

KAYISILARIN ULTRASES YARDIMLI OZMOTİK KURUTULMASI

Elif Feyza Topdaş, Mustafa Fatih Ertugay*

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum

Geliş tarihi / Received: 04.03.2012

Düzeltilerek Geliş Tarihi/ Received in revised form: 17.05.2013

Kabul tarihi / Accepted: 20.05.2013

Özet

Kurutma işleminde, son ürünün kalitesi üzerine işlem şartları ve kurutulan materyalin yapısı kadar, kurutma öncesi uygulanan ön işlemler de etkili olmaktadır. Ozmotik kurutma yöntemi de asıl kurutma öncesinde bir ön işlem olarak uygulanmakta ve etkinliğini artırmak için farklı proseslerle birlikte kullanılmaktadır. Benzer bir uygulama olan ve düşük sıcaklıklarda çalışılabilen ultrases yardımcı ozmotik kurutma yönteminde; kütle transferinin artması ile su kaybı ve katı kazanımı artarken gıdanın doğal lezzet ve rengi zarar görmemektedir. Bu çalışmada kayıslara ozmotik kurutma ve ultrases yardımcı ozmotik kurutma işlemleri uygulanmıştır. Kayısı örnekleri 25, 50 ve 70 °Brikslik sakaroz çözeltilerinde, meyve: çözeltili oranı 1:4 olacak şekilde, 30 °C sıcaklıkta ve beş farklı işlem süresinde (20, 40, 60, 80 ve 100 dak) ultrases yardımcı ozmotik kurutma ve tek başına ozmotik kurutma işlemlerine tabi tutulmuştur. Ultrases yardımcı ozmotik kurutma işlemi için 35 kHz frekansta çalışan ultrasonik banyo kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, ultrases yardımcı ozmotik kurutma işleminin tek başına uygulanan ozmotik kurutma işlemine göre tüm ozmotik çözeltili konsantrasyonlarında su kaybı, şeker kazanımı ve ağırlık kaybı değerleri üzerine önemli düzeyde ($P<0.05$) etkili olduğu; sabit sıcaklıkta su kaybı, şeker kazanımı ve ağırlık kaybının işlem süresi ve ozmotik çözeltili konsantrasyonundaki artış ile arttığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Ultrases, ozmotik kurutma, kayısı

ULTRASOUND ASSISTED OSMOTIC DEHYDRATION OF APRICOTS

Abstract

In drying process; pre-treatments applied before drying as processing parameters and structure of dried material are effective on the quality of the final product. Osmotic dehydration is applied as a pre-treatment before basic drying and can be used in combination with other processes in order to improve the efficiency of the process. In ultrasound-assisted osmotic dehydration process which can be carried out at low temperatures, any damage to food's natural flavor, color and heat sensitive components also do not occur while water loss and mass gain increases due to increasing mass transfer. In this study, osmotic drying and ultrasound-assisted osmotic drying processes were applied to apricots. Osmotic and ultrasound-assisted osmotic drying treatments were processing carried out at 30°C by using sucrose solutions with concentrations of 25, 50 and 70 °Brix in which the water to fruit ratio was 4:1 in 5 different exposure times (20, 40, 60, 80 and 100 min). An ultrasonic bath which works at frequency of 35 kHz was used for ultrasound-assisted osmotic drying process. According to the results, it was found that ultrasound-assisted osmotic drying treatment had a significant effect on water loss, sugar gain and weight loss ($P<0.05$) compared with osmotic dehydration alone for all osmotic solution concentrations, and these parameters increased by increasing solution concentration and exposure time at a constant temperature.

Keywords: Ultrasound, osmotic dehydration, apricot

*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ fertugay@atauni.edu.tr,

☎ (+90) 442 231 2484,

☎ (+90) 442 236 0958

GİRİŞ

Kurutma, gıda muhafaza yöntemleri arasında en çok kullanılan yöntem olmasına rağmen; bazı durumlarda meyve-sebze gibi ürünlerin kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir (1). Özellikle yüksek sıcaklıkta hava ile kurutulmuş ürünlerin rehidrasyon özelliği azalmakta, yüksek sıcaklıktan kaynaklanan renk, doku ve lezzetinde arzu edilmeyen değişimler meydana gelmekte ve besinsel öğelerin bir kısmı kayba uğramaktadır (2, 3). Kurutma tekniğinin geliştirilmesi üzerine yapılan çalışmalarda, son ürünün kalitesi üzerine kurutma öncesi uygulanan ön işlemlerin de önemli etkileri olduğu ortaya çıkmıştır (4, 5).

Gıdada bulunan suyun belli bir kısmının, hipertonic (ozmotik) çözeltilere daldırma veya ozmotik ajanın direkt uygulanması ile kontrollü olarak uzaklaştırılması (difüzyonu) esasına dayanan ozmotik kurutma işlemi ile kuruma oranına bağlı olarak stabil bir işlenmiş ürün elde edilebileceği gibi diğer işlem basamakları için bir ön işlem olarak da uygulanabilmektedir (6). Bu uygulama gıdaların fonksiyonel özelliklerinin modifiye edilmesi, ürün kalitesinin geliştirilmesi ve daha iyi görünüme sahip yeni ürünlerin eldesinin sağlanabilmesi açısından günümüzde önem kazanan ve birçok araştırmaya konu olan (5, 7) bir işlem haline gelmiştir.

Ozmotik çözelti içine daldırılan gıda maddelerinden suyun transferi; materyalin yapısı, nem tutma özelliği, nem içeriği, sıcaklık ve kılcal sistemlerdeki basınca bağlı olan çeşitli taşınım mekanizmaları ile tanımlanabilmektedir. Gözenekli katılarda kılcal hareket meydana gelirken, genellikle gözenekli olmayan katılarda sıvı difüzyonu gerçekleşmektedir. Sıvı çözeltiler ve jellerde su transferi sadece moleküler difüzyonla meydana gelmektedir. Biyolojik maddelerde gaz dolu boşluklar, kılcal sistemler, hücre duvarları ve hücrelerarası boşlukların hepsi kütle transferine etki etmektedir. Suyun taşındığı eş zamanlı mekanizmalar; moleküler difüzyon, sıvı difüzyonu, buhar difüzyonu, hidrodinamik akış, kılcal taşınım ve yüzey difüzyonudur. Gıdalarda bulunan kompleks yapılar nedeniyle bu mekanizmaların bir kombinasyonu meydana gelmektedir (8). Ozmotik kurutma sırasında oluşan üç temel transfer; gıdadaki suyun difüzyon yoluyla ozmotik çözeltiye taşınımı, ozmotik ajanın gıda içine taşınımı ve gıda

çözünenlerinin ozmotik çözeltiye taşınımı olarak özetlenebilmektedir (9).

Ozmotik kurutma işlemi yalnız başına uygulandığında kütle transfer hızı genellikle düşüktür. Kütle transfer hızını artırmak amacıyla ozmotik kurutma işlemiyle birlikte farklı teknolojik uygulamalar da kullanılmaktadır. Dondurma/ çözüldürme, vakum işlemleri (10), yüksek hidrostatik basınç, vurgulu elektriksel alan (11, 12), mikrodalga, ultrases, merkezkaç kuvveti uygulaması, süperkritik CO₂ kullanımı ve yenilebilir kaplama gibi işlem öncesi uygulamaların ozmotik kurutmada kütle transferini arttırdıkları kanıtlanmıştır (13).

Isıl olmayan alternatif teknolojilerden biri olan ultrases; katı, sıvı ve gazlardan geçebilen, frekansı 20 kHz'den fazla olan insan kulağı tarafından algılanamayan ses dalgaları olarak tanımlanabilmektedir. Diğer bir ifadeyle, saniyede 20.000 veya daha fazla ses dalgası tarafından enerji üretilmesi işlemidir (14).

Ultrases ile yapılan işlemlerde ultrases frekansının alt ve üst limitleri belirlenmemesine rağmen gazlarda 5 MHz, sıvı ve katılarda 500 MHz olarak kullanılmaktadır (15). Bu geniş frekans aralığı içerisinde ultrases; yüksek enerjili ultrases (20 kHz-1 MHz) ve tanımlayıcı ultrases (1-10 MHz) olmak üzere başlıca iki kısma ayrılmaktadır (16).

Yüksek enerjili ultrases uygulamasının homojenizasyon (17), emülsiyon oluşturma (18), ekstraksiyon (19), kurutma (20) ve kristalizasyon (21) işlemlerinde, sıvı gıdalardan gazın uzaklaştırılmasında ve enzim (22) ile mikroorganizmaların etkisiz hale getirilmesinde (23) kullanımı araştırılmaktadır. Ayrıca biyopolimerlerin yüksek enerjili ultrases ile modifikasyonu konusunda çalışmalar yapılmıştır (24-27).

Ultrases dalgalarının gıda içerisindeki akışı katı ve sıvıların arasında bulunan sınır tabakasının kalınlığına bağlıdır. Gaz kabarcıklarının oluşumu ve ardından patlayarak basınç dalgalarının sebep olan kavitasyon etkisi, ultrasesin ozmotik işlemlerle birlikte uygulanması durumunda difüzyonu önemli düzeyde artırarak dokudan sıvı ve gaz çıkışını hızlandırmaktadır (28). Ultrases şiddetinin maksimum olması difüzyon oranlarında aşırı artış olacak demek değildir. Aksine, ultrases şiddeti arttıkça kavitasyon sayısı artmakta,

kabarcıklar daha fazla büyümek için birbirleriyle kaynaşmakta ve bu durum sisteme aktarılan enerjinin etkisini kırarak kabarcıkların daha geç patlamasına sebep olmaktadır (29).

Ultrases yardımlı ozmotik kurutma teknolojisi, düşük çözelti sıcaklıklarında çalışmaya olanak sağlarken aynı zamanda, yüksek su kaybı ve katı kazanımı sağlamakta ve gıdanın doğal lezzet, renk ve ısıya duyarlı bileşenlerinin de muhafazasını sağlamaktadır (30-32).

Bu çalışmanın amacı ozmotik kurutma ile eş zamanlı olarak uygulanan ultrases işleminin kayısların kurutulması sırasında su kaybı, şeker kazanımı ve ağırlık kaybı üzerine etkisinin belirlenmesidir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Çalışmada Erzurum piyasasından sağlanan Şekerpare cinsi kayıslar kullanılmıştır. Zarar görmemiş sağlam meyveler seçilerek analizler yapılana kadar +4 °C'de muhafaza edilmiştir. Seçilen kayıslar 2'ye bölünerek çekirdekleri uzaklaştırılmış ve ardından her bir yarım parça tekrar 2 eşit parçaya bölünmüştür. Örneklerin bileşiminde fazla değişiklik olmaması için tüm analizler kayıslar kesildikten hemen sonra ivedilikle gerçekleştirilmiştir.

Meyvelerin ilk ve son nem içerikleri ile başlangıç suda çözünür kuru madde bileşimi (°Briks) Cemeroğlu (33) tarafından belirlenen yöntemlere göre yapılmıştır.

Yöntem

Kayısların ozmotik kurutulmasında 25, 50 ve 70 °Briks olmak üzere 3 farklı derişimde sakaroz çözeltisi kullanılmıştır. Ozmotik çözeltiler sıcaklık kontrollü manyetik karıştırıcı yardımıyla hazırlanmış ve kullanılabildiği kadar karıştırılarak muhafaza edilmiştir.

Ozmotik ve Ultrases Yardımlı Ozmotik Kurutma

Kayısların örnekleri ve çözeltiler, örnek: çözelti oranı 1:4 olacak şekilde 250 mL'lik beherlere konulmuştur. Bu meyve: çözelti oranının seçilmesinin sebebi işlem sırasında şeker çözeltilerindeki konsantrasyon değişiminin ihmal edilebilecek kadar az (2.5 g/L'den daha düşük) olmasıdır (34). Yalnız başına uygulanan ozmotik kurutma işleminde Memmert (Model WNB-10, Almanya) marka su banyosu kullanılmış

ve işlem 30 °C sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Ultrases yardımlı ozmotik kurutma işleminde ise ultrases kaynağı olarak 35 kHz frekansta çalışan ultrasonik su banyosu (Bandelin, Model RK-103 H, Almanya) kullanılmıştır. İşlemler süresince her 10 dakikada bir sıcaklık kontrolü yapılmış ve ultrasesin sürekli olarak çalışmasından kaynaklanan sıcaklık artışının 30±2 °C sınırının dışına çıkmasına engel olunmuştur. Ozmotik kurutma işlemi 20, 40, 60, 80 ve 100'er dakika boyunca 4'er paralelli olarak uygulanmıştır. İşlem sonrası ozmotik çözeltilerden çıkarılan kayısların yüzeyindeki çözelti fazlalıkları tartım yapılmadan önce adsorban kâğıt kullanılarak uzaklaştırılmış ve son ağırlıkları kaydedilerek son nem ve çözünür kuru madde içerikleri belirlenmiştir. Normal ve ultrases yardımlı ozmotik kurutma işlemlerinin etkinliğini belirlemek amacıyla su kaybı (%SK), şeker kazanımı (%ŞK) ve ağırlık kaybı (%AK) parametreleri aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır (32):

$$SK(\%) = \frac{(w_i \cdot x_i) - (w_f \cdot x_f)}{w_i} \times 100 \quad (1)$$

$$ŞK(\%) = \frac{(w_f \cdot x_{sf}) - (w_i \cdot x_{si})}{w_i} \times 100 \quad (2)$$

$$AK(\%) = \frac{w_i - w_f}{w_i} \times 100 \quad (3)$$

Burada,

w_i : Meyvenin başlangıç ağırlığı (g)

w_f : Meyvenin t anındaki (son) ağırlığı (g)

x_i : Meyvenin başlangıç nem içeriği (g su/g toplam meyve ağırlığı)

x_f : Meyvenin son nem içeriği (g su/g toplam meyve ağırlığı)

x_{si} : Meyvenin başlangıç çözünür kuru madde içeriği (g kuru madde/g toplam meyve ağırlığı)

x_{sf} : Meyvenin son çözünür kuru madde içeriğidir (g kuru madde/g toplam meyve ağırlığı).

İstatistiksel Analiz

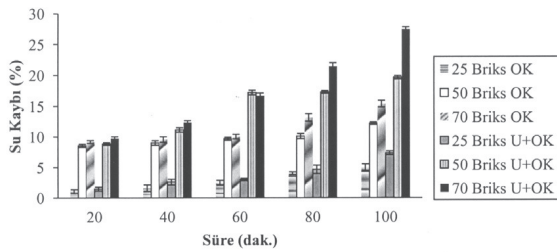
Çalışmanın istatistik analizleri SPSS 13.0 (SPSS Inc., Chicago, U.S.A) programında yapılmıştır. Elde edilen ham verilere çoklu varyans analizi uygulanmış ve verilerin ortalamaları $P < 0.05$ önem seviyesinde Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile karşılaştırılmıştır.

SONUÇ ve TARTIŞMA

Araştırmada kullanılan kayısların ortalama nem ve suda çözünür kuru madde içerikleri sırasıyla 0.82 ± 0.05 g su/g meyve ve 17.1 ± 0.3 °Briks olarak belirlenmiştir.

Su Kaybı

25, 50 ve 70 °Briks olmak üzere üç farklı ozmotik çözelti konsantrasyonunda 20, 40, 60, 80 ve 100'er dakikalık işlem zamanlarında saptanan % su kaybı değerleri zamanın fonksiyonu olarak Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. 25, 50 ve 70 °Briks çözelti konsantrasyonlarında ozmotik kurutma ve ultrases yardımlı ozmotik kurutma işlemlerinin kayısların su kaybı üzerine etkisi (OK: Osmotik kurutma, U: Ultrases)

Figure 1. Effect of osmotic and ultrasound assisted osmotic dehydration processes on water loss of apricots at 25, 50 and 70 °Brix (OK: Osmotic dehydration, U: Ultrasound)

Şekil 1'den görüldüğü gibi işlem süresinin kayısı örneklerindeki su kaybı üzerine doğrusal etkisi pozitif ve anlamlıdır ($P < 0.05$). Diğer bir ifade ile işlem süresindeki artış su kaybını doğrusal olarak artırmaktadır. İşlem süresinin yanı sıra ozmotik çözeltinin konsantrasyonundaki artıştan dolayı su kaybındaki artışın daha yüksek olduğu gözlenmektedir. 70 °Briks'lik ozmotik çözelti konsantrasyonunda, tek başına ozmotik kurutma işlemi uygulandığında 100. dakikada yaklaşık %15 su kaybı sağlanırken, aynı konsantrasyonda ultrases uygulanması ile bu değere 60. dakikadan önce ulaşıldığı görülmektedir. İşlem süresindeki bu farklılık en az %40'lık bir zaman tasarrufu sağlamaktadır. Tüm işlem sürelerinde ve ozmotik çözelti konsantrasyonlarında ultrases yardımlı ozmotik kurutmanın tek başına uygulanan ozmotik kurutma işlemine göre su kaybını önemli düzeyde artırdığı görülmektedir ($P < 0.05$).

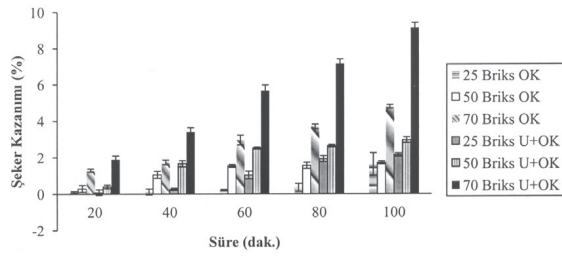
Taiwo et al. (35) yaptıkları bir çalışmada 2 saat boyunca uygulanan ultrases yardımlı ozmotik kurutma işlemi sonrası çileklerde %10-43 arası su

kaybı meydana gelmiş ve ultrases yardımlı ozmotik kurutma işleminin çileklerde kütle transferini belirgin düzeyde artırdığını belirtmişlerdir. Mandala et al. (36) %30 ve %45'lik glikoz ve sakaroz çözeltilerini kullanarak farklı işlem zamanlarında yaptıkları ozmotik kurutma işlemlerinde işlem süresinin kısa olduğu durumda su kaybının nispeten düşük olduğunu ve bununda ozmotik kurutma işleminin henüz tamamlanamamış olmasından kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Riva et al. (37) kayıslarda izotonik çözeltide yaptığı ozmotik kurutma işleminde 30 ve 60. dakikalarda sırasıyla %6.59 ve %7.02; sakaroz çözeltisinde yapılan işlemlerde ise %14.51 ve %19.17 su kaybı gözlemişlerdir. Tüm bu çalışmalarda belirlenen sonuçlar bizim çalışmamızla paralel bulunmuş ve sonuç olarak ozmotik olarak kurutulmuş kayıslarda su kaybının süre ve çözelti konsantrasyonuna bağlı olduğu belirlenmiştir.

Ultrases uygulamasının suyun difüzyonuna olan etkisi henüz tam olarak anlaşılamamıştır. Florous and Liang (28)'a göre, katı ve sıvı arasındaki sınır tabakasında meydana gelen difüzyon ultrasonik alanda önemli ölçüde hızlanmaktadır. Bu hızlanma akustik kavitezyon olarak da ifade edilen ses dalgalarının alternatif gevşeme ve sıkışma reaksiyonları sonucu hızla gelişen kabarcık oluşumu ile meydana gelmektedir. Ancak, ultrases şiddetinin maksimum olması difüzyon oranlarında aşırı artış olacak anlamına gelmemektedir. Aksine, ultrases şiddeti arttıkça kavitezyon sayısı artacak, kabarcıklar daha fazla büyümek için birbirleriyle kaynaşmaya başlayacak ve bu durum sisteme aktarılan enerjinin etkisini kırarak kabarcıkların daha geç patlamasına sebep olacaktır (29). Bu konudaki farklı bir yaklaşım ise, ozmotik kurutma ile birlikte uygulanan ultrases işleminin su kaybını artırmasının meyvede ultrases sonucu oluşan mikroskobik kanallardan kaynaklandığını ifade etmektedir (38). Ayrıca, ultrases hücrelerin birbirilerine tutunmasını zayıflatmakta, geniş hücre boşlukları oluşturmakta ve hücre duvarlarında çatlaklar meydana getirmektedir. Meydana gelen bu değişiklikler su kaybında artışa neden olmaktadır (39).

Şeker Kazanımı

25, 50 ve 70 °Briks olmak üzere üç farklı ozmotik çözelti konsantrasyonlarında 20, 40, 60, 80 ve 100'er dakikalık işlem zamanlarında saptanan % şeker kazanımı değerleri zamanın fonksiyonu olarak Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. 25, 50 ve 70 °Briks çözelti konsantrasyonlarında osmotik kurutma ve ultrases yardımlı osmotik kurutma işlemlerinin kayisların şeker kazanımı üzerine etkisi
Figure 2. Effect of osmotic and ultrasound assisted osmotic dehydration processes on sugar gain of apricots at 25, 50 and 70 °Brix

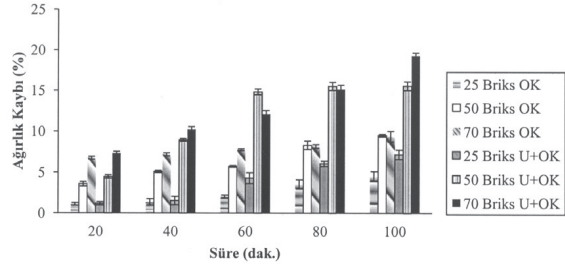
Şekil 2'de sabit sıcaklıkta işlem süresindeki artışın şeker kazanımını doğrusal olarak artırdığı görülmektedir. Ayrıca, 25, 50 ve 70 °Briksde yapılan işlemlerde ultrases yardımlı osmotik kurutmanın tek başına uygulanan osmotik kurutma işlemine göre şeker kazanımını önemli düzeyde artırdığı görülmektedir ($P<0.05$). Ultrasonik dalgalar sıvı ortamdan meyveye doğru şekerlerin kütle transferini artırmakta ve böylece meyve ile çözelti arasındaki şeker konsantrasyonu (osmotik basınç) farkından dolayı meyveden çözeltiye su transferi olurken, çözeltilerden meyveye doğru olan şeker transferi hızlanmaktadır (30).

Fernandes et al. (40) ananas dilimleri üzerine yaptıkları bir çalışmada saf su, 35 ve 70 °Brikslik sakaroz çözeltileri kullanarak 10, 20 ve 30'ar dakikalık işlem sürelerinde ultrases yardımlı osmotik kurutma ve normal osmotik kurutma uygulanmıştır. Ultrases işleminin çalışılan tüm konsantrasyonlarda şeker kazanımını artırdığı bulunmuştur. Yapılan farklı bir çalışmada ise; elmalara 70 °Brix sakaroz çözeltilerinde 40, 50, 60 ve 70 °C sıcaklıklarda ultrases yardımlı osmotik kurutma uygulanmış ve ultrasesin osmotik kurutma sırasında kütle transferi üzerine etkisi gözlenmiştir (41). Bu çalışmada da ultrases işleminin şeker kazanımını artırdığı belirlenmiştir. Ultrases işleminin bu etkisi ses dalgalarının meyveden osmotik çözeltiye doğru su difüzyonunu hızlandırmasından kaynaklanmaktadır (30).

Ağırlık Kaybı

Şekil 3'te meyvelerdeki ağırlık kaybının tüm osmotik kurutma işlemlerinde zamana bağlı olarak arttığı gözlenmiştir. Ayrıca, % ağırlık kaybı değeri osmotik çözeltinin derişimi arttıkça da artmaktadır.

Osmotik kurutma sırasında gerçekleşen ağırlık kaybının temel nedeni olarak meyvenin özsu ve hipertonic çevre arasındaki osmotik sürükleyici kuvvet gösterilebilmektedir (42,43).



Şekil 3. 25, 50 ve 70 °Briks çözelti konsantrasyonlarında osmotik kurutma ve ultrases yardımlı osmotik kurutma işlemlerinin kayisların ağırlık kaybı üzerine etkisi
Figure 3. Effect of osmotic and ultrasound assisted osmotic dehydration processes on weight loss of apricots at 25, 50 and 70 °Brix

Kayisların osmotik olarak kurutulmasında iki çeşit kütle transferi gerçekleşmektedir. Kütle transferlerinden ilki gıdadan çözeltiye suyun difüzyonu iken, ikincisi çözeltilerden gıdaya çözünen difüzyondur. İlk kütle transferinde sürükleyici kuvvet osmotik basınç farkı iken, ikinci çeşidinde ise konsantrasyon farkıdır. Suyun difüzyon hızı, katı kazanım hızından daha fazladır. Dolayısıyla çalışmamızda bir yandan şeker kazanan kayislar diğer taraftan daha fazla su kaybettiğinden ağırlık kaybı meydana gelmektedir.

25, 50 ve 70 °Brikste yapılan işlemlerde ultrases yardımlı osmotik kurutmanın normal osmotik kurutma işlemine göre ağırlık kaybını önemli düzeyde artırdığı görülmektedir ($P<0.05$). 70 °Brikste osmotik kurutma işlemi uygulandığında 100. dakikada yaklaşık %9 ağırlık kaybı sağlanırken, aynı konsantrasyonda ultrases uygulaması yapıldığında bu değere 20. dakikadan sonra ulaşılmıştır. Carcel et al. (44) yaptıkları çalışmada; 30 °Brikslik çözeltilerde ultrases yardımlı osmotik kurutma uygulanan elmalarda % 4.1-6.3 aralığında; sadece osmotik kurutma uygulanan elmalarda ise yaklaşık % 4 düzeyinde ağırlık kaybının olduğunu gözlemişlerdir.

SONUÇ

25, 50 ve 70 °Briks konsantrasyona sahip üç farklı osmotik çözelti kullanılarak, 30 °C sıcaklıkta, 20, 40, 60, 80 ve 100'er dakikalık işlem sürelerinde

kayısı örneklerine ozmotik kurutma ve ultrases yardımcı ozmotik kurutma işlemleri uygulanmış ve belirlenen sürelerin sonunda örneklerde meydana gelen % ağırlık kaybı, % su kaybı ve % şeker kazanımı değerleri incelenmiştir.

Kayısı örneklerinde, çözelti konsantrasyonu ve işlem süresindeki artışla % su kaybı, % şeker kazanımı ve % ağırlık kaybı değerlerinde artış olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, ultrases uygulamasının tek başına uygulanan ozmotik kurutma işlemine göre; tüm ozmotik çözelti konsantrasyonlarında su kaybı, şeker kazanımı ve ağırlık kaybı değerleri üzerinde önemli düzeyde ($P<0.05$) etkili olduğu saptanmıştır. Başka bir ifadeyle, ozmotik kurutma ile birlikte eş zamanlı olarak uygulanan ultrases işleminin kayısı örneklerinin su kaybı, şeker kazanımı ve ağırlık kaybı değerlerini önemli ölçüde artırdığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak ülkemiz dış ticareti açısından önemli ekonomik değere sahip olan kayısıya ultrases yardımcı ozmotik kurutma işleminin uygulanması ile ısıl işlemlerde kullanılan yüksek sıcaklığın gıdada meydana getirdiği olumsuz etkilerin önüne geçilerek, daha kısa sürede, daha az enerji harcayarak kurutmanın sağlanabileceği görülmüştür.

KAYNAKLAR

1. Yağcıoğlu A. 1996. *Ürün İşleme Tekniği*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, İzmir, Türkiye, 264s.
2. Karel M. 1973. Recent reseach and development in the field of low moisture and intermediate moisture foods. *Crit Rev Food Technol*, 4 (2), 329-373.
3. Van Arsdel WB, Copley MJ (Ed.), Morgan AI Jr. 1973. *Food Dehydration, Vol. 1. Drying Methods and Phenomena*. The Avi Pub. Comp., Inc., Westport, Conn.
4. Moreno J, Chiralt A, Escriche I, Serra JA. 2000. Effect of blanching/osmotic dehydration combined methods on quality and stability of minimally processed strawberries. *Food Res Int*, 33, 609-616.
5. Osorio C, Franco MS, Castaño MP, González-Miret ML, Heredia FJ, Morales AL. 2007. Colour and flavour changes during osmotic dehydration of fruits. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 8, 353-359.

6. Derossi A, De Pilli T, Severini C, McCarty MJ. 2008. Mass transfer during osmotic dehydration of apples. *J Food Eng*, 86,519-528.

7. Bothaa GE, Oliveirab JC, Ahrnéc L. 2011. In press. Quality optimisation of combined osmotic dehydration and microwave assisted airdrying of pineapple using constant power emission. *Food and Bioprod Process*.

8. İspir A. 2006. Kayısının osmotik dehidrasyonu ve kurutmaya etkisi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Elazığ, Türkiye, 122s.

9. Khin MM, Zhou W, Yeo SY. 2007. Mass transfer in the osmotic dehydration of coated apple cubes by malto-dextrin as the coating material and their textural proper-ties. *J Food Eng*, 81, 514-522.

10. Corzo O, Bracho N, Rodr guez J, González M. 2007. Predicting the moisture and salt contents of sardine sheets during vacuum pulse osmotic dehydration. *J Food Eng*, 80, 781-790.

11. Ade-Omowaye BIO, Angersbach A, Taiwo KA, Knorr D. 2001. Use of pulsed electric field pre-treatment to improve dehydration characteristics of plant based foods. *Trends Food Sci Technol*, 12(8), 285-295.

12. Amami E, Fersi A, Khezami L, Vorobiev E, Kechaou N. 2007. Centrifugal osmotic dehydration and rehydration of carrot tissue pre-treated by pulsed electric field. *LWT-Food Sci Technol*, 40(7),1156-1166.

13. Rastogi NK, Raghavarao KSMS, Niranjana K, Knorr D. 2002. Recent developments in osmotic dehydration: Methods to enhance mass transfer. *Trends Food Sci Technol*, 13(2), 48-59.

14. Villamial M, Hamersveld EH, van and Jong PDe. 1999. Effect of ultrasound processing on the quality of dairy products. *Milchwissenschaft*, 54(2),69-74.

15. Mason TJ, Lorimer JP. 2002. *Applied Sonochemistry: Uses of power ultrasound in chemistry and processing*. Wiley-VCH Weenheim, 303.

16. Kentish S, Ashokkumar M. 2011. The Physical and Chemical Effects of Ultrasound. In: *Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing*, Feng et al. (eds), 678 p.

17. Wu H, Hulbert GJ, Mount JR. 2001. Effects of ultrasound on milk homogenization and fermentation with yogurt starter. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 1, 211-218.
18. Pongsawatmanit R, Harnsilawat T, McClements DJ. 2006. Influence of alginate, pH and ultrasound treatment on palm oil-in-water emulsions stabilized by b-lactoglobulin. In: *Colloids and Surfaces A- Physicochem and Engineer Aspects*, Adler M (chief ed), 287: 59-67.
19. Virot M, Tomao V, Le Bourvellec C, Renard MCGC, Chemat F. 2010. Towards the industrial production of antioxidants from food processing by-products with ultrasound-assisted extraction. *Ultrasonics Sonochem*, 17, 1066-1074.
20. Fernandes FAN, Rodrigues S. 2007. Use of ultrasound as pre-treatment for drying of fruits: Dehydration of banana. *J Food Eng*, 82, 261-267.
21. Luque de Castro MD, Priego-Capote F. 2007. Ultrasound assisted crystallization (sonocrystallization). *Ultrasonics Sonochem*, 14,717-724.
22. O'Donnella CP, Tiwarib BK, Bourkec P, Cullen PJ. 2010. Effect of ultrasonic processing on food enzymes of industrial importance. *Trends Food Sci Technol*, 21,358-367.
23. Piyasena P, Mohareb E, McKellar RC. 2003. Inactivation of microbes using ultrasound: a review. *Int J Food Microbiol*, 87,207-216.
24. Knorr D, Zenker M, Heinz V, Leke DU. 2004. Applications and potential of ultrasonics in food processing. *Trends Food Sci Technol*, 15,261-266.
25. Torley PJ, Bhandari BR. 2007. *Ultrasound in Food Processing and Preservation*. M. Shafiur Rahman (Ed). Handbook of food preservation. 2nd Edition, CRC press, USA, 713p.
26. Gallego-Juarez JA. 2010. High-power ultrasonic processing: recent developments and prospective advances. *Phys Procedia*, 3,35-47.
27. Feng H, Yang W. 2011. Nonthermal processing Technologies for Food. In: *Ultrasonic Processing*, Zhang *et al.* (Ed.), Blackwell Publishing, USA.
28. Florous JD, Liang H. 1994. Acoustic assisted diffusion through membrane and biomaterials. *Food Technol*, 79-84.
29. Weiss J, Gulseren I, Kjartansson G. 2011. Physicochemical effects of high-intensity ultrasonication on food proteins and carbohydrates. In: *Nonthermal processing Technologies for Food*, Zhang HQ, Barbosa-Canovas GV, Balasubramaniam VM, Dunne P, Farkas DF, Yuan JTC (Eds), Blackwell Publishing, USA.
30. Fernandes FAN, Gallao MI, Rodrigues S. 2008. Effect of osmotic dehydration and ultrasound pre-treatment on cell structure: Melon dehydration. *LWT-Food Sci Technol*, 41(4),604-610.
31. Fernandes FAN, Rodrigues S. 2008. Application of ultrasound and ultrasound-assisted osmotic dehydration in drying of fruits. *Drying Technol*, 26 (12),1509- 1516.
32. Garcia-Noguera J, Oliveira FIP, Gallão MI, Weller CL, Rodrigues S, Fernandes FAN. 2010. Ultrasound-assisted osmotic dehydration of strawberries: Effect of pretreatment time and ultrasonic frequency. *Drying Technol*, 28(2), 294-303.
33. Cemeroglu B (ed). 2010. *Gıda Analizleri*. Gıda Teknolojisi Demeği Yayınları, Ankara, Türkiye,1-18 p.
34. Fernandes FAN, Rodrigues S, Gaspareto OCP, Oliveira EL. 2006. Optimization of osmotic dehydration of bananas followed by air-drying. *J Food Eng*, 77,188-193.
35. Taiwo KA, Eshtiaghi MN, Ade-Omowaye BIO, Knorr D. 2003. Osmotic dehydration of strawberry halves: influence of osmotic agents and pretreatment methods on mass transfer and product characteristics. *Int J Food Sci Technol*, 38 (6), 693-707.
36. Mandala IG, Anagnostaras EF, Oikonomou CK. 2005. Influence of osmotic dehydration conditions on apple air-drying kinetics and their quality characteristics. *J Food Eng*, 69, 307-316.
37. Riva M, Campolongo S, Leva AA, Maestrelli A, Torreggiani D. 2005. Structure-property relationships in osmo-air-dehydrated apricot cubes. *Food Res Int*, 38, 533-542.
38. Rodrigues S, Gomes MCF, Gallao MI, Fernandes FAN. 2009. Effect of ultrasound-assisted osmotic dehydration on cell structure of sapotas. *J Sci Food Agric*, 89 (4),665-670.

39. Rodrigues S, Oliveira FIP, Gallao MI, Fernandes FAN. 2009. Effect of immersion time in osmosis and ultrasound on papaya cell structure during dehydration. *Drying Technol*, 27 (2),220–225.
40. Fernandes FAN, Gallao MI, Rodrigues S. 2009. Effect of osmosis and ultrasound on pineapple cell tissue structure during dehydration. *J Food Eng*, 90,186-190.
41. Simal S, Benedito J, Sánchez ES, Carmen RM. 1998. Use of ultrasound to increase mass transport rates during osmotic dehydration. *J Food Eng*, 36, 323-336.
42. Kowalska H, Lenart A. 2001. Mass Exchange during osmotic pretreatment of vegetables. *J Food Eng*, 49, 137-140p.
43. Park KJ, Bin A, Brod FPR, Park THKB. 2002. Osmotic dehydration kinetics of pear D'anjou (*Pyrus communis* L.). *J Food Eng*, 52, 2936-298.
44. Cárcel JA, Benedito J, Rossello´ C, Mulet A. 2007. Influence of ultrasound intensity on mass transfer in apple immersed in a sucrose solution. *J Food Eng*, 78, 472-479.