

## Elma Dilimlerinin İnce Tabaka Halinde Kuruma Karakteristiği

Nursel HEYBELİ<sup>1</sup>, Can ERTEKİN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, 07070, ANTALYA

<sup>2</sup>Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, 07070, ANTALYA  
nurselheybeli@akdeniz.edu.tr

**Özet:** Bu çalışmada, sanayi tipi prototip rafli kurutucusunda Starking Delicious (*Malus Communis L.*) elma çeşitinin uygulanan kurutma havası sıcaklığının değişimi ile ürünün kuruma süresi, kuruma hızı, hacim ağırlığı, hacimsel büzülme, yeniden su alma, renk ve duyu özelliklerine etkisi incelenmiştir. Dilim kalınlığı 5 mm olan örnekler 40, 50, 60, 70 ve 80°C kurutma havası sıcaklığı, 4.1 m/s sabit hava hızı uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara, göre kurutma havası sıcaklığının artışı ile ürünün kuruma süresi azalmış, kuruma hızı artmıştır. Kuruma süresi, 40 ve 80°C kurutma havası sıcaklıkları uygulamalarında ile ön işlem gören örneklerde sırasıyla 3.18 ve 1.38 saat olurken, ön işlem görmeyen örneklerde 3.45 ve 1.30 saat olarak belirlenmiştir. Kuruma hızı, yüksek kurutma havası sıcaklıklarında ön işlem görmeyen örneklerde yüksek olurken, daha düşük sıcaklıklarda ön işlem gören ve görmeyen örneklerin kuruma hızlarının birbirine yakın değerler aldıkları belirlenmiştir. Hacim ağırlığı ve hacimsel büzülmenin kurutma havası sıcaklığından etkilenmediği saptanmıştır. 80°C kurutma havası sıcaklığında kurutulan ön işlem görmeyen örnekler, 90°C'de yeniden su alma kapasitesine %82.18'e ulaşmışlardır. Renk parametreleri olan L ve a değerleri kurutma havası sıcaklığından etkilenmemiştir. Örneklerin renk sapmasının, ön işlem gören örneklerde kurutma havası sıcaklığının azalışı ile arttığı, fakat bu artışın 50°C ön işlem görmeyen örneklerde ise 40°C sıcaklıkta en yüksek değere ulaştığı bulunmuştur. Duyusal analizler sonucunda, katılımcıların %77'si hem ön işlem gören hem de görmeyen örneklerin 70°C'de kurutulması durumunda ürün rengini beğenmişlerdir. Ön işlem gören örneklerin 60°C'lik kurutma havası sıcaklığında kurutulmaları ile en iyi tat ve kokunun elde edildiğini ve ürün görünüşünde ise ön işlem gören örnekler 60°C sıcaklık, ön işlem görmeyen örnekler 60 ve 70°C'lik kurutma havası sıcaklığının uygulanması gerektiği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kurutma, kuruma hızı, hacim ağırlığı, hacimsel büzülme, yeniden su alma kapasitesi, renk, duyu analiz

### The Thin Layer Drying Characteristics of Apple Slices

**Abstract:** In this study, the effect of drying air temperature on drying time, drying rate, bulk density, shrinkage, rehydration, color and sensory properties of Starking Delicious variety of apple (*Malus Communis L.*) was investigated in an industrial type shelf dryer prototype. The apples were sliced in thickness of 5 mm and dehydrated at the drying air temperatures of 40, 50, 60, 70 and 80°C and constant air velocity of 4.1 m/s. According to the results, drying time decreased and drying rate increased with increasing drying air temperature. The drying times of dehydrated apples at the air temperatures of 40 and 80°C were 3.18 and 1.38 h for pretreated apples and 3.45 and 1.30 for unpretreated apples, respectively. Drying rates of unpretreated and pretreated samples at the drying temperatures of 60, 50 and 40°C were similar, while drying rate of unpretreated samples at the higher drying temperatures was higher. Bulk density and shrinkage were not affected from drying temperatures. The rehydration of unpretreated samples at the temperature of 90°C was 82.18% for samples dried at the 80°C. The color parameters L and a were not affected from temperature of drying. Color deviation of pretreated samples was increased with increasing drying temperature but this deviation was maximum at 50°C for pretreated and 40°C for unpretreated samples. According to results of sensory analysis, the 77% of participants approved the color of both samples dried at 70°C. Better taste and smell was obtained at drying temperature of 60°C for unpretreated samples. The drying temperature should be arranged to 60°C and 60 and 70°C for better appearance of pretreated and unpretreated samples, respectively.

**Key words:** Drying, drying rate, bulk density, shrinkage, rehydration, color, sensory analysis

## GİRİŞ

Meyve ve sebzelerin içerdikleri yüksek orandaki su (%60-80) ve bazı organik maddeler, mikrobiyolojik ve kimyasal bozulmalara neden olmaktadır. Ürünü hasat ettikten sonra, korunma ve saklanması sorunu meydana gelmektedir.

Meyve ve sebzeler ürettikleri mevsim dışında kalan dönemlerde veya hiç üretimi yapılmayan bölge ve ülkelerde tüketilmek veya özel durumlarda kullanılmak amacıyla farklı muhafaza teknikleri uygulanmaktadır. Meyve ve sebze muhafaza etme yöntemlerinden biri olan kurutma ile ürünün, mikrobiyolojik ve enzimsel değişimleri önlenmekte veya sınırlandırılmaktadır.

Dünya 2005 yılı elma üretimi 63 488 907 ton olmuştur ve Türkiye'de 2 550 000 ton ile üçüncü sırada yer almaktadır (Anonim, 2006a). Türkiye'nin 2004 yılında toplam meyve üretimi 14 070 450 ton olmuştur. Toplam meyve üretiminde 2 513 450 ton ile yumuşak çekirdekli ikincisi sırada, bunun içerisinde de elma üretimi 2 100 000 ton ile birinci sırada yer almaktadır. Taze elma olarak; 1 050 000 ton Starking, 680 000 ton Golden, 180 000 ton Amasya, 25 000 ton Grannysmith ve 165 000 ton ile diğer elma çeşitlerinde üretim yapılmıştır (Anonim, 2006b).

Elmanın yenilebilir 100 gramında; %84.6 su, %0.2 protein, %0.5 yağ, %0.3 mineral, %1.0 lif ve %13.4 karbonhidrat bulunmaktadır. Ayrıca 10 mg kalsiyum, 14 mg fosfor, 1 mg demir, 40/100 yenilebilir kısım, A vitamini ve az miktarda E, H vitaminleri ve %60 şeker, %25 glikoz, %15 sakroz içerir (Anonim, 2005c).

Türkiye, kuru meyve çeşitlerinin büyük bir kısmının önemli bir kaynağıdır. Üretim büyük bir kısmı da ABD'de (örneğin Kaliforniya'da kuru üzüm) ve Akdeniz Ülkelerinde (örneğin Cezayir, Mısır ve İsrail'de hurma) gerçekleştirilmektedir (Tarakçioğlu ve Koç, 2004).

Ülkemizin iklim koşullarının uygun olmasından dolayı her çeşit meyve ve sebzelerin kurutulması işlemi büyük oranda doğal koşullar altında ve geleneksel yöntemlerle yapılmaktadır. Bu yolla kurutulmuş ürünlerimizden üzüm, incir ve kayısının ülke ekonomisine önemli katkısı bulunmaktadır. Dünya kurutulmuş meyve ve sebze pazarında ticari önemi olan vişne, erik, elma ve armut gibi meyveler ile patlıcan, kabak, biber, bezelye, fasulye v.b. sebzelerin ülkemiz koşullarında kurutma potansiyeli oldukça

fazladır. Ancak ülkemizin dünya kurutulmuş ürün piyasasındaki payını artırabilmesi için daha hijyenik ve ekonomik koşullarda kurutmaya ve daha kaliteli ürün üretilmesine önem verilmesi gerekmektedir. Dünyada ticareti yapılan kurutulmuş sebzelerin %97-98'i kontrollü koşullarda sıcak hava ile kurutulmaktadır. Sıcak hava ile kurutulan bu ürünler üstün kalitededir ve tüketilmeye hazır durumdadır (Işık ve Alibaş, 2000).

Kurutmayı etkileyen fiziksel faktörler sıcaklık, bağıl nem, hava hızı ve atmosferik basınçtır. Bu etkilerin kurutma şartlarını karşılayacak şekilde seçilmesi ve kullanılması, son ürün kalitesinde ve kurutucu performansında önemlidir.

Kurutma sırasında temel fiziksel değişimlerden biri olan büzülme üründen nem kaybı sonucu oluşur ve kuruma sürecinin hemen başlarında başlar. Bu da hücre duvarlarının bozulup zarar görmesine, yıkılmasına yol açar (Ramos ark., 2005). Büzülmenin büyüklüğü ve bitki dokusunun içsel yapısındaki zarlılık derecesi, uygulanan kurutma metodunun işletme parametrelerine bağlıdır (Lewicki ve Jakubczyk, 2004). Üründe oluşan aşırı büzülme, ürünün albenisini etkiler ve piyasada değerinin düşmesine neden olur.

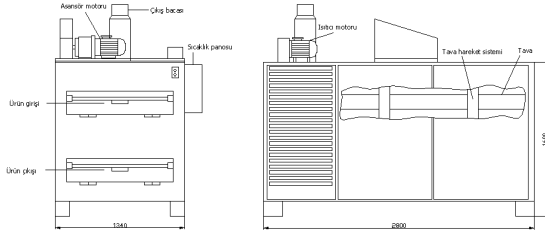
Kurutma koşullarına bağlı olarak ürün renginde de değişimler oluşur. Üründe oluşan renk değişimi ürünün tadında da değişimin olduğunun bir göstergesidir. Meyve ve sebzelerin kurutulmasında sıcaklığa bağlı oluşan kusurlar ve esmerleşmeye bağlı renk değişimi, uygulanan yöntemlere bazı sınırlamalar getirilmesine neden olmaktadır (Akyıldız, 1999). Üründe oluşabilecek enzimatik değişimler ve renk esmerleşmelerini önlemek için çeşitli ön işlemler uygulanmaktadır (Cemeroğlu, 2004). Bunların biride sitrik asit uygulamasıdır. Limon suyunun içeriğinde sitrik asit (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>) doğal olarak bulunmakta ve katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Sitrik asit, ekşi ve anti oksidant özelliğe sahiptir. (Igeo, 1989).

Bu çalışmada Starking Delicious elma çeşidinin sanayi tipi prototip rafli kurutucuda tek tabaka halinde kurutulması, kurutma parametrelerinin ve ön işlemin materyal üzerine etkisi incelenerek istatistiksel olarak etkinliği belirlenmiştir.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Materyal

Kurutma işlemi, Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi'nin katkılarıyla yaptırılan prototip raflı kurutucuda gerçekleştirilmiştir. Raflı kurutucunun boyutları, 2.8x1.1x1.5 m ve kullanılan tepsi boyutları 2x1x0.15 m'dir (Şekil 1).



**Şekil 1. Kurutma sisteminin şematik görünüşü**

Kurutucu; kurutma odası, raf hareket sistemi, 15 adet ısıtıcı (toplam ısı gücü 13 kcal/h), motor redüktörü, 1.49 kW gücündeki elektrik motoru ile çalışan fan, termostat (0-100°C), elektronik ısı göstergesi (0-400°C), kadranlı ısı göstergesi (160°C'ye kadar bölmeli) ve elektrik panosundan oluşmaktadır. Kurutucunun ön tarafında materyal giriş ve çıkışı için iki kapak bulunmaktadır. Kurutma odasına yerleştirilen altı tepsi birbirlerine temas ettikleri için kurutma odasındaki ısı kaybı en aza indirilmiştir. Çalışmalar boyunca deneysel amaçlı olarak tek raf kullanılmıştır. Raflar kurutucu odasındaki bir ray yardımıyla hareket etmektedir. Bu çalışmada, ürün kurutulması sırasında tepsilerin yerleri değiştirilmemiştir. Kurutucu içerisindeki  $\pm 1^\circ\text{C}$  hassasiyetteki termostat bulunmaktadır ve kurutucu üzerindeki ısı göstergesi ile alt ve üst hava sıcaklıkları takip edilmiştir. Kurutma sistemi içerisine dış ortamdan alınan hava, fan yardımı ile ısıtıcılar üzerine yönlendirilmektedir. Burada ısıtılan hava, kurutma odasına iletilerek ürün içerisinden geçerek üst kısımdaki bacadan dışarıya atılmaktadır. Mekosis-ACMK 0400 hız kontrol cihazı ile hava hızı kontrol edilmiştir. Kurutma denemeleri 40, 50, 60, 70 ve 80°C kurutma havası sıcaklığı ve 4.1 m/s sabit hava hızında gerçekleştirilmiştir. Kurutma odası içerisindeki hava hızı AM-4204HA kızgın telli anemometre ile ölçülerek belirlenmiştir. Denemelere, hava sıcaklığı ve hava hızı istenilen düzeye ulaşıldığı anda başlanılmıştır.

Çalışmada Antalya merkezine 70 km uzaklıktaki Korkuteli ilçesine bağlı Bozova kasabasından temin edilen elmalar kullanılmıştır. Elmalar denemelerde kullanılmak üzere Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü deposunda 0-1°C'lik sıcaklıkta depolanmıştır. Denemeler de hem materyalin kuruma hızı, yeniden su alma kapasiteleri ve hacim hem de renk, büzülme ve duyu özellikleri belirlenmiştir.

### Yöntem

Kurutma işlemine tabii tutulacak materyal yıkama, kabuk soyma, çekirdek evinin çıkarılması işlemlerinden sonra Bosch MAS 9101 marka dilimleyici kullanılarak 5 mm kalınlığında dilimlenmiştir. Hazırlanan örnekler iki gruba ayrılmış bir grup 10 dakika boyunca %5'lik limon suyu çözeltisinde bekletilerek ön işleme tabi tutulmuşlardır.

Kurutma işlemi tamamlandıktan sonra örneklerin son ağırlıkları ölçülmüştür. Kuruyan örnekler vakumlama ve paketleme işlemi için Moulinex marka ev tipi paketleme aleti ile vakumlu paketler oluşturularak depolanmışlardır.

### Uygulanan Analizler

#### Nem İçeriği ve Kuruma Hızı

Kurutma işlemi süresince nem içeriğindeki değişimi belirlemek amacıyla 45 dakikada bir ürünün ağırlıkları belirlenmiştir. Kurutma işlemi tamamlandıktan sonra farklı üç noktadan alınan örnekler ürünün 70°C sıcaklıkta son nem içeriğini belirlemek için kullanılmıştır (Yağcıoğlu, 1999).

#### Hacim Ağırlığı ve Hacimsel Büzülme

Elma dilimlerinin hacimlerindeki değişim, 90 dakikalık ölçüm periyotlarında belirlenmiştir. Ürünün hacim ağırlığını belirlemek için, üniform yapıda ve küçük çapa sahip olan hardal tohumu ve hacmi belli bir kap kullanılmıştır. Kurutucudan alınan örneklerin ağırlıkları tartıldıktan sonra hardal tohumu doldurulan kaptan bir miktar tohum dışarı alınmış ve boşalan kısma örnekler yerleştirildikten sonra alınan tohumlar tekrar kap içerisine dökülmüştür. Taşan tohumların hacmi, elma dilimlerinin hacmi olarak kabul edilmiştir (Elgün ark., 2002). Kuruma sırasında yapılan hacim ölçümü, yaş elma örnekleri içinde yapılarak başlangıç hacmi belirlenmiş ve sonuçlar "cm<sup>3</sup>" olarak alınmıştır. Ölçümler 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır.

Dilimlerin hacimsel büzülmesinin belirlenmesinde ise aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır;

$$SV = 1 - \frac{V_T}{V_o} \dots\dots\dots(1)$$

**Yeniden Su Alma Kapasitesi**

Kurutulmuş elma örnekleri damıtılmış su içerisine yerleştirilerek 24 saat bekletildikten sonra ağırlıkları tartılmıştır (Ertekin ve Yıldız, 2004). Örnekler oda sıcaklığında, 60 ve 90°C sıcaklıkta bekletilerek farklı sıcaklıklardaki yeniden su alma kapasiteleri belirlenmiştir. Yeniden su alma kapasitesi, kurutulan ürünün taze ürüne yaklaşımını belirlemek için ıslak ürün ağırlığının taze ürün ağırlığına oranı olarak hesaplanmıştır (Akyıldız 1999).

$$YSK = 100x \frac{Y_t}{Y_r} \dots\dots\dots(2)$$

**Renk**

Renk değerlerinde Hunter renk skalasında belirtilen üç ölçüm parametresi; parlaklık (L), kırmızılık (+a), yeşillik (-a), sarılık (+b) ve mavilik (-b) olarak belirlenmiştir. Cihaz, standart beyaz renge göre kalibre edilmiş, hesaplamalarda taze elma dilimleri de referans olarak kullanılmıştır (Saçılık ve Elicin, 2005). Ölçümler 6 örnek üzerinde (3 ön işlem gören ve 3 ön işlem görmeyen) 4 tekerrürlü yapılmış ve ortalama değerler kullanılmıştır. Toplam renk değişimi aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır;

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \dots\dots\dots(3)$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta L &= L_{\text{örnek}} - L_{s \text{ tan dart}} \\ \Delta a &= a_{\text{örnek}} - a_{s \text{ tan dart}} \\ \Delta b &= b_{\text{örnek}} - b_{s \text{ tan dart}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(4)$$

**Duyusal Analiz**

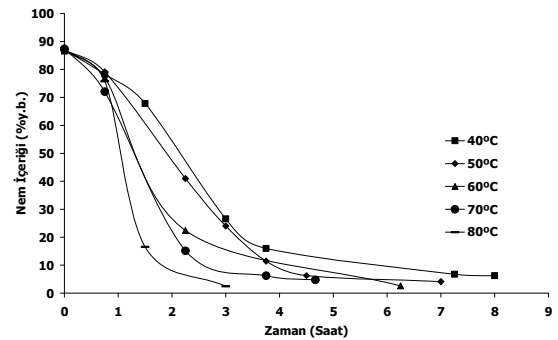
Kuru elma dilimleri renk, görünüş, tat ve koku özellikleri bakımından değerlendirmeye tabi tutulmuşlardır. Bu işlem 24 kişilik panelist grubu tarafından yapılmış ve her özellik 10 puan üzerinden değerlendirilmiştir. Değerlendirmede 1 en kötü, 10 ise en iyi özellik olarak tanımlanmıştır (Anonim, 1983; Anonim, 1986; Akyıldız, 1999).

**ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA**

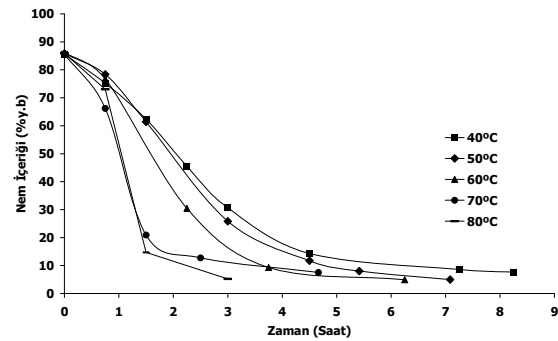
İlk nem içerikleri %85.51 ile %87.37 (y.b.), arasında değişen örnekler uygun depolama nemine, ön işlem gören örneklerde 1.38 ile 3.18 saat, ön işlem görmeyen örneklerde ise 1.30 ile 3.45 saatte

içerisinde ulaşmışlardır (Şekil 2 ve 3). Tüm örneklerle uygulanan kurutma havası sıcaklığının azalması ile kurutma süresinin uzadığı tespit edilmiştir. Proton ark. (2000) osmatik ön işlemin yapılan elma örneklerinde, Wang ve Chao (2002) ışın uygulaması yapılan örneklerde, Doymaz ve Pala (2003) mısır kurutulmasında, Lewicki ve Jakubczyk (2004) elma kurutulmasında ve Saçılık ve Elicin (2006) organik elmanın kurutulmasında; kurutma havası sıcaklığının kuruma süresine etkisinin oldukça yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre, ön işlem uygulamasının kuruma süresine etkisinin olmadığı, kuruma hava sıcaklığının ise %5 önem seviyesinde kuruma süresini etkilediği belirlenmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre ise 40 ile 50°C ve 70 ile 80°C'lik kurutma havası sıcaklıklarına ait kuruma süresi değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemsiz olduğu uygulanan 70 ve 80°C'lik kurutma havası sıcaklıklarında kuruma süresinin kısa zamanda tamamlandığı belirlenmiştir.



**Şekil 2. 5 mm kalınlığındaki ön işlem gören örneklerin 4.1 m/s hava hızı ve farklı sıcaklıklarda zamanla nem içeriği değişimi**



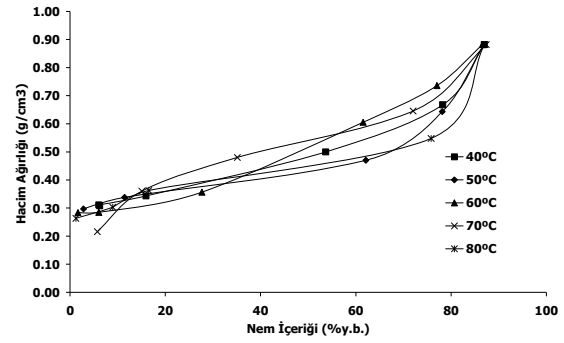
**Şekil 3. 5 mm kalınlığındaki ön işlem görmeyen örneklerin 4.1 m/s hava hızı ve farklı sıcaklıklarda zamanla nem içeriği değişimi**

Ön işlem gören ve görmeyen örneklerde 80°C sıcaklık uygulamasında örneklerin kuruma hızının daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu sıcaklıkta kurutma işleminin ilk saatinde kuruma hızının 79.03 g su/g kuru madde değerine kadar yükseldiği belirlenmiştir. Daha düşük kurutma havası sıcaklıklarında, kuruma hızı da azalmıştır. Wang ve Chao (2003), ısıtılarak ön işlem gören elma dilimlerinin kurutulmasında hava sıcaklığının artması ile kuruma hızının arttığını belirlemişlerdir. Doymaz (2004), havucun kuruma kinetiğini incelemelerinde kurutma havası sıcaklığının artışı ile kurutma hızının arttığını saptamıştır. Vengaiyah ve Pandey (2007), tatlı biberin kurutulmasında kuruma hızının uygulanan kurutma havası sıcaklığından etkilendiğini ve kurutma havası sıcaklığının yükselmesi ile kuruma hızının arttığını belirtmişlerdir. Ön işlem gören örneklere uygulanan 40, 50 ve 60°C kurutma havası sıcaklıklarında ön işlem görmeyen örneklere göre daha yüksek kuruma hızı elde edilmiş, 70 ve 80°C sıcaklıklarda ise tersi durum gözlenmiştir.

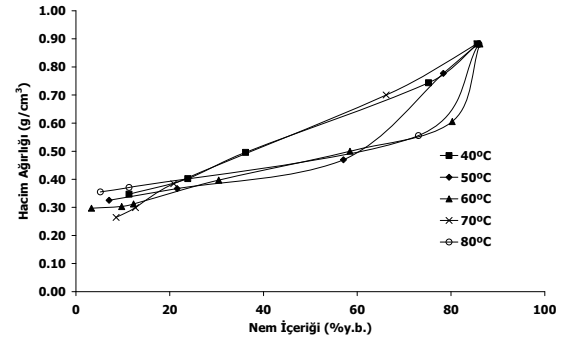
İstatistiksel analiz sonuçlarına göre ise, kuruma hızına uygulanan ön işlem etkisiz ve sıcaklığın ise %5 önem düzeyinde etkili olduğu gözlenmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre ise 40, 50 ve 60°C'deki ile 70 ve 80°C kurutma havası sıcaklıklarına ait kuruma hızı değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsizdir. 70 ve 80°C kurutma havası sıcaklığı istatistiksel olarak 40, 50 ve 60°C sıcaklıklarına göre daha yüksek kuruma hızı sağlanmıştır.

Yaş ürünün hacim ağırlığının 65.33 g/cm<sup>3</sup> olduğu ve örneklerin nem içeriğinin %24 olması durumunda bu değer ön işlem gören örneklerde 0.33 ile 0.42 g/cm<sup>3</sup>, ön işlem görmeyen örneklerde ise 0.36 ile 0.40 g/cm<sup>3</sup> arasında değiştiği saptanmıştır (Şekil 4 ve 5).

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre sıcaklık ve ön işlem uygulamasının hacim ağırlığı üzerine etkisi %5 seviyesinde önemlidir. Genelde en yüksek hacim ağırlığı ön işlem görmeyen örneklerde, sıcaklık açısından ise en yüksek hacim ağırlığı 40, 50 ve 80°C kurutma havası sıcaklığında olduğu tespit edilmiştir. Funebo ve Ohlsson (1998), çalışmalarında elma ve mantarın mikrodalga-ısıtılmış hava kombinasyonu ile kurutulmasında, kuruma işleminin uzun sürmesi durumunda, üründe büzülmenin artmasıyla hacim ağırlığının yükseldiğini saptamışlardır.



**Şekil 4. 5 mm kalınlığındaki ön işlem gören örneklerin 4.1 m/s hava hızı ve farklı sıcaklıklarda nem içeriği ile hacim ağırlığı değişimi**

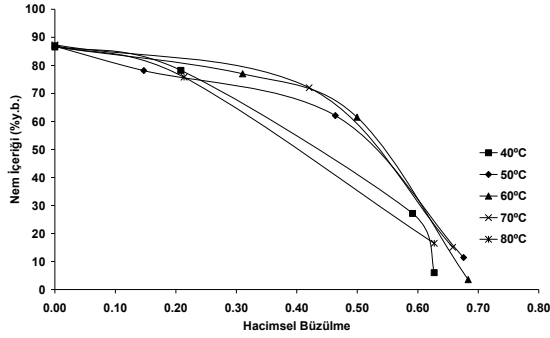


**Şekil 5. 5 mm kalınlığındaki ön işlem görmeyen örneklerin 4.1 m/s hava hızı ve farklı sıcaklıklarda nem içeriği ile hacim ağırlığı değişimi**

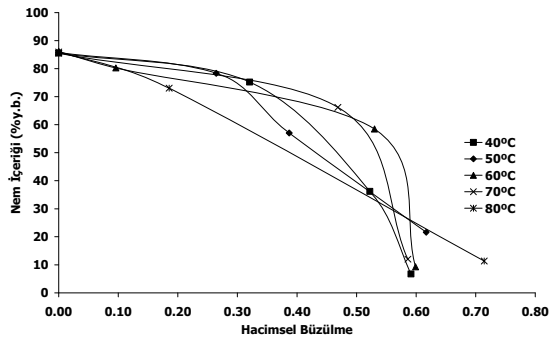
Depolama nemine ulaşan ön işlem gören örneklerin hacimsel büzülme değeri 0.56 ile 0.68, ön işlem görmeyen örneklerin ise 0.54 ile 0.64 arasında değiştiği saptanmıştır (Şekil 6 ve 7). Uygulanan 40°C'lik kurutma havası sıcaklığında ön işlem görmeyen örneklerde 0.54, ön işlem gören örneklerde ise 0.60 hacimsel büzülme değeri elde edilmiştir. 80°C sıcaklıkta ise ön işlem görmeyen örneklerin hacimsel büzülme değeri 0.61, ön işlem gören örneklerin ise 0.58 olduğu belirlenmiş ve ön işlem görmeyen ve gören örneklerin hacimsel büzülme değerlerinin uygulanan sıcaklıklarda birbirinden çok farklı olmadığı belirlenmiştir.

Kurutma havası sıcaklığı ve ön işlem uygulamasının hacimsel büzülme üzerine etkisini belirlemek için regresyon analizi testi yapılmıştır. Bu analiz sonucuna göre sıcaklığın hacimsel büzülme üzerine etkisi önemsiz iken ön işlem uygulamalarının etkisinin %5 önem seviyesinde önemli olduğu tespit edilmiştir. Regresyon analizinin R<sup>2</sup> değeri %66 ve

ANOVA modeli  $y=0.46+1.60*10^{-3}x_1+6.20*10^{-2}x_2$  olarak belirlenmiştir. Buradaki  $x_1$  uygulanan sıcaklığı,  $x_2$  ise ön işlemi temsil etmektedir.



**Şekil 6. 5 mm kalınlığındaki ön işlem gören örneklerin 4.1 m/s hava hızı ve farklı sıcaklıklarda hacimsel büzülme değişimi**



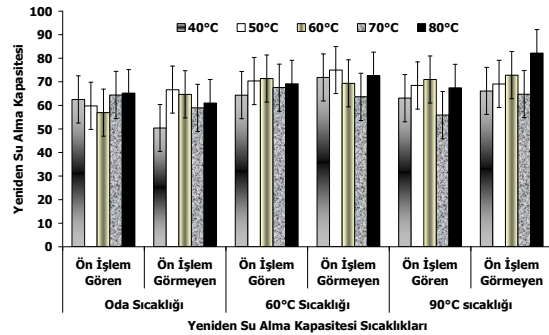
**Şekil 7. 5 mm kalınlığındaki ön işlem görmeyen örneklerin 4.1 m/s hava hızı ve farklı sıcaklıklarda hacimsel büzülme değişimi**

Yeniden su alma kapasitesi oda sıcaklığında yapılan analizlerde ön işlem gören örneklerde %56.91 ile 65.19, ön işlem görmeyen örneklerde %50.41 ile %66.69 arasında değişmiştir (Şekil 8). En yüksek yeniden su alma kapasitesi değeri ön işlem gören örneklerde 80°C, ön işlem görmeyen örneklerde 50°C'lik sıcaklıkta elde edilmiştir. Oda sıcaklığında yapılan analiz sonuçlarına göre, ön işlem gören örneklerin yüksek kurutma havası sıcaklığında kurutulmalarında oluşan hızlı nem kaybı sonucunda yeniden su alma kapasitelerinin arttığı bulunmuştur. 60°C sıcaklıkta yapılan yeniden su alma kapasiteleri analizinde, ön işlem gören örneklerde bu değerler %64.34 ile 71.38, ön işlem görmeyen örneklerde ise %63.63 ile %74.99 arasında değişmiştir. En yüksek yeniden su alma kapasitesi ön işlem gören örneklerin

60°C, görmeyen örneklerde ise 50°C sıcaklık uygulamasında meydana gelmiştir. Analiz sıcaklığının 90°C olması durumunda yeniden su alma kapasitesi, ön işlem gören örneklerde %55.88 ile 70.99, görmeyen örneklerde ise %64.78 ile 82.18 arasında değişmiştir. En yüksek yeniden su alma kapasitesi, ön işlem gören örneklerde 60°C, ön işlem görmeyen örneklerde 80°C kurutma havası sıcaklığında elde edilmiştir.

Yeniden su alma kapasitesi oda sıcaklığında yapılan denemelerde kurutma havası sıcaklığı ve ön işlem uygulamasından istatistiksel olarak etkilenmediği belirlenmiştir.

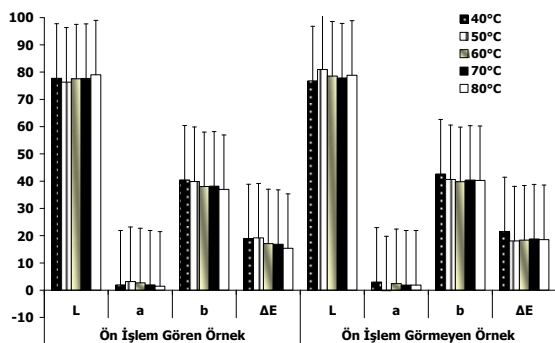
Yeniden su alma kapasitesi analiz sıcaklığının 60 ve 90°C olması durumunda, kurutma havası sıcaklığı ve ön işlem uygulamasının yeniden su alma kapasitesine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır. Test sonuçlarına göre, 60 ve 90°C'lik sıcaklıklarda belirlenen analizlerde genellikle ön işlem görmeyen örneklerde yeniden su alma kapasitesinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. 60 ve 90°C sıcaklıklarda yapılan yeniden su alma kapasitesi, kurutma havası sıcaklığının 50, 60 ve 80°C olması durumunda diğer sıcaklıklara göre yüksek olduğu tespit edilmiştir.



**Şekil 8. 5 mm kalınlığındaki ön işlem yapılan gören ve ön işlem görmeyen örneklerin farklı sıcaklıklarda yeniden su alma kapasitesi**

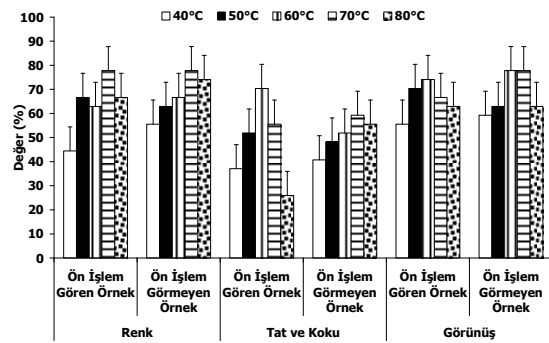
Renk değerlerinden L (parlaklık) ve a (kırmızılık) değerlerinin kurutma havası sıcaklığı değişiminden ve ön işlem uygulamasından etkilenmediği ve birbirlerine yakın değerler aldıkları belirlenmiştir (Şekil 9). Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarında L ve a değerlerine sıcaklık ve ön işlemin etkisinin %5 önem seviyesinde önemsiz olduğunu göstermiştir. b (+ sarılık, - mavilik) değeri ise uygulanan kurutma havası sıcaklığı ve ön

işlemden etkilenmiştir. Ön işlem gören örneklerde kurutma havası sıcaklığının artışı ile b değerinin arttığı, ön işlem görmeyen örneklerde ön işlem görenlere göre daha yüksek b değerleri elde edildiği belirlenmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre uygulanan 50, 60 ve 70°C kurutma havası sıcaklıklarında b değerleri arasındaki farklılık önemsiz olarak bulunmuştur. Kurutma havası sıcaklığının 80°C olması durumunda ise uygulanan diğer sıcaklıklardan daha düşük b değeri elde edilmiştir. Renk sapması  $\Delta E$  değerleri ön işlem gören örneklerde 15.36 ile 19.18, ön işlem görmeyen örneklerde 18.06 ile 21.46 değerleri arasında değişmiştir. Ön işlem gören örneklerde en düşük renk sapması değeri 80°C kurutma havası sıcaklığında elde edilirken, en yüksek değer 50°C'de elde edilmiştir. Ön işlem uygulanan örneklerde, düşük kurutma havası sıcaklarında renk sapmaları artmıştır. Ön işlem görmeyen örneklerde ise 50 ile 80°C sıcaklık aralığında renk sapmasının çok küçük olduğu buna karşın 40°C'lik kurutma havası sıcaklığında en yüksek değere ulaşmıştır. Ön işlem görmeyen örnekler, kurutma havası sıcaklığının düşmesi sonucunda artan kuruma süresi nedeniyle renkte sapmanın arttığı belirlenmiştir. Renk sapması değerine sıcaklık ve ön işlemin etkisini belirlemek için yapılan Duncan testinde, uygulanan sıcaklıklar ve ön işlem uygulamalarının etkisiz olduğu tespit edilmiştir. Saçılık ve Elicin (2005), kuru elma dilimlerinin renk analizleri sonucunda, düşük sıcaklıkta kurutulan elma dilimlerinin renk parlaklığının daha iyi olduğunu ve ön işlem görmeyen elma dilimlerinin renklerinin taze elmaya daha yakın olduğunu saptamışlardır.



**Şekil 9. 4.1 m/s hava hızı ve farklı sıcaklıklar uygulaması yapılan 5 mm kalınlığındaki ön işlem gören ve ön işlem görmeyen örneklerin farklı sıcaklıklardaki renk değerleri değişimi**

Yapılan duyu analizlerin sonuçlarına göre, en iyi renk ön işlem gören ve görmeyen örneklerin 70°C, tat ve koku ön işlem gören örneklerin 60°C, görünüş ise ön işlem görmeyen örneklerin 60 ve 70°C sıcaklık uygulamalarında elde edilmiştir (Şekil 10). Tat ve koku değerlendirilmesinde ön işlem görmeyen örneklerin, 60°C'lik kurutma havası dışındaki sıcaklıklarda ön işlem gören örneklerden daha yüksek değerler aldığı belirlenmiştir. Kuru ürün genelinde ön işlem görmeyen örnekler uygulama sıcaklıklarının çoğunda daha fazla beğeni toplamıştır.



**Şekil 10. 5 mm kalınlığındaki ön işlem gören ve ön işlem görmeyen örneklerin farklı sıcaklıklardaki duyu analizi**

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapılan çalışmanın sonuçları aşağıda özetlenmiştir:

- 1- Ön işlem gören ve görmeyen örnekler uygulanan kurutma havası sıcaklığının düşmesi ile kurutma süresinin uzadığı tespit edilmiştir. Ön işlem görmeyen örneklerin yüksek sıcaklık uygulamalarında nem içeriklerinin istenilen düzeye inmesi için gereken süre ön işlem gören örnekler göre daha kısa olduğu, buna karşılık uygulanan kurutma havasının sıcaklığının azalması ile ön işlem gören örneklerin daha kısa sürede kuruduğu belirlenmiştir. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre, ön işlem uygulamasının kuruma süresine etkisinin olmadığı, kuruma hava sıcaklığının ise etkili olduğu belirlenmiştir.
- 2- Ön işlem gören ve görmeyen örneklerde 80°C sıcaklık uygulaması ile örneklerin kuruma hızının daha yüksek olduğu görülmüştür. Ön işlem gören örneklerin yüksek kurutma havası sıcaklıklarında örnekten birim zamanda daha fazla nem alınabildiği belirlenmiştir. Kurutma işleminde uygulanan parametrelerin kuruma hızına etkisini belirlemek için yapılan istatistiksel analiz

sonuçlarına göre, uygulanan ön işlemin etkisiz olduğu, sıcaklığın ise %5 önem düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır.

- 3- Hacim ağırlığı ve hacimsel büzülme nem içeriğine bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. İstatistiksel olarak uygulanan sıcaklık ve ön işlemin hacim ağırlığında etkili olduğu belirlenirken, hacimsel büzülme üzerine sadece ön işlemin etkili olduğu tespit edilmiştir.
- 4- Ön işlem gören örneklerin oda sıcaklığında yeniden su alma işlemi yapılacağı kurutma havası sıcaklığının yüksek seçilmesi gerektiği, buna karşın 60 ve 90°C'lik sıcaklıklarda yapılan analizler sonucunda 50 ve 60°C kurutma havası sıcaklığında kurutulmaları durumunda en iyi sonucun elde edildiği belirlenmiştir. Oda sıcaklığında yeniden su alma kapasitesi üzerine kurutma havası sıcaklığı ve ön işlem uygulamasının etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir. Yeniden su alma kapasitesi analiz sıcaklığının 60 ve 90°C olması durumunda ise kurutma havası sıcaklığı ve ön işlem uygulamasının etkisi istatistiksel olarak önemli olmaktadır.
- 5- Renk değerlerinden L (parlaklık) ve a (kırmızılık) değerleri, kurutma havası sıcaklığının değişiminden ve ön işlem uygulamasından etkilenmediği ve birbirine yakın değerler aldığı belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucuna

göre, L ve a değerlerinin kurutma havası sıcaklığı ve uygulanan ön işlemin etkisinin %5 önem seviyesinde önemsiz saptanmıştır. b değeri ise uygulanan kurutma havası sıcaklığı ve ön işlemden etkilenmiştir.

- 6- Kuru ürün genelinde ön işlem görmeyen örnekler uygulama sıcaklıklarının çoğunda daha fazla beğeni toplamıştır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından desteklenmiştir (2005.02.0121.008).

## SİMGELER ve KISALTMALAR

- $\Delta a$  = Kırmızı renk sapması  
 $\Delta b$  = Sarı renk sapması  
 $\Delta E$  = Toplam renk sapması  
 $\Delta L$  = Renk parlaklığı sapması  
k.b.= Kuru baz (%)  
K.H.= Kuruma hızı (gsu/gkuru madde.saat)  
SV= Hacimsel büzülme  
t = Hesaplanmak istenen zaman (saat)  
 $V_o$  = Kurumadan önceki ortalama hacim (cm<sup>3</sup>)  
 $V_T$  = Herhangi bir t anındaki ortalama hacim (cm<sup>3</sup>)  
y.b = Yaş baz (%)  
YSK= Yeniden su alma kapasitesi  
 $Y_I$  = Islak ürün ağırlığı (g)  
 $Y_T$  = Taze ürün ağırlığı (g)

## LİTERATÜR LİSTESİ

- Akyıldız, A., 1999. Kurutulmuş elma cipsi üretim tekniği üzerine araştırma, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana.
- Anonim, 1983. Duyusal analiz-Tat duyarlılığı tayini. Türk Standartları Enstitüsü, TS 3904, Ankara.
- Anonim, 1986. Duyusal analizler terimler ve tarifler. Türk Standartları Enstitüsü, TS 4921, Ankara.
- Anonim, 2006a. FAO Statistical Databases, <http://faostat.fao.org/faostat/>, Erişim Ekim 2006.
- Anonim, 2006b. Bitkisel üretim verileri. Türkiye İstatistik Kurumu, [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr), Erişim Ekim 2006.
- Cemeroğlu, B., 2004. Meyve ve sebze işleme teknolojisi. Başkent Klşe Matbaacılık, Ankara, 2. cilt, 628s.
- Doymaz, I. and Pala, M., 2003. The thin-layer drying characteristics of corn. Journal of Food Eng., 60, 125-130.
- Doymaz, I., 2004. Convective air drying characteristics of thin-layer carrots, Journal of Food Eng., 61, 359-364.
- Elgün, A., Ertugay, Z., Certel, M. ve Kotancılar, G., 2002. Tahıl ve ürünlerinde analitik kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama klavuzu. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisleri, Yayın No: 867, Ziraat Fakültesi Yayın No: 335, Ders Kitapları Serisi No:82
- Ertekin, C. and Yıldız, O., 2004. Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. Journal of Food Eng., 63, 349-359.
- Funebo, T. and Ohlsson, T., 1998. Microwave-assisted air dehydration of apple and mushroom, Journal of Food Eng., 38, 353-367.
- Igeo, R.S., 1989. Dictionary of food ingredients. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. ISBN 0-442-24002-3, 225s.
- İşık, E. ve Alibaş, İ., 2000. Tarımsal ürünlerin kurutulmasında kullanılan yöntemler ve kurutma sistemi, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yardımcı Ders Notu, No: 3, Bursa.



- Lewicki, P.P. and Jakubczyk, E., 2004. Effect of hot air temperature on mechanical properties of dried apples, *Journal of Food Eng.*, 64, 307-314.
- Prothon, F., Ahrné, L.M., Funebo, T., Kidman, S., Langton, M. and Sjöholm, I., 2001. Effects of combined osmotic and mikrowave deheydration of apple on texture, microstructure and rehydration characteristics, *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 34, 95-101.
- Ramos, I.N., Branão, T.R.S. and Silva, C.L.M, 2005. Integrated approach on solar drying, pilot convective drying and microstructural changes. *Journal of Food Eng.*, 67, 195-203.
- Saçlık, K. and Elicin, A.K., 2005. The thin layer drying characteristics of organic apple slices. *Journal of Food Eng.*, 73, 281-289.
- Vengaiyah, P.C. and Pandey, J.P., 2007. Dehydration kinetics of sweet pepper (*Capsicum annum L.*). *Journal of Food Eng.*, 81, 282-286
- Wang, J. and Chao, Y., 2002. Drying characteristics of irradiated apple slices, *Journal of Food Eng.*, 52, 83-88.
- Yağcıoğlu, A, 1999. Tarım ürünleri kurutma tekniği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 536, Bornova, İzmir.