

Ayva Dilimlerinin Ozmotik Kurutulmasında Elektriksel ve Ultrasonik Ön İşlemlerin Etkileri

Filiz İçier¹, Hasan Yıldız², Salih Eroğlu³, Serdal Sabancı^{1,✉}, Ebru Eroğlu⁴¹Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir²Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Muradiye, Manisa³Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Bornova, İzmir⁴Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Muradiye, Manisa

Geliş Tarihi (Received): 15.05.2013, Kabul Tarihi (Accepted): 30.06.2013

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): serdalsabanci@hotmail.com (S. Sabancı)

© 0 232 311 30 31 ☎ 0 232 342 75 92

ÖZET

Bu çalışmada, ayva dilimlerinin elektriksel (60 V/cm, 15 s) ve ultrasonik (195 W, 15 s) ön işlemler sonrası ozmotik kurutulması incelenmiştir. Ön işlemlerin etkilerini karşılaştırmak amacıyla ön işlemsiz (kontrol grubu) ozmotik kurutma da yapılmıştır. Ozmotik kurutma ajanı olarak %50 (w/w) sakkaroz çözeltisi kullanılmıştır. Ozmotik kurutma süresince toplam kuru madde (TKM) içeriği, katı kazanımı, su kaybı, ağırlık değişimi, boyut değişimi, elektriksel iletkenlik ve sıcaklık değişimi incelenmiştir. Elektriksel ön işlem uygulanmış ayva dilimlerinin 240 dakikada, ultrasonik ön işlem uygulanmış ve kontrol grubu örneklerinin 300 dakikada %40 TKM değerine ulaştığı tespit edilmiştir. %40 TKM değerine ozmotik kurutulmuş ürünlerin renk özellikleri incelendiğinde, L*, a*, Hue açısı ve ΔE değeri açısından, ultrasonik ön işlem ve kontrol grubunun elektriksel ön işlemden farklı olduğu bulunmuştur (p<0.05). b/a bakımından en düşük değerin elektriksel işlemde, en yüksek değerin ise ultrasonik ön işlemde elde edildiği belirlenmiştir. Sertlik, elastikiyet, sakızimsılık, çiğnenabilirlik ve esneklik değerlerinin ozmotik kurutulmuş ürünlerde hammaddeye göre daha düşük olduğu belirlenmiştir (p<0.05). Ultrasonik ön işlemin elektriksel ön işleme göre kalite özelliklerinde daha az değişime neden olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Elektriksel, Ultrasonik, Ozmotik kurutma, Ayva,

Effect of Electrical and Ultrasonic Pre-treatments during Osmotic Dehydration of Quince Slices

ABSTRACT

In this study, osmotic dehydration of quince slices was investigated by applying electrical (60 V/cm, 15 s) and ultrasonic (195 W, 15 s) pre-treatments. It was also performed as untreated (control group) for the purpose of comparing the effects of pre-treatments. 50% (w/w) sucrose solution was used as the osmotic drying agent. Changes on total dry matter (TDM) content, solid gain, water loss, weight reduction, dimensions, the electrical conductivity and temperature during the osmotic dehydration were investigated. It was determined that electrically pretreated quince slices reached to 40% TDM content in 240 min although ultrasonic pretreated samples and control group reached in 300 min. Comparing the color values of osmotically dried samples having 40% TDM, L*, a*, Hue angle, and ΔE colour values of either ultrasonic pretreated or control group samples were different than those of electrically pretreated samples (p<0.05). It is found that maximum b/a value was found in electrically pretreated samples whereas minimum was for ultrasonic pretreated samples (p<0.05). It is determined that hardness, gumminess, chewiness and springiness values of osmotically dried products were lower than those of raw material (p<0.05). It was concluded that ultrasonic pre-treatment has minimal effects on quality characteristics rather than electrical pre-treatment.

Key Words: Electrical, Ultrasonic, Osmotic dehydration, Quince

GİRİŞ

Kurutma temel olarak gıdalarda bulunan suyun uzaklaştırılması olarak ifade edilmektedir [1]. Gıda endüstrisinde sıcak hava ile kurutma, dondurarak kurutma, mikrodalga kurutma, vakum kurutma ve ozmotik kurutma yaygın olarak kullanılmaktadır [2]. Diğer kurutma yöntemlerine yardımcı olmak amacıyla genellikle ön işlem olarak uygulanan ozmotik kurutma, gıdanın yüksek ozmotik ve düşük su aktivitesi değerine sahip ozmotik çözeltilere maruz bırakılmasıyla, ürün ve konsantrasyon farkı nedeniyle oluşan sürüklenme kuvveti ile suyun uzaklaştırılması işlemidir [3]. Ozmotik kurutmada diğer kurutmalarda olduğu gibi faz değişimi gerçekleşmemektedir. Bu nedenle, ozmotik kurutma sonucu gıdaların renk, doku ve besin içeriklerinde daha az kayıplar meydana geldiği bildirilmektedir [4]. Ayrıca işlemin daha düşük sıcaklıklarda gerçekleştirilebilmesi nedeniyle esmerleşme reaksiyonları da en aza indirilebilmektedir. Daha az enerji tüketilmesi nedeniyle diğer kurutma işlemlerine göre daha avantajlı bir ön kurutma sağlamaktadır [5, 6, 7]. Ancak ozmotik kurutma ile elde edilen gıdalarda su aktivitesinin yüksek olması nedeniyle genellikle tek başına bir kurutma yöntemi olarak tercih edilmemekte, ön işlem olarak uygulanması tercih edilmektedir.

Bununla birlikte, meyve ve sebzelerde ozmotik kurutma süresinin mümkün olduğunca kısa tutulması kalite kayıplarının azaltılmasında önemli rol oynayacaktır. Bu amaçla ozmotik kurutma öncesi ön işlemlere gerek duyulmaktadır. Özellikle gıdaların işlenmesinde uygulanan güncel teknikler olarak bilinen ohmik, ultrasonik, darbeli elektriksel alan (PEF), yüksek hidrostatik basınç vb. gibi ön işlemler işlem süresinin kısaltılması amacıyla etkili yöntemler olarak kullanılmaktadır [8-14].

Gıda endüstrisinde yeni teknikler olarak bilinen ultrasonik ve elektriksel ön işlemler son yıllarda yaygın olarak kullanımıyla dikkati çekmektedir. Ozmotik kurutma işlemi öncesi uygulanan ultrasonik ön işlemi, ultrasonik dalgalar ile genleşme ve sıkışmalara neden olarak hücre dokularında sünger etkisine neden olmaktadır [12]. Ultrasonik dalgaların neden olduğu sünger etkisi sonucunda hücre dokularındaki gözeneklerde mikroskobik kanallar oluşmaktadır [12, 15]. Elektriksel ön işlem ise meyve ve sebze dokularında parçalanmalara neden olması nedeniyle gıdaların geçirgenliğini artırabilmektedir. Elektriksel ön işlem uygulandığı gıdada nem hareketliliğini artırarak, hücre duvarlarının parçalanmasını sağlanmakta ve dolayısıyla yapısal değişikliklere neden olmaktadır [16, 17]. Ancak meyve ve sebze örneklerine uygulanan ultrasonik ve elektriksel ön işlemlerin ozmotik kurutma süresi ve kalite özelliklerindeki değişimlerine etkisinin incelendiği çalışmalar yazarların bilgisi dâhilinde sınırlı sayıdadır.

Bu çalışmada; ayva dilimlerine uygulanan ön işlemlerin ozmotik kurutma süresi, renk, doku, su aktivitesi ve boyut değişimi gibi kalite özelliklerindeki değişim ve kütle transferi sonucu meydana gelen katı kazanımı, su

kayıbı ve ağırlık kaybı değerlerindeki değişim üzerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Denemelerde yerel marketlerden (Bornova, İzmir, Türkiye) alınan ayva (*Cydonia oblonga*) örnekleri kullanılmıştır. Ayvaların yan yüzeyinden çekirdek kısmına kadar olan hacimsel bölge örnekleme için kullanılmıştır. Ayva, ön işlemler ve ozmotik kurutma öncesi +4°C'de muhafaza edilmiştir. Ayva örnekleri eşit boyutlarda olacak şekilde dilimlenmiştir (6×40×10 mm). %50 (w/w) konsantrasyona sahip ozmotik çözelti sakkaroz kullanılarak hazırlanmıştır. Sakkaroz yerel marketlerden (Bornova, İzmir, Türkiye) alınmıştır. Ayva hammaddesinin başlangıç toplam kuru madde içeriği incelenmiş, %83.11±0.79 olduğu belirlenmiştir. Boyutlandırılmış ayva dilimleri ön işlemler öncesinde %1 askorbik asit ve %0.2 sitrik asit içeren çözeltide 5 dak bekletilmiştir.

Yöntem

Uygulanan Ön İşlemler

Çalışmada ayva meyvesine uygulanan ön işlemler ve ozmotik kurutma aşamaları Şekil 1'de şematik olarak özetlenmiştir.

Elektriksel sistemde (Şekil 2) ayva dilimlerine 60 V/cm'de 15 s elektriksel işlem uygulanmıştır. Elektriksel sistem, izole trafo sistemi, mikroişlemci, voltaj-akım-sıcaklık ölçüm ünitesi, teflon test hücresi, paslanmaz çelik elektrotlardan oluşmaktadır. Elektriksel ön işlem sırasında ayva dilimleri elektrotlarla temas edecek şekilde sabitlenebilmektedir. Sistem özel olarak tasarlanmış ve kurulumu gerçekleştirilmiştir [18].

Ozmotik Kurutma

6×40×10 mm olarak boyutlandırılan ayva dilimlerine ön işlemler sonrası, 100 ml sakkaroz çözeltisi içinde 100 rpm çalkalama hızında 30°C'de çalkalamalı inkübatörde (Gerhardt thermoshake, Almanya) ozmotik kurutma işlemi uygulanmıştır. Ön işlemlerin karşılaştırılması amacıyla kontrol (ön işlemsiz) ozmotik kurutma işlemi de uygulanmıştır. 1 saat aralıklarla örnekleme yapılarak toplam kuru madde içeriğinin %40'a ulaşma süresi belirlenmiştir (Şekil 1).

Analizler

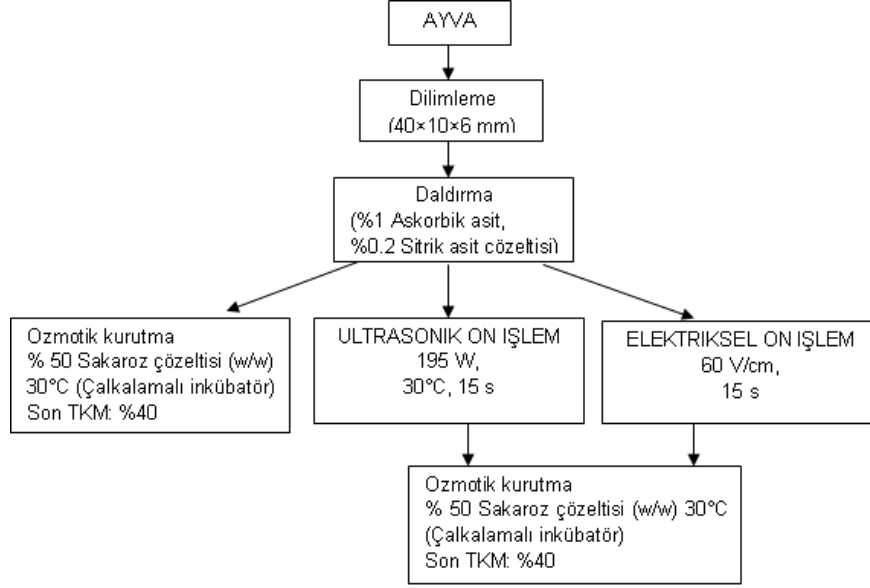
Elektriksel İletkenlik ve Sıcaklık Değişimi

Elektriksel işlem sistemine bağlı mikroişlemci sistemi yardımıyla 1 saniye aralıklarla örneklerin sıcaklık değerleri, sistemden geçen akım ve uygulanan voltaj değerleri kaydedilmiştir. Sıcaklık ölçümü, Teflon kaplı T-tipi ısı eşler (Cole-Parmer, İngiltere) kullanılarak mikroişlemci yardımıyla (Omega, ABD) kaydedilmiştir. Bu verilerin yardımıyla örneklerin farklı sıcaklıklardaki

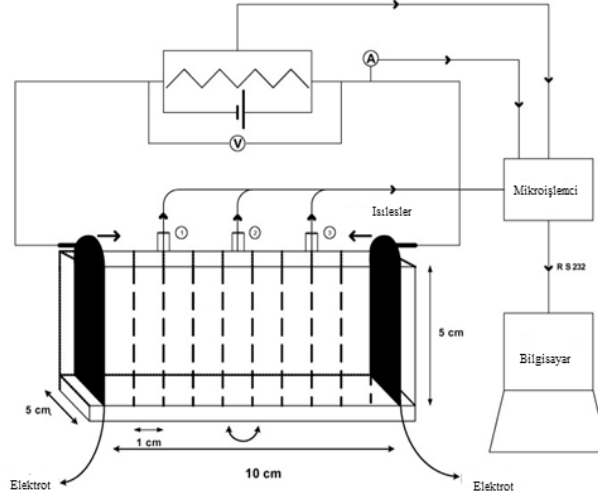
elektriksel iletkenlik değerleri (S/m) Denklem (1) ile hesaplanmıştır [19].

$$\text{Elektriksel iletkenlik} = \frac{I \cdot L}{V \cdot A} \quad (1)$$

Bu sistemde uzunluk (L); iki elektrot arasındaki mesafeyi ifade etmektedir. V uygulanan voltajı (volt), I akımı (amper), A ise gıdaya temas eden elektrot alanını (m²) ifade etmektedir. Kaydedilen veriler işlenerek, elektriksel iletkenlik değerinin sıcaklıkla değişimi incelenmiştir.



Şekil 1. Uygulanan işlemlerin şematik gösterimi



Şekil 2. Elektriksel işlemin şematik gösterimi [18].

Toplam Kuru Madde Tayini ve Ağırlık Ölçümleri

Ön işlem uygulanmış ve kontrol grubu ayva dilimlerinin toplam kuru madde içeriklerindeki değişimin belirlenmesi amacıyla 1 saat aralık ile örnekler alınarak vakumlu etüvde (Nüve E18, Türkiye), 65°C'de 0,65 atm vakumda sabit tartıma 4 basamaklı hassas terazi (Denver, SI-234,

Almanya) kullanılarak getirilmiştir. Sonuçlar % nem ve % toplam kuru madde olarak hesaplanmıştır [20].

Örnek, sakkaroz çözeltisinin içinden çıkartıldıktan sonra saf su ile yıkanıp, üzerindeki fazla su filtre kağıdıyla alındıktan sonra tartılarak (gravimetik yöntemle) ağırlık değişimi tespit edilmiştir.

Boyut Değişimi

Ayva dilimlerinin ön işlem sonrası ve ozmotik kurutma sırasındaki en, boy ve kalınlık değişimlerinin belirlenmesi için elektronik kumpas (Mitutoyo, CD-15CPX, Japonya) kullanılarak boyut ölçümleri alınmıştır. En, boy ve kalınlıktaki değişimler ozmotik kurutma sırasında ölçülen boyutların hammaddeden alınan dilimlerin başlangıç boyutuna göre % değişimi olarak hesaplanmıştır.

Ağırlık Kaybı, Su Kaybı ve Katı Kazanımı

Ozmotik kurutma sırasında ayva dilimlerinin toplam kuru madde içeriğinin %40'a ulaşması sırasında meydana gelen kütle transferi özelliklerini belirlemek üzere; ağırlık kaybı (weight reduction, WR), su kaybı (water loss, WL) ve katı kazanım (solid gain, SG) incelenmiştir. Ağırlık ölçümleri ve toplam kuru madde değerleri kullanılarak WR (Denklem 2), WL (Denklem 3) ve SG (Denklem 4) hesaplanmıştır [9].

$$WR = \frac{(M_0 - M_t)}{M_0} \times 100 \quad (\text{g}/100 \text{ g taze örnek}) \quad (2)$$

$$WL = \frac{(M_0 \times X_{wo} - M_t \times X_{wt})}{M_0} \times 100 \quad (\text{g}/100 \text{ g taze örnek}) \quad (3)$$

$$SG = \frac{(M_t \times XKM_t - M_0 \times XKM_0)}{M_0} \times 100 \quad (\text{g}/100 \text{ g taze örnek}) \quad (4)$$

Denklemlerde;

- M_0 : Başlangıç meyve ağırlığı (g)
 M_t : t anındaki meyve ağırlığı (g)
 X_{wo} : Ürünün başlangıç nem içeriği (g su/100 g ürün)
 X_{wt} : Ürünün t anındaki nem içeriği (g su/100 g ürün)
 XKM_0 : Ürünün başlangıç toplam kuru madde içeriği (g KM/100 g ürün)
 XKM_t : Ürünün t anındaki toplam kuru madde içeriği (g KM/100 g ürün)

Doku Analizleri

Örneklerin doku özellikleri TA-XT Plus (Stable Microsystems, Surrey, İngiltere) cihazı kullanılarak tespit edilmiştir. Bu testte doku profil analizi ölçüm yöntemi uygulanmıştır. Ölçümlerde 10 cm çapa sahip silindirik sıkıştırma levhası kullanılmıştır. İki sıkıştırma levhası arasına yerleştirilen hammadde ve işlem görmüş örnekler 50 kg yük uygulanmıştır. Test öncesi hız 1 mm/s, test hızı 0.25 mm/s ve test sonrası hız 1 mm/s'dir. Uygulama önce 1 mm sıkıştırılıp, 5 saniye sonra tekrar 1 mm sıkıştırılması suretiyle gerçekleştirilmiştir. Uygulanan işlemin ürün dokusunda meydana getirdiği değişim; elde edilen kuvvet-zaman diyagramlarındaki pik alanlarının ve pikler arası uzaklıkların farklı kombinasyonlarla kullanılması ile değerlendirilmiştir. Örneklerin sertlik, yapışkanlık, iç yapışkanlık, esneklik, elastikiyet, sakızimsılık ve çiğnenabilirlik özellikleri belirlenmiştir.

Su Aktivitesi Tayini

Ön işlemlerle ozmotik kurutulmuş ayva dilimlerinin su aktivitesi değerleri su aktivitesi ölçüm cihazı (Testo, Almanya) kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla örnek küçük parçalara kesilerek su aktivitesi örnek kabına yerleştirilerek cihaz sızdırmaz olarak kapatılmış ve 20°C'de 30 dakika süre ile dengeye ulaşması beklenmiştir.

Renk Analizi

Renk değişimleri renk ölçüm cihazı (HunterLab colorflex CFLX 45-2, Reston, VA) kullanılarak belirlenmiştir. Ölçüm öncesi cihaz siyah ve beyaz levhalar ile kalibre edilmiştir. Örneklerin renk değerleri CIE L*, a* ve b* renk özellikleri temel alınarak ölçülmüştür. Örneklerin renk özelliklerindeki değişim incelenmiştir. Kroma, Hue açısı, ΔE ve ΔC değerleri de hesaplanmıştır (Denklem 5-7) [21].

$$\text{Kroma} = \sqrt{(a^* + b^*)^2} \quad (5)$$

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2} \quad (6)$$

$$\Delta C = \sqrt{(a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2} \quad (7)$$

İstatistiksel Analizler

Ön işlemlerin ozmotik kurutulması sırasındaki kütle transferi özellikleri, TKM, boyut, doku özellikleri, su aktivitesi, renk özelliklerindeki değişime etkisinin incelenmesi amacıyla istatistiksel değerlendirme SPSS 16.0 paket programı kullanılarak yapılmıştır [21]. Farklılıklar ANOVA testi ile saptanmış olup, gruplar arasındaki çoklu karşılaştırma ise Duncan testi ile yapılmıştır. Yüzde 95 güven aralığında çalışılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

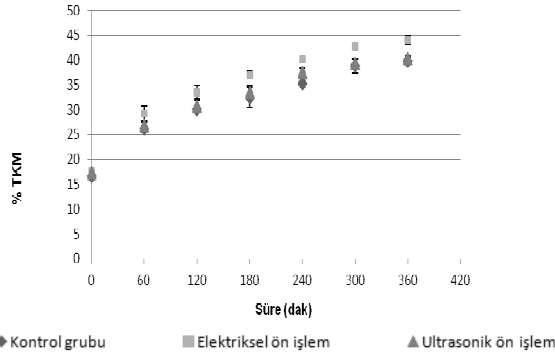
Elektriksel İletkenlik ve Sıcaklık Değişimi

Ayva dilimlerine 60 V/cm'de 15 s uygulanan elektriksel işlem sırasında sıcaklık ile elektriksel iletkenliğin değişim ilişkisi incelenmiştir. Ayva dilimlerinin 23.59±0.6°C'de elektriksel iletkenliğinin 0.1267±0.0157 S/m olduğu ve incelenen sıcaklık aralığında elektriksel iletkenliğin istatistiksel olarak önemli düzeyde değişmediği tespit edilmiştir (p<0.05). Elektriksel ön işlemin uygulanmasıyla ayva dilimlerinde 2±0.45°C sıcaklık artışı olduğu saptanmıştır. Ultrasonik ön işlemin ayva dilimlerinde istatistiksel olarak önemli bir sıcaklık artışına sebep olmadığı belirlenmiştir (p>0.05).

Toplam Kuru Madde Değişimi ve Ağırlık Ölçümleri

Ayva dilimlerinin başlangıç TKM içeriği ortalama %83.11±0.79 olarak bulunmuştur. Ozmotik kurutma sırasında TKM'deki değişim Şekil 3'te gösterilmiştir.

Ayva dilimlerinin %40 TKM içeriğine, elektriksel ön işlem uygulanmış örneklerde 240 dakikada, ultrasonik ön işlem uygulanmış ve ön işlem uygulanmamış örneklerde ise 300 dakikada geldiği tespit edilmiştir. 360 dakikada %44.03 ile en yüksek TKM değerine elektriksel ön işlem uygulanmış ayva dilimlerinde ulaşılmıştır. Her 60 dakikada en yüksek TKM içeriğinin elektriksel ön işlem uygulanmış ayva dilimlerinde olduğu saptanmıştır. TKM % artışı ilk 60 dakikada çok hızlı gerçekleşmiştir ve bu artış zamanla azalmıştır.



Şekil 3. Ozmotik kurutma sırasındaki % TKM değişimi

İstatistiksel olarak incelendiğinde ön işlem ve ozmotik kurutma süresi etkileşiminin TKM üzerine etkili olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$). Ancak ozmotik kurutma süresinin ve ön işlemlerin TKM üzerine etkili oldukları bulunmuştur ($p<0.05$). Kontrol grubu, ultrasonik ön işlem uygulanmış ve elektriksel ön işlem uygulanmış ayva dilimlerinde ilk 300 dakikada TKM anlamlı bir şekilde artmıştır ($p<0.05$). Genel olarak ozmotik kurutmada 300 ile 360 dakika arasındaki değişimin ise önemli düzeyde olmadığı bulunmuştur ($p>0.05$). Allali ve ark. [24] çileklerin ozmotik kurutulmasının kinetiği üzerine ohmik ısıtma ile haşlamanın etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, ohmik ısıtmayı 65°C ve 85°C 'de, ozmotik kurutmayı ise 26°C ve 37°C 'de gerçekleştirmişler ve ozmotik kurutma çözeltisi olarak $30\text{-}70^{\circ}\text{Briks}$ sakkaroz çözeltisi kullanmışlardır. Ohmik ısıtmanın kütle transfer hızını ve efektif difüzyon hızını artırdığını rapor etmişlerdir. 85°C 'de 3 dakika uygulanan ohmik ısıtma sonrası 4 saat ozmotik kurutma (70°Briks ve 37°C 'de) sonucunda çileklerin kuru maddesinin %68'e ulaştığı bildirilmiştir. Elektriksel işlemin daha yüksek sıcaklıkta ve daha uzun süre gerçekleştirilmiş olması ve ozmotik çözeltinin

konsantrasyonunun daha yüksek seçilmesi, bu çalışmada elde edilen değerlerden daha yüksek TKM içeriğine ulaşılmasını sağladığı düşünülmektedir.

Boyut Değişimi

Ozmotik kurutma sırasındaki büzüşmenin belirlenmesi amacıyla genellikle hacimsel değişimlerin incelendiği dikkati çekmektedir [24-26]. Bu çalışmada ise boyut değişimini daha detaylı incelemek amacıyla en, boy ve kalınlık incelenmiştir.

Kontrol grubu, elektriksel ön işlem ve ultrasonik ön işlem uygulanmış ayva dilimlerinin ozmotik kurutulması süresince en, boy ve kalınlık değişimleri Tablo 1a ve 1b'de gösterilmiştir. İstatistiksel olarak incelendiğinde ön işlem ve ozmotik kurutma süresi etkileşiminin en, boy ve kalınlık değişimi üzerine etkili olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). En az en, boy ve kalınlık değişiminin elektriksel ön işlem uygulanan örneklerde gerçekleştiği tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Ağırlık Kaybı, Su Kaybı ve Katı Kazanımı

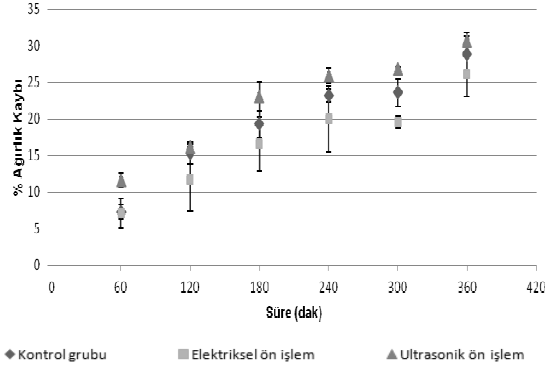
Ön işlemler uygulanarak veya kontrol olarak yapılan ozmotik kurutma sırasında ağırlık kayıpları Şekil 4'de gösterilmiştir. İstatistiksel olarak incelendiğinde ön işlem ve ozmotik süre etkileşiminin etkisinin olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$). Ozmotik kurutmada gerçekleşen ağırlık kaybı zamanla artmıştır. Ağırlık kaybı değişimi (%) üzerine uygulanan ön işlemlerin etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Bunun yanı sıra, ultrasonik ön işlem sonrası gerçekleşen ve kontrol ozmotik kurutma sırasında ağırlık kaybında istatistiksel olarak 240 dakikaya kadar artış olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). 240- 300 dakika arasında ağırlık kaybı oranındaki artışın istatistiksel olarak önemli olmadığı ($p>0.05$), daha sonra tekrar artışın devam ettiği tespit edilmiştir ($p<0.05$). Elektriksel ön işlem ile gerçekleştirilen ozmotik kurutmada ise her 120 dakika süre artışının ağırlık kaybındaki artışa etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). Ozmotik kurutma süresince uygulanan ön işlemler sonucunda ağırlık kaybı genellikle artmış olsa da, en fazla ağırlık kaybı ultrasonik ön işlemle gerçekleştirilen ozmotik kurutmada sağlanmıştır. Yapılan bir çalışmada, dolmalık biberlere uygulanan darbeli elektriksel alan ön işlemi ile ağırlık kaybının kontrol grubuna göre daha fazla olduğu belirlenmiştir [8].

Tablo 1a. Kontrol grubu, elektriksel ön işlem ve ultrasonik ön işlem uygulanmış ayva dilimlerinin ozmotik kurutulması süresince en ve boy (%) değişimleri

Süre (min)	En değişimi (%)			Boy değişimi (%)		
	Kontrol Grubu	Elektriksel Ön İşlem	Ultrasonik Ön İşlem	Kontrol Grubu	Elektriksel Ön İşlem	Ultrasonik Ön İşlem
60	9.85±5.56	5.09±5.55	7.86±4.22	2.97±0.02	3.65±0.85	4.82±1.38
120	6.44±0.29	4.84±2.10	9.92±2.58	6.56±0.83	6.57±0.49	8.33±1.71
180	6.43±3.24	15.79±5.25	17.72±1.81	6.74±0.73	11.39±1.19	12.24±2.26
240	12.19±1.69	11.22±4.61	15.64±1.25	8.48±0.81	10.96±2.20	12.28±1.06
300	11.58±9.31	12.49±4.54	20.42±5.60	10.43±2.19	5.99±2.02	9.86±3.13
360	13.12±2.71	13.02±4.01	13.74±8.53	16.65±0.54	11.13±3.34	12.88±1.63

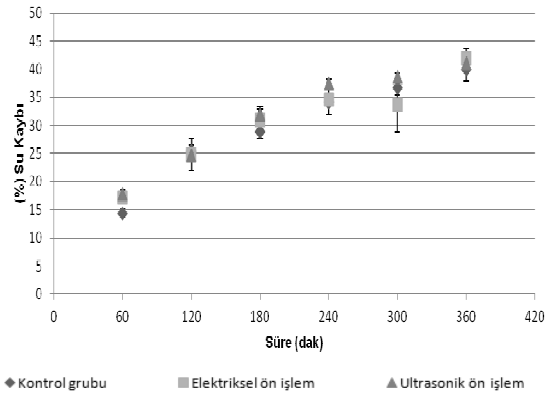
Tablo 1b. Kontrol grubu, elektriksel ön işlem ve ultrasonik ön işlem uygulanmış ayva dilimlerinin ozmotik kurutulması süresince kalınlık değişimleri (%)

Süre (min)	Kalınlık değişimi (%)		
	Kontrol Grubu	Elektriksel Ön İşlem	Ultrasonik Ön İşlem
60	10.16±3.04	2.91±3.95	9.71±2.43
120	18.32±1.79	10.32±2.17	12.32±3.64
180	12.16±0.84	11.01±1.91	18.81±1.90
240	10.24±3.00	13.19±2.43	10.46±1.38
300	7.40±4.39	15.72±8.46	16.69±8.17
360	18.33±3.88	10.35±4.27	10.51±3.30



Şekil 4. Ozmotik kurutma sırasındaki % ağırlık kaybı değişimi

Ön işlem uygulanmış veya kontrol olarak yapılan ozmotik kurutma sonucu su kaybı değişimi Şekil 5'te gösterilmiştir. Ön işlemler ve kontrol grubunda 0-240 dakika arasında daha fazla su kaybı artış hızının olduğu belirlenmiştir.

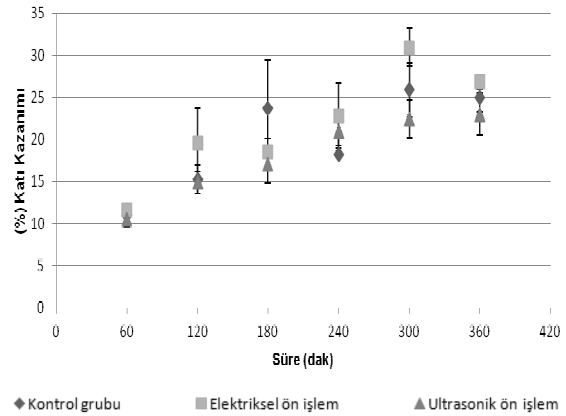


Şekil 5. Ozmotik kurutma sırasındaki % su kaybı değişimi

İstatistiksel olarak ön işlem yönteminin % su kaybı üzerine etkili olduğu ($p<0.05$) ancak ön işlem yöntemi ve ozmotik kurutma süresinin etkileşiminin etkisinin anlamlı olmadığı ($p>0.05$) belirlenmiştir. Kontrol grubunda ozmotik kurutma süresinin su kaybı üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Ön işlem olarak ultrasonik yapılan ozmotik kurutma sırasında 240 dakika süresince su kaybının artış gösterdiği, 240-300 dakika arasında artışın durduğu;

ancak 300-360 dakika arasında artışın tekrar başladığı belirlenmiştir ($p<0.05$). Elektriksel ön işlem uygulandığında ise WL artışının 180 dakikaya kadar artış gösterdiği 180-300 dakika arasında artış hızının durduğu, ultrasonik ön işlemine benzer olarak 300-360 dakika arasında artışın tekrar başladığı belirlenmiştir ($p<0.05$). Ön işlemler sayesinde 180 dakika ozmotik kurutma süresince kontrol grubuna kıyasla daha yüksek su kaybına ulaşıldığı belirlenmiştir. Benzer olarak ozmotik kurutma sonunda da ön işlemlerde su kaybının daha yüksek olduğu saptanmıştır. Genel olarak incelendiğinde ultrasonik ön işlemin ozmotik kurutma süresince daha fazla su kaybına neden olduğu istatistiksel olarak belirlenmiştir ($p<0.05$). Kavun dilimlerine ozmotik kurutma öncesi uygulanan darbeleri elektriksel alan uygulamasının ön işlem uygulanmamış ozmotik kurutmaya göre daha yüksek su kaybı ve katı kazanımına neden olduğu belirlenmiştir [10].

Elektriksel ve ultrasonik ön işlem uygulanmış ve kontrol grubu ile yapılan ozmotik kurutma sonucu katı kazanımı değişimi Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. Ozmotik kurutma sırasındaki % katı kazanımı değişimi

Ön işlemler ile ve kontrol grubu ile gerçekleştirilen ozmotik kurutmada katı kazanımın genel olarak 120 dakikaya kadar arttığı tespit edilirken, 120 dakikadan sonra katı kazanımında artış ve azalışların olduğu tespit edilmiştir. İstatistiksel olarak incelendiğinde ozmotik kurutma süresinin ve uygulanan ön işlemler arasındaki etkileşimin etkisinin anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Dolmalık biberlerin ozmotik kurutulması amacıyla ön işlem olarak darbeleri elektriksel alanın

ozmotik kurutmaya hızlandırmak amacıyla alternatif bir yöntem olarak kullanıldığı bir çalışmada, uygulanan ön işlem sonucunda katı kazanımının ve su kaybının arttığı tespit edilmiştir [27]. Muz dilimlerine kurutma öncesi uygulanan ultrasonik ön işleminin su difüzyonunu hızlandırdığı tespit edilmiştir. Bunun temel nedeni olarak da ultrasonik işleminin gıdadaki mikro kanallara neden olduğu ileri sürülmüştür [28]. Ananas dilimlerine ozmotik kurutma öncesi uygulanan ultrasonik işleminde ananas dilimlerinde uygulanan ultrasonik işlemin süresi ve Briks arttıkça genellikle su kaybı ile katı kazanımının arttığı belirlenmiştir [12].

Doku

Hammadde ile kontrol grubu, elektriksel ön işlem ve ultrasonik ön işlem uygulanarak %40 TKM'ye ulaşan ayva dilimlerinin doku özellikleri Tablo 2'de gösterilmiştir.

Buna göre hammadde ile elektriksel ve ultrasonik ön işlem uygulanarak ve ön işlem uygulanmadan (kontrol) ozmotik olarak %40 toplam kuru madde oranına kadar kurutulmuş ayva örneklerinin sertlik, esneklik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri arasında istatistiksel olarak fark gözlenmektedir ($p<0.05$). Sertlik, esneklik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri için en yüksek değerlere hiçbir ön işlem görmemiş ve ozmotik kurutmaya tabi tutulmamış hammaddede rastlanırken ($p<0.05$) diğer üç yöntem arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır ($p>0.05$). Ön işlemin yapışkanlık değeri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$). Ön işlem uygulandıktan sonra ozmotik kurutulmuş ayva örneklerinin yapışkanlık değerinin kontrol grubu ayva örneklerine oranla daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte en yüksek iç yapışkanlık değerine elektriksel ön işlem görmüş ayva örneklerinde rastlanmaktadır. Ayva dilimlerinin elastikiyet değerleri üzerine ise ön işlem görmüş olsun veya olmasın ozmotik kurutmanın istatistiksel olarak etkisi bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Deng ve Zhao [29] tarafından yapılmış bir çalışmada yüksek fruktozlu mısır şurubu (60°Briks) kullanılarak yapılan ozmotik kurutma işlemi esnasında silindirik şekilde dilimlenmiş elmalara vakum darbesi ve ultrasonik işlem uygulanmış ve elmanın mikroyapısındaki değişiklikler gözlemlenmiştir. Söz konusu çalışmada elma dilimlerinde tekstür analizi de yapılmış olup sertlik için ozmotik kurutma zamanı arttıkça sertlik değerlerinde azalma olduğu kaydedilmiştir. Bu çalışmada ise ozmotik kurutulmuş örnekler arasında ultrasonik ön işlem görmüş ve ön işlem görmemiş (kontrol) ayva dilimlerinin %40 TKM değerine ulaşması için gerekli olan sürenin elektriksel ön işlem görmüş ayva dilimlerine göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Hammadde değerlendirmeye alınmadan, ozmotik kurutulmuş örneklerin sertlik değerleri istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, elektriksel işlem uygulandığında daha sert ürün elde edildiği tespit edilmiştir ($p<0.05$). Wei ve ark. [30] tarafından yapılan bir çalışmada ozmotik kurutulmuş mango dilimlerinde son kurutma işlemi olarak ürünü şişirerek kurutma yapılmıştır. Ozmotik kurutma işlemi

65°Briks sakkaroz çözeltisinde 30°C sıcaklıkta 30, 60 ve 120 dakika olmak üzere üç farklı zaman diliminde gerçekleştirilmiştir. Ozmotik kurutma ön işlemi uygulanmamış mango dilimlerinde ön işlem görmüş olan dilimlere göre daha düşük sertlik ve gevreklik değerleri elde edilmiştir. Söz konusu çalışmada en sertlik değeri (16.4 ± 6.0 N) ozmotik ön kurutma işlemi uygulanmamış mango dilimlerinde elde edilmiş olup en yüksek sertlik değeri ise (31.3 ± 8.8 N) 120 dakika ozmotik ön kurutma işlemi uygulanmış mango dilimlerinde gözlenmiştir [30]. Ayva dilimleri kullanılarak yapılan bu çalışmada ise ozmotik kurutma işlemi sonrası elde edilen sertlik değerlerinin mango dilimlerinde elde edilen değerlerden çok farklı olmadığı dikkat çekmektedir.

Ultrasonik, elektriksel ve ultrasonik+elektriksel ön işlemler uygulanarak %50 (w/v) sakkaroz çözeltisi kullanılarak 4.5 saat ozmotik kurutulmuş armut dilimlerinde yapılan bir başka çalışmada elde edilen elastikiyet değerlerinin de benzerlik gösterdiği söylenebilir [31]. Hammaddede (armut) yapılan tekstür analizi sonucu elde edilen elastikiyet değeri 0.54 ± 0.05 , ultrasonik ön işlem görmüş armut dilimi için 0.44 ± 0.03 , elektriksel ön işlem görmüş dilim için 0.45 ± 0.07 , hem elektriksel hem de ultrasonik ön işlem görmüş dilim için ise 0.37 ± 0.38 olarak rapor edilmiştir [31]. Armut diliminin elastikiyet değerleri arasında ise istatistiksel olarak fark gözlenmemiştir ($p>0.05$).

Su Aktivitesi

Yüzde 40 TKM değerine ulaşan ozmotik kurutulmuş kontrol grubu, elektriksel ön işlem uygulanmış ve ultrasonik ön işlem uygulanmış ayva dilimlerindeki su aktivitesi değerlerinin sırasıyla 0.943 ± 0.015 , 0.953 ± 0.046 ve 0.944 ± 0.025 olduğu tespit edilmiştir. Hammaddenin su aktivitesi değeri ise 0.962 ± 0.073 olarak belirlenmiştir.

İstatistiksel olarak incelendiğinde ön işlemlerin su aktivitesi değerleri üzerine etkili olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ozmotik kurutulan örneklerin su aktivitesi değerlerinin hammaddeden daha düşük olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Benzer olarak, Yıldız ve ark. [30] armutların ozmotik kurutulmasında su aktivitesi üzerine elektriksel ve ultrasonik ön işlemlerin etkisini inceledikleri çalışmalarında, armut dilimlerine uygulanan elektriksel ön işlem ve elektriksel+ultrasonik ön işlemin su aktivitesini önemli düzeyde azalttığını bulmuşlardır ($p<0.05$). Meyvelerin ozmotik kurutulmasıyla su aktivitesi 0.92-0.97 aralığında olan ürünler elde edildiği bildirilmektedir [32].

Renk

Ozmotik kurutma işlemi uygulanması nedeniyle ayva dilimlerin renk değerleri (L^* , a^* , b^*) ve kombinasyon renk değerleri farklılık gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 3). L^* değerleri incelendiğinde, istatistiksel olarak kontrol grubu ve ultrasonik ön işlem arasında bir farklılık olmadığı ($p>0.05$), elektriksel ön işlemin ise anlamlı düzeyde farklı olduğu ($p<0.05$) belirlenmiştir. Ozmotik kurutma sonucunda kontrol grubuna göre genel olarak

ultrasonik ön işlem ile parlaklık artsa da, elektriksel ön işlem ile parlaklık değeri azalmaktadır.

Tablo 2. Hammadde, kontrol grubu, elektriksel ön işlem ve ultrasonik ön işlem uygulanmış ayva dilimlerinin %40 TKM değerindeki doku özellikleri

İşlem	Sertlik	Yapışkanlık	İç Yapışkanlık	Esneklik	Sakızimsılık	Çiğnenebilirlik	Elastikiyet
Hammadde	188.13±38.03 ^a	-2.29±1.40 ^a	0.73±0.05 ^{a,b}	0.52±0.06 ^a	137.67±34.63 ^a	71.84±22.89 ^a	0.50±0.06 ^a
Kontrol	14.56±4.66 ^b	-19.45±9.74 ^b	0.71±0.02 ^{a,b}	0.32±0.03 ^b	10.23±3.00 ^b	3.32±1.33 ^b	0.31±0.04 ^a
Ultrasonik	23.94±6.01 ^b	-29.78±6.90 ^{b,c}	0.67±0.02 ^a	0.41±0.01 ^b	16.07±3.80 ^b	6.60±1.66 ^b	0.33±0.03 ^a
Elektriksel	47.64±15.14 ^b	-32.70±4.24 ^c	0.77±0.03 ^b	0.39±0.06 ^b	36.24±10.14 ^b	14.12±4.69 ^b	0.50±0.06 ^a

^{a-c}: Kolonlar içerisindeki istatistiksel farklar harflendirme yapılarak belirtilmiş olup her kolon kendi arasında değerlendirilmiştir (p<0.05)

Tablo 3. Hammadde, kontrol grubu, elektriksel ön işlem ve ultrasonik ön işlem uygulanmış ayva dilimlerinin %40 TKM değerindeki renk değerleri

İşlemler	L*	a*	b*	Hue açısı	Kroma	ΔE	ΔC	b/a
Kontrol	52.90±2.18 ^a	6.62±0.70 ^a	31.17±2.06 ^a	78.03±0.59 ^a	31.87±2.15 ^a	9.38±3.01 ^a	6.79±2.11 ^a	4.72±0.25 ^a
Ultrasonik	56.21±3.50 ^a	5.67±0.94 ^a	29.91±2.28 ^a	79.28±0.39 ^a	30.44±2.36 ^a	6.49±3.22 ^a	5.24±2.26 ^a	5.29±0.20 ^b
Elektriksel	43.90±4.54 ^b	10.1±1.68 ^b	31.59±3.95 ^a	72.28±1.31 ^b	33.18±4.22 ^a	18.60±2.72 ^b	9.57±3.52 ^a	3.14±0.25 ^c
Hammadde	59.37±0.45	3.13±0.045	25.36±0.11	82.96	25.55	-	-	8.13

^{a-c}: Kolonlar içerisindeki istatistiksel farklar harflendirme yapılarak belirtilmiş olup her kolon kendi arasında değerlendirilmiştir (p<0.05)

Renk özelliklerinden a* değeri de L* değerine benzerlik göstermektedir. Ultrasonik ön işlem uygulanan örnekler ile kontrol grubu a* renk değerlerinin istatistiksel olarak elektriksel ön işlem uygulanan örneklerden farklı olduğu tespit edilmiştir (p<0.05). Elektriksel ön işlem, kontrol ve

ultrasonik işleme göre kırmızılık olarak daha yüksek bir değere sahiptir.

Bir diğer temel renk özelliği olan b* değeri açısından, kontrol grubu, elektriksel ve ultrasonik ön işlem uygulanan ozmotik kurutulmuş örnekler arasında anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir (p<0.05).

Hue açısı değeri gıdalardaki renk dağılımını değerlendirebilmek amacıyla kullanılmaktadır. 0° ve 360° Hue açısı değerleri parlaklık yoğunluğunu, 90° Hue açısı değeri sarılık yoğunluğunu, 180° Hue açısı yeşillik yoğunluğunu ve 270° Hue açısı değeri ise mavi renk yoğunluğunu tanımlamak amacıyla kullanılmaktadır [33,34]. Hue açısı değerleri açısından değerlendirildiğinde, ayva dilimlerinin renk özelliklerinin birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3). Kontrol grubu ve ultrasonik ön işlem uygulanmış ayva dilimlerinin Hue açısı değerlerinin istatistiksel olarak farklı olmadığı (p>0.05) ancak elektriksel ön işlemden farklı oldukları tespit edilmiştir (p<0.05).

Kroma renk değeri de Hue açısına benzer olarak gıdaların renk yoğunluklarını belirlemek amacıyla kullanılan bir başka kombine renk değeridir. Yüksek kroma değerleri insanlar tarafından algılanmayı da arttırmaktadır [35]. Ozmotik kurutma öncesi ön işlem uygulamasının ayva dilimlerin kroma değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (p>0.05).

ΔE değeri gıdaların herhangi bir maddenin hammaddeye göre renk farklılıklarını ifade etmek amacıyla hesaplanmaktadır [36]. İstatistiksel olarak ultrasonik ön işlem uygulanan ve kontrol ozmotik kurutulmuş ayva dilimlerinin ΔE değerleri arasında anlamlı fark olmadığı (p>0.05), elektriksel ön işlem uygulanarak ozmotik kurutulan ayva dilimlerinin ΔE değerlerinin ise diğerlerinden farklı olduğu belirlenmiştir (p<0.05).

Ayva dilimlerinde ozmotik kurutma sonrası renk değerlerindeki değişimin belirlenmesi amacıyla b/a ve ΔC kombine renk değerleri de incelenmiştir. İstatistiksel olarak yapılan değerlendirmeler sonucunda ΔC değerlerinin birbirinden farklı olmadığı (p>0.05) saptanmıştır. b/a değeri açısından değerlendirildiğinde ise, elektriksel ön işlem uygulanarak ozmotik kurutulmuş ayva dilimlerinin, ultrasonik ön işlem uygulaması sonrası ve kontrol ozmotik kurutulan ayva dilimlerinden anlamlı düzeyde farklı olduğu belirlenmiştir (p<0.05).

Genel olarak ayva dilimlerinin renk değerleri üzerine uygulanan ön işlemin etkisi olduğu belirlenmiştir (p<0.05). Elektriksel ön işlem uygulanarak ozmotik kurutulan ayva dilimlerine ait L*, a*, b*, Hue açısı, ΔC, b/a değerlerinin istatistiksel olarak ultrasonik ön işlem uygulanarak ozmotik kurutulan ve kontrol grubundan anlamlı düzeyde farklı olduğu belirlenmiştir. Bu farklılığın, elektriksel ön işlem uygulanan örneklerde %40 TKM içeriğine daha kısa ozmotik kurutma süresinde ulaşılmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Benzer olarak bir çalışmada, kavun dilimlerine uygulanan ozmotik kurutma işleminde parlaklık (L^*), sarılık (b^*), renk yoğunluğu (ΔE), Hue açısı ve kroma değerleri ozmotik işlem süresi arttıkça artmıştır [37].

SONUÇ

Ozmotik kurutma işleminde %40 kuru maddeye elektriksel ön işlem ile daha kısa sürede ulaşılmıştır. Katı kazanımının ilk 120 dakikada daha fazla arttığı tespit edilmiştir. En yüksek katı kazanım miktarı ise elektriksel ön işleminde sağlanmıştır. Ozmotik kurutma öncesi uygulanan ön işlemlerin su kaybını arttırdığı belirlenmiştir. Ön işlemlerden ultrasonik uygulamasının daha fazla su kaybına neden olduğu saptanmıştır. Ozmotik kurutma öncesi uygulanan elektriksel ön işlemin kontrol grubuna göre renk parametreleri üzerinde daha fazla değişim meydana getirdiği tespit edilmiştir. Doku özelliklerindeki değişim açısından, ultrasonik ve kontrol grubu birbirine benzerlik göstermiştir. Ozmotik kurutma ile hammaddeye oranla daha düşük su aktivitesi elde edilirken, uygulanan ön işlemlerin etkisinin birbirine benzer olduğu belirlenmiştir. Elektriksel ön işlemin ozmotik kurutma süresini kısalttığı ancak ultrasonik ön işleminin kalite özellikleri üzerine daha fazla olumlu etkisinin olduğu ve kalite özelliklerinin ultrasonik ön işlemlerle daha fazla korunduğu tespit edilmiştir. Ön işlemlerin uygulama parametrelerindeki değişimlerin farklı meyve ve sebze örneklerinin ozmotik kurutulması üzerine etkilerinin incelenmesi ve ozmotik kurutma işleminin kalite özelliklerindeki değişime etkisinin iyileştirilmesi konularında çalışmaların devam etmesi gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Geankoplis, C. J., 2003. Transport Processes and Separation Process Principles, Pearson Education Inc., New Jersey, 1025.
- [2] Mujumdar, A.S., 2004. Dehydration of products of biological origin, Science Publishes, UK, pp 553.
- [3] Kaymak, F. ve Kıncal, S., 1989. Gıdalarda ozmotik dehidrayon işleminin modellenmesi ve kuruma üzerine etkileri, *E.Ü. Mühendislik Fakültesi Dergisi (Gıda Mühendisliği)* 7(2): 107.
- [4] Us, F., 2006. Ozmotik kurutma. Türkiye 9. Gıda Kongresi Kitapçığı: 24-26 Mayıs, Bolu, 65-68
- [5] Khin, M.M., Zhou, W., and Perera, C.O., 2005. A study of the mass transfer in osmotic dehydration of coated potato cubes, *Journal of Food Engineering* 77: 84-95.
- [6] Brennan, J. G., 2006. Food Processing Handbook, Wiley-VGH Verlag GmbH&Co. KGAA, Weinheim, Germany, 607 p.
- [7] Erünel, S., 2010. Eriğin (*Prunus domestica*) Ozmotik Dehidrayon Parametrelerinin ve Kurumaya Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Afyonkarahisar, 118 s
- [8] Ade-Omowaye, P., Talens, P., Angersbach, A., Knorr, D., 2003. Kinetics of osmotic dehydration of red bell peppers as influenced by pulsed electric field pretreatment. *Food Research International* 36: 475-483
- [9] Evgin, T., 2012. Ozmotik İşleme Kısmi Kurutulmuş Kavun Dilimlerinin Dondurulmasının Deneysel ve Kuramsal Olarak İncelenmesi, Enerji Verimliliğinin Değerlendirilmesi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bornova, İzmir. 262 s.
- [10] Amami, E., Vorobiev, E., Kechaou, N., 2006. Modelling of mass transfer during osmotic dehydration of apple tissue pre-treated by pulsed electric field. *Journal of Food Engineering* 39: 1014-1021.
- [11] Kusnadi, C., Sastry, S.K., 2012. Effect of moderate electric fields on salt diffusion into vegetable tissue. *Journal of Food Engineering* 110(3): 329-336.
- [12] Fernandes, F., Gallao, M., Rodrigues, S., 2009. Effect of osmosis and ultrasound on pineapple cell tissue structure during dehydration, *Journal of Food Engineering* 90: 86-190.
- [13] Rastogi, N. K., Niranjana, K., 1998. Enhanced mass transfer during osmotic dehydration of high pressure treated pineapple. *Journal of Food Science* 63: 508-511.
- [14] Rastogi, N., K., Raghavarao K.S.M.S., Niranjana, K., Knorr, D., 2002. Recent developments in osmotic dehydration: A method to enhance mass transfer, *Trends in Food Science and Technology* 13: 48-59.
- [15] Fernandes F., Gallao, M., Rodrigues, S., 2008. Effect of osmotic dehydration and ultrasound pretreatment on cell structure: Melon dehydration, *Journal of Food Engineering* 41: 604-610.
- [16] Baysal, T., İçier, F., Baysal, H., 2011. Güncel Elektriksel Isıtma Yöntemleri, Sidas Medya Yayınları, Seher Matbaacılık, Çankaya, İzmir, 352 s
- [17] Halden, K., DeAlwis, A.A.P., Fryer, P.J., 1990. Changes in the electrical conductivity of foods during ohmic heating. *International Journal of Food Science and Technology* 25: 9-25.
- [18] Bozkurt, H., İçier, F., 2010. Ohmic cooking of grounded beef: effects on quality. *Journal of Food Engineering* 96, 481-490.
- [19] İçier, F., 2003. Gıdaların ohmik ısıtılmasının deneysel ve kuramsal olarak incelenmesi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora tezi, Bornova, İzmir, 245 p.
- [20] Cemeröğlu, B., 2010. Gıda analizleri, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara, 655 s.
- [21] Heimdal, H., Kuhn, B.F., Poll, L., Larsen, L. M., 1995. Biochemical changes and sensory quality of shredded and MA packaged iceberg lettuce, *Journal of Food Science* 60 (6): 1265-1268, 1276.
- [22] SPSS, 2007, Release 16.0.0 Version statistical package, SPSS Inc.
- [23] Allali, H., Marchal, L., Vorobiev, E., 2010. Blanching of strawberries by ohmic heating: Effects on the kinetics of mass transfer during osmotic dehydration, *Food and Bioprocess Technology* 3: 406-414.
- [24] Nieto, A.B., Salvatori, D.M., Castro, M.A., Alzamora, S.M., 2004. Structural changes in apple tissue during glucose and sucrose osmotic dehydration:

- shrinkage, porosity, density and microscopic features, *Journal of Food Engineering* 61: 269–278.
- [25] Mavroudis, N.E., Gekas, V., Sjöholm, I., 1998. Osmotic Dehydration of Apples. Shrinkage Phenomena and the Significance of Initial Structure on Mass Transfer Rates, *Journal of Food Engineering*, 38: 101- 123.
- [26] Mayor, L., Moreira, R., Sereno, A.M., 2011. Shrinkage, density, porosity and shape changes during dehydration of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) fruits, *Journal of Food Engineering* 103: 29–37.
- [27] Ade-Omowaye, B.I.O., Rastogi, N.K., Angersbach, A., Knorr, D., 2002. Osmotic dehydration of bell peppers: influence of high intensity electric field pulses and elevated temperature treatment. *Journal of Food Engineering* 54: 35–43.
- [28] Fernandes F., Gallao, M., Rodrigues, S., 2007. Effect of osmosis and ultrasound on pineapple cell tissue structure during dehydration, *Journal of Food Engineering* 90: 86–190.
- [29] Deng, Y., Zhao, Y., 2008. Effects of pulseed-vacuum and ultrasound on the osmodehydration kinetics and microstructure of apples (Fuji), *Journal of Food Engineering* 85: 84-93.
- [30] Wei, B., Zou, K., Teng, J., Huang, L., Dai, X., 2013. Effect of osmotic pretreatment on quality of mango chips by explosion puffing drying. *Food Science and Technology* 51: 253-259.
- [31] Yıldız, H., İçier, F., Evgin, T., Eroglu, E., 2012. Effects of Ultrasonic and Electrical Pretreatments on Osmotic Dehydration of Pear Slices. *International Conference Bio & Food Electrotechnologies*. 26-28 September, Fisciano (SA), Italy, pp 4-5.
- [32] Leistner, L., 1995. Use of hurdle technology in food processing: recent advances. In G. Barbosa Cánovas, & J. Welte (Eds.), *Food preservation by moisture control. Fundamentals and applications*, Isopow Pract. II Lancaster: PA: *Technomic Publishing*, pp. 377-396.
- [33] Barreiro, J., Milano, M., Sandoval, A. 1997. Kinetics of colour change of double concentrated tomato paste during thermal treatment. *Journal of Food Engineering* 33(3–4): 359–371.
- [34] Lopez, A., Pique, M., Boatella, J., Romero, A., Ferran, A., Garcia, J., 1997. Influence drying conditions on the hazelnut quality. *III. Browning. Drying Technology* 15(3–4): 989–1002.
- [35] Pathare, B.P., Opara U.L., Al-Said, F.A., 2013. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods. *Food Bioprocess Technology* 6: 36–60.
- [36] Patras, A., Brunton, N. P., Tiwari, B., & Butler, F., 2011. Stability and degradation kinetics of bioactive compounds and colour in strawberry jam during storage. *Food and Bioprocess Technology* 4: 1245–1252.
- [37] Falade, O.K., Igbeka, J.C., Ayanwuyi, F.A., 2007. Kinetics of mass transfer and colour changes during osmotic dehydration of watermelon. *Journal of Food Engineering* 80: 979–985.
-