değerleri artmıştır. Sertlik özelliği açısından 70 °C sıcaklıkta kurutma işleminin yapılması daha uygun olduğu bulunmuştur. Kurutulan mantar örnekleri rehidrasyon oranı ve kapasitesi özellikleri açısından değerlendirildiğinde 60 °C sıcaklıkta yapılan işlemin optimum olduğu görülmüştür. Kurutma sıcaklıklarının artmasıyla efektif difüzyon değerleri arttığı ve mantarın aktivasyon enerji değeri ise 69.47 kJ mol⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Belirlenen matematiksel modeller arasında kuruma verilerini en iyi Midilli-Küçük modelinin (R²: 0.9991) tahmin ettiği tespit edilmiştir.

Kaynakça

- Adiletta G., Iannone, G., Russo, P., Patimo, G., De Pasquale, S. and Di Matteo, M. (2014). Moisture migration by magnetic resonance imaging during eggplant drying: A preliminary study. *International Journal of Food Science and Technology*, 49: 2602-2609.
- Aktaş, T., Orak, H. H., Hastürk-Şahin, F. and Ekinci, N. (2013). Effects of different drying methods on drying kinetics and color parameters of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) fruit. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 10(2): 1-12.
- Bonazzi, C. and Dumoulin, E. (2011). Modern Drying Technology. In: Tsotsas E, Mujumdar AS (eds) Product Quality and Formulation, vol 3. Wiley-VCH, Weinheim, Germany.
- Çelen, İ. H., Çelen, S., Moralar, A., Buluş, H. N. and Önler, E. (2015). Mikrodalga bantlı kurutucuda patatesin kurutulabilirliğinin deneysel olarak incelenmesi. *Electronic Journal of Vocational Colleges- Special Issue: The Latest Trends in Engineering*, 5(4): 242- 287.
- Çelen, S., Kahveci, K., Akyol, U. and Haksever, A. (2010). Drying behavior of cultured mushrooms. *Journal of Food Processing and Preservation*, 34: 27–42.
- Chang, S. T. and Miles, P. G. (1989). Edible Mushrooms and Their Cultivation. 345 p. Florida: CRC Press, Inc.
- Chen, Q., Li, Z., Bi, J., Zhou, L., Yi, J. and Wu, X. (2017). Effect of hybrid drying methods on physicochemical, nutritional and antioxidant properties of dried black mulberry. *LWT*, 80: 178-184.
- Crank, J. (1979). The Mathematics of Diffusion. Oxford University Press, London.
- Das, I. and Arora, A. (2018). Alternate microwave and convective hot air application for rapid mushroom drying. *Journal of Food Engineering*, 223: 208-219.
- Doğan, N., Doğan, C. and Hayoğlu, İ. (2014). Farklı sıcaklık ve süre uygulamalarının *Pleurotus ostreatus* (istiridye mantarı)'un bazı özelliklerine etkisi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 18(4): 10-16.
- Doymaz, İ. and Aktaş, C. (2018). Patlıcan dilimlerinin kurutma ve rehidrasyon karakteristiklerinin belirlenmesi. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 33(3): 833-841.
- 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.
- Han, M. B. (2019). *Mantar kurutmada infrared kurutma tekniğinin kullanılması*. (Yüksek Lisans Tezi) Çanakkale Onsekiz Mark Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Çanakkale.
- Hanmammadlı, Ç. (2020). *Mikrodalga yöntemiyle bazı mantar çeşitlerinin kurutulmasında kurutma parametrelerinin belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi) Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- Karel, M. and Saguy, I. (1991). Effects of Water on Diffusion in Food systems, in: Water Relationships in Foods. Editor Harry Levine and Louise Slade. Publ. by Springer Science Business Media 157-173.
- Krokida, M. K., Kiranoudis, C. T., Maroulis, Z. B. and Marinos, K. D. (2000). Effect of pretreatment on color of dehydrated products. *Drying Technology*, 18(6): 1239– 1250.
- Lewicki, P. and Lenart, A. (2006). Osmotic Dehydration of Fruits and Vegetables. in Handbook of Industrial Drying. 3rd ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA.
- Lewis, W. K. (1921). The rate of drying of solid materials. *Industrial Engineering Chemistry*, 13: 427-443.
- McGuire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27: 1254-1255.
- Midilli, A., Kucuk, H. and Yapar, Z. (2002). A new model for single later drying. *Drying Technology*, 20(7): 1503-1513.
- Mujumdar, A. S. (2000). Drying Technology in Agriculture and Food Sciences. Science Publishers, Inc, USA.
- Omari, A., Behrooz-Khazaei, N. and Sharifian, F. (2018). Drying kinetic and artificial neural network modeling of mushroom drying process in microwave-hot air dryer. *Journal of Food Process Engineering*, 41: 12849.
- Plou, E., Lopez-Malo, A., Barbosa-Canovas, G. V., Welti-Chanes, J. and Swanson, B. G. (1999). Polyphenoloxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. *Journal of Food Science*, 64: 42-45.
- Polatçı, H. ve Taşova, M. (2017). Sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutma yönteminin ahç (*Crataegusspp.* L.) meyvesinin kuruma karakteristikleri ve renk değerleri üzerine etkisi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(10): 1130-1135.
- Polatçı, H., Taşova, M. ve Saraçoğlu, O. (2020). Armut (*Pirus communis* L.) posasının bazı kalite değerleri açısından uygun kurutma sıcaklığının belirlenmesi. *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 8(3): 540-546.
- Şahin, F. H., Ülger, P., Aktaş, T. ve Orak, H. H. (2012). Farklı ön işlemlerin ve vakum kurutma yönteminin domatesin kuruma karakteristikleri ve kalite kriterleri üzerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(1): 15-25.
- Şevik, S. (2013). Design experimental investigation and analysis of a solar drying system. *Energy Conversion and Management*, 68: 227-234.
- Taşova, M. and 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*, 1(1): 74-84.

-
- Tolera, K. D. and Abera, S. (2017). Nutritional quality of Oyster Mushroom (*Pleurotus Ostreatus*) as affected by osmotic pretreatments and drying methods. *Food Science & Nutrition*, (5): 989–996.
- TÜİK (2021). <https://www.tuik.gov.tr/>. (Erişim tarihi: 15 Ocak 2022).
- Türker, İ. and İşleroğlu, H. (2017). Mahlep püresinin kızılötesi ışınlam ile kurutulması işleminde antosiyanin, fenolik madde ve antioksidan kapasite değişim kinetiği. *Gıda Dergisi*, 42(4): 422-430.
- Wang, C. Y. and Singh, R. P. (1978). A Single Layer Drying Equation for Rough Rice. ASAE Paper No: 78-3001, ASAE, St. Joseph, MI.
- Yağcıoğlu, A. (1999). Tarımsal Ürünleri Kurutma Tekniği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 536. Bornova, İzmir.