

Sıcak Beyaz (Sarı) Renkli LED ile Kurutmanın Fındığın (*Corylus avellana* L.) Kuruma Karakteristiklerine Etkisi

Mithat AKGÜN^{1*} , Özer ŞENYURT²  Levent KANDEMİR³ 

¹Ordu Üniversitesi, FBE, Yenilenebilir Enerji Bölümü, Ordu

²Ordu Üniversitesi, TBMYO, Elektrik ve Enerji Bölümü, Ordu

³Ordu Üniversitesi, FBE, Yenilenebilir Enerji Bölümü, Ordu

(Geliş Tarihi/Recived Date: 08.10.2017; Kabul Tarihi/Accepted Date: 11.12.2017)

Öz

Fındığın anavatanı olan Karadeniz Bölgesi hasat döneminde oldukça yağışlı ve nemlidir. Bu nedenle hasat edilen fındığın geleneksel yöntemle kurutulması durumunda kurutma süresi uzamakta ve fındıkta çürüme meydana gelmektedir. Bu durum fındığın kalitesini ve raf ömrünü düşürmekte, fındıkta aflatoxin oluşumuna sebep olmaktadır. Fındıkta oluşan olumsuz etkilerden kurtulmak için farklı mekanizmalarla fındıktan kütle transferi gerçekleştirilmektedir. Bu deneysel çalışmada, daha az enerji ile kısa sürede ve gıda özelliklerini koruyacak şekilde fındığın mekanik kurutulmasını sağlamak için sıcak beyaz (sarı) 3000K renk sıcaklığına sahip LED'li bir tünel tipli kurutma sistemi kullanılmıştır. Kurulan sistem içerisinde fındık iki farklı çap aralığında (14-15 mm, 16-17 mm) ve dört farklı hava hızında ($v=0$ m/s, $v=0,5$ m/s, $v=1$ m/s ve $v=1,5$ m/s) kurutulmuştur. Ayrıca, karşılaştırma yapabilmek için fındık, fırın ve güneşte de kurutulmuştur. Etüvde kurutma ve $v=0,5$, 1,0 ve 1,5 m/s hava hızlarındaki LED'li kurutma, güneşte kurutma ile karşılaştırıldığında kurutma işlemi sırasıyla, %41, %65, %67 ve %72 daha kısa sürede gerçekleşmiştir. LED'li kurutmada fındık iç sıcaklığı, artan hava hızına (0,5 m/s, 1 m/s, ve 1,5 m/s) bağlı olarak maksimum % 25 düşmektedir. Aynı zamanda fındık boyutunun artması kuruma süresini maksimum % 15 daha artırmaktadır.

Anahtar kelimeler: Fındık kurutma, Kuruma eğrisi, LED renk sıcaklığı.

White Influence of Warm White (Yellow) Color LED Drying Technique on Drying Characteristics of Hazelnut (*Corylus avellana* L.)

Abstract

The weather is very rainy and moist during the harvesting season at the Black Sea Region in Turkey which is the homeland of hazelnut. For this reason, if the harvested hazelnut is dried by the conventional method, the drying period is prolonged and putrefaction is occurred in hazelnut. This situation decreases the quality and shelf life of hazelnut and causes aflatoxin formation in hazelnut. Mass transfer from hazelnut is carried out mechanically to get rid of the adverse effects that occur in nuts. In this experimental work, a tunnel type drying system with LED warm white (yellow) 3000 K color temperature was used to provide mechanical drying of the hazelnut in a short time with less energy and to preserve of food properties. The hazelnut was dried in two different sizes (14-15 mm, 16-17 mm) and four different air velocities ($v=0$ m/s, $v=0,5$ m/s, $v=1$ m/s and $v=1.5$ m/s). Also, hazelnuts were dried in oven and sun in order to make comparisons. According to this comparison results, the drying times with oven and LED at air velocities of $v = 0,5$ m/s, $v = 1,0$ m/s and $v = 1,5$ m/s were found to be shorter than that with sun as 41%, 65% 67 and 72%, respectively.

Keywords: Hazelnut drying, Drying curve, LED color temperature

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: makgun@odu.edu.tr

1. Giriş

Gıda kurutma, gıdaların özelliklerini koruyarak uzun süre saklanmasını sağlayacak neme düşürülmesini sağlayacak üründen kurutucu ortama olan kütle transferi işlemidir. Kurutma işlemi doğal yollarla veya gelişen teknolojilerle bağlı olarak mekanik metotlarla gerçekleştirilir. Bazı tarımsal ürünleri (buğday, mercimek, fasulye) doğal yollarla (dalında veya güneş enerjisi ile) kurutmak mümkünken, tarımsal ürünlerin çoğunun kurutulmasında kuruma ortam şartlarına bağlı olarak mekanizasyona ihtiyaç duyulmaktadır.

Artan dünya nüfusunun ihtiyacını kısa sürede, en az enerji ile sağlıklı olarak karşılayabilmek için gıdaların kurutulmasını sağlayacak ürün kuruma kinetiğinin belirlenmesi, ürüne has kurutma tekniklerinin ve mekanizasyonunun geliştirilmesi çabaları sürmektedir.

Ürünün kuruma kinetiği; kuruma prosesinin en önemli parçası olup, kurutucu havanın nemi, sıcaklığı ve akış hızına bağlı olarak üründen ortama olan zamana bağlı nem kaybının belirlenmesidir. Bu parametreler yanında ürünün cinsi, geometrisi, boyutu ve miktarı da kurutucu dizaynında ve optimizasyonunda önemli rol oynamaktadırlar. Üründen kurutucu ortama olan kütle transferi parametrelerini belirlemek ve bu sırada üründe oluşan değişimleri (fiziksel ve kimyasal) belirlemek için çok farklı teorik ve deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Kurutma prosesinde, nemli malzemelerin ısı ve kütle transferini tanımlayan ilk teorik model 1973 yılında Luikov tarafından önerilmiştir.

Demirtaş C. (1996), dalından koparılmış nem oranı yüksek fındığın mekanik kurutma davranışını incelemiştir. Kurutma havasının dört farklı bağıl nemi (%0,45-0,70), üç farklı hava hızı(0,2-0,6 m/s)ve dört farklı hava sıcaklığında (25-50 °C) çalışılmış ve tumbul fındığın 3 günde (72 saat) kurduğunu tespit etmiştir.

Hawlder ve diğerleri (1997), çeşitli kurutucu akışkan hızlarında ve değişik atmosfer koşullarında deneyler yaparak domatesin kuruma karakteristiklerini belirlemiştir. Deneylerin analizi sonucunda da efektif difüzivite ile hem sıcaklık hem de atmosfer havası arasında bir bağıntı geliştirilmiştir.

Hussain ve Dincer (2003), silindirik cisimlerin kurutulması müddetince ısı ve nem transferinin iki boyutlu analizini yapmışlardır. Bu analizde sonlu farklar yaklaşımı kullanılmıştır. Nemli cisimler içindeki sıcaklık ve nem dağılımı farklı zaman periyotlarında elde edilmiş, bu sonuçlar literatürle karşılaştırılmış ve başarılı sonuçlar verdiği ortaya konmuştur.

Krokida ve diğerleri (2003), kurutucu hava şartlarının (hızı, sıcaklığı ve nemi) ve ürünün karakteristik boyutunun kuruma kinetiğine olan etkisi incelemiştir. Kurutmada seçilen ürünler; patates, havuç, sarımsak, mantar, soğan, pırasa, mısır, bezelye, kereviz, balkabağı ve domatestir. Nem transferinin hesaplanmasında logaritmik model kullanılmıştır. Kurutulan ürünlerin denge nemi % 10 olarak belirlenmiştir. Çalışma,

havanın farklı iki sıcaklığında yapılmıştır (30 °C ve 70 °C). Kısmen sıcaklıkla kurutma sabitlerinin arttığı denge nem bileşeninin de azaldığı belirtilmiştir.

Kaya ve arkadaşları (2011) yaptıkları deneysel çalışmada; hava parametrelerinin çeşitli değerleri (25 ° C, 35 ° C, 45 ° C ve 55 ° C sıcaklık; 0,3, 0,6 ve 0,9 m/s hızlar; % 20,% 40,% 60 ve% 80 bağıl nem) için fındığın kurutma özelliklerini tespit etmişlerdir.

Karaarslan S.(2014), Trabzon hurmasını nem içeriği %15 olana kadar 180,360, 540, 720 ve 900 W olana kadar 5 farklı güç sevişesinde kurutmuş. En hızlı kurumanın 900 W'ta olduğu görülmüş, kuruma davranışının tüm çalışma koşullarında Midilli ve Küçük modeline daha uygun olduğu belirlenmiştir.

Dünya fındık üretiminin yaklaşık %70'i Türkiye'nin Karadeniz bölgesinde yapılmaktadır. Ancak fındığın hasat döneminde (5 Ağustos-15 Eylül) bölge yoğun yağışlı ve nemli olduğundan (14 Ağustos-13 Ekim tarihleri arası bölgede "çürük ayı" olarak tanımlanmaktadır) fındığın kuruma süresi uzun ve buna bağlı olarak fındıkta aflatoksin oluşumu gözlenmektedir. Bu da fındığın raf ömrü, kalite ve ekonomik değerini düşürmektedir. Bu olumsuzlukları gidermek için fındıktan olan kütle transferini hızlandıracak aynı zamanda fındığın fiziksel ve kimyasal özelliklerini koruyarak kurutulmasını sağlayacak mekanik kurutucular geliştirilmiştir. Geliştirilen sistemlerinde kullanılan enerji kaynaklarının (elektrikli ısıtıcı, doğalgaz ve mazotlu) enerji maliyetlerinin yüksek olması ve bu makinaların bölgenin kurutma ihtiyacının çok azını karşılaması sebebiyle tünel tipi LED'li kurutma sisteminin geliştirilmiştir. Düşük enerji kullanılarak LED'li kurutmanın yapıldığı literatürde başka bir çalışmaya rastlanmamış olması bu deneysel çalışmanın özgün değerini ortaya koymaktadır.

Fındık bölgenin iklim şartlarına bağlı olarak geleneksel olarak sergi üzerinde güneşte kurutulmaktadır. Bu çalışmada güneşte kurutma model alınmış, güneş renk sıcaklığına yakın 3000 K değerinde sıcak beyaz (Sarı) renkli LED'ler kullanılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu deneysel çalışmada Karadeniz Bölgesinde yetişen tombul (Giresun yağlısı) fındık kullanılmıştır. İki farklı boyuttaki tombul fındığın güneşte, elektrikli kurutucuda ve dört farklı hava akış hızındaki LED renk sıcaklığına bağlı kuruma karakteristikleri (kütle - zaman değişimi) incelenmiştir. Kuruma işlemi fındığın nem değeri %6 ya düşene kadar sürdürülmüştür.

Sıcak Beyaz (Sarı) Renkli LED ile fındık kurutma diğer kuruma şartlarıyla karşılaştırılmasını sağlamak için fırın (etüv) ve güneşte fındık kurutulmuştur (Şekil 2). Kurutma boyunca fırın sıcaklığı 43°C 'de sabit tutulmuştur (Şekil 1). Güneşte kurutmada fındık bir sergi üzerinde gün boyunca (gece-gündüz) bekletilmiştir. Her iki yöntemde de fındığın kütle kaybı zamana bağlı ölçülmüştür.

LED teknolojisi kullanılarak yapılan kurutma işleminde; 10.000 lümen değerine sahip LED'ler olacak şekilde sarı renkli LED'ler (3000 K) kurutucu kabinin üzerine monte edilmiştir. LED'lerle ürün arasındaki mesafe 5 cm olarak ayarlanmıştır ve bu mesafede ışığın Lümen değeri 89,5 kLux olarak ölçülmüştür. LED'den elde edilen enerji ürüne taşı



Şekil 1: LED'li kurutma kabininin fotoğrafı
Figure 1: Photo of drying cab with LED

nım ve ışınlama ile verilmiştir. Bu yöntemde fındık dört farklı hava hızında ($v=0$ m/s, $v=0,5$ m/s, $v=1$ m/s, $v=1,5$ m/s,) kurutulmuştur. Tüm deneylerde havanın kurutma bölgesine giriş sıcaklığı bölgenin gündüz sıcaklık ortalaması 30 °C olarak sabitlenmiştir. Kurutma kabini hava giriş-çıkış sıcaklığı ve ürün sıcaklığı termo elemanla ölçülmüş, data kart ile de zamana bağlı olarak sıcaklıklar kayıt altına alınmıştır. Ayrıca fındığın kütle kaybı zamana bağlı olarak ölçülmüştür.



Şekil 2: Güneşte kurutma
Figure 2: Drying at sun

Fındığın başlangıç nemi infrared metoduyla ölçülmüş ve % 32 olarak belirlenmiştir.

Fındık zulufundan ayıklanmış, kabuklu olarak iki farklı boyutta (14-15 mm ve 16-17 mm) kurutulmuştur.

Kuruma esnasında belirlenen zaman aralıklarında numunelerin kütleleri ölçülmüş ve havaya kütle transferi sırasında fındığın % nem oranı (%NO) altı farklı kurutma şartları için aşağıdaki denklemine göre hesaplanarak verilmiştir.

$$\% \text{ Nem Oranı } (\% \text{ NO}) = \frac{m_t - m_e}{m_0 - m_e} * 100$$

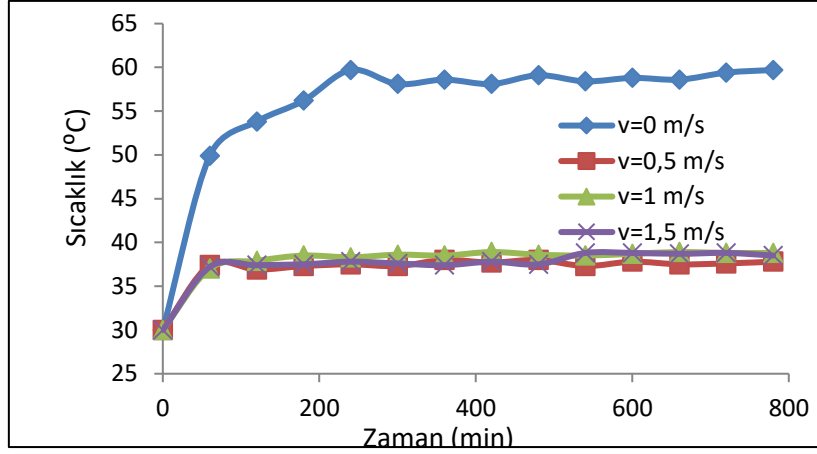
Burada; m_t t anındaki kütleyi (g), m_e denge anındaki kütleyi (g), m_0 ilk kütleyi (g), temsil etmektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

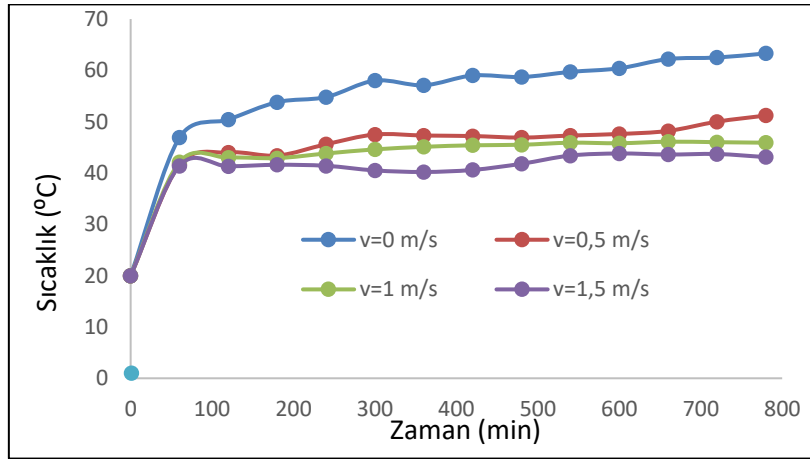
Mekanik fındık kurutucularında fındıkta gıdaca özellikleri açısından bozulmamalar olmaması için kurutucu ortam sıcaklığı en fazla 50 °C olmasına dikkat edilmektedir. Şekil 3’de hava hızına bağlı olarak LED’li kurutucu ortam çıkış sıcaklığının zamana bağlı değişimi verilmektedir. Grafikte görüldüğü gibi kurutucu ortam çıkış sıcaklığı hava hızını $v=0$ m/s değeri için 60 °C değerinde yaklaşık sabit kalmaktadır. Bu sıcaklıkta yapılan kurutmada zaman bağlı kütle kaybı fazla olsa da kurutma için hava hızının artırılması fındık üzerinden geçen hava sıcaklığın 30 °C’den 38 °C’ye çıkabilmektedir. Şekil 4’de fındık iç sıcaklığının zamana bağlı değişimi verilmiştir. Grafikte görüldüğü gibi fındık üzerinden akan hava hızı sıfır olduğunda fındık iç sıcaklığı 62 °C’ye ulaşmaktadır. Fındığın 50 °C üzerindeki sıcaklıklarda uzun süreli bekletilmesi durumunda fındıkta peroksit ve serbest yağ asit miktarındaki artış görüldüğünden $v=0$ m/s hava hızında LED’li kurutmada fındık iç sıcaklığı bu değeri geçtiği için uygun bir kurutma hızı değildir. Bununla birlikte fındık üzerinden akan hava hızı artırıldığında fındık iç sıcaklığı da düşmektedir. 3000K’lik LED için fındık iç sıcaklığı artan hava hızına (0,5 m/s, 1 m/s ve 1,5 m/s) bağlı olarak düşmektedir. Hava hızları artsa d zamana bağlı kurutma için seçilen bu artış optimum sıcaklık aralığında (43-50 °C) kalmaktadır.

Hava hızına bağlı olarak fındığın (Ø 14-15 mm) kütle –zaman değişimi Şekil 5’da verilmiştir. Fındık çapının 14-15 mm olarak seçildiği kurutma şartlarında fındık iç sıcaklığı hava hızına bağlı olarak düşsede (Şekil 6) fındık kuruma hızı artan hava hızına (0,5 m/s ile kıyaslandığında da, 1 m/s hız için %15 ve 1,5 m/s hız için %25) bağlı olarak kuruma süreleri azalmaktadır.

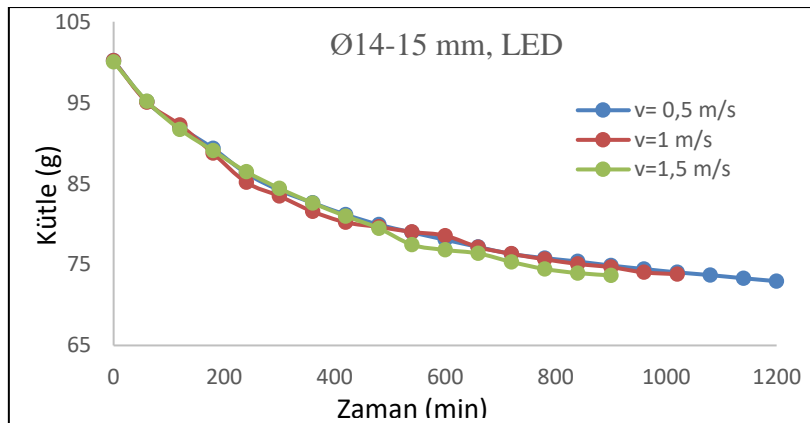
LED’li kurutmada iki farklı boyuttaki fındığın hava hızlarına bağlı olarak kütle –zaman değişimleri Şekil 7,8 ve 9’da verilmiştir. Şekillerden görüldüğü gibi fındık boyutunun artması kuruma süresini maksimum % 15 daha artırmaktadır.



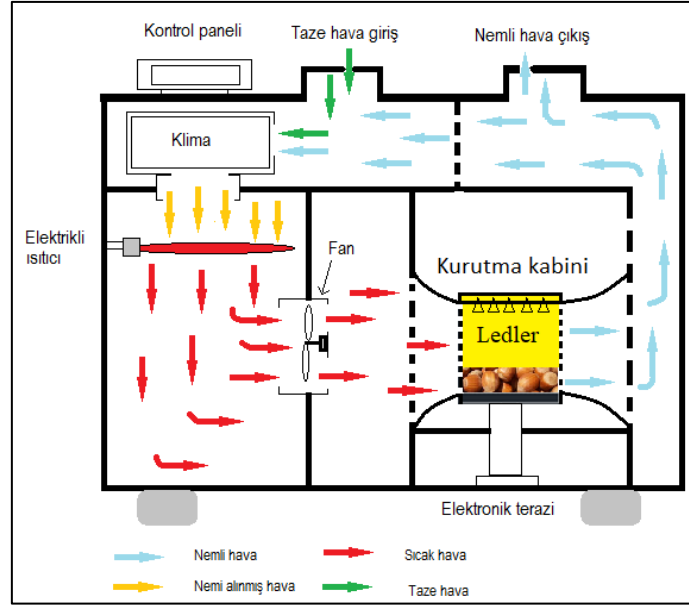
Şekil 3: Led ile kurutmada hava hızına bağlı olarak kurutma kabini çıkış sıcaklık-zaman değişimi
Figure 3: Variations of drying cabin outlet temperature-time depending on air speed in drying with LED



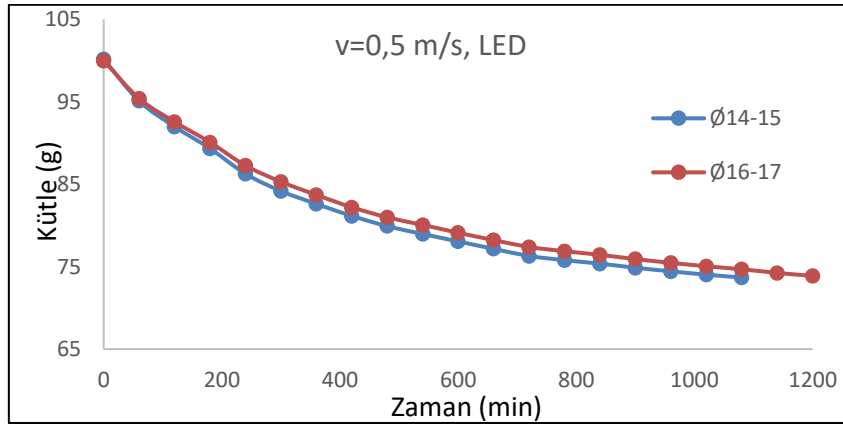
Şekil 4: LED ile kurutmada fındık iç sıcaklığı- zaman değişimi
Figure 4: Variations of hazelnut inner temperature- time change at drying with LED



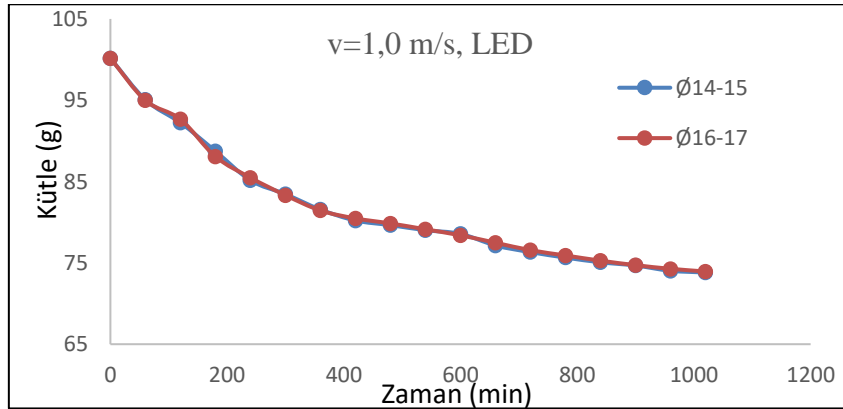
Şekil 5: Hava hızına bağlı olarak fındığın(Ø 14-15) kütle –zaman değişimi
Figure 5: Mass-time variations of nuts (Ø 14-15) depending on air velocity



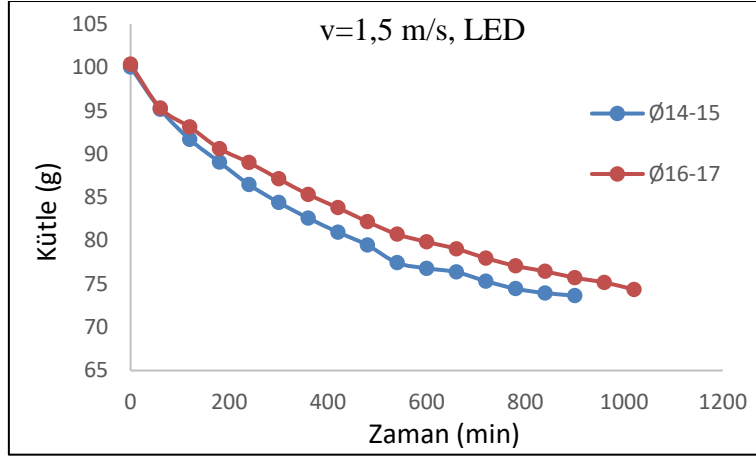
Şekil 6: LED'li kurutma sisteminin şematik görünüşü
Figure 6: Schematic view of with LED drying system



Şekil 7: Farklı boyuttaki fındığın 0.5 m/s hava hızda kütle – zaman değişimi
Figure 7: Mass-time variations of in air velocity of 0.5 m/s at different size

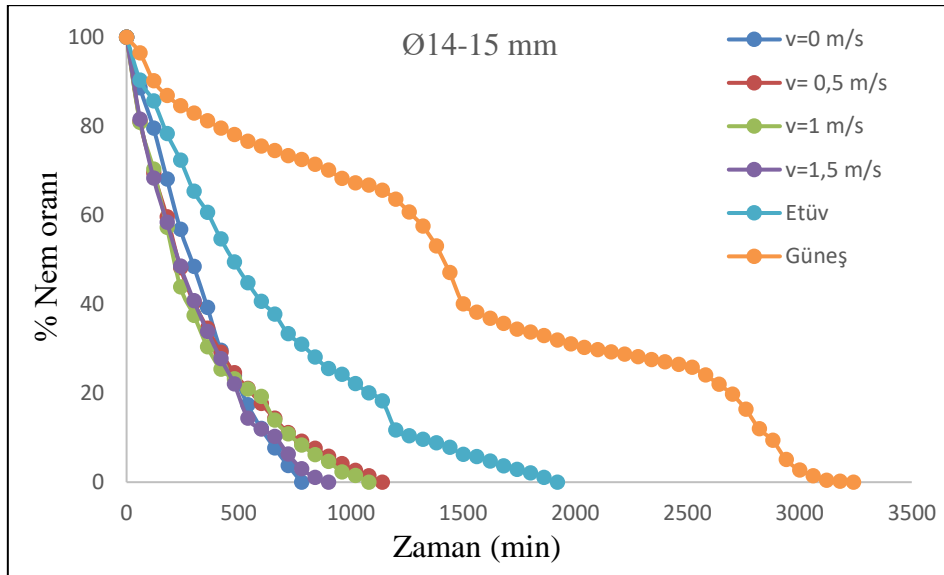


Şekil 8: Farklı boyuttaki fındığın 1 m/s hava hızda kütle – zaman değişimi
Figure 8: Variations of mass-time at 1 m / s air velocity of different sizes of nuts



Şekil 9: Farklı boyuttaki fındığın 1.5 m/s hava hızda kütle –zaman değişimi
Figure 9: Variations of mass-time at ,5 m/s air velocity of different sizes of nuts

Nemi yüksek (yaklaşık %32) olarak hasat edilen 14-15 mm çapındaki fındığın Güneşte, etüvde (43 °C) ve sıcak beyaz (sarı) renkli LED ile farklı hava hızlarında kurutması sırasında zamana bağlı % nem oranı değişimi Şekil 10’da verilmiştir. Grafiklerden görüleceği fındığın neminin %6’ya en kısa sürede (14 saat) düştüğü kurutma; v=0 m/s hava hızlı LED’li kurutmadır. Ancak bu kurutma fındık kurutma ortam sıcaklığı (60 °C) ve fındık iç sıcaklığı dikkate (63 °C) alındığında uygun bir kurutma ortamı olmadığı görülmektedir. Güneşte kurutma (54 saat) ile kıyaslandığında etüvde kurutma %41, v=0,5 m/s hava hızında LED’li kurutma %65, v=1,0 m/s hava hızında Led’li kurutma %67, v=1,5 m/s hava hızında LED’li kurutma %72 daha kısa sürede kurutma işlemi gerçekleşmiştir.



Şekil 10: Farklı kurutma şartlarında fındığın (Ø 14-15) % nem oranı –zaman değişimi
Figure 10: Moisture ratio-time variation of hazelnut (Ø 14-15) at different drying conditions

LED’li kurutma kabini içerisinde kurutma başlangıcında sıcaklık 30 °C iken kurutma süresince kabin iç sıcaklığı hem taşınım hem de ışınlama ile artmıştır. LED’li sistemde ortam (hava) yerine kurutulması gereken ürüne ışınlama ile enerji verilmiş ve Güneşte yapılan kurutma (gündüz % nem kaybı hızlanmış, gece % nem kaybı oldukça yavaşlamış) modellenmiştir.

Mekanik kurutma sistemlerinde kurutma süresinin kısalması (LED kullanımı) hem zaman hem de enerji verimliliği açısından uygun olması yanında, makinaların rantabl kullanımı ve daha fazla üreticiye hitap etmesi açısından çok önemlidir.

Sonuçlar

1. Sıcak Beyaz (Sarı) Renkli LED ile yapılan fındık kurutma Güneşte kurutmadan süre ve ürün gıda özelliklerinin korunması açısından çok daha avantajlıdır.
2. Sıcak Beyaz (Sarı) Renkli LED ile yapılan kurutma konveksiyonel kurutuculardan süre ve enerji verimliliği açısından daha avantajlıdır.
3. LED’li kurutmada kabin sıcaklığı fındığın bozulma sıcaklığını geçmeyecek şekilde akışkan hava hızı ayarlanmalıdır.
4. LED’lerin ömürlerinin uzun (10 yıl) ve dayanıklı olması dolayısıyla tesis ilk yatırım ve işletme maliyeti düşüktür.
5. LED’li kurutma sistemi yenilenebilir enerji kaynaklarından (Güneş panelleri) beslenmesi nedeniyle enerji maliyeti düşük ve çevreye olan olumsuz bir etki yapmamaktadır.

Kaynakça

1. Lukov A.V., Systems of Differential Equation of Heat and Mass Transfer in Capillary Porous, Int. Journal of Heat and Mass Transfer, 18, 1-14, 1973.
2. Demirtaş C., (1996).Fındık Kurutma Şartlarının Belirlenmesi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dotoru Tezi, Temmuz, Trabzon
3. Hawlader M.N.A., Chou S.K. And Chua K.J., (1997).Evelopment of Design Charts for Tunnel Dryers, Int. J. Energy Research, Vol. 21, Pp. 1023-1037
4. Hussain M.M. and Dincer I., (2003). Two-Dimensional Heat and Moisture Transfer Analysis of A Cylinder Moist Object Subjected to Drying: A Finite-Difference Approac, I. J . Heat And Mass Transfer, 46:4033-4039,
5. Krokida M.K., Karathanos V.T., Maroulis Z.B. And Kouris D.M., (2003). Drying Kinetics of Some Vegetables, J. Food Engineering, 59: 391-403
6. A.Kaya, O. Aydın, M. Akgün, (2011). “Driying kinetics and moisture transfer parameters of hazelnut”, Journal of Food Processing and Preservation(ISI), 35 714–721
7. Karaarslan S., (2014).Determining of a Drying Model for Microwave Drying of Trabzon Persimmon, Süleyman Demirel University Journal of Agricultural Faculty, 9(1), 8-15