



**Alınış tarihi (Received):** 20.11.2018  
**Kabul tarihi (Accepted):** 27.04.2020

## **Çok Raflı Güneş Enerjili Kurutucuda Elmanın Kuruma Davranışının İncelenmesi**

**Zehra YILDIZ<sup>\*1</sup>, Leyla GÖKAYAZ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Tarsus Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Mersin

<sup>2</sup>Tarsus Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, Mersin

\*Sorumlu yazar: [zyildiz@tarsus.edu.tr](mailto:zyildiz@tarsus.edu.tr)

**ÖZET:** Gıda ürünlerinin güneş altında serilerek kurutulması bilinen en eski ve en yaygın geleneksel gıda muhafaza yöntemlerindedir. Ancak bu yöntemle ürünün kuruması fazla vakit almakta ve dışarıdan gelebilecek safsızlıklarla ürün kalitesi düşmektedir. Bu sorunları gidermek için farklı kurutucular geliştirilmiştir. Kurutucularla kurutma güneşte sererek kurutmaya göre enerji giderlerinden dolayı ekonomik değildir. Ancak güneş enerjili kurutucuların herhangi bir yakıt ya da elektriğe ihtiyaç olmadan yalnız güneş enerjisini kullanması nedeniyle diğer kurutuculara göre daha ekonomiktir. Bu çalışmada uzaklaştırılması gereken nem içeriği ve kuruma sıcaklığı yüksek olan elma dilimleri doğal konveksiyonla çok raflı güneş enerjili kurutucuda kurutulmuştur. Elma dilimleri, çok raflı güneş enerjili kurutucuyla, doğrudan güneş altında ve gölgede kurutulmuştur. Kurutma koşulları, dilim kalınlığı, kuruma süresi, kurutma kabini içindeki havanın koşulları ve raf konumu olarak seçilmiştir. Bu kurutma koşullarının elma kurutması üzerine etkisi nem kaybı, kurutma hızı ve büzülme oranları ile belirlenmiştir. Elma dilimlerinin çok raflı güneş enerjili kurutucu ile kurutulması doğrudan güneşe serilerek ve gölgede kurutulmaya göre daha hızlı olmuştur. Kurutucu içerisindeki hava sıcaklığının artması, elma dilim kalınlığının azalması ve kuruma süresinin artışıyla kuruma artmıştır.

**Anahtar kelimeler-***Kurutma, Güneş enerjili kurutucu, Elma*

## **Effect of Process Conditions on Apple Drying with Solar Multi-Tray Dryer**

**ABSTRACT:** It is the oldest and most common traditional food preservation method known to dry by laying food products under the sun them. However, this method takes a lot of time and the product quality is partially protected by the impurities that may come from the outside. To solve these problems, different dryers have been developed. Dryer drying is not economical than drying on the sun due to energy costs. But the solar dryers makes more economical than other dryers for using only solar energy without the need for any fuel or electricity. In this study, apple slices with high moisture content and high drying temperature which should be removed to safe storing, were dried in a solar energy dryer with natural convection. Apple slices were dried using by solar tray dryer, spreading directly to the sun and spreading in the shade. Drying conditions were chosen as slice thickness, drying time, air conditions in the drying cabinet and tray position. The effect of these drying conditions on apple drying was determined by moisture loss, drying rate and shrinkage ratio. The drying of apple slices with a solar tray dryer has been quicker than the direct sunshine and drying of the shadows. Drying has increased due to increased air temperature in the dryer, reduced slice thickness of the apples, increased drying time.

**Keywords-***Drying, Solar-powered dryer, Apple*

## 1. Giriş

Taze meyve ve sebzeler, yüksek oranda nem içeriğinden dolayı çabuk bozulabilen ve işlenmeden uzun süre depolanamayan gıda maddeleridir. Gıda ürünlerinin kısa sürede bozulmasına ve uzun süre depolanmamasına neden olan nem uzaklaştırılarak mikrobiyolojik reaksiyonlar engellenebilir ya da yavaşlatılarak raf ömrü uzun ürünler elde edilebilir (Demiray ve Tülek 2012). Bunun için çeşitli kurutma işlemleri uygulanabilir. Kurutma, en eski ve en yaygın kullanılan gıda koruma yöntemidir (Ertekin ve Yıldız 1998a). Kurutma yöntemleri arasında sıcak hava ile kurutma, vakumda kurutma, mikrodalga kurutma, güneş enerjili kurutma ve dondurarak kurutma gibi yöntemler sayılabilir (Bingöl ve Devres 2010). Seçilen kurutma yönteminin, ürün kalitesi üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. Özellikle yüksek sıcaklıktaki hava ile kurutulan ürünlere tekrar su tutma özelliği azalmakta ısıl bozulma ile renk, doku ve tadında istenmeyen değişimlerle beraber önemli besin kayıpları olmaktadır (Ceylan ve ark. 2006). Kurutma işleminde kaliteli kuru ürün elde etmek için kurutucu türü, enerji kaynağı ve maliyet gibi birçok faktörü dikkate almak gerekir. Kurutma için gereken enerji, güneş enerjisinden elde edilerek kurutma işleminin ekonomik olması sağlanabilir. Ancak geleneksel olarak güneş altına yayarak kurutma işlemi ile gıda ürünlerinin çeşitli safsızlıklarla kirlenmesinden dolayı kuru ürünün kalite özellikleri olumsuz etkilenmekte ve ürünlerin kurutulması zaman almaktadır. Bu olumsuz etkileri ortadan kaldırmak için çeşitli kurutucular kullanılabilir ancak güneş enerjili kurutucular dışındaki kurutucularda kurutma ısısının sağlanması için konvansiyonel enerji kaynakları kullanılmaktadır. Ancak konvansiyonel enerji kaynaklarını kullanmak hem çevre hem de işletme maliyeti açısından uygun değildir (Gökayaz ve Yıldız 2017).

Güneş enerjili kurutucuların, kurutulacak ürünün tozlanma, haşare, mikroorganizmalar gibi zararlı canlılar, yağmur ve rüzgâr gibi çevresel etkenlerden korunabilmesi, homojen kurutma ve ekonomik olarak yüksek sıcaklığa kadar kurutma ısısının sağlanması, kurutma prosesinin kontrol edilebilmesi, besin değeri yüksek ve duyuşal özellikleri daha iyi bir kuru ürün elde edilmesi gibi birçok avantajı bulunmaktadır (Ertekin ve Yıldız 1998b, Onin 2012). Güneş enerjili kurutucular, doğal ve yapay kurutucular olmak üzere iki çeşittir. Doğal güneş enerjili kurutucular, güneş enerjisi dışında herhangi bir enerji kaynağına gereksinim duymaz. Güneş ışığı, doğrudan kurutulacak ürüne ulaşarak kurutma işlemi gerçekleşir. Isı, doğal konveksiyonla taşınır. Yapay güneş enerjili kurutucularda ise kurutma odası, güneş kolektörü ve kurutma bacasından oluşan kapalı bir hacimde kurutma işlemi gerçekleşir. Kolektöre gelen güneş ışınları, kurutucu içerisine alınan havayı ısıtır ve bu ısı doğal veya zorlanmış konveksiyonla kurutulacak ürüne ulaşır üründen nemi uzaklaştırır ve böylece kuruma sağlanır. Doğal güneş kurutucusuna göre daha kısa sürelerde kurutma sağlansa da fanın çalışması için gereken enerji genellikle konvansiyonel enerji kaynaklarından sağlandığı için elektrik enerjisi olduğundan maliyeti yüksektir (Öztürk 2008).

Meyvelerin güvenli muhafaza edilmesi için meyvenin türüne göre yaklaşık olarak başlangıç neminin % 50-65 arasında uzaklaştırılması ve kurutma sıcaklığının 60-80°C arasında olması gerekmektedir. Kurutma ısısının düşük olması, kurutma süresinin uzamasına, kurutma ısısının yüksek olması ise ürünün raf ömrünün az olmasına ve ürün kalitesinin düşmesine sebep olur. Mersin bölgesi ve Türkiye genelinde yetiştirilen ürünlerin kurutma sıcaklığı ve nem içeriğine bakıldığında güneş kurutucularının kullanımının fayda sağlayacağı görülmektedir. Mersin ili hem yılın 300 günü güneşlenme potansiyeli ile hem

de yaş sebze ve meyve üretiminde önde gelen bir il olması sebebiyle güneşin ısıtma etkisinden gıda alanında kurutma işleminde faydalanarak ülkenin tarım-gıda ekonomisine önemli katkı sağlanabilir ve güneş enerjili kurutucuların sanayide uygulanabilirliği artırılarak yaygınlaşması sağlanabilir (Bingöl ve Devres 2010).

Dünyada 1. ve Türkiye de 4. ihracatı en fazla yapılan meyve olan elmanın ortalama kurutma sıcaklığı 74°C ve nem içeriği % 64 tür. Elmanın kurutma sıcaklığı ve nem içeriği fazla olmasından dolayı elma kurutmada güneş kurutucuların kullanımının fayda sağlayacağı görülmektedir (Ertekin ve Yıldız 1998a). Bu sebeple çalışmamızda, doğal taşınım ile kurutma yapan çok raflı bir güneşli kurutucu kullanılmıştır. Bu kurutucu ile elma dilimlerinin kurutma koşullarının kuruma üzerine etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Kuru ürün elde etmek için en uygun raf konumu, dilim kalınlığı, ve kurutma süresi kurutma hızı, nem kaybı ve büzülme oranı üzerine etkisi incelenmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Güneş enerjili kurutucuda kurutma deneyleri, Mersin ilinin Tarsus ilçesinde fakülte binası terasında yapılmıştır. Deneyler, güneş ışınım şiddetinin en yoğun olduğu ve ışınım değerlerinin birbirine en yakın olduğu Haziran ve Temmuz aylarında gerçekleştirilmiştir. Belirlenen çalışma koşullarında elma dilimleri, güneş kurutucusu, güneşe serilerek ve gölgede kurutulmuştur. Kurutucu dışındaki kurutma deneyleri için bir tanesi güneşe ve diğeri ise gölgeye yerleştirilmiş ayaklı delikli tepsilere elma dilimleri yerleştirilerek deneyler yapılmıştır. Kurutucu ile yapılan deneyler Şekil 1. de verilen çok raflı güneş enerjili kurutucuda doğal taşınım ile gerçekleştirilmiş ve kurutma koşullarının kuruma üzerine etkisi belirlenmiştir.



Şekil 1. Çok Raflı Güneş Enerjili Kurutucu  
*Figure 1. Multi Rack Solar Dryer*

Kurutmanın yapılacağı çok raflı güneş enerjili kurutucu, güneş toplayıcı (kolektör), güneş bacası ve kurutma kabininden (kurutma odası) oluşmaktadır. Kurutucu kabini içerisine

delikli 5 adet çelik raf (tepsi) bulunmaktadır. Bu rafların kurutucu içine yerleştirilebilmesi için kurutucunun arka tarafında bir kapak bulunmaktadır. Kurutucu da kurutma işlemi için gereken sıcak hava, güneş kolektörü ile sağlanmaktadır. Güneş kolektörü; ahşap kasa, güneş ışığını toplayan 1 cm aralıklarla üst üste yerleştirilmiş üç adet siyah boyalı delikli sac plakadan ve üzerini örten cam panelden oluşmaktadır.

Güneş ışınları kolektör yüzeyinde toplanarak ısı enerjisine çevrilmekte ve ısı doğal konveksiyonla kurutma kabinindeki havaya aktarılmaktadır. Isınan hava önce kurutma odasından daha sonra ürünlerin yerleştirildiği raflardan geçerek çıkış bacasından nemli hava dışarı atılarak kurutma işlemi tamamlanmaktadır (Öztürk 2008). Kurutma odasının hava sıcaklığı ve nemi CEM marka DT-802 model hava kalitesi ölçüm cihazı ile takip edilmiştir.

Kurutulacak gıda ürünü olarak Karaman ilinin Starking cinsi elması seçilmiştir. Elma dilimlerinin ortalama başlangıç nem içeriği  $86 \pm 3$  dür. Elmalar kurutulmadan önce bazı hazırlık işlemlerinden geçmiştir. Elmalar, yıkanıp, kabukları soyulmuş ve çekirdekleri çıkarılmış, ortadan ikiye kesilerek yarım ay şeklinde 4-10 mm aralığında belirlenen dilim kalınlığına göre dilimlenmiştir. Elma dilim kalınlıkları dijital kumpasla ölçülmüştür. Elmalar dilimlendiğinde elmada bulunan fenolik bileşikler nedeniyle oluşan oksidatif kararmayı engellemek için kurutmaya başlamadan önce elma dilimleri % 0,3'lük sitrik asit çözeltisine batırılmıştır. Kurutmaya etki eden faktörler olarak tepsinin konumu, kuruma süresi, dilim kalınlığı ve tepsiye yüklenen kütle miktarı seçilmiştir. Her bir rafta 300 dakika olarak belirlenen toplam kuruma süresi boyunca 30 dakika aralıklarla ağırlık (g) ve hacim ölçümleri (ml) alınmış, % nem kaybı, kurutma hızı ve büzülme oranları belirlenmiştir (Ertekin ve Yıldız 1998a). Örnek ağırlığı ve hacmi beşer tekrarlı olarak yapılmış ve ortalaması alınmıştır.

Nem kaybı (% w/w) eşitlik 1 ile belirlenmiştir. Burada ( $m_0$ ) kurutma öncesi elma diliminin ağırlığı ve ( $m_t$ ) kurutma sonrası elma diliminin ağırlıklarını ifade etmektedir (Aboud 2013, Ochoa-Martínez ve ark. 2006).

$$Nem\ Kaybı = \frac{m_0 - m_t}{m_0} \quad (1)$$

Kurutulan ürünlerdeki nem içeriğinin birim zamandaki değişimi olan kuruma hızı (g/dk) eşitlik 2 yardımıyla hesaplanmıştır (Tüfekçi 2014).

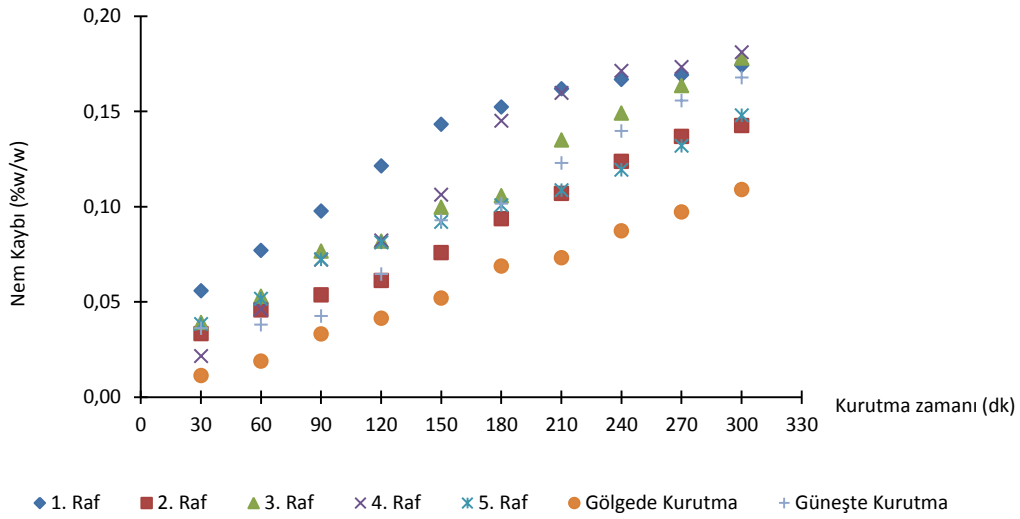
$$Kuruma\ Hızı = \frac{m_0 - m_t}{\Delta t} \quad (2)$$

Büzülme oranı (ml/ml), kurutma işleminden önceki örnek hacmi ( $v_0$ ) ve kurutma işlemi sonundaki örnek hacmi ( $v_t$ ) arasındaki farkın ilk hacmine oranı alınarak eşitlik 3 deki gibi hesaplanmıştır (Darıcı ve Şen 2012).

$$Büzülme\ oranı = \frac{v_0 - v_t}{v_0} \quad (3)$$

### 3. Bulgular ve Tartışma

Kurutucu içerisindeki havanın sıcaklığı ve nemi, dış ortam şartlarına bağlı olarak zamanla değişmiştir. Kurutucu da gerçekleştirilen deneylerde kurutucu kabindeki ortalama hava sıcaklığı  $45.47^{\circ}\text{C}$  ve hava rutubeti % 34.01 dir. Güneşli dış hava sıcaklığı ise  $39.73^{\circ}\text{C}$  ve rutubet değeri % 42.36, gölgedeki dış hava sıcaklığı ise  $31.17^{\circ}\text{C}$  ve rutubet değeri % 62.83 olmuştur. Güneşli raflı kurutucuda, ortalama hava sıcaklığı dışarıdaki güneşli havaya göre  $5.74^{\circ}\text{C}$  ve gölgedeki havaya  $14,3^{\circ}\text{C}$  göre daha fazla, hava rutubeti ise dışarıdaki güneşli havaya göre 8.35 ve gölgedeki havaya 28.82 göre daha azdır. Kurutucudaki hava sıcaklığı  $53.7^{\circ}\text{C}$ 'ye, dış ortam havası sıcaklığı ise  $43.1^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar yükselmiştir. Benzer bir çalışmada pasif güneş enerjili kurutucuda elma dilimleri hem açık havada güneş altında hem de kurutucuda kurutulmuş, güneş enerjili kurutucudaki kurutma havası sıcaklığı  $40-45^{\circ}\text{C}$  olmasına karşılık açık havada  $31-33^{\circ}\text{C}$  sıcaklığa ulaşıldığı belirtilmiştir. Kurutucudaki kuruma havası sıcaklığının daha yüksek olması ile daha kısa sürede kuruma sağlanmış olup, daha yüksek kurutma hızı elde edilmiştir (Aboud 2013).

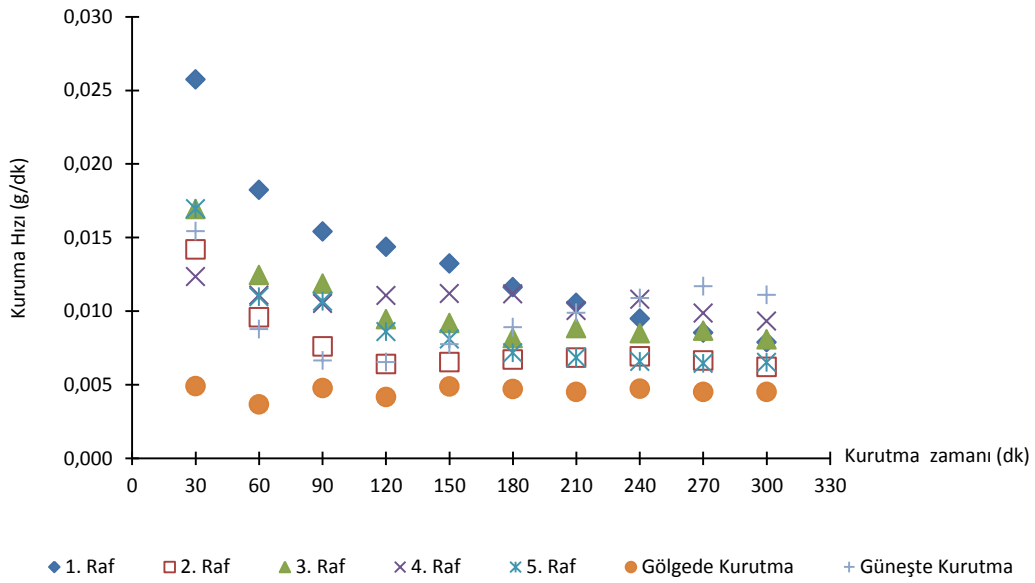


Şekil 2. Kurutucu raflarındaki elma dilimlerinin zamanla nem kaybı değişimi

*Figure 2. Moisture loss change of apple slices on dryer racks over time*

Kurutucu raflarında, açık havada güneş altında ve gölgede kurutma deneylerinde zamanla nem kaybı değişimi Şekil 2'de gösterilmiştir. Kurutucudaki tüm raflarda, açık havada güneş altında ve gölgede yapılan deneyler de zamanla nem kaybının arttığı görülmüştür. Kurutma deneylerine saat 10 da başlanmış, ilerleyen zamanda güneş ışınımının dolayısıyla sıcaklığın artmasıyla nem kaybı zamanla artmıştır. En fazla nem kaybı ilk rafta görülmüştür. Güneş kolektörüne gelen sıcak hava önce ilk rafta doğal konveksiyonla taşınmakta sonra yükselerek ve sıcaklığı düşürerek kurutucu kabinini kurutucu bacasından terk etmektedir. Benzer sonuçlar, muz kurutmak için tasarlanmış bir çok raflı güneş enerjili bir kurutucuda yapılan çalışma sonucunda, raflardaki sıcaklığın kolektöre yakın alt rafta daha fazla olduğu kolektörden uzaklaştıkça üst raflara doğru sıcaklığın azaldığı ve hava rutubetinin arttığı belirlenmiştir. Ayrıca bu çalışmada kolektörde, kolektörün çıkışında ve dışındaki hava sıcaklığı ile güneş ışınım şiddeti belirlenmiş, kolektördeki ışınım şiddeti ve sıcaklığın daha fazla olduğu belirlenmiştir (Lingayat ve ark. 2017).

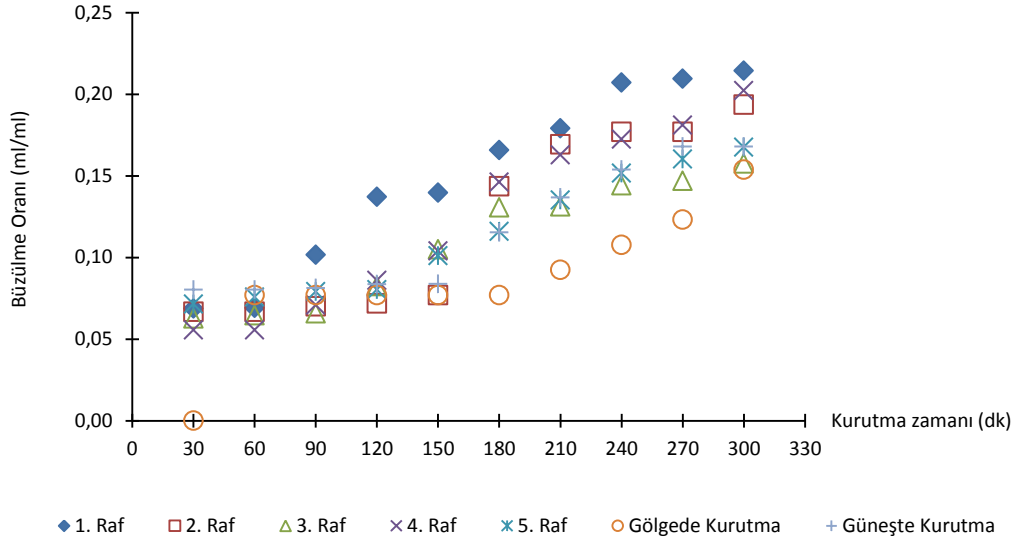
Güneş enerjili kurutucuda yapılan deneylerde hava sıcaklığının daha fazla olmasından dolayı nem kaybı, ilk raflarda daha fazla olmuştur. Gölgede kurutmada sıcaklığın düşük olması nedeniyle nem kaybı en az olmuştur. Güneşte sererek kurutmada ise zamanla nem kaybı artmış ancak raflı kurutucudaki kadar fazla nem kaybı olmamıştır. 1. raftaki elma dilimleri kurutucuya alındıktan beş saat sonra yaklaşık % 19 nem kaybederken açık havada kuruyan elma dilimlerinde % 15' lik bir nem kaybı olmuştur. Gölgede kurutmada beş saatlik kurutma süresi sonunda elma dilimlerinin nem kaybı % 9 olmuştur. İlk raftaki elma dilimleri güneşli açık havada sererek kurutmaya göre yaklaşık % 4 ve gölgede kurutmaya göre % 10 daha fazla nem kaybetmiştir. Kurutma deneylerinin başlangıcından 150 dakikaya kadar nem kaybı önemli ölçüde artmış, daha sonra ise nem kaybında önemli bir değişim görülmemiştir.



Şekil 3. Kurutucu raflarındaki elma dilimlerinin zamanla kuruma hızı değişimi

*Figure 3. The rate of drying of apple slices on the drying racks over time*

Kurutucu raflarında, gölge ve güneşte sererek kurutmada zamana göre kuruma hızı değişimi Şekil 3'de verilmiştir. Kuruma hızı zamanla azalmıştır. Kuruma hızında azalma en fazla birinci rafta olmuştur. 90 dakikadan sonra hemen hemen tüm kurutma deneylerinde kuruma hızında önemli bir değişim olmamıştır. Güneşte sererek kurutmada ise kuruma hızı başlangıçta azalmış ancak 120 dakikadan itibaren kurutucu dışındaki hava akımı sebebiyle kurutma hızı artmıştır. Kurutma zamanı ile kurutma hızında azalma olduğunu gösteren çok raflı güneş enerjili kurutucuda benzer bir elma kurutma çalışmasında 4 mm kalınlığındaki elma dilimleri kurutulmuş ve 100 dk ya kadar önemli bir azalma olduğu sonra bir değişim olmadığı belirlenmiştir (Aktaş ve ark. 2009).



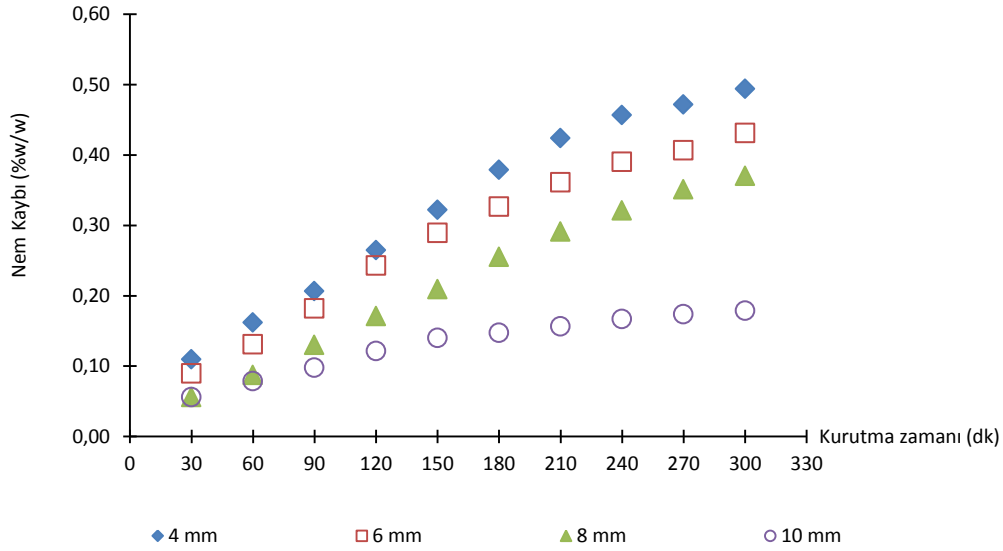
Şekil 4. Kurutucu raflarındaki elma dilimlerinin zamanla büzülme oranı değişimi  
 Figure 4. Shrinkage rate change of apple slices in dryer racks over time

Kurutucu raflarında zamanla büzülme oranının değişimi Şekil 4 'de gösterilmiştir. Zamanla büzülme oranı artmıştır. Başlangıç da büzülme yeni başladığından tüm raflarda büzülme oranı yaklaşık aynıdır. Artan sıcaklık ve zamanla beraber büzülme oranı artmıştır. En fazla büzülme ilk rafta gözlenmiştir. İlk raf haricinde 120 dakikaya kadar büzülme oranında önemli bir değişim görülmemiş olup, 120 dakikadan sonra büzülme oranı artmıştır. Gölgede kurutmada büzülme oranında 180 dakikaya kadar bir değişim görülmemiş ancak 180 dakikadan sonra artmıştır. Güneşte sererek kurutmada 150 dakikaya kadar bir değişim görülmemiş ve 150 dakikadan sonra büzülme oranında hızlı bir artış olmuştur.

Güneş ışınımının dik geldiği 12 ve sonrasında daha düşük kuruma hızı, daha fazla nem kaybı ve daha fazla büzülme olduğu görülmüştür. Güneş ışınımını toplayan kolektörden çıkan hava doğal konveksiyonla önce ilk rafı daha sonra diğer raflara taşınır, hava yükseldikçe enerjisi, sıcaklığı azalarak kurutucu bacasından çıkmaktadır. İlk rafta sıcaklık dolayısıyla kuruma daha fazla olduğundan bundan sonraki deneyler ilk rafta gerçekleştirilmiştir.

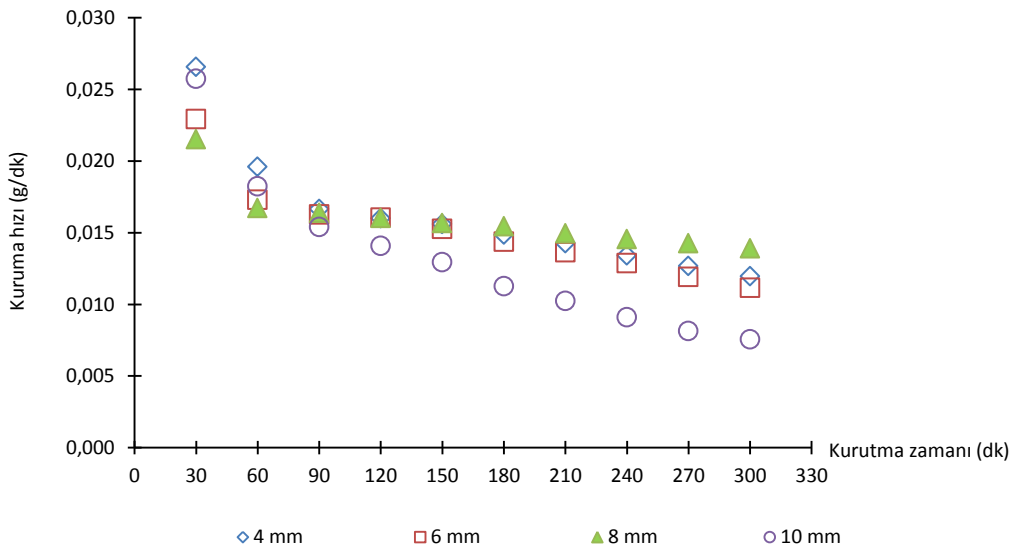
Güneş enerjili çok raflı kurutucuda kurutulan elmaların dilim kalınlığının % nem kaybı, kurutma hızı ve büzülme oranları üzerine etkisi belirlemiştir. Elma dilim kalınlıkları 4, 6, 8 ve 10 mm olarak seçilmiştir. Zamanla nem kaybı her dilim kalınlığında yaklaşık lineer olarak arttığı ve diğer taraftan elma dilim kalınlığı azaldıkça nem kaybı miktarının azaldığı Şekil 5 'de görülmektedir. 10 mm kalınlığındaki elma dilimlerindeki nem kaybı miktarı en az olup, 150 dakikadan sonra nem kaybı miktarı değişmemiştir. Nem kaybı, en ince dilim kalınlığı olan 4 mm'deki nem kaybı en kalın dilim kalınlığı olan 10 mm dekine göre iki kattan fazla olmuştur. Elma dilimlerinde %32 luk nem kaybına ulaşmak için 4 mm kalınlığında gereken süre 150 dk iken 8 mm elma dilim kalınlığında 240 dk olmuştur. Uygulanan dilimleme işleminin kurutma süresini kısalttığı belirlenmiştir (Kara ve Demir, 2012). Benzer bir çalışmada, Golden cins 5 mm ve 10 mm kalınlığındaki elma halkalarının raflı pasif güneş enerjili kurutucuda ve güneş altında kurutulduğu bir çalışmada elma halkalarının nem içeriği her iki güneş kurutma yönteminde zamanla azaldığı ancak

kurutucudaki elma halkalarındaki nem içeriğinde daha fazla azalma olduğu belirtilmiştir (Aboud 2013).



Şekil 5. Elma dilim kalınlığının zamanla nem kaybına etkisi  
Figure 5. Effect of apple slice thickness on moisture loss over time

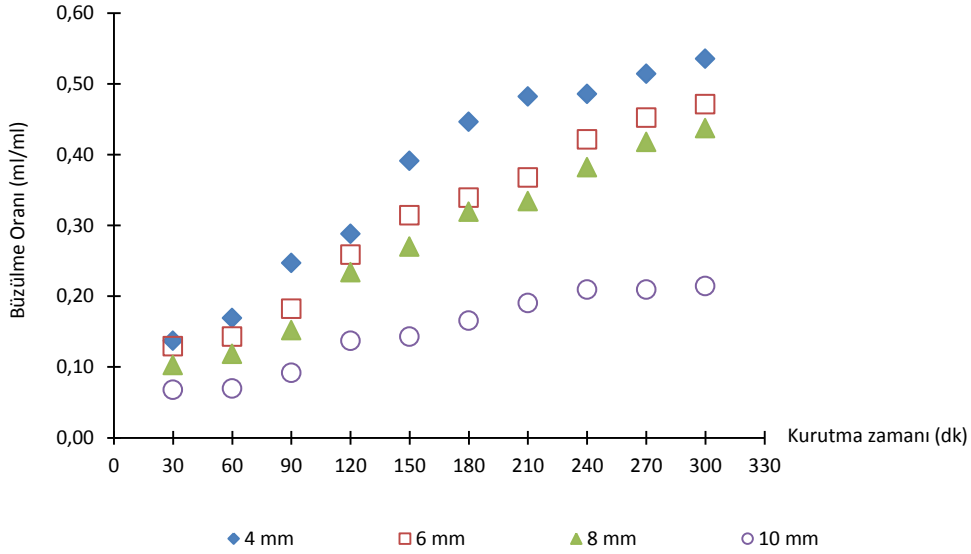
Zamanla kuruma hızının değişiminin verildiği şekil 6'den görüldüğü üzere her dilim kalınlığında ilk 60 dakika da hızlı bir düşüş olmuş ve ilerleyen sürelerde bu düşüş devam etmiştir. Başlangıçta yaş üründe nem miktarı en üst düzeyde olduğu için kuruma başladığı anda hızlı bir azalma gözlemlenmiştir. Dilim kalınlığı artıkça genel olarak kuruma hızı da düşmüştür. Kuruma hızı, nem içeriğine göre değişmekte olup, kurutma zamanı ve azalan nem içeriği ile sürekli olarak azalmıştır (Aktaş ve ark. 2009).



Şekil 6. Elma dilim kalınlığının zamanla kuruma hızına etkisi  
Figure 6. Effect of apple slice thickness on drying rate over time



Elma dilim kalınlığının zamanla büzülme oranının değişimi Şekil 7'de verilmiştir. Kuruma süresinin artması ve elma dilim kalınlığı azalması ile büzülme oranı artmıştır. Dilim kalınlığının artmasıyla birlikte örneklerde nemin difüzyonla havaya taşınmasında kat edeceği mesafe fazla olduğundan elma diliminin kuruması ve dolayısıyla büzülmesi az olmuştur. En fazla büzülme en ince dilim kalınlığı olan 4 mm en az büzülme ise 10 mm kalınlığındaki en kalın elma dilimlerinde görülmüştür. Katı matrisinden uzaklaşan nem miktarı arttıkça, gözeneklilik ve yoğunluk artar büzülme gerçekleşir (Talla ve ark. 2004). Dolayısıyla büzülme oranı, en fazla nem kaybının olduğu en ince dilim kalınlığında daha fazla olur.



Şekil 7. Elma dilim kalınlığının zamanla büzülme oranına etkisi

Figure 7. Effect of apple slice thickness on shrinkage rate over time

#### 4. Sonuçlar

Kurutucu dışındaki hava sıcaklığı en fazla 40 °C olurken güneş enerji kurutucu içerisinde bu sıcaklık 54 °C'yi bulmuştur. Dolayısıyla güneş enerjili kurutucudaki kurutma güneşe sererek ve gölgede kurutmadan daha fazla olmuştur. Elma dilim kalınlığının azalması, kuruma süresinin artması ve yüklenen madde miktarının artışıyla kuruma artmıştır. Güneş enerjili kurutucu da kurutma işlemi gölge ve güneşe sererek kurutmaya göre daha kısa sürede gerçekleşmekte, aynı zamanda daha temiz ve daha gevrek kuru ürün elde edilmektedir. Elma kurutma sıcaklığı ve nem içeriğine bakıldığında güneş kurutucuların kullanımının fayda sağlayacağı görülmektedir. Güneş enerjili kurutucular, kurulumu kolay, düşük masraflı, enerji giderleri az ve kaliteli kuru ürün elde edilebilecek bir kurutma sistemine ihtiyacı olan üreticiye yardımcı olacaktır.

## 5. Teşekkür

Bu çalışma Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (BAP) tarafından 2018-1-TP2-2840 no'lu proje ile desteklenmiştir. Yazarlar desteklerinden dolayı Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimine teşekkürlerini sunar.

## 6. Kaynaklar

- Aboud A. 2013. Drying Characteristic of Apple Slices Undertaken the Effect of Passive Shelf Solar Dryer and Open Sun Drying. *Pakistan Journal of Nutrition* 12 (3), 250-254.
- Aktas M., Ceylan İ, Yilmaz S. 2009. Determination of drying characteristics of apples in a heat pump and solar dryer, *Desalination* 239, 266–275.
- Anonim 2017. Akdeniz İthalatçı Birlikleri Genel Sekreterliği Yaş Meyve ve Sebze Sektörü Türkiye Geneli Değerlendirme Raporu 2017/Ocak-Nisan Dönemi.
- Anonim b. 2017. Gıdada Kayıp ve Atıklara Karşı Gıda Hareketi Başladı. *Gıda Hattı Dergisi*
- Bingöl G, Devres YO. 2010. Gıda İşlemede Kurutma Teknolojilerinin Temel İlkeleri.
- Ceylan İ, Aktaş M, Doğan H. 2006. Güneş Enerjili Kurutma Fırınında Elma Kurutulması. *Politeknik Dergisi* 9 (4), 289- 294.
- Darıcı S, Şen S. 2012. Kivi Meyvesinin Kurutulmasında Kurutma Havası Hızının Kurumaya Etkisinin İncelenmesi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 20 (130): 51- 58.
- Demiray E, Tülek Y. 2012. Kurutma İşleminin Kırmızı Biberdeki Renk Maddelerine Etkisi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi* 7 (3), 1-10.
- Ertekin C, Yıldız O. 1998. Bazı Sebze, Meyve ve Baharatlı Bitkilerin Kurutulma Yöntemleri ve Kullanılan Güneş Enerjili Kurutucular. *Tarımsal Mekanizasyon 18. Ulusal Kongresi, Tekirdağ*, 17- 18 Eylül, s. 673-693.
- Ertekin C, Yıldız O. 1998. Gelişen Ülkelerde Tarımsal Ürünlerin Kurutulmasında Güneş Enerjisi Kullanımının Rolü, *Tarımsal Mekanizasyon 18. Ulusal Kongresi, Tekirdağ*, 17- 18 Eylül, s. 694- 701.
- Gökayaz L, Yıldız Z. 2017. Gıda Ürünlerinin Kurutulmasında Güneş Enerjili Kurutucuların Kullanımı. 2. Uluslararası Akdeniz Bilim ve Mühendislik Kongresi, Adana, 25-27 Ekim, s. 1079- 1085.
- Kara T., Demir F., 2012. Muzun Farklı Kurutma Şartlarındaki Kuruma Karakteristiklerinin Belirlenmesi, *Tarım Makineleri Bilim Dergisi*, 8 (2), 179-182
- Lingayat A., Chandramohan V.P., Raju V.R.K. 2017, Design, Development and Performance of Indirect Type Solar Dryer for Banana Drying, *Energy Procedia* 109, 409 – 416
- Ochoa-Martinez LA, García-Quintero M, Morales-Castro J, Gallegos-Infante J, Martínez-Sánchez CE, Herman-Lara E. 2006. Effect of CaCl<sub>2</sub> and convective osmotic drying on texture and preference of apple. *Journal of Food Quality* 29, 583–595.
- Onin M. 2012. Bazı Meyve ve Sebzelerin İnfrared Kurutucuda Kurutulmasının Deneysel ve Teorik İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Malatya
- Öztürk H. 2008. Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Kullanımı. Teknik Yayınevi Mühendislik, Mimarlık Yayınları, Ankara. ISBN 9789755230429.
- Tüfekçi S. 2014. Ultrases Ön İşleminin Bamya ve Elma Örneklerinin Kurutma Performansları Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli
- Talla A., Puiggali J-R, Jomaa W., Jannot Y., 2004. Shrinkage and density evolution during drying of tropical fruits: application to banana, *Journal of Food Engineering* 64 103–109