



Golden delicious L. Çeşidi Elmanın Kuruma Özelliklerine Ön İşlemlerin EtkisiEffect of Pretreatment on Drying Properties of *Golden delicious* L. Apple**Muhammed TAŞOVA^{1*}, Samet Kaya DURSUN²****Öz**

Elma (*Malus domestica*), gülgiller (*Rosaceae*) familyasından kültürü yapılan bir tür olup taze olarak tüketiminin yanında kurutulup meyve ve cips olarak tüketimi son yıllarda daha fazla popüler hale gelmiştir. Ancak yapılan kurutma işlemlerinde enerji ve kalite özellikleri dikkate alınarak uygun kurutma şartlarının belirlenmesi önemlidir. Bu çalışmada, bazı kurutma ön işlemleri (sitrik asit, potasyum karbonat, vakum impregnasyon) *Golden delicious* L. çeşidi elma dilimlerine uygulayarak kurutma işleminin enerji tüketimini azaltmak ve örneklerin fiziko-kimyasal özelliklerinin korunması amaçlanmıştır. Elma dilimleri sabit 70 °C sıcaklıkta 3.98±0.06'dan 0.06±0.019 g nem g kuru madde⁻¹ değerine kadar kurutulmuştur. Çalışmada, en kısa kuruma süresi 5.5. saat olarak tespit edilirken en uzun kuruma süresi ise 9.5 saat olarak belirlenmiştir. En iyi tahmin eden matematiksel model Wang Sing olarak belirlenmiştir. Kurutma işlemlerinin efektif difüzyon değerlerinin 1.03x10⁻⁵-6.67x10⁻⁶ m² s⁻¹ arasında değiştiği tespit edilmiştir. Sitrik asit çözeltisine bandırıldıktan sonra kurutulan örneklerin efektif difüzyon değerinin en yüksek olduğu bulunmuştur. Tazenin renk değerlerini en iyi (P<0.05) sitrik asit çözeltisine bandırıldıktan sonra kurutulan örnekler muhafaza ettiği belirlenmiştir. En düşük toplam enerji, özgül enerji tüketimi (SEC) ve buharlaşma gizli ısı değerleri sitrik asit çözeltisine bandırılan örneklerin kurutulması işleminde belirlenmiştir. Bu değerler sırasıyla 0.766 kWh, 247.41 kWh kg⁻¹, 2.02 kWh olarak bulunmuştur. En yüksek özgül nem çekme oranı (SMER) yine sitrik asit çözeltisine bandırılan örneklerin kurutulmasında ve 0.00404 kg kWh⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda *Golden delicious* L. çeşidi kurutulmuş elma dilimlerinin optimum enerji parametreleri ve fiziko-kimyasal özellikleri göz önüne alındığında belirlenmesinden dolayı sitrik asit çözeltisine bandırdıktan sonra kurutulması önerilmektedir. Vakum impregnasyon ön işlemi uygulandıktan sonra kurutulan örneklerde bazı renk değerleri tazeye istatistiksel açıdan daha uygun olduğu belirlenmesinden dolayı bundan sonraki çalışmada sitrik asit+vakum impregnasyon ön işleminin uygulaması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Elma, Kurutma işlemleri, Enerji parametreleri, Buharlaşma gizli ısı, Kalite.

^{1*}Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Muhammed Taşova, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tokat/Türkiye. E-mail: muhammed.tasova@gop.edu.tr  OrcID: 0000-0001-5025-0807.

²Samet Kaya Dursun, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tokat/Türkiye. E-mail: kayadrsn44@gmail.com  OrcID: 0000-0002-8230-3560.
Atıf/Citation: Taşova, M., Dursun, S. K. (2023). *Golden delicious* L. çeşidi elmanın kuruma özelliklerine ön işlemlerin etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2): 374-386.

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

Abstract

Apple (*Malus domestica*) is a cultured species from the rosaceae (*Rosaceae*) family, and its consumption as fresh as well as dried fruit and chips has become more popular in recent years. However, it is important to determine the appropriate drying conditions in the drying processes, taking into account the energy and quality characteristics. In this study, it was aimed to reduce the energy consumption of the drying process and to preserve the physico-chemical properties of the samples by applying some drying pretreatments (citric acid, potassium carbonate, vacuum impregnation) to apple slices of *Golden delicious* L. Apple slices were dried at a constant temperature of 70 °C from 3.98±0.06 to 0.06±0.019 g moisture g dry matter⁻¹. In the study, the shortest drying time was 5.5. The longest drying time was determined as 9.5 hours. The best predictive mathematical model was determined as Wang Sing. It has been determined that the effective diffusion values of the drying processes vary between 1.03x10⁻⁵-6.67x10⁻⁶ m² s⁻¹. It was found that the effective diffusion value of the dried samples after dipping in citric acid solution was the highest. It was determined that the fresh color values were preserved best (P<0.05) for the dried samples after dipping in citric acid solution. The lowest total energy, specific energy consumption (SEC) and latent heat of evaporation values were determined in the drying process of the samples dipped in citric acid solution. These values were found as 0.766 kWh, 247.41 kWh kg⁻¹, 2.02 kWh, respectively. The highest specific moisture absorption rate (SMER) was determined as 0.00404 kg kWh⁻¹ in the drying of the samples dipped in citric acid solution. In line with the findings obtained *Golden delicious* L. variety is recommended to be dried after dipping in citric acid solution because the optimum energy parameters and physico-chemical properties of dried apple slices are determined. Since it has been determined that some color values are statistically more suitable for fresh in dried samples after vacuum impregnation pretreatment is applied, it is recommended to apply citric acid+vacuum impregnation pretreatment in the next study.

Keywords: Apple, Drying processes, Energy parameters, Latent heat of evaporation, Quality.

1. Giriş

Dünya genelinde en yaygın tüketilen meyvelerden biriside elmadır. Bünyesinde ortalama %80-85 oranında su barındıran elma meyvesi %10-14 karbonhidrat, %0.3 protein, %0.2 lipit, %2 lif ve bir çok mineral maddeden oluşmaktadır (Winiczenko ve ark., 2021). Elma iyi bir diyet gıdası olmasının yanı sıra sağlık açısından astım ve kolesterol rahatsızlıklarının iyileşmesine katkı sağladığı bildirilmektedir (Bora ve ark., 2018). Küresel elma üretimi miktarı 2015 yılında 82.408.896 ton iken bu değer 2019 yılında 87.236.221 tona ulaştığı belirtilmektedir. Ülkemiz ise 3.618.752 ton ile 4. sırada yer almaktadır (Karakaya ve Kızıloğlu, 2021). Elma taze olarak tüketiminin yanında sirke, şarap, reçel ve kozmetik ürünlerin yapımında da kullanılmaktadır. Özellikle dip döküntü elmaları kurutulmuş meyve cipsi, kuru meyve yapılarakta önemli ekonomik gelir elde edilmektedir. Anonim (2022), kurutulmuş 250 g elma meyvesinin ortalama 30 TL civarında satıldığını belirtmiştir.

Elma kurutma işleminde bilinen en eski kurutma yöntemi güneşte açığa serilerek gerçekleştirilen doğal kurutmadır. Güneşte kurutma, maliyet ve çevreci olması yönünden avantajlı bir yöntemdir. Fakat açıkta kurutma işleminde ürünün her zaman kurutulma olanağının olmaması, kuruma süresinin çok fazla olması, istenilen nem seviyesine ulaşmadığında küflenme sorununun meydana gelmesi ve çevresel etmenlerden (toz, rüzgar, yağmur, böcek, ilaç vb.) olumsuz yönde etkilenmeye açık olması yönünden ise dezavantajlıdır (Purohit ve ark., 2006; Sharma ve ark., 2009; Taşkın ve ark., 2021). Elma kurutma işlemlerinde çok fazla tercih edilen diğer bir yöntem ise konvansiyonel kurutmadır. Bu yöntemde açık kurutma metoduna göre kurutma işleminin daha hızlı, ısı dağılımının daha homojen ve son kalite değerlerinin daha yüksek olduğu sonuçlar alınmaktadır (Morais ve ark., 2018; Yan ve ark., 2019; Boateng ve Yang, 2020). Tarımsal ürünlerin üretiminden tüketim aşamasına kadar kullanılan enerji miktarı küresel boyutta üretilen enerji miktarının ortalama %30'una denk geldiği bildirilmektedir (FAO, 2011; Jha ve Tripathy, 2017; Jha ve Tripathy, 2021). Genel olarak ülkelerin tükettiği enerjinin ortalama %10-25'inin sadece kurutma işlemlerinde tüketildiği (Mujumdar ve Law, 2010), endüstrileşmiş ülkelerde ise bu değer ortalama %7-15 oranında değiştiği bildirilmektedir (Akpınar ve ark., 2005). Bu sebeple elma kurutma işlemlerinde hem tüketilen enerji miktarını azaltmak hem de ürünlerin kalite özelliklerini korumak için bazı ön işlemler uygulanmaktadır (Lewicki ve Gupta, 1995; Soomro ve ark., 2020).

Rojas ve ark. (2021), etanol ön işlemleri uygulandıktan sonra ultrason destekli konvansiyonel kurutma işleminde elma örneklerini kurutmuşlardır. Kontrole göre ön işlemler örneklerin %70 oranında daha kısa sürede kurduğunu tespit etmişlerdir. Bununla beraber ön işlemin kuru örneklerin rehidrasyon yeteneğini artırdığı ve büzüşmeyi de kısmen engellediğini bildirmişlerdir. Önal ve ark. (2019), Kuzey İtalya bölgesinde yetişen Anurka elma türüne ait örnekleri 65 °C sıcaklıkta kurutmuşlardır. Çalışmada karbonhidrat+tuz çözeltisine bandırma ön işleminin elma dilimlerinin kalite özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Ön işlemler örneklerin renk değişimi, büzüşme miktarları kontrole göre daha az seviyede gerçekleştiğini ve kuruma süresini de azalttığını bildirmişlerdir. Tinello ve ark. (2018), %1'lik askorbik asit, %1'lik sitrik asit, doğal elma suyuna bandırma ve %0.1'lik sodyum metabisülfid ön işlemlerinin elma dilimlerinin kuruma özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Toplam fenol özelliği açısından en uygun örnekler askorbik asit çözeltisine bandırıldıktan sonra yapılan kurutma işleminde elde etmişlerdir. Toplam flavonoid maddeleri açısından ise doğal elma suyuna bandırıldıktan sonra yapılan kurutma işleminde belirlenmiştir. Literatür incelemesi esnasında *Golden delicious L.* (sarı) elma çeşidi kullanılarak vakum impregnasyon kurutma ön işleminin meyve cipsi üretim işlemine ait enerji parametrelerine etkisinin çalışıldığı bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Şahin ve ark. (2012), domatesleri dilimledikten sonra %1 sitrik asit + %1 askorbik asit karışımına ve %2 sodyum metabisülfid çözeltisine daldırılmıştır. Sonuç olarak ön işlem uygulamalarının kuruma sürelerini kısalttığı ve renk kriterleri üzerine olumlu etkiler meydana getirdiğini tespit etmişlerdir. Ön işlem uygulamalarıyla kurutulan domateslerin şeker içeriklerinin ön işlemsiz kurutulanlara göre daha düşük düzeyde olduğunu bildirmişlerdir.

Bu çalışmada, %3'lük potasyum karbonat, %5'lik sitrik asit ve vakum impregnasyon (50 kPa+85 °C) ön işlemleri uygulandıktan sonra kurutulan *Golden delicious L.* elma dilimlerinin; (i) kuruma parametreleri, (ii) matematiksel modellenmesi, (iii) efektif difüzyon, (iv) enerji tüketimi, (v) buharlaşma gizli ısı, (vi) renk kalite analizleri araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Kurutma materyali

Çalışmada kullanılan taze *Golden delicious* L. elmaları yerel bir marketten satın alınmıştır. Elmalar araştırma boyunca buzdolabı koşullarında 4 ± 0.5 °C'de muhafaza edilmiştir. İşlemler için elmalar yıkanmış ve yarım ay şeklinde ortalama 1.30 cm kalınlığında keskin bir bıçak yardımıyla dilimlenmiştir.

2.2. Kurutma ön işlemleri

Kurutma öncesi örneklere uygulanacak bandırma işlemleri için %3'lük sodyum karbonat (Na_2CO_3), %5'lik sitrik asit ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$) çözeltileri hazırlanmıştır. Vakum impregnasyon ön işlemi için ortam sıcaklığı 85 °C ve vakum değeri 50 kPa değere ayarlanmış bir vakumlu etüv kullanılmıştır. Elma örnekleri bandırma ve vakum impregnasyon ön işlemlerine 15'er dakika maruz bırakılmıştır.

2.3. Nem tayini ve kurutma işlemleri

Başlangıç nem içeriğini belirlemek için örnekler 70 °C sıcaklığa ayarlanmış (Pixton ve Warburton, 1973) bir fırında (Şimşek labor teknik marka-ST-055 model) ağırlık değişimi sabitlenene kadar kurutulmuştur. Elma dilimlerinin ilk nem içeriği ortalama 3.98 ± 0.06 g nem/g kuru madde⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Kurutma işlemleri 70 °C sıcaklıkta Şimşek labor teknik marka-ST-055 model bir kurutma fırınında gerçekleştirilmiştir. Örnekler ortalama 0.06 ± 0.019 g nem/g kuru madde⁻¹ nem içeriğine kadar kurutulmuştur. Kurutulan elma örneklerinin ağırlık değişimi AND marka GF-300 model hassas terazi (0.01 g) ile belirlenmiştir.

2.4. Nem içeriğinin hesaplanması

Elma dilimlerinin toplam nem içeriğinin belirlenmesi için Eşitlik 1 kullanılmıştır.

$$N_{k.b.} = \frac{M_i - M_f}{M_f} \times 100 \quad (\text{Eş.1})$$

Burada: M_i ; İlk ağırlık (g), M_f ; son ağırlık (g), $N_{k.b.}$: g nem/g kuru madde

2.5. Kuruma hızı ve oranının belirlenmesi

Kuruma hızının belirlenmesi için Eşitlik 2 kullanılmıştır.

$$DS = \frac{M_t - M_{(t+dt)}}{dt} \quad (\text{Eş.2})$$

Burada: M_t ; t anındaki nem içeriği (g su/g kuruma madde⁻¹), dt; dakika, DS; kuruma hızı (g su/g kuruma madde dakika⁻¹).

Süreye bağlı nem oranının belirlenmesi için Eşitlik 3 kullanılmıştır.

$$ANO = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} \quad (\text{Eş.3})$$

Burada: ANO; Ayrılabilir nem oranı, M; Ürünün anlık nem içeriği (g nem/g kuru madde⁻¹), M_e ; Ürünün denge nem içeriği (g nem/g kuru madde⁻¹), M_0 ; Ürünün ilk nem içeriğidir (g nem/g kuru madde⁻¹).

2.6. Matematiksel modelleme

Elma dilimlerine ait en uygun ince tabaka kuruma modelini belirlemek için literatürde yaygın bir şekilde kullanılan matematiksel eşitlikler kullanılmıştır [Eş. 4-7].

$$\text{Lewis} \quad MR = \exp(-k \cdot t) \quad \text{Lewis (1921)} \quad (\text{Eş.4})$$

$$\text{Jena-Das} \quad MR = k \cdot \exp(-h \cdot t + j(t^{0.5}) + m) \quad \text{Jena ve Das (2007)} \quad (\text{Eş.5})$$

$$\text{Wang-Singh} \quad MR = 1 + k \cdot t + h \cdot t^2 \quad \text{Wang ve Singh (1978)} \quad (\text{Eş.6})$$

$$\text{Rational-1 parameter-2} \quad MR = 1/(1 + a \cdot x) \quad \text{SigmaPlot 10} \quad (\text{Eş.7})$$

Burada: h, j, k, m; modollere ait katsayıları, t; süreyi temsil etmektedir.

2.7. Efektif difüzyon değeri

Efektif difüzyon değerlerini hesaplamak için Eşitlik 8 kullanılmıştır (Corzo ve ark., 2008).

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

Burada: D_{ef} ; efektif difüzyon değeri ($m^2 s^{-1}$), L ; ürünün kalınlık değerinin (m) yarısıdır.

2.8. Renk değerlerinin belirlenmesi

Taze ve kurutulmuş elma dilimlerinin parlaklık (L), kırmızı/yeşil (a) ve sarı/mavi (b) değerlerini ölçmek için CR400 model (Japan) renk ölçüm cihazı kullanılmıştır. Ölçülen değerler kullanılarak kroma, hue ve toplam renk sapması değerleri hesaplanmıştır. Kroma; taze ve kuru ürünlerin renk tonunu belirtmektedir. Solgun meyvelerde kroma değerleri düşük olurken canlı renklerde ise yüksek değerler hesaplanmaktadır. Hue; taze ve kuru ürün renk değerlerinin 360° lik bir renk radyantındaki tam yerini belirtmektedir. Sınır açısı değerlerinden 0° ; kırmızı, 180° ; yeşil, 90° ; sarı ve 270° ; mavi ana renkleri temsil etmektedir. Toplam renk sapması; kurutma işlemlerinde ısıyla parçalanmış (enzimatik olmayan) toplam renk pigmentlerinin değerini temsil etmektedir. Renk değerlerini hesaplamak için Eşitlik 9-11 kullanılmıştır.

$$\text{Kroma} \quad C = (a^2 + b^2)^{1/2} \quad \text{Ramallo ve Mascheroni (2012)} \quad (\text{Eş.9})$$

$$\text{Hue} \quad h^\circ = \tan^{-1} \left(\frac{b}{a} \right) \quad \text{Alemrajabi ve ark. (2012)} \quad (\text{Eş.10})$$

$$\text{Renk değişimi} \quad \Delta E = \sqrt{(L - L^*)^2 + (a - a^*)^2 + (b - b^*)^2} \quad \text{Tan ve ark. (2001)} \quad (\text{Eş.11})$$

Burada: L^* , a^* ve b^* değerleri kurutulmuş elma örneklerine ait sırasıyla parlaklık, kırmızılık ve sarılık değerlerini belirtmektedir.

2.9. Enerji tüketim değerleri

Elma dilimlerinin kurutulması işlemlerinde tüketilen enerji değerlerini ölçmek için Polaxtor marka PLX-15366 model enerji ölçer (± 0.02 kWh) kullanılmıştır.

2.10. Özgül nem çekme oranı (SMER)

Kurutma işlemlerinde birim enerji değerine karşılık uzaklaşan nem miktarını (SMER) hesaplamak için Eşitlik 12 kullanılmıştır (Surendhar ve ark., 2019).

$$SMER = \frac{\text{Kurutma işleminde uzaklaşan nem (kg)}}{\text{Kurutucunun tükettiği enerji (kWh)}} \quad (\text{Eş.12})$$

Burada: SMER; özgül nem uzaklaştırma oranıdır ($kg kWh^{-1}$).

2.11. Özgül enerji tüketimi (SEC)

Elma örneklerini kurutabilmek için gerekli özgül enerji tüketim değeri Eşitlik 13 kullanılarak belirlenmiştir (Motevali ve ark., 2012).

$$SEC = \frac{E_t}{m_w} \quad (\text{Eş.13})$$

Burada: SEC; özgül enerji tüketimi ($kWh kg su^{-1}$), E_t ; toplam tüketilen enerji (kWh), m_w ; uzaklaşan su miktarıdır (kg).

2.12. Buharlaşma gizli ısı

Buharlaşma gizli ısı değerini hesaplamak için Eşitlik 14 kullanılmıştır (Beigi, 2016).

$$Q_w = h_{fg} \times m_w \quad (\text{Eş.14})$$

$$h_{fg} = 2.503 \times 10^6 - 2.386 \times 10^3 \times (T_d - 273.16)$$

$$273.16 \leq T_d (K) < 338.72$$

$$h_{fg} = \sqrt{(7.33 \times 10^{12} - 1.60 \times 10^7 \times T_d^2)}$$

$$338.72 \leq T_d < 533.16$$

Burada: Q_w ; buharlaşma enerjisi (kWh), h_{fg} ; buharlaşma gizli enerjisi (kJ kg^{-1}), m_w ; buharlaşan nem miktarı (kg). T_d ; kurutma sıcaklığıdır ($^{\circ}\text{K}$).

2.13. Belirsizlik analizi

Kurutma işlemi ve ölçüm aşamalarında gerçekleşen standart sapma değerlerinden kaynaklı toplam belirsizlik değerini hesaplamak için Eşitlik 15 kullanılmıştır (Moffat, 1988).

$$W_x = \sqrt{[(X_1)^2 + (X_2)^2 + (X_3)^2 + \dots + (X_n)^2]} \quad (\text{Eş.15})$$

X_1 ; X_2 ; X_3 ; ... X_n ölçüm aletlerinin hassasiyetlik değerlerinin göstermektedir.

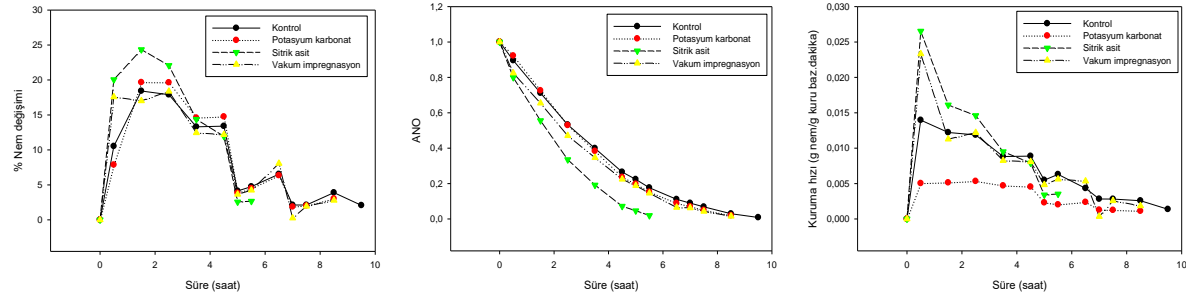
2.14. İstatistiksel analiz

Bulguları değerlendirmek için SPSS17. programı ile çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır. Güvenirlilik değerleri $P < 0.05$ 'e göre hesaplanmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Kuruma değerleri

Elma dilimlerinin kuruma özelliklerine ön işlemlerin etkisi olduğu bulunmuştur. Son nem değerine sitrik asit çözeltilisine bandırılan örnekler diğerlerine göre daha kısa sürede ulaşmıştır. Kontrol, potasyum karbonat, sitrik asit ve vakum impregnasyon ön işlemi uygulanan örnekler sırasıyla 9.5, 8.5, 5.5 ve 8.5 saatte kuruduğu tespit edilmiştir. Elma dilimlerinin kurutma işlemleri altında göstermiş olduğu kuruma performans değerleri Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Elma örneklerinin kuruma performans değerleri

Figure 1. Drying performance values of apple samples

Şekil 1'e göre sitrik asit çözeltilisine bandırma ön işleminin kontrole göre kuruma süresini ortalama %42.11 oranında azalttığı belirlenmiştir. Potasyum karbonat ve vakum impregnasyon ön işlemlerinin ise kontrole göre kuruma sürelerini ortalama %10.53 oranında azalttığı tespit edilmiştir. En yüksek ortalama hız değeri sitrik asit çözeltilisine bandırıldıktan sonra yapılan kurutma işleminde belirlenmiştir. Kontrol, potasyum karbonat, sitrik asit ve vakum impregnasyon ön işlemleri için ortalama kuruma hız değerleri sırasıyla 0.006794, 0.06521, 0.0102 ve 0.06976 g nem g kuru madde⁻¹.dakika olarak bulunmuştur. Bu durum sitrik asit çözeltilisinin kurutma materyalindeki mikro kanalların içerisine girerek daha yoğun olmasından dolayı kanalları genişlettiği ve nem difüzyonunun daha hızlı gerçekleşmesine neden olduğu şeklinde açıklanabilir. Buda sitrik asit çözeltilisine bandırılan elma örneklerinin diğer ön işlemlere göre kuruma hızının artmasına ve daha kısa sürede kurumasına neden olmuştur. Rojas ve ark. (2021), etanol ve ultrason ön işlemlerini birlikte elma dilimlerine uyguladıktan sonra sabit 50 $^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta ve 1 m s^{-1} hava hızında kurutmuşlardır. Birlikte uygulanan ön işlemlerin elma örneklerinin kuruma süresini kontrollere göre ortalama %50 oranında azalttığını bildirmişlerdir. Lammerskitten ve ark. (2019), elma dilimlerini elektrik alan ön işlemi uygulayarak kuruma özellikleri açısından kontrol örnekleriyle kıyaslamışlardır. Ön işlemlili örneklerin kontrole göre %57 oranında daha kısa sürede kurduğunu bulmuşlardır. Bununla birlikte ön işlem uygulanan elma dilimlerinin kuruma hız değerleri yaklaşık 0.014 g nem g kuru madde⁻¹.saniye olarak ve kontrol örneklerinkini ise yaklaşık 0.01 g nem g kuru madde⁻¹.saniye olarak tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Aktaş ve ark. (2013), kocayemiş meyvesini kontrol (ön işlemsiz), sıcak suya ve etil oleat çözeltilisine bandırma ön işlemlerinin etkisini sıcak havalı kurutucuda (normal) 50, 60, 70 $^{\circ}\text{C}$ ve vakum kurutucuda

60, 70, 80 °C sıcaklıklarındaki kuruma özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Ön işlemler kurutma materyalinin kurutma sürelerini önemli düzeyde azalttığını tespit etmişlerdir.

3.2. Matematiksel model verileri

Kurutulan elma dilimlerinin kuruma modellerine bulgular *Tablo 1*'de verilmiştir.

Tablo 1. Matematiksel modellere ait veriler

Table 1. Data of mathematical models

Modeller	Ön işlemler	k	h	j	m	a	p	R ²
Lewis	Kontrol	0.2945	-	-	-	-	<0.0001	0.9923
	Potasyum karbonat	0.3048	-	-	-	-	<0.0001	0.9886
	Sitrik asit	0.4713	-	-	-	-	<0.0001	0.9935
	Vakum impregnasyon	0.3340	-	-	-	-	<0.0001	0.9948
Jena Das	Kontrol	1.0246	0.5573	0.5008	0.0215	-	<0.0001	0.9938
	Potasyum karbonat	1.0344	0.5653	0.4849	0.0301	-	<0.0001	0.9916
	Sitrik asit	1.0132	0.6444	0.3266	0.0085	-	<0.0001	0.9939
	Vakum impregnasyon	1.0080	0.5729	0.4697	0.0050	-	<0.0001	0.9949
Wang Singh	Kontrol	-0.2122	0.0115	-	-	-	<0.0001	0.9997
	Potasyum karbonat	-0.2208	0.0124	-	-	-	<0.0001	0.9991
	Sitrik asit	-0.3388	0.0295	-	-	-	<0.0001	0.9991
	Vakum impregnasyon	-0.2400	0.0149	-	-	-	<0.0001	0.9977
Rational I-Parametre II	Kontrol	-	-	-	-	0.5788	<0.0001	0.9447
	Potasyum karbonat	-	-	-	-	0.5833	<0.0001	0.9386
	Sitrik asit	-	-	-	-	0.9266	<0.0001	0.9532
	Vakum impregnasyon	-	-	-	-	0.6803	<0.0001	0.9537

Tablo 1'e göre yapılan tüm kurutma işlemlerine ait toplam 16 adet matematiksel model oluşturulmuştur. Oluşturulan tüm matematiksel modellerin istatistiksel açıdan kullanımının uygun olduğu ($P < 0.0001$) belirlenmiştir. Modeller arasında kuruma oranlarını en iyi Wang Singh ($R^2: 0.9997$) modeli tahmin etmiştir. Kuruma oranlarını en zayıf ise Rational I-Parametre II modeli ($R^2: 0.9386$) tahmin etmiştir.

3.3. Efektif difüzyon

Kurutulan elma örneklerinin efektif difüzyon değerlerine kurutma işlemlerinin etkisi *Tablo 2*'de verilmiştir.

Tablo 2. Elma örneklerine ait efektif difüzyon değerleri

Table 2. Effective diffusion values of apple samples

Ön işlemler	Efektif difüzyon ($m^2 s^{-1}$)
Kontrol	6.67×10^{-6}
Potasyum karbonat	6.77×10^{-6}
Sitrik asit	1.03×10^{-5}
Vakum impregnasyon	6.94×10^{-6}

Tablo 1'e göre kurutma işleminde ön işlemlerin elma örneklerinin efektif difüzyon değerlerini etkilediği tespit edilmiştir.

Efektif difüzyon değeri en yüksek sitrik asit çözeltilisine bandırıldıktan sonra yapılan kurutma işleminde tespit edilmiştir. Bu durum sitrik asit çözeltilisinin elmanın içerisine daha iyi permalite olarak mikro kanalların genişlemesine ve bu sebeplede efektif difüzyon değerinin artmasına neden olduğu düşünülmektedir. En düşük efektif difüzyon değeri ise kontrol örneklerinde belirlenmiştir. Potasyum karbonat çözeltilisine bandırılan örneklerin efektif difüzyon değerinin sitrik asit çözeltilisine bandırılan örneklerle göre daha düşük değerde olmasının potasyum karbonat çözeltilisinin daha yoğun olmasından dolayı meyve çeperlerinde daha fazla birikmesi ve bu durumun alttan gelen nemin buharlaşmasını zorlaştırmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Vakum impregnasyon ön işlemi uygulanan örneklerin efektif difüzyon değerinin sitrik asit çözeltilisine bandırılan örneklerle göre daha düşük değerde olması ise vakumun etkisiyle meyve eti ile dış çeperi arasında oluşan boşluktan dolayı nemin uzaklaşmasına bir yalıtım etkisi yaptığı düşünülmektedir. Nadi ve Tzempelikos (2018), elma örneklerini 5 ve 7 mm kalınlıklarında dilimleyerek 50, 60 ve 70 °C sıcaklıklarda kurutmuşlardır. Dilim kalınlığı 5 mm olan örneklerin efektif difüzyon değerinin $1.50-2.60 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ arasında değiştiğini hesaplamışlardır. Dilim kalınlığı 7 mm olan örneklerde ise bu değer $2.36-3.92 \times 10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ arasında değiştiğini hesaplamışlardır. Bulguların farklı olması kullandıkları elmaların nem içeriği, doku yapısı ile kurutucunun teknik yapısı-verimlilik gibi özelliklerin farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

3.4. Renk verileri

Polifenol oksidaz, peroksidaz ve fenolik bileşiklerce zengin olan elma meyvesinde enzimatik renk değişimleri çok fazla gözlemlenmektedir. Bununla birlikte özellikle kurutma işlemleriyle meydana gelen fenollerin oksidasyonu, karamelizasyon ve maillard reaksiyonları gibi enzimatik olmayan renk değişimlerinin miktarı kalite açısından önemlidir. Kurutma işlemlerinin etkisiyle meydana gelen renk değerlerine ait değişimler *Tablo 3*'de verilmiştir.

Tablo 3. Elma örneklerine ait renk değerleri

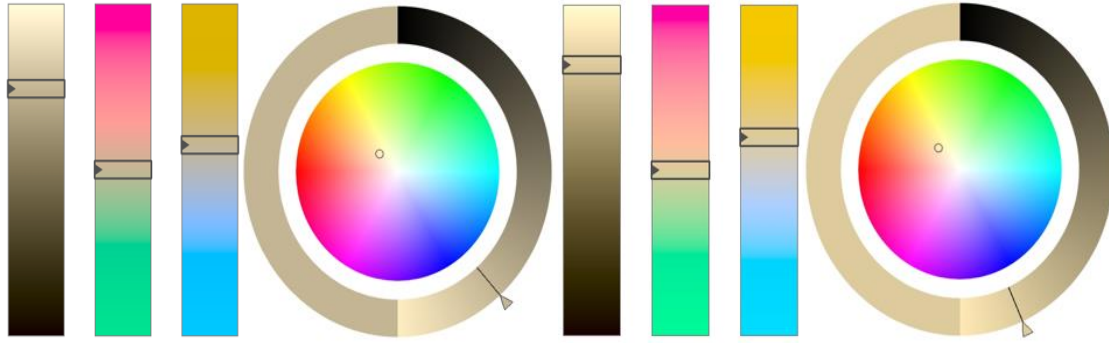
Table 3. Color values of apple samples

Ön işlemler	L	a	b	C	Hue	ΔE
Taze	74.55±0.94 ^b	-0.15±0.17 ^c	18.48±1.36 ^c	18.48±1.36 ^d	-53.54±4.63 ^b	-
Kontrol	73.66±6.09 ^b	5.03±2.33 ^b	25.56±2.60 ^b	26.17±2.30 ^c	78.64±5.90 ^a	10.57±3.03 ^c
Potasyum karbonat	57.43±3.06 ^c	17.46±2.39 ^a	26.06±1.46 ^b	31.42±2.07 ^a	56.28±3.42 ^a	25.81±3.53 ^a
Sitrik asit	82.73±1.18 ^a	-0.36±0.54 ^c	28.86±1.79 ^a	28.87±1.79 ^b	-17.26±4.90 ^b	13.36±1.83 ^c
Vakum impregnasyon	72.89±5.11 ^b	4.28±1.89 ^b	25.97±2.02 ^b	26.39±1.89 ^c	80.52±4.38 ^a	21.03±6.28 ^b

Tablo 2'ye göre kurutma ön işlemlerinin elma örneklerinin renk değerlerini istatistiksel açıdan önemli ($p < 0.05$) düzeyde etkilediği belirlenmiştir. Taze elma dilimlerinin parlaklık (L) değeriyle kontrol ve vakum impregnasyon ön işlemi uygulanan örnekler arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Sitrik asit çözeltilisine bandırma ön işlemi elma örneklerinin parlaklığını tazeye göre artırırken uygulanan diğer ön işlem ve kontrol örnekleri parlaklık değerini azaltıcı etki ettiği tespit edilmiştir. Bunun sebebi örnekler üzerinde kalan potasyum karbonat çözeltilerinin ısıyla birlikte meyvenin parlaklığını azalttığı, vakum impregnasyon ve kontrol örneklerinde kuruma sürelerinin daha uzun olmasından dolayı ısıl bir etki yaptığı düşünülmektedir. Potasyum karbonat çözeltilisine bandırıldıktan sonra kurutulan elma örneklerinin kırmızılık değerlerini diğer ön işlemlere göre çok fazla artırdığı belirlenmiştir. Bu durumun potasyum karbonat çözeltilisine bandırılan örneklerin diğerlerine göre daha fazla kararımından dolayı renk yoğunluğunun kırmızıya dönüşümünü yoğunlaştırmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Taze ürünün kırmızılık renk değeriyle sitrik asit çözeltilisine bandırıldıktan sonra kurutulan örneklerin kırmızılık değerleri arasında istatistiksel açıdan ($P < 0.05$) önemli fark olmamıştır. Sarılık (b) ve kroma (C) renk değerleri açısından uygulanan ön işlemler ve kontrol örnekleri tazenin rengini koruyamadığı tespit edilmiştir.

Taze ürünün kroma değerine istatistiksel açıdan örneklerin en yakın kontrol ve vakum impregnasyon ön işlemi uygulandıktan sonra kurutulan örnekler olduğu bulunmuştur. Hue renk açısı ve toplam renk değişim özellikleri için istatistiksel açıdan en uygun sitrik asit ön işlemi uygulanan örnekler olduğu belirlenmiştir. İstatistiksel açıdan taze elmanın renk özelliklerini sitrik asit çözeltilisine bandırıldıktan sonra kurutulan örneklerin daha iyi koruduğu bulunmuştur. Tazeye en yakın kuru örneğin (sitrik asit, ön işlemler) ve tazenin renk gösterge skalası ColorGrap 3.9.2 programı kullanılarak oluşturulmuştur (*Şekil 2*). Önal ve ark. (2019), çalışmalarında karbonhidrat tuz

çözeltilisine bandırıldıktan sonra elma dilimlerini kurutarak renk değerleri açısından kontrol örnekleriyle kıyaslamışlardır. Ön işlemlenmiş elma dilimlerinde meydana gelen toplam renk değişimi kontrollere göre daha az olduğunu bildirmişlerdir. Nadian ve ark. (2019), çalışmalarında sitrik ve askorbik asitlerden hazırlanan çözeltilere bandırma ön işlemlerinin renk değerlerine olan etkisini araştırmışlardır. Ön işlemleri kontrol örneklerine göre renk değerlerini daha iyi koruduğunu ve daha toplam renk değişiminin meydana getirdiğini tespit etmişlerdir. Yapılan ön işlemlerin renk değerlerine etkisi literatürle benzer taraflarının olduğu bulunmuştur.



Şekil 2. Taze (a) ve sitrik asit ön işlemlenmiş (b) örneklerinin renk skalası

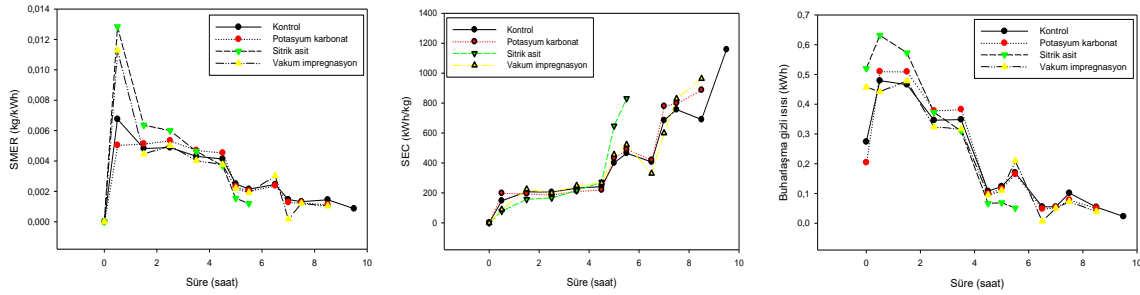
Figure 2. Color scale of fresh (a) and citric acid pre-treated (b) samples

3.5. Enerji tüketim değerleri

Elma dilimleri kurutma işlemlerinin enerji tüketim değerlerine ön işlemlerinin etkisinin önemli düzeyde olduğu belirlenmiştir. Kurutma işlemlerine ait tüketilen ortalama enerji değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

3.6. SMER, SEC ve buharlaşma gizli ısı değerleri

Kurutma işlemleri esnasında SMER, SEC ve buharlaşma gizli ısı değerlerinin dağılımı Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. SMER, SEC ve buharlaşma gizli ısı değerlerinin dağılımı

Figure 3. Distribution of SMER, SEC and latent heat of evaporation values

Şekil 3'e göre kurutma ön işlemlerinin SMER, SEC ve buharlaşma gizli ısı değerlerine etkisinin olduğu belirlenmiştir. Kurutulan örneklerin SMER değerleri ilk yarım saatten sonra hızla artmıştır. Bu durum ilk yarım saatte tüketilen enerji daha çok ürünün ısınmasına harcadığı düşünülmektedir. Kurutma işlemlerine ait toplam enerji tüketimi, SMER, SEC ve buharlaşma gizli ısı değerleri Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Kurutma işlemlerine ait enerji değerleri

Table 4. Energy values of drying processes

Ön işlemler	Enerji tüketimi (kWh)	SMER (kg kWh ⁻¹)	SEC (kWh kg ⁻¹)	Buharlaştırma gizli ısı (kWh)
Kontrol	1.197	0.00295	339.03	2.31
Potasyum karbonat	1.101	0.00354	282.57	2.34
Sitrik asit	0.766	0.00404	247.41	2.02
Vakum impregnasyon	1.101	0.00293	341.69	2.11

Tablo 4'e göre kurutma ön işlemlerinin enerji tüketim değerlerini azalttığı belirlenmiştir. En yüksek enerji tüketimi kontrol örneklerinde bulunmuştur. Sitrik asit çözeltisine bandırıldıktan sonra yapılan kurutma işleminin kontrole göre enerji tüketimini %36.01 oranında azalttığı tespit edilmiştir. Bu durum sitrik asit çözeltisinin meyve dokusunun mikro kanallarını büyüterek nem difüzyonun hızlanmasına ve dolayısıyla kuruma süresinin azalmasına neden olduğu düşünülmektedir. Bu da enerji tüketimini azalmasına neden olmuştur. Kurutma işlemleri arasında en yüksek buharlaştırma gizli ısı potasyum karbonat çözeltisine bandırıldıktan sonra yapılan kurutma işleminde tespit edilmiştir. Potasyum karbonat çözeltisine bandırıldıktan sonra yapılan kurutma işleminin buharlaştırma gizli ısısının sitrik asit çözeltisine bandırıldıktan sonra yapılan kurutma işlemine göre %13.68 oranında daha fazla olduğu bulunmuştur. Bunun sebebi elma dilimlerindeki nemi buhar fazına geçirmek için daha fazla enerjinin tüketilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu duruma neden olan etkinin ise tuzun farklı bir formu olan potasyum karbonat çözeltisinin kuruyarak nemin uzaklaşmasına bir engel teşkil ettiği düşünülmektedir. Filippin ve ark. (2018), elma dilimlerini sıcak havalı konvansiyonel bir kurutucuda sürekli ve kesikli metotla kurutmuşlardır. Kesikli kurutma metodunun tüketilen enerji miktarını sürekli kurutma işlemine göre %17 oranında azalttığını bildirmişlerdir. Sürekli ve kesikli metotlarla 70 °C sıcaklıkta yaptıkları kurutma işlemlerinde tüketilen enerji miktarlarını sırasıyla 4.758 ve 4.585 kWh olarak tespit etmişlerdir. Bu durumun kesikli kurutma metodunda kurutucu sürekli çalışmayarak daha az enerji harcamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Kaleemullah ve Kailappan, (2007), şili biberleri kurutma işleminde nemin değişmesiyle birlikte buharlaştırma gizli ısı oranının 1.0022-1.3421 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Literatürde yapılan çalışmalardaki bulgular ile belirlenen bulguların uyumlu olduğu bulunmuştur.

3.7. Belirsizlik analizi

Kurutma işlemi esnasında kullanılan ölçüm alet ve ekipmanların hassasiyet değerleri kullanılarak belirsizlik analizi yapılmıştır. Çalışmada kullanılan ölçüm alet ve ekipmanların hassasiyet değerleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Hassasiyet değerleri

Table 5. Sensitivity values

Ölçüm aletleri	Hassasiyet değerleri
Güç analizörü	±0.02 kWh
Tartım cihazı	± 0.001 g
Kumpas	± 0.2 mm
Renk ölçer (ΔE için)	± 0.6
Cam mezura ölçümleri	± 0.2 ml

Veriler eşitlik 15'de işlenerek çalışmanın belirsizlik analiz değeri 0.63 olarak hesaplanmıştır. Kumar ve ark. (2015), yaptıkları çalışmalarında belirsizlik analiz değerini 1.06 olarak bulmuşlardır.

4. Sonuç

Elma dilimlerine uygulanan kurutma ön işlemlerinin fiziko-kimyasal, enerji değerlerine olan etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada;

- 1) En kısa kuruma süresi 5.5 saat ile sitrik asit ön işlemi uygulanan örneklerin kurutulmasında belirlenmiştir.

2) En uzun kuruma süresi 9.5 saat ile ön işlem uygulanmayan kontrol örneklerinin kurutulmasında tespit edilmiştir.

3) Uygulanan ön işlemler kurutulan elma dilimlerinin efektif difüzyon değerlerini önemli düzeyde etkilemiştir. Sitrik asit çözeltisine bandırıldıktan sonra yapılan kurutma işleminin efektif difüzyon değeri $1.05 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır.

4) Oluşturulan matematiksel modeller arasında kuruma verilerini en iyi Wang Singh modeli tahmin etmiştir.

5) Tazenin renk değerlerini en iyi sitrik asit çözeltisine bandırıldıktan sonra yapılan kurutma işlemi korumuştur.

6) Enerji tüketimi, SMER, SEC ve buharlaşma gizli ısı değerleri açısından optimum kurutma işleminin sitrik asit çözeltisine bandırıldıktan sonra yapılan kurutma işlemi olduğu belirlenmiştir.

Taze *Golden delicious* L. elma örneklerinin fiziko-kimyasal ve enerji parametreleri açısından 70 °C sıcaklıkta sitrik asit çözeltisine bandırıldıktan sonra kurutulmasının daha uygun olacağı önerilmektedir. Vakum impregnasyon ön işlemi elma örneklerinin bazı renk parametrelerini (parlaklık, kırmızılık ve kroma) daha iyi koruduğundan dolayı daha sonraki çalışmalarda sitrik asit ve vakum impregnasyon ön işlemlerinin birlikte uygulanması önerilmektedir.

Kaynakça

- Akpınar, E. K., Biçer, Y. and Çetinkaya, F. (2005). Modelling of thin layer drying of parsley leaves in a convective dryer and under open sun. *Journal of Food Engineering*, 75(3): 308-315.
- Aktaş, T., Orak, H. H., Şahin, F. H. and Ekinci, N. (2013). Effects of different drying methods on drying kinetics and color parameters of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) fruit. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 10(2): 1-12.
- Alemrajabi, A. A., Rezaee, F., Mirhosseini, M. and Esehaghbeygi, A. (2012). Comparative evaluation of the effects of electrohydrodynamic, oven, and ambient air on carrot cylindrical slices during drying proces. *Drying Technology*, 30: 88–96.
- Anonim (2022). e-cerez. <https://www.e-cerez.com/kategori/kuru-meyve?>. (Erişim Tarihi: 19/04/2022).
- Beigi, M. (2016). Energy efficiency and moisture diffusivity of apple slices during convective drying. *Food Science and Technology*, 36(1): 374-382.
- Boateng, I. D. and Yang, X. M. (2020). Effect of different drying methods on product quality, bioactive and toxic components of *Ginkgo biloba* L. seed. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(8): 3290-3297.
- Bora, G. C., Pathak, R., Ahmadi, M. and Mistry, P. (2018). Image processing analysis to track colour changes on apple and correlate to moisture content in drying stages. *Food Quality and Safety*, 2(2): 105–110.
- Corzo, O., Bracho, N. and Alvarez, C. (2008). Water effective diffusion coefficient of mango slices at different maturity stages during air drying. *Journal of Food Engineering*, 87(4): 479-484.
- FAO (2011). Energy-smart food for people and climate. (Erişim Tarihi: 02/03/2017).
- Filippin, A. P., Filho, L. M., Fadel, V. and Mauro, M. A. (2018). Thermal intermittent drying of apples and its effects on energy consumption. *Drying Technology*, 36(14): 1662-1677.
- Jena, S. and Das, H. (2007). Modeling for vacuum drying characteristics of coconut presscake. *Journal of Food Engineering*, 79: 92-99.
- Jha, A. and Tripathy, P. P. (2017). Clean energy technologies for sustainable food security. *Water-Food-Energy Nexus Process Technol Challenges* 1: 197–219.
- Jha, A. and Tripathy, P. P. (2021). Recent advancements in design, application, and simulation studies of hybrid solar drying technology. *Food Engineering Reviews*, 13: 375–410.
- Kaleemullah, S. and Kailappan, R. (2007). Latent heat of vaporization of moisture from red chillies. *International Journal of Food Properties*, 8(2): 199-205.
- Karakaya, E. ve Kızıloğlu, S. (2021). TRB1 Bölgesinde (Bingöl, Elazığ ve Malatya illeri) elma yetiştiriciliğinin mevcut durumu. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(2): 470–483.
- Kumar, C., Millar, G. J. and Karim, M. A. (2015). Effective diffusivity and evaporative cooling in convective drying of food material. *Drying Technology*, 33(2): 227-237.
- Lammerskitten, A., Mykhailyk, V., Wiktor, A., Toepfl, S., Nowacka, M., Bialik, M., Czyewski, J., Witrowa Rjchert, D. and Parniakov, O. (2019). Impact of pulsed electric fields on physical properties of freeze-dried apple tissue. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 57: 1466-8564.
- Lewicki, P. P. and Das, Gupta, D. K. (1995). Osmotic Dehydration of Fruit and Vegetables in Handbook of Industrial Drying. Vol. 1, 2nd Edition, Ed. A.S. Mujumdar, Marcel Dekker, New York, Pp. 691–713.
- Lewis, W. K. (1921). The rate of drying of solid materials. *Industrial Engineering Chemistry*, 13: 427-432.
- Moffat, R. J. (1988). Describing the uncertainties in experimental results. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 1(1): 3–17.
- Morais, R. M. S. C., Morais, A. M. M. B., Dammak, I., Bonilla, J., Sobral, P. J. A., Laguerre, J. C., Afonso, M. J. and Ramalhosa, E. C. D. (2018). Functional Dehydrated Foods for Health Preservation. *Journal of Food Quality*, 2018(1): 1-29.
- Motevali, A., Abbaszadeh, A., Minaei, S., Khoshtaghaza, M. H. and Ghobadian, B. (2012). Effective moisture diffusivity, activation energy and energy consumption in thin-layer drying of jujube (*Zizyphus jujube* Mill). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14(3): 523-532.
- Mujumdar, A. S. and Law, C. L. (2010). Drying technology: trends and applications in postharvest processing. *Food Bioprocess Technology*, 3: 843-852.
- Nadi, F. and Tzempelikos, D. (2018). Vacuum drying of apples (cv. Golden Delicious): drying characteristics, thermodynamic properties, and mass transfer parameters. *Heat and Mass Transfer*, 54: 1853–1866.
- Nadian, M. H., Rafiee, S. and Golzarian, M. Z. (2019). Real-time monitoring of color variations of apple slices and effects of pre-treatment and drying air temperature. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 10: 493–506.
- Önal, B., Adiletta, G., Crescitelli, A., Matteo, A. D. and Russo, P. (2019). Optimization of hot air drying temperature combined with pre-treatment to improve physico-chemical and nutritional quality of ‘Annurca’ apple. *Food and Bioproducts Processing*, 115(3): 87-99.
- Pixton, S. W. and Warburton, S. (1973). Determination of moisture content and equilibrium relative humidity of dried fruit-Sultanas. *Journal of Stored Products Research*, 8(4): 263-270.
-

- Purohit, P., Kumar, A. and Kandpal, T. C. (2006). Solar drying vs. open sun drying: A framework for financial evaluation. *Solar Energy*, 80(12): 1568–1579.
- Ramallo, L. A. and Mascheroni, R. H. (2012). Quality evolution of pineapple fruit during drying process. *Food and Bioproducts Processing*, 99: 275-283.
- Rojas, M. L., Augusto, P. E. D. and Carcel, J. A. (2021). Combining ethanol pre-treatment and ultrasound-assisted drying to enhance apple chips by fortification with black carrot anthocyanin. *Journal of Food and Agriculture*, 101(5): 2078–2089.
- Sharma, A., Chen, C. R. ve Lan, N. V. (2009). Solar-energy drying systems: A review. *Renewable Sustainable Energy Review*. 13 (6–7): 1185–1210.
- Soomro, A. H., Miano, T. F., Marri, A., Kumar, D., Khaskheli, G. S., Arain, U. F. and Baloch, A. B. (2020). Application of pretreatments on banana slices for improving drying characteristics. *Food Science and Quality Management*, 103: 35-41.
- Surendhar, A., Sivasubramanian, V., Vidhyeswari, D. and Deepanraj, B. (2019). Energy and exergy analysis, drying kinetics, modeling and quality parameters of microwave-dried turmeric slices. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 136: 185–197.
- 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.
- Tan, M., Chua, K. J., Mujumdar, A. S. and Chou, S. K. (2001). Effect of osmotic pre-treatment and infrared radiation of drying rate and color changes during drying of potato and pineapple. *Drying Technology*, 19(9): 2193-2207.
- Taşkın, O., İzli, G. and İzli, N. (2021). Physicochemical and morphological properties of european cranberrybush powder manufactured by freeze drying. *International Journal of Fruit Science*, 21(1): 1008-1017.
- Tinello, F., Mihaylova, D. and Lante, A. (2018). Effect of dipping pre-treatment with unripe grape juice on dried “Golden Delicious” apple slices. *Food and Bioprocess Technology*, 11: 2275–2285.
- 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.
- Winiczenko, R., Kaleta, A. and Gornicki, K. (2021). Application of a MOGA algorithm and ANN in the optimization of apple drying and rehydration processes. *Processes*, 9(8): 1415.
- Yan, J. K., Wu, L. X., Qiao, Z. R., Cai, W. D. and Ma, H. L. (2019). Effect of different drying methods on the product quality and bioactive polysaccharides of bitter melon (*Momordica charantia* L.) slices. *Food Chemical*, 271: 588–596.