

BÜTÜN VE DİLİMLENİMİŞ PATATESLERİN KONVEKTİF KURUTUCUDA KURUTULMASININ DENEYSEL İNCELENMESİ

Experimental Investigation Of Convective Drying Of Sliced And Non-Sliced Potatoes

Burak TÜRKAN
Yakup ŞEN
Akın Burak ETEMOĞLU

ÖZET

Bu çalışmada patatesin kurutma kinetiği konvektif kurutucuda deneysel olarak araştırılmıştır. Farklı kurutma havası sıcaklıkları (40, 50 ve 60 °C) ve hızları (0.5, 0.7 ve 1 m/s) dilimlenmiş ve bütün patatese uygulanarak kurutma üzerindeki etkisi incelenmiştir. Ürünün yüzey sıcaklık değişimleri ile nem içeriği değerleri bir saatlik kuruma süresi boyunca tespit edilmiştir. Kurutma havası hız ve sıcaklık artışının ürünün kuruma süresi üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Aynı zamanda dilimli ürünün kurutulması sırasında meydana gelen nem içeriği azalmasının bütün patatese göre daha fazla olduğu elde edilmiştir. Sonuç olarak en kısa sürede kurutma işleminin dilimli üründe 60 °C hava sıcaklığı ve 1 m/s hava hızının uygulanması durumunda elde edileceği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Konveksiyon kurutma, patates, hız, sıcaklık, konvektif kurutucu

ABSTRACT

In this study, the kinetics of potato drying were investigated experimentally in convective dryer. Different drying air temperatures (40-50 and 60 °C) and velocities (0.5-0.7 and 1 m/s) were sliced and applied to whole potatoes and the effect on drying was investigated. The surface temperature changes and moisture content values of the product were determined for one hour drying time. Drying air velocity and temperature increase were found to be effective on the drying time of the food. At the same time, it was obtained that the moisture content decrease during the drying of the sliced product was higher than the whole potato. As a result, it was seen that the fastest drying process will be obtained in case of application of air temperature of 60 °C and air velocity of 1 m/s in the sliced product.

Keywords: Convection drying, potato, velocity, temperature, convective dryer

1. GİRİŞ

Patates çeşitli gıdalarda nişasta ve diğer endüstriyel amaçlar için kullanılan bir gıda ürünüdür. Değişen gıda alışkanlıkları nedeniyle patatesin talebi ve kullanımı yakın geçmişte artmıştır. Gelişmiş ülkelerde yetiştirilen patateslerin yarısından fazlası işlenmiş ürünler olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda işlenmiş patates ürünleri için pazarların genişlemesine tanık olunmaktadır [1-2]. Ürünlerin içerdikleri su kimyasal bozulmaya neden olmaktadır. Bu yüzden tarım ürünlerinin uzun süre korunmasında kurutma işlemi kullanılmaktadır. Kurutma işlemi ile sezonluk üretilen gıdaların vitamin değerini kaybetmeden uzun süre sağlıklı bir şekilde depolanması sağlanmaktadır. Böylece ekonomik israf önlenmiş olup uzun süre kaliteli ürün tüketiciye sunulmaktadır [3].

Güneş ile kurutma tarım ürünlerinin uzun süre korunması için kullanılan geleneksel yöntemlerden birisidir. Bununla birlikte sıcak hava kurutması üniform ve hızlı kuruma prosesi nedeniyle en yaygın kullanılan endüstriyel yöntemdir [4, 5, 6, 7].

Kurutma işlemi eş zamanlı ısı ve kütle transferi mekanizmalarından oluşan karmaşık bir süreçtir. Hava ile kurutma süreci genellikle sabit hız ve ardından azalan hız periyodundan oluşmaktadır. Sabit hız periyodunda yüzey su ile kaplıdır. Su buharlaştıkça yüzeyden kütle transferi gerçekleşmektedir. Hava hızı, sıcaklığı ve bağıl nem bu süreçte kurutma hızını etkileyen faktörlerdir. Azalan hız periyodunda nem transferi kılcal akış, sıvı ve buhar difüzyonu gibi iç kütle transfer mekanizmaları tarafından kontrol edilir. Azalan hız periyodunda bu mekanizmalardan bir veya daha fazlası aynı anda etki edebilir. Hava sıcaklığı, kimyasal bileşim, fiziksel yapısı ve kalınlığı kuruma hızını etkiler. Higroskopik malzemelerde iki azalan hız periyodu oluşmaktadır. Birinci azalan hız periyodunda ürün nemi havaya karıştıkça ıslak yüzey alanı azalır. Yüzey kuruduktan sonra ikinci azalan hız periyodu başlar ve buharlaşma ürünün iç kısımlarında oluşur [8, 9, 10].

Literatürde kurutma ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Vega ve ark.[11] Meyve ve sebzelerin kurutulmasında ürün yüzeyinde maksimum sıcaklık değerini araştırmışlardır. Elma dilimlerini deneysel olarak otomatik kontrol ünitesinde kurutmuşlardır. Simülasyon modelinde deneysel datalar ile optimum kontrolü tanımlamışlardır. Bezerra ve ark.[12] gıda kabuğunun kurutulmasında literatürde bulunan analitik modeli kullanarak nem difüzivitesini ve kütle transfer katsayılarını hesaplamışlardır. Deneysel ve korelasyondan uyumlu sonuçlar elde etmişlerdir. Udayraj ve ark.[13] bir gıda ürününün nem içeriğinin tahmini için nümerik model geliştirmişlerdir. Kaya ve ark. [14] su kabağının kuruma davranışını incelemek için konvektif kurutucu kullanmışlardır. Lemus-Mondaca ve ark.[15] 40°C den 80°C ye kadar farklı kurutma havası sıcaklıklarını kullanarak katı bir gıda ürününün kurutulmasını hem nümerik hem deneysel olarak incelemişlerdir. Kumar ve ark. [16] çalışmalarında zorlanmış taşınım ile meyve kurutulması sırasında eş zamanlı ısı ve kütle transferinin matematik modelini geliştirmişlerdir. Darıcı ve Şen [17] kivi kurutulmasını deneysel olarak incelemişlerdir.

Literatürde konvektif kurutma yöntemi kullanılan pek çok farklı gıda ürünlerinin kurutulması çalışmaları bulunmaktadır. Bamyı [18]; kuru erik [19]; kırmızı biber [20]; havuç [21]; şeftali [22]; domates [23]; kivi [24], elma [25].

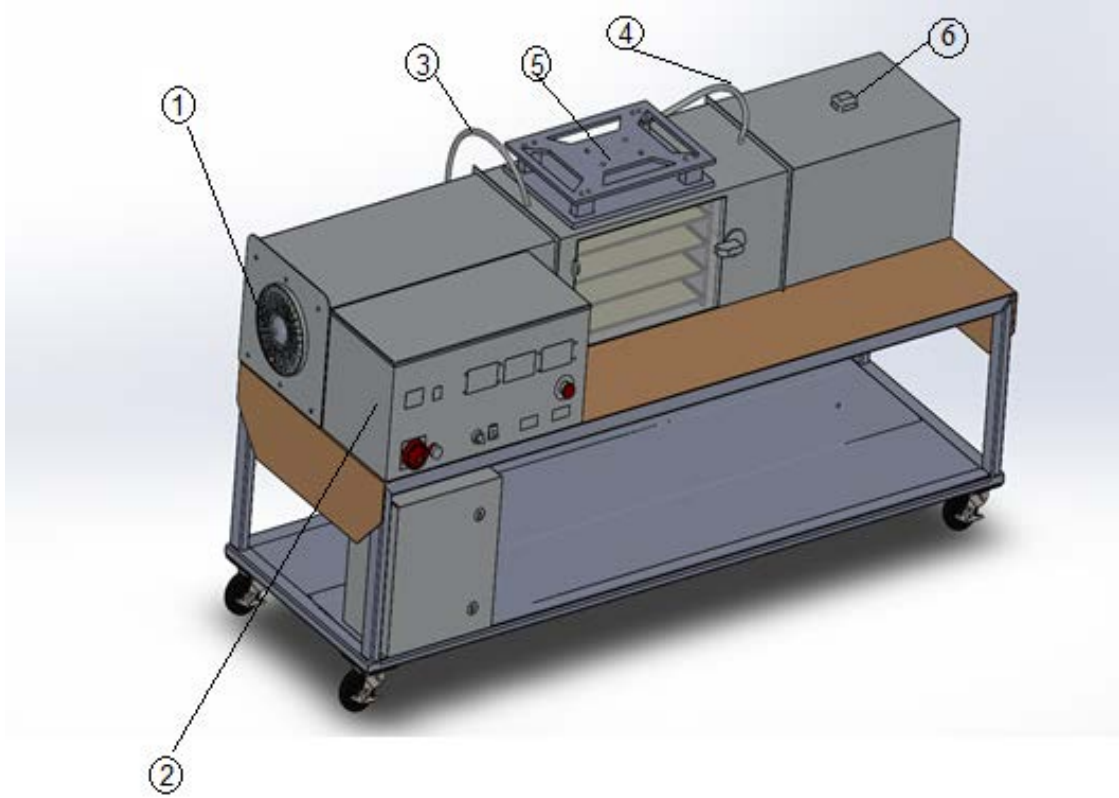
Bu çalışmanın amacı,

- a) Patatesin konvektif kurutucuda kurutma karakteristiğinin araştırılması,
- b) Deneysel hata analizi yapılarak belirsizliğin tespit edilmesi,
- c) Kurutma havası hızı ve sıcaklığının kuruma üzerindeki etkisinin araştırılması,
- d) Bütün ve dilimli ürünün kuruma süresi boyunca nem ve sıcaklık değişimlerinin elde edilmesidir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1.Deney tesisatının tanıtımı

Deneylerde Bursa'da bir markette satılan patatesler kullanılmıştır. Patatesler 1 cm kalınlığında dairesel şekilde dilimlenerek tepsilere yerleştirilmiştir. Kurutma işlemleri Uludağ Üniversitesi Isı Tekniği Laboratuvarında bulunan konvektif tepsili tünel tip kurutma cihazı ile yapılmıştır. Deney setinin modeli Şekil 1'de verilmiştir.



- 1) Fan (Taze hava girişi), 2) Otomatik kontrol ünitesi (hız, sıcaklık, nem ve ağırlık), 3-4) sıcaklık ve nem sensörleri, 5) Hassas terazi, 6) Hız sensörü

Şekil 1. Deneyde kullanılan kurutucunun katı model görüntüsü

2.2. İlk nemin belirlenmesi

İlk nem tayininin belirlenmesi için 93 ± 0.05 gr ağırlığındaki patates dilimleri kurutma cihazına konularak 24 saat boyunca $60 \pm 0.3^\circ\text{C}$ hava sıcaklığında kurutulmuştur. Son iki ölçüm arasındaki fark $\%0.01$ oluncaya kadar kurutma işlemi yapılmıştır. Ortalama başlangıç ürün nem içeriği yaklaşık 3.01 (gr su/gr kuru madde) olarak elde edilmiştir.

2.3. Deneylerin yapılışı

Deney cihazı giriş hava fanı, kanal bağlantısı, çıkış havası ve otomatik kontrol ünitesinden oluşmaktadır. Deneyde kullanılan ısıtma havası ve hızı istenen değerlere getirilebilmektedir. Alınan patatesler öncelikle buzdolabında 4°C de 24 saat boyunca muhafaza edilmiştir. Daha sonra oda sıcaklığına gelinceye kadar 3 saat laboratuvar ortamında bırakılmıştır. Kurutma havası sıcaklığının kuruma üzerine etkisini incelemek için 40 ± 0.3 - 50 ± 0.3 ve 60 ± 0.3 $^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki hava, ürün üzerine 0.5 m/s hızda gönderilmiştir. Hava hızının kurutma üzerine etkisini incelemek için ise 0.5 , 0.7 ve 1 m/s hava hızları 60°C hava sıcaklığındaki ürün üzerine gönderilmiştir. Öncelikle patatesler bütün halde ve dilimlenerek tepsiye dizilmiştir. Bu arada sürekli rejime ulaşıncaya kadar deney cihazı çalıştırılmıştır. Boş tepsilerin ağırlığı ölçülerek kaydedilmiştir. İstenen şartlara ulaştığı zaman tepsi cihaza yerleştirilmiştir. Deney sırasında ürünün ağırlığındaki değişim 0.05 gr hassasiyete sahip dijital terazi yardımı ile periyodik olarak kaydedilmiştir. Ürünün yüzey sıcaklık değeri ise kızılötesi sıcaklık ölçüm cihazı kullanılarak tespit edilmiştir.

2.4. Nem içeriği hesabı

Ürün içindeki nem içeriğini kuru ve yaş baza göre ifade etmek için;

$$M_{KB} = \left(\frac{W_s}{W_K} \right) = \left(\frac{W - W_K}{W_K} \right) \quad (1)$$

$$\%M_{YB} = \left(\frac{W_s}{W_s + W_K} \right) \times 100 \quad (2)$$

ifadeleri kullanılmaktadır. Burada W ürünün başlangıç ağırlığı (gr) W_s ürün içerisindeki suyun kütlesi (gr) ve W_K kuru ürünün kütlesi (gr) olarak ifade edilmektedir [26].

Yüzeyde ısı ve kütle denge şartları yazılarak elde edilen ısı transferi miktarı Q (W) ve kütle taşınım hızı M_b (kg/s) eşitlik (3) ve (4)'de verilmiştir.

$$Q = hA(T_\infty - T_w) \quad (3)$$

$$M_b = h_m A(\rho_w - \rho_\infty) \quad (4)$$

Burada h ısı taşınım katsayısı (W/m^2K), h_m taşınım kütle transfer katsayısı (m/s), T_∞ ve T_w çevre ve yüzey sıcaklığı (K), ρ_w ve ρ_∞ yüzey ve havadaki su buharının konsantrasyonu (kg/m^3). Konsantrasyon farkını bulmak için ise eşitlik (5) ve (6) kullanılmaktadır.

$$\rho_w = \frac{P_{bw}}{R_b T_w} \quad (5)$$

$$\rho_\infty = \frac{P_{b\infty}}{R_b T_\infty} \quad (6)$$

Burada R_b gaz buhar sabiti (kJ/kgK), P_{bw} ve $P_{b\infty}$ yüzeydeki havanın ve ortamdaki havanın kısmi basıncı.

2.5. Deneysel hata analizi

Yapılan deneysel çalışmada ölçüm aletlerine bağlı olarak bir takım hatalar meydana gelmektedir. Bu yüzden ölçüm sonuçlarının belirsizlik analizinin yapılarak toplam hata değerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Hassas terazi ile üründe meydana gelen ağırlık değişimleri kaydedilmiştir. Deneylerde meydana gelen toplam hata değerinin hesaplanması için eşitlik (7) ve (8) kullanılmıştır [27].

$$W_r = \left[\left(\frac{\partial R}{\partial x_1} w_1 \right)^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial x_2} w_2 \right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial R}{\partial x_n} w_n \right)^2 \right]^{1/2} \quad (7)$$

$$e = \frac{W_r}{R} = \left[\left(\frac{1}{R} \frac{\partial R}{\partial x_1} w_1 \right)^2 + \left(\frac{1}{R} \frac{\partial R}{\partial x_2} w_2 \right)^2 + \dots + \left(\frac{1}{R} \frac{\partial R}{\partial x_n} w_n \right)^2 \right]^{1/2} \quad (8)$$

Burada R ($x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$) bağımsız değişkenlerin verilen bir fonksiyonudur, W_r toplam hata değeri, $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$ bağımsız değişkenlerin hata değeri ve e bağıl belirsizlik ifadesidir.

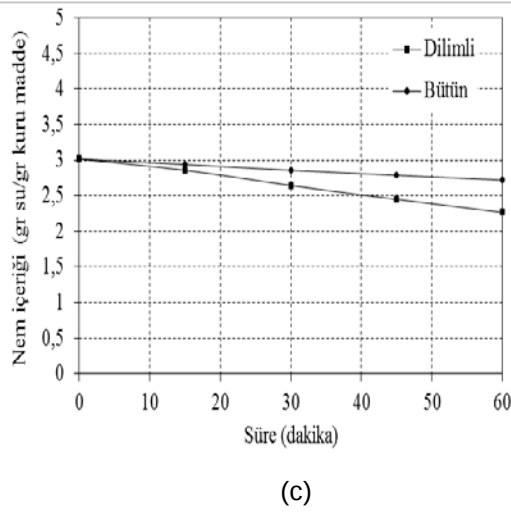
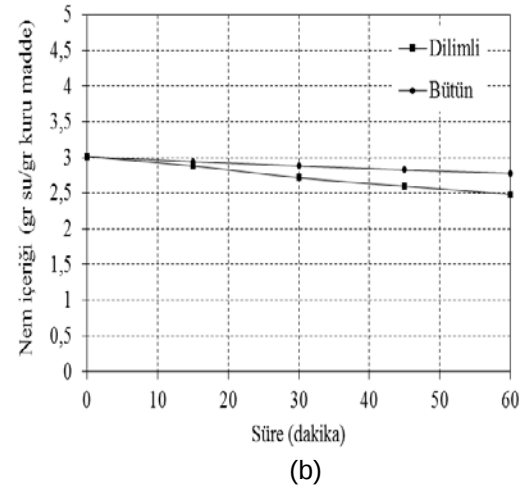
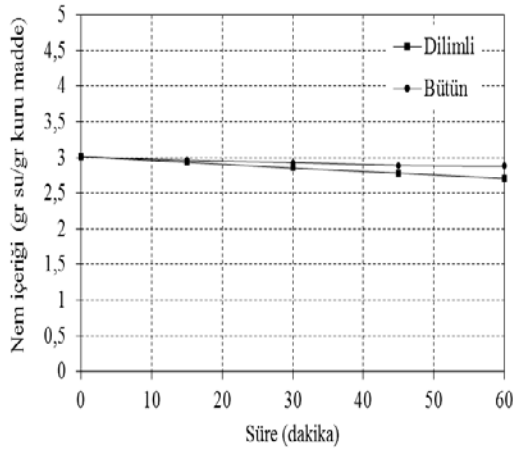
Eşitlik (1)'de verilen kuru bazda nem içeriğini hesaplamak için sadece kuru ürünün ve başlangıç ağırlıklarının hassas terazide ölçülmesi gerekmektedir. Dolayısı ile nem içeriği hesabında oluşabilecek hata değeri sadece ağırlık ölçümlerine bağlı olacaktır. Eşitlik (8) denklemi kullanılarak nem içeriklerinin hata analizi yapılmıştır. Dilimli ve bütün patates için bağıl belirsizlik değerleri sırası ile $\pm 0.5\%$ ve 0.3% olarak elde edilmiştir.

3. SONUÇ VE TARTIŞMA

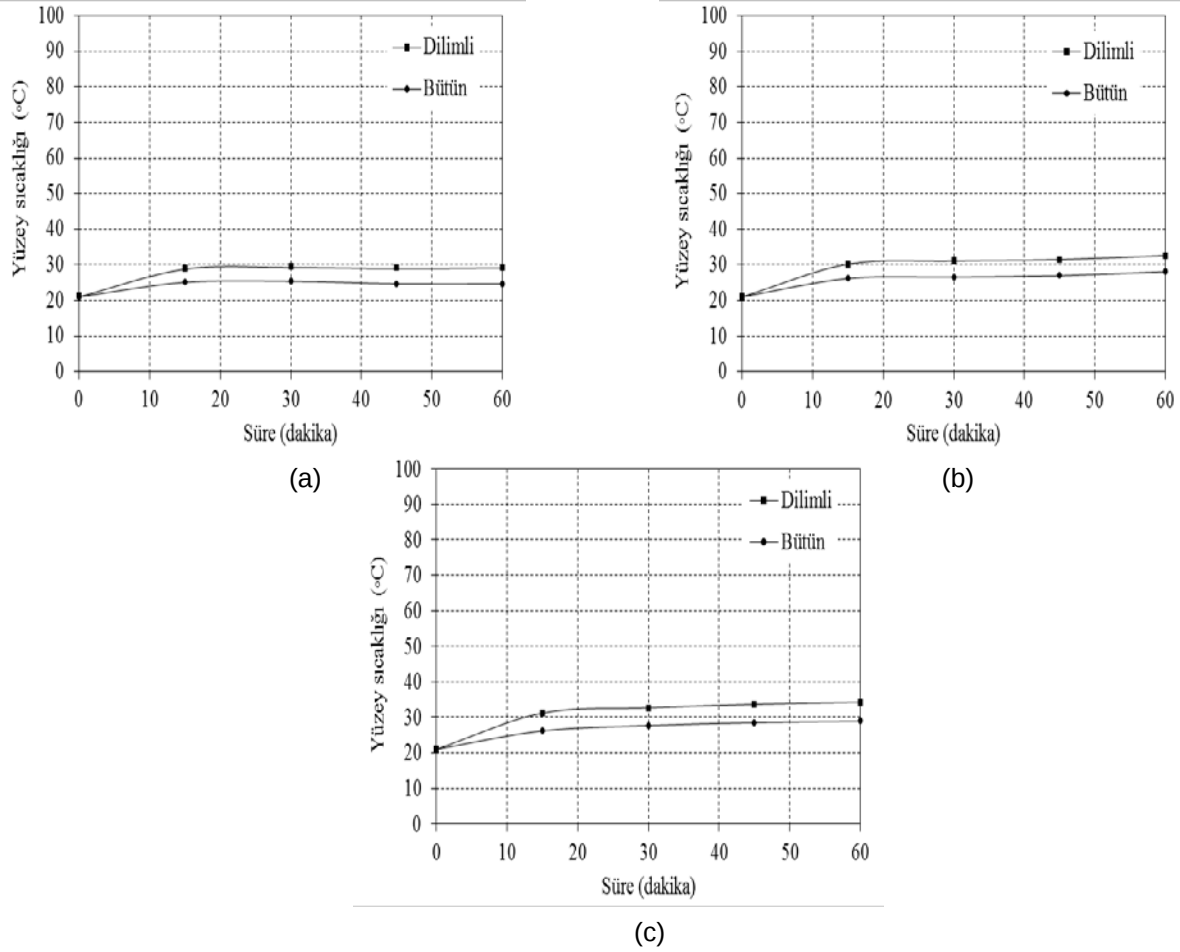
3.1.Kurutma kinetiğinin araştırılması

Yapılan deneylerde dilimli ve bütün patates için farklı hava sıcaklıklarında kurutma işlemi uygulanmıştır. Şekil 2'de elde edilen sonuçlar görülmektedir. Şekil 2a'da 40°C hava sıcaklığında yapılan bir saatlik kurutma işlemi sonunda başlangıç durumuna göre dilimli patatesin nem içeriği %10.2 azalırken, bütün patatesin nem içeriği ise %4.6 azalmıştır. 50°C hava sıcaklığında yapılan kurutmada ise dilimli ve bütün ürünün nem içeriği bir saatlik kuruma süresi sonunda sırası ile %17 ve %8 azalmıştır. 60°C hava sıcaklığında yapılan deney sonuçları Şekil 2c'de verilmiştir. Dilimli ve bütün patatesin nem içeriği bir saat sonra %24 ve %9.9 azalmıştır. 40, 50 ve 60°C hava sıcaklığı için bir saatlik kurutma işlemi sonunda dilimli patatesin ölçülen nem içeriği bütün patatese göre %6, %10 ve %16.6 daha az çıkmıştır. Şekil 3'de farklı hava sıcaklıkları için yapılan kurutma işlemi boyunca ürünün yüzey sıcaklıklarının değişim grafikleri verilmiştir. İlk 15 dakikada sıcaklık değerlerinde önemli bir artış olduğu gözlenmiş ve daha sonra yüzey sıcaklığında daha yavaş bir sıcaklık artışı meydana gelmiştir. Şekil 3'de 40°C hava sıcaklığı için yapılan kurutma işleminde dilimli patatesin yüzey sıcaklığı 60 dakikada %27.8 artarak 29.1°C olarak ölçülmüştür. Bütün patateste ise 60 dakika sonra ulaşılan sıcaklık değerinin %14.9'luk artış ile 24.7°C olduğu gözlenmiştir. 50°C hava sıcaklığında yapılan deneylerde ise dilimli patatesin yüzey sıcaklığı 60 dakika sonra %35.5 lük artış ile 32,6°C ye ulaşmıştır. Bütün patatesin yüzey sıcaklığı 15 dakika sonra %25.2'lik artış ile 28.1°C olarak ölçülmüştür. 60°C hava sıcaklığında yapılan kurutma işleminde ise en fazla sıcaklık artışı gözlenmiştir. Dilimli patatesin yüzey sıcaklığı bir saatlik kuruma periyodu sonunda %38.7'lik artış ile 34.3°C olarak ölçülürken bütün patates ise %27.3'lük artış ile 28.9°C sıcaklığa ulaşmıştır. 40,50 ve 60°C hava sıcaklığında bir saatlik kurutma işlemi sonunda dilimli patatesin ölçülen yüzey sıcaklığı bütün patatese göre % 15.1, %13.8 ve %15.7 daha fazla çıkmıştır. Her üç hava sıcaklığında yapılan kurutma işlemi için dilimli patatesin yüzey sıcaklığı bütün patatese göre daha fazla çıkmıştır.

Şekil 2 ve 3'den elde edilen verilere göre dilimli patates ile yapılan kurutma işleminin bütün patatese göre daha hızlı gerçekleştiği görülmüştür. Bu duruma kurutulan ürünün yüzey alanının daha fazla olması neden olmuştur. Dilimli üründe meydana gelen buharlaşma miktarı bütün üründen daha fazla çıkmıştır. Hava hızı ve sıcaklığının yanında kurutulan ürünün yüzey alanı da etkili bir parametredir.



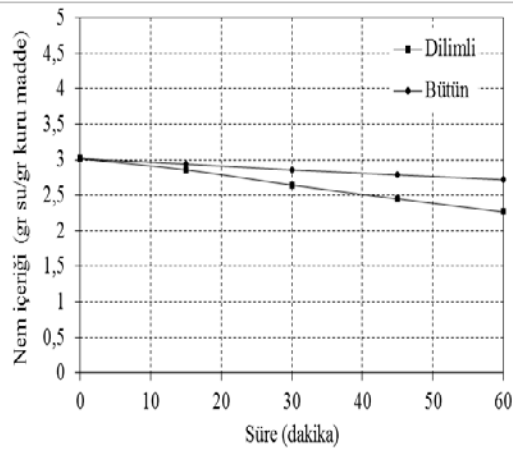
Şekil 2. Dilimli ve bütün patatesin nem içeriği değişimleri (0.5 m/s hava hızı ve 40°C; b-50°C; c-60°C hava sıcaklıkları)



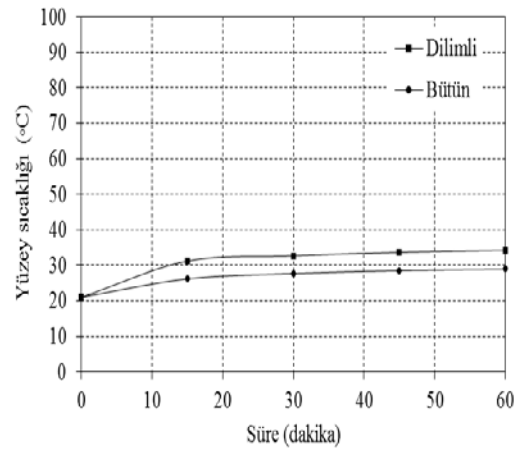
Şekil 3. Dilimli ve bütün patatesin yüzey sıcaklık değişimleri (0.5 m/s hava hızı ve a-40°C; b-50°C; c-60°C hava sıcaklıkları)

Farklı kurutma havası hızları için dilimli ve bütün patatesin nem ve sıcaklık değişim grafikleri Şekil 4 ve 5'de verilmiştir. Şekil 4'de 0.5 m/s için yapılan bir saatlik kurutma işlemi sonunda başlangıca göre dilimli patatesin nem içeriği %24.9 azalırken, bütün patatesin nem içeriği ise %10 azalmıştır. 0.7 m/s hızı için yapılan kurutmada dilimli ve bütün ürünün nem içeriği bir saatlik kurutma süresi sonunda %30 ve %10.6 azalmıştır. Dilimli ve bütün patatesin nem içeriği 60 dakika sonra %37.4 ve %12.6 azalmıştır. 0.5, 0.7 ve 1 m/s hava hızı için bir saatlik kurutma işlemi sonunda dilimli patatesin ölçülen nem içeriği bütün patatese göre % 16.6, %22.3 ve %28.4 daha az çıkmıştır. Şekil 4'de farklı hava hızları için yapılan kurutma işlemi boyunca ürünün yüzey sıcaklıklarının değişim grafikleri verilmiştir. İlk 15 dakikada sıcaklık değerlerinde önemli bir artış olduğu gözlenmiş ve daha sonra yüzey sıcaklığında daha yavaş bir sıcaklık artışı meydana gelmiştir. 0.5 m/s hava hızı için yapılan kurutma işleminde dilimli patatesin yüzey sıcaklığı 60 dakikada %38.7 artarak 34.3°C olarak ölçülmüştür. Bütün patatese ise 60 dakika sonra ulaşılan sıcaklık değerinin %27.3'lük artış ile 28.9°C olduğu gözlenmiştir. 0.7 m/s hava hızında yapılan deneylerde ise dilimli patatesin yüzey sıcaklığı 60 dakika sonra %47.6 lük artış ile 40.1°C ulaşmıştır. Bütün patatesin yüzey sıcaklığı 60 dakika sonra %34.7'luk artış ile 32.2°C olarak ölçülmüştür. 1 m/s hava hızında dilimli patatesin yüzey sıcaklığı bir saatlik kuruma periyodu sonunda %55.1'lik artış ile 46.8°C olarak ölçülürken bütün patates ise %43'lük artış ile 36.9°C sıcaklığa ulaşmıştır. 0.5, 0.7 ve 1 m/s hava hızında bir saatlik kurutma işlemi sonunda dilimli patatesin ölçülen yüzey sıcaklığı bütün patatese göre % 15.7, %19.7 ve %21.1 daha fazla çıkmıştır. Her üç hava sıcaklığında yapılan kurutma işlemi için dilimli patatesin yüzey sıcaklığı bütün patatese göre daha fazla çıkmıştır.

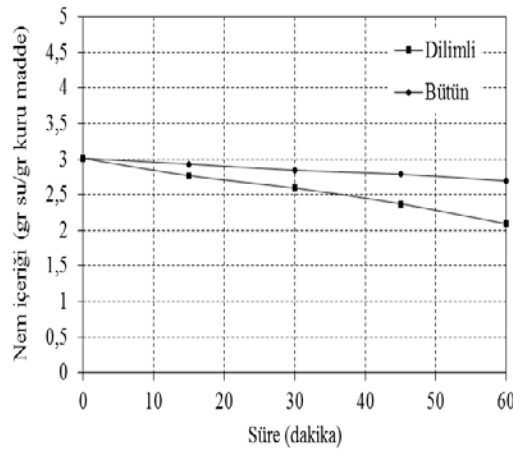
Şekil 4'den elde edilen verilere göre dilimli patates ile yapılan kurutma işleminin bütün patatese göre daha hızlı gerçekleştiği görülmektedir.



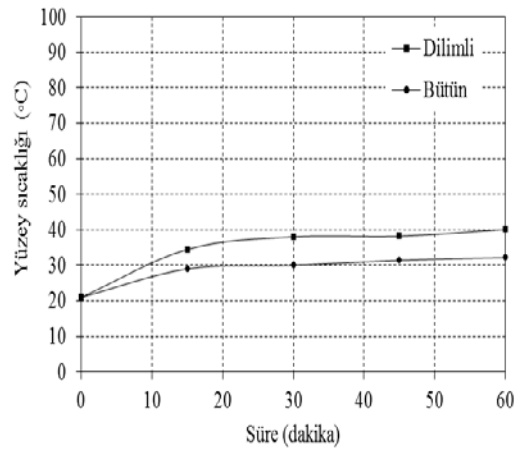
(a)



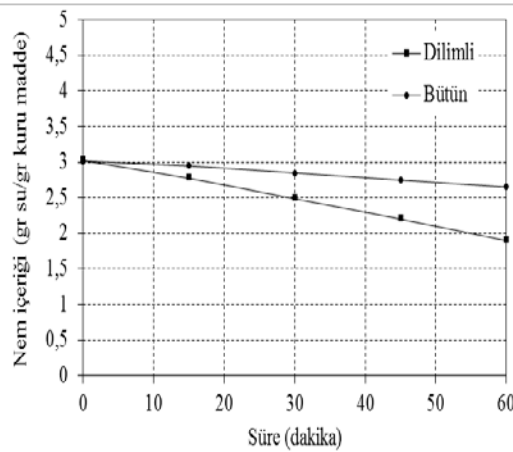
(d)



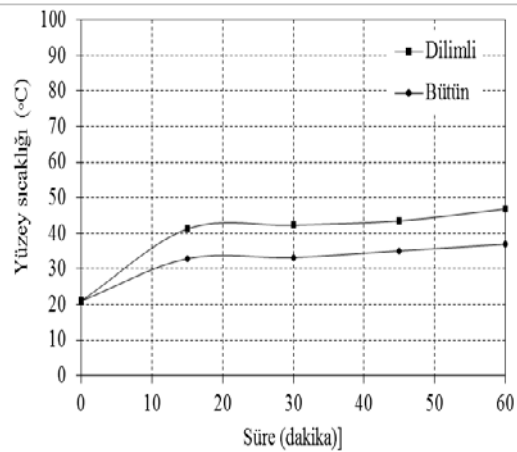
(b)



(e)



(c)

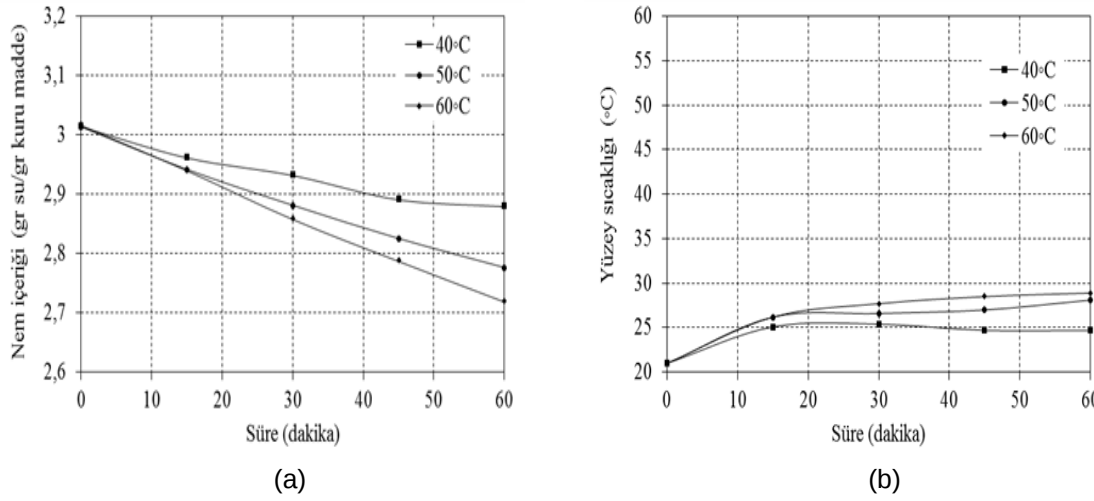


(f)

Şekil 4. Bütün ve dilimli patatesin nem içeriği ve yüzey sıcaklık değişimleri (a-d-0.5 m/s; b-e-0.7 m/s; c-f-1 m/s hava hızları ve 60°C hava sıcaklığı)

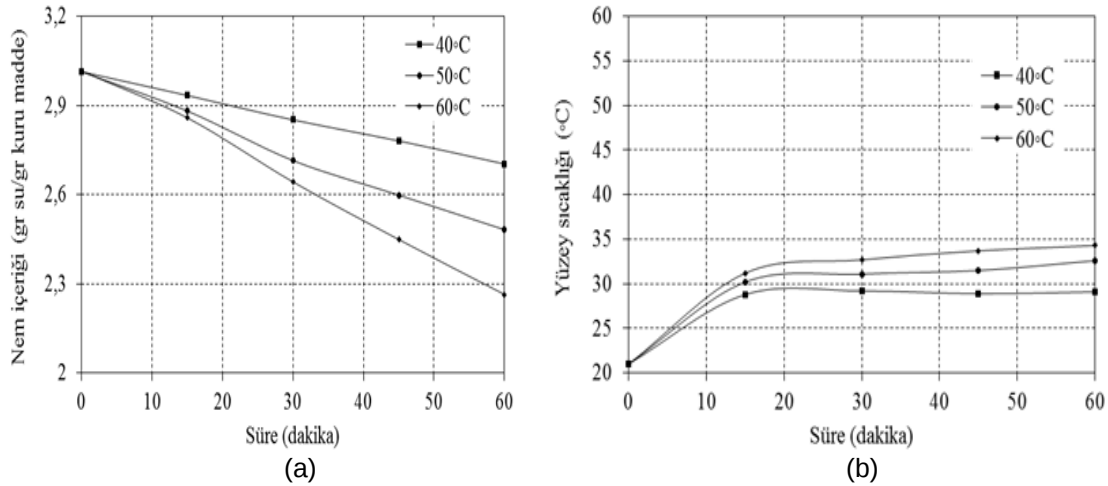
Şekil 5'de farklı hava sıcaklıklarının bütün ve dilimli ürün üzerindeki nem ve sıcaklık değişimleri verilmiştir. Sıcaklık artışının nem içeriğini azalttığı ve kuruma süresini kısalttığı görülmektedir. Bir

saatlik kuruma süresi sonunda bütün patatesin nem içeriği sırası ile 2.87, 2.77 ve 2.71 (gr su/gr kuru madde) olarak ölçülmüştür. Yüzey sıcaklıkları ise 24.7, 28.1 ve 28.9°C olarak elde edilmiştir.



Şekil 5. Bütün patatesin nem içeriği ve yüzey sıcaklık değişimleri (0.5 m/s hava hızı, a-40°C; b-50°C; c-60°C hava sıcaklıkları)

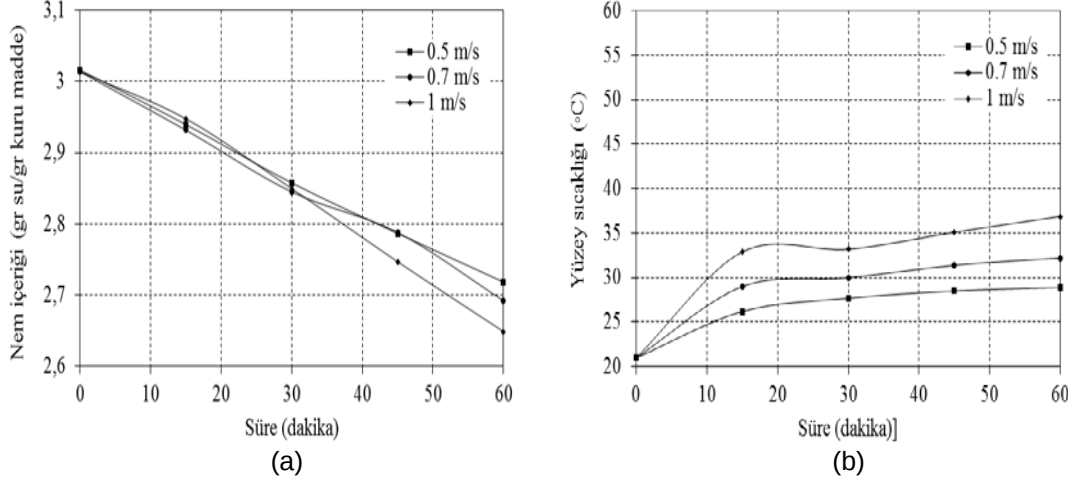
Dilimli patatesin farklı hava sıcaklıklarında (40-50-60°C) 1 saatlik kuruma süresi sonunda nem içerikleri 2.70, 2.48 ve 2.26 (gr su/gr kuru madde) olarak tespit edilmiştir (Şekil 6). Yüzey sıcaklıkları ise 29.1, 32.6 ve 34.3°C olarak ölçülmüştür. Bütün patates için 20°C sıcaklık artışı nem içeriğini % 5.5, dilimli patates için ise %16.2 azaltmıştır. 20°C hava sıcaklık artışında yüzey sıcaklık artış oranı bütün patates de %14.5, dilimli üründe ise %15.1 olarak tespit edilmiştir.



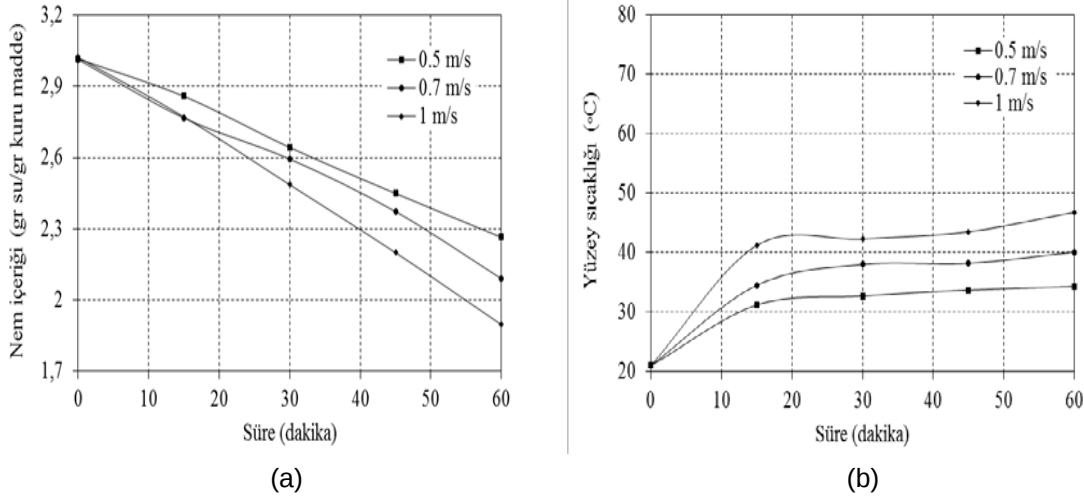
Şekil 6. Dilimli patatesin nem içeriği ve yüzey sıcaklık değişimleri (0.5 m/s hava hızı, a-40°C; b-50°C; c-60°C hava sıcaklıkları)

Bütün patatesin farklı hava hızlarında (0.5, 0.7 ve 1 m/s) bir saatlik kuruma süresi sonunda nem içerikleri 2.71, 2.69 ve 2.64 (gr su/gr kuru madde) olarak hesaplanmıştır. Yüzey sıcaklıkları ise 28.9, 32.2 ve 36.9°C olarak ölçülmüştür (Şekil 7). Dilimli patatesin ise nem içerikleri 2.26, 2.09 ve 1.89 (gr

su/gr kuru madde) olarak tespit edilmiştir. Yüzey sıcaklıkları ise 34.3, 40.1 ve 46.8°C olarak elde edilmiştir (Şekil 8). Bütün patates için 0.5 m/s'lik hız artışı (hız 2 katına çıkartıldığında) nem içeriğini %2.5 ,dilimli patates için ise %16.3 azaltmıştır. 0.5 m/s'lik hız artışında yüzey sıcaklık artış oranı ise bütün patates de %21.6, dilimli üründe ise %26.7 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 7.Bütün patatesin nem içeriği ve yüzey sıcaklık değişimleri (0.5-0.7 ve 1 m/s hava hızları ve 60°C hava sıcaklığı)



Şekil 8. Dilimli patatesin nem içeriği ve yüzey sıcaklık değişimleri (0.5-0.7 ve 1 m/s hava hızları ve 60°C hava sıcaklığı)

SONUÇ

Yapılan çalışmada gıda ürünlerinden birisi olan patatesin sıcak hava ile kurutulması incelenmiştir. Dilimli ve bütün patates dilimleri üzerine gönderilen üç farklı hava sıcaklıkları (40-50 ve 60°C) ile üç farklı hava hızlarının (0.5-0.7 ve 1 m/s) ürün nem içeriği ve yüzey sıcaklık değişimine olan etkisi 60 dakikalık süre için araştırılmıştır. Çalışmadan elde edilen dikkate değer bazı sonuçlar kısaca şu şekilde özetlenebilir;

- Kurutma havası sıcaklığı ve hızı arttıkça kuruma süresinin kısaldığı ve daha hızlı kurumanın gerçekleştiği görülmüştür. Bu sonuçlara göre hava sıcaklığı ve hızı arttıkça buharlaşan su miktarında artış olduğu söylenebilir.
- Tüm sıcaklıklar için patates kurutulması sırasında deneyden elde edilen veriler sadece azalan hız periyodunda gerçekleşmiştir.
- Dilimli ürün ile yapılan kurutma işleminin bütün patatesten daha hızlı olarak gerçekleştiği görülmüştür.
- Deneysel çalışma için yapılan hata analizi sonucu elde edilen belirsizlik değerlerinin çok düşük mertebelerde olduğu tespit edilmiştir.
- Ürün içerisindeki yüksek nem miktarı mikroorganizmaların oluşmasına neden olmaktadır. Bu sebepten dolayı deneysel olarak ürün içerisindeki nem dağılımının tespit edilemediği durumlarda nümerik çözüm de yapılarak bu olumsuzluğun önlenmesi mümkün hale gelebilecektir.
- Akademik ve endüstriyel kullanıcılar, kurutucu tasarımı bu parametrelerin (hız ve sıcaklık) etkisini de göz önünde bulundurmalıdırlar. Aynı zamanda kurutucunun enerji ve ekserji analizi yapılmalıdır.
- Ürünün kısa sürede kurutulmasının önemli olmasının yanında raf ömrü için gıda kalitesinin de ayrıca incelenmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] BAKAL, S. B., GEDAM, K. H., SHARMA, G. P., "Drying characteristics and kinetics of fluidized bed dried potato", Agricultural and Food Science, 19, 127–135, 2010.
- [2] OLAWALE, A. S., OMOLE, S. O., "Thin layer drying models for sweet potato in tray dryer", Agriculture Engineering International: The CIGR Journal, 14, 131–137, 2012.
- [3] ALIBAS, I., "Characteristics of chard leaves during microwave, convective, and combined microwaveconvective drying", Drying Technology, 24(1):1425-1435, 2006.
- [4] DOYMAZ, I., "Drying of leek slices using heated air", Journal of Food Process Engineering 31(5): 721-737, 2008.
- [5] AVERSA, M., CURCIO, S., CALABRO, V., IORIO, G., "An analysis of the transport phenomena occurring during food drying process", Journal of Food Engineering, 78(3): 922–932, 2007.
- [6] BARATI, E., ESFAHANI, J. A., "A new solution approach for simultaneous heat and mass transfer during convective drying of mango", Journal of Food Engineering, 102(4): 302–309, 2011.
- [7] MUNDADA, M., HATHAN, B. S., MASKE, S., "Convective dehydration kinetics of osmotically pretreated pomegranate arils", Biosystems Engineering, 107(4): 307–316, 2010.
- [8] HELDMAN, D. R., HARTEL, R. W., "Principles of food processing", Gaithersburg: Aspen Publishers, Inc.. 1999.
- [9] GEANKOPLIS, C. J., "Transport Processes and Unit Operations", New Jersey: Prentice-Hall. 1993.
- [10] RIZVI, S. S. H., "Thermodynamic properties of foods in dehydration", In M. A. Rao & S. S. H. Rizvi (Eds.), Engineering properties of foods (pp. 223–309). New York: Marcel Dekker, Inc., 1995.
- [11] VEGA, A. M. N., STURM, B., HOFACKER, W., "Simulation of the convective drying process with automatic control of surface temperature", Journal of Food Engineering, 170, 16-23, 2016.
- [12] BEZERRA, C. V., SILVA, L.H.M., CORREA, D. F., RODRIGUES, A.M.C., "A modeling study for moisture diffusivities and moisture transfer coefficients in drying of passion fruit peel", International Journal of Heat and Mass Transfer, 85, 750–755, 2015.
- [13] UDAYRAJ, Md. A., MISHRA, R. K., CHANDRAMOHAN, V.P., TALUKDAR, P., "Numerical modeling of convective drying of food with spatially dependent transfer coefficient in a turbulent flow field", International Journal of Thermal Sciences, 78, 145-157, 2014.
- [14] KAYA, A., AYDIN, O., KAMER, M. S., DOĞAN, O., "Su Kabağının Kuruma Davranışının Deneysel İncelenmesi", KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16(2), 2013.
- [15] LEMUS-MONDACA, R. A., ZAMBRA, C.E., VEGA-GALVEZ, A., MORAGA, N.O., "Coupled 3D heat and mass transfer model for numerical analysis of drying processin papaya slices", Journal of Food Engineering, 116, 109–117, 2013.
- [16] KUMAR, C., KARIM, A., KOARDDER, M.U.H., MILLER, G.J., "Modeling Heat and Mass Transfer Process During Convection Drying of Fruit", 4th International Conference on Computational Methods (ICCM 2012), Australia, 2012.

- [17] DARICI, S., ŞEN, S., “Kivi Meyvesinin Kurutulmasında Kurutma Hava Hızının Kurumaya Etkisinin İncelenmesi”, Tesisat Mühendisliği, 130, 2012.
- [18] DOYMAZ, I., “Drying characteristics and kinetics of okra”, Journal of Food Engineering, 69: 275 – 279, 2005.
- [19] SABAREZ, H. T., “Computational modelling of the transport phenomena occurring during convective drying of prunes”, Journal of Food Engineering, 111:(2), 279–288, 2012.
- [20] SIMAL, S., GARAU, C., FEMENIA, A., ROSSELLO, C., “Drying of red pepper (Capsicum annum): water desorption and quality”, International Journal of Food Engineering, 1:(4), 1 -14, 2005.
- [21] DOYMAZ, I., “Drying kinetics, rehydration and colour characteristics of convective hot-air drying of carrot slices”, Heat Mass Transfer, 53:1, 2016.
- [22] ZHU, A., SHEN, X., “The model and mass transfer characteristics of convection drying of peach slices”, Int J Heat and Mass Trans., 72: 345-351, 2014.
- [23] TAHERI-GARAVAND, A., RAFIEE, A., KEYHANI, A., “Mathematical Modeling of Thin Layer Drying Kinetics of Tomato Influence of Air Dryer Conditions”, Int. Trans. J Eng. Manag& Applied Sci&Technol., 2:147-160, 2011.
- [24] MASKAN, M., “Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwi fruits during hot air and microwave drying”, Journal of Food Engineering, 48:177–182, 2001.
- [25] ZLATANOVIC, I., KOMATINA, M., ANTONIJEVI, D., “Low-temperature convective drying of apple cubes”, Applied Thermal Engineering, 53:114-123, 2013.
- [26] YAGCIOGLU, A., DEGIRMENCIOGLU, A., CAGATAY, F., “Drying characteristics of laurel leaves under different drying conditions”, In: Proceedings of the 7th International Congress on Agricultural Mechanization and Energy, 565-569, Adana, Turkey, 1999.
- [27] MOFFAT, R. J., “Describing the uncertainties in experimental results”, Experimental Thermal and Fluid Science, 1,(1): 3-17, 1988.

ÖZGEÇMİŞ

Burak TÜRKAN

1988 yılında Bursa’da doğdu. 2005-2009 yılları arasında Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü’nde lisans eğitimini tamamladı. 2010 yılında Bayburt Üniversitesi Enerji Anabilim Dalı’na ÖYP’li Arş. Gör. olarak atandı. Daha sonra 2011 yılında Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü’ne yüksek lisans ve doktora programını yapmak üzere görevlendirildi. 2014 yılında yüksek lisans eğitimini tamamlayıp aynı yıl doktora programına kayıt oldu. Halen doktora eğitimine devam etmektedir.

Yakup ŞEN

2008-2012 yılları arasında Niğde Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü’nde lisans eğitimini tamamladı. 2017 yılında Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü’nde yüksek lisans eğitimini tamamlayıp aynı yıl doktora programına kayıt oldu. Halen doktora eğitimine ve akademik çalışmalarına devam etmektedir. Termo-ekonomi, enerji ve güç sistemleri üzerine çalışmaktadır.

Akın Burak ETEMOĞLU

1994’te Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü’nden mezun oldu. 1995 yılında aynı bölümde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nden 1996 yılında Yüksek Mühendis, 2003’de ise Doktor unvanlarını aldı. Isı ve kütle transferi uygulamaları, kurutma, enerji ekonomisi, ekserji uygulamaları, çarpan hava jetleri ile ısı transferinin artırılması, elektronik elemanların soğutulması vb. konularda çalışmalar yaptı. 2008 yılında Doçent, 2013 yılında ise Profesör unvanlarını aldı. 1995 yılından beri Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.