

**Araştırma Makalesi / Research Paper**

## **Ozmotik Dehidrasyon Tekniğinin Sakız Kabağında Kullanımı**

Fatma Albak, K. Bülent Belibağlı

Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Gaziantep  
E-posta: albak@gantep.edu.tr

### **ÖZET**

Sakız kabağının (*Cucurbita pepo*) ozmotik dehidrasyonu üç farklı tuz (NaCl) konsantrasyonu (%5, 15 ve 25) ile üç farklı sıcaklıkta (15, 25 ve 35°C), dört farklı zamana bağlı olarak (30, 60, 180 ve 240 dakika) çalışıldı. Bağımsız değişkenlerin (sıcaklık, tuz konsantrasyonu ve zaman) su kaybı (SK), tuz kazancı (TK) ve ağırlık azalışı (AA) üzerindeki etkisini modellemek için tam faktöriyel tasarım kullanıldı. Bağımsız değişkenlerin SK, TK ve AA üzerindeki etkisini tanımlayan kuadratik regresyon denklemleri türetildi. Yüzde 5'lik tuz çözeltisiyle yapılan 240 dakikalık ozmotik kurutma sonucunda kabağın nem oranı %94.0'dan 15, 25 ve 35°C'de sırasıyla %90.6, %90.7 ve %90.8'e düşürüldü ve bu değerler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz bulundu ( $p>0.05$ ). Zaman ve tuz konsantrasyonunun SK, AA ve TK'yı etkileyen temel faktörler olduğu belirlendi. Dört saatlik dehidrasyon sonucunda kabağın nem oranı %5'lik tuz çözeltisinde %94.0'dan %90.7'ye, %15 tuz çözeltisinde %83.7'ye ve % 25'lik tuz çözeltisinde %77.0'a düşürüldü. Yüzde %5'lik tuz çözeltisiyle yapılan ozmotik kurutma sonunda kabağın tuz oranı %3.0, %15'lik tuz çözeltisinde %5.3 ve %25'lik tuz çözeltisinde %9.9'a yükseldiği görüldü. Ozmotik dehidrasyon boyunca kabağın toplam renk değişim değerinin ( $\Delta E$ ) zamana bağlı olarak artan tuz konsantrasyonu ve sıcaklıkla değiştiği gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ozmotik dehidrasyon, Su kaybı, Tuz kazancı, Ağırlık azalışı

### **Use of Osmotic Dehydration Technique in Zucchini**

#### **ABSTRACT**

Osmotic dehydration of zucchini (*Cucurbita pepo*) was studied at three different salt concentrations (5, 15 and 25% w/v) and three different temperatures (15, 25 and 35°C) for 30, 60, 180 and 240 minutes. Full factorial design was used to determine the effect of independent variables (temperature, salt concentration and immersion time) on water loss (SK), salt gain (TK) and weight loss (AA). Quadratic regression equations describing the effect of independent process variables on SK, TK and AA were developed. Moisture content of zucchini during 4 hours osmotic dehydration in 5% salt solution at 15, 25 and 35°C was reduced from 94% to 90.6, 90.7 and 90.8, respectively ( $p>0.05$ ). Time and salt concentration were the most significant factors affecting SK, TK and AA during osmotic dehydration of zucchini. After 4 hours of osmotic dehydration, moisture content of zucchini in 5, 15, and 25% salt solution was reduced from 94% to 90.7, 83.7, and 77.0%, respectively. Salt content of zucchini in 5, 15 and 25% salt solutions at the end of osmotic dehydration was 3.0, 5.3 and 9.9%, respectively. The total color change value ( $\Delta E$ ) of zucchini varied with increased salt concentration and temperature during osmotic dehydration.

**Keywords:** Osmotic dehydration, Water loss, Salt gain, Weight loss

#### **GİRİŞ**

Ozmotik dehidrasyon bitki dokusunun hipertonic çözeltiliye daldırılarak belli miktar suyu almak için kullanılan bir işlemdir. Enerji tasarrufu ve kalitede sağladığı avantajlardan dolayı gıda işleminin tamamlayıcı bir basamağı olarak ozmotik dehidrasyonun popüleritesi günden güne artmaktadır. Genellikle ozmotik dehidrasyon doğal olarak yavaştır, bundan dolayı son ürünün kalitesini etkilemeden kütle geçişini

artıracak yöntemler kullanılmalıdır. Örneğin yüksek hidrostatik basıncın uygulanması, yüksek elektriksel alan, ses üstü dalgaları, vakum ve merkezkaç kuvveti gibi çeşitli yöntemler kütle geçişini artırmak için kullanılmaktadır. Ozmotik dehidrasyon gıdanın içeriğini değiştirmeden besinsel ve işlevsel özelliklerini geliştirmek için birçok gıda işleminden önce kullanılan bir ön işlemdir. Ozmotik dehidrasyon oda sıcaklığında bile etkindir. Böylece kıvam, renk ve tat üzerindeki ısısal zarar en aza indirilir [1]. Ozmotik dehidrasyon işlemi

gıda maddesinin fonksiyonel özelliklerinin pek değişmemesini, son ürünün kalitesinin gelişmesini ve enerji tasarrufu sağlar [2]. Ozmotik dehidrasyonun en önemli uygulaması ise gıda maddesinin su aktivitesini düşürerek mikrobiyal bozulmanın önlenmesidir. Çünkü birçok gıda maddesi fazla miktarda su içerir [3]. Suyun gıda dokusundan çözeltiye doğru difüzyonunu sağlayan itici kuvvet hipertonic çözeltinin yüksek basıncıdır. Su difüzyonuna ters yönde ozmotik çözeltiden dokuya doğru çözünen madde difüzyonu su difüzyonuyla birlikte gerçekleşir. Çünkü ozmotik geçişten sorumlu hücre zarı tam olarak seçici geçirgen bir zar değildir ve gıda hücresinde mevcut olan maddeler (organik asit, indirgen şeker, mineral, tat ve pigment bileşikleri) de ozmotik çözeltiye geçer. Bu da ürünün organoleptik ve besinsel karakterini etkiler [4, 5, 6]. Ozmotik dehidrasyon boyunca birbirine ters yönde üç çeşit kütle geçişi oluşur; (1) üründen çözeltiye su akışı, (2) çözeltiden ürüne ozmotik katı geçişi, (3) üründen çözeltiye madde (organik asit, vitamin) geçişi [7]. Gıda hücresinden çözeltiye madde geçişi oluşur çünkü ozmotik dehidrasyondan sorumlu hücre zarı tam olarak seçici bir zar değildir. Fakat ozmotik dehidrasyon boyunca bu ihmal edilir. Bu genellikle ürünün besinsel ve duysal özellikleri açısından önemlidir [8, 9]. Herhangi bir gıda maddesinde, suyun difüzyonu sıcaklık, ozmotik çözeltinin konsantrasyonuna, maddenin boyutu ve geometrisine, çözelti madde oranına ve çözeltinin karıştırılmasına bağlıdır [10]. Bu çalışmanın amacı sıcaklık, zaman ve tuz konsantrasyonunun ozmotik kurutma esnasında oluşan su çıkışı ve tuz kazancı üzerindeki etkisini araştırmaktır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Materyal

Bu çalışmada kullanılan beyaz renkli Sakız kabağı (*Cucurbita pepo*) ve rafine yemeklik tuz Gaziantep'te yerel bir marketten alınmıştır. Kurutulmuş kabak özellikle Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde kışın kullanılmak üzere tuzlanarak kullanılır ve aynı zamanda kuru kabak hazır çorbalarda da katkı maddesi olarak da kullanılmaktadır. Klasik olarak kabak

çoğunlukla güneşte ya da tepsili kurutucularda kurutulmaktadır. Bu çalışmada amaç; tepsili kurutucudan (çalışmanın bu kısmı verilmedi) önceki ozmotik dehidrasyon kullanımı ile hem ürün kalitesini yükseltmek, hem de kurutma zamanını kısaltmaktır.

### Numunenin Hazırlanışı

Ozmotik kurutmadan önce, kabakların kabuk kısımları bıçak yardımıyla soyulduktan sonra kabaklar 1 cm'lik dilimler halinde kesildi. Daha sonra kuru kabağın yapısına uygun olarak yumuşak iç kısımları çıkarıldı ve 1cm<sup>3</sup>'lük küpler halinde kesildi. Her bir deneysel tekrar için taze %5, %15 ve %25 w/v' lik tuz çözeltileri hazırlandı. Numune çözelti oranı çözeltinin seyrelme ihtimaline karşı 1:10 olarak belirlendi. Ozmotik kurutma sonunda çözelti kısmından numune alındı ve bu çözeltinin tuz oranına bakıldı. Çözeltinin derişimde ozmotik kurutmayı etkileyecek bir değişimin olmadığı gözlemlendi. Bütün deneyler, termostatik olarak kontrol edilen soğutmalı etüvde tuz çözeltilerinin sıcaklıkları 250 mL'lik erlenlerde sabitlendikten sonra üzerlerine 25 gram kabak tartılarak başlatıldı. Deneylerin hepsinde manyetik karıştırıcılar yardımıyla karıştırma işlemi yapıldı, bu karıştırıcılar deney öncesi etüv içerisine yerleştirildi. Buharlaşmaya önlemek amacıyla kullanılan erlenin ağzı alüminyum folyo ile kapatıldı. Ozmotik kurutmanın ilk 1,5 saat içinde gerçekleştiği ondan sonra yavaşladığı yapılan denemelerde görüldü. Bunun üzerine toplam ozmotik kurutma zamanı olarak 4 saat yeterli görüldü. Tüm deneyler üç tekrarlı olarak çalışılmıştır. Ozmotik kurutma boyunca nem kaybı, tuz artışı ve renk değişimi takip edildi. Nem miktarı tayini için numuneler etüvde 105°C'de ağırlık sabit tartıma gelinceye kadar bekletildi [11]. Tuz değişimi Mohr metodu ile hacimsel olarak takip edildi. Renk analizi Hunter Lab, Colorflex (A60-1010-615 Model Colorimeter, HunterLab, Reston, VA) cihazı ile L, a, ve b (sırasıyla, parlaklık, kırmızılık ve sarılık ) değerleri ölçülerek yapıldı. Cihaz beyaz standart ile kalibre edildi (L<sub>std</sub>=93.01, a<sub>std</sub>=-1,10 ve b<sub>std</sub>=1,29). Renk ölçümü sonunda elde edilen veriler toplam renk değişimi (ΔE) olarak ifade etmek için Denklem 1'de gösterildiği gibi bir hesaplama yapıldı.

$$\Delta E = \sqrt{(L_{\text{numune}} - L_{\text{taze}})^2 + (a_{\text{numune}} - a_{\text{taze}})^2 + (b_{\text{numune}} - b_{\text{taze}})^2} \quad (1)$$

### Hesaplamalar

Ozmotik kurutma boyunca oluşan AA, TK ve SK aşağıdaki denklemlere göre hesaplanmıştır.

$$AA = SK + TK \quad (2)$$

$$TK = \frac{W_s - W_{so}}{W_o} * 100 \quad (3)$$

$$SK = \frac{W_1 - W}{100} \quad (4)$$

AA=Ağırlık azalışı (kg madde/kg numunenin

başlangıçtaki ağırlığı)

TK= Tuz kazancı (kg tuz/ kg numunenin başlangıçtaki ağırlığı)

SK= Su kaybı (kg su/ kg numunenin başlangıçtaki ağırlığı)

Ws: Herhangi bir zamanda numunedeki tuz miktarı (g)

Wso: Başlangıçtaki numunedeki tuz miktarı(g)

Wo: Numunenin ağırlığı (g)

W<sub>1</sub>: Numunenin başlangıçtaki nem miktarı.(kg su/kg numune)

W: Herhangi bir zamandaki nem miktarı (kg su/kg numune)

## Deney Tasarımı ve İstatistiksel Analiz

Deneyel tasarım yapılan her deneyden en üst seviyede bilgi almak ve her faktörün istatistiksel olarak değerlendirilmesi açısından önemlidir. Kabak çalışmasının deneyel tasarımı genel faktöriyel tasarım kullanılarak yapılmıştır. Faktöriyel tasarım bazı bağımsız değişkenlerin bazı bağımlı değişkenler üzerindeki etkisini inceleyen deneyler için uygun bir tasarımdır. Bir faktörün etkisi seviyesindeki değişim olarak tanımlanır. Bu genellikle ana etki olarak adlandırılır. Bu çalışmada genel faktöriyel tasarım tercih edildi çünkü deneyde kullanılan her faktörün seviyesi aynı değildi. Tam faktöriyel tasarım farklı seviyelerde faktör içeren deneyler için uygun bir tasarımdır. Bu çalışmada ozmotik dehidrasyonun üç bağımsız değişkenden (sıcaklık, zaman ve çözelti konsantrasyonu) etkilendiği farz edildi. Tablo 1'de değişkenler ve bunların seviyeleri verilmiştir.

Tablo 1. Değişkenler ve kabağın ozmotik dehidrasyonunda kullanılan seviyeleri

Kod	Değişkenin Adı	Seviyeleri
A	Sıcaklık (°C)	15, 25, 35
B	Tuz Konsantrasyonu (w/v)	5, 15, 25
C	Zaman (dak.)	30, 60, 180, 240

Deneyel tasarımda "Design Expert Software" (Version 6.01.0, State-Ease, Inc Minneapolis, MN) kullanılmıştır. Bu program ile kullanılan genel faktöriyel tasarımı, proses değişkenlerinin su kaybı, ağırlık azalışı ve tuz kazancı üzerindeki etkisini gözlemlemek için kullanıldı. Tablo 2'de deneyel tasarım verilmiştir

Deneyel veri, yüzey tepki regresyon prosedürünün çıktılarını tanımlayan denklem 5'teki ikinci dereceden polinomik denklem kullanılarak analiz edildi.

$$Y_i = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ii} X_i^2 + \sum b_{ij} x_i x_j \quad (5)$$

Burada  $Y_i$   $x_i$  kullanarak tahmin edilen değer,  $x_i$  bağımsız değişken,  $b_0$  başlangıç değeri,  $b_i$  lineer katsayıyı,  $b_{ii}$  kuadratik katsayı,  $b_{ij}$  etkileşim katsayıdır.

Tablo 3. Verilere ait varyans analizi sonuçları

Model	Su Kaybı			Tuz Kazancı			Ağırlık Kaybı		
	SD	F Değeri	P Değeri Prob>F	SD	F Değeri	P Değeri Prob>F	SD	F Değeri	P Değeri Prob>F
Lineer - Ortalama	3	67.51	<0.0001	3	34.53	<0.0001	3	53.52	<0.0001
2FI - Lineer	3	2.96	0.0489	3	0.14	0.9325	3	2.19	0.1111
Kuadratik - 2FI	3	0.65	0.5887	3	4.75	0.0090	3	1.30	0.2943
Kübik - Kuadratik	8	2.36	0.0621	8	1.22	0.3404	8	1.89	0.1240

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Üç bağımsız değişken ve bu çalışmada kullanılan deney tasarımındaki seviyeleri Tablo 1'de gösterilmektedir. Zaman, çözelti konsantrasyonu ve sıcaklıktaki değişimle birlikte kalite parametrelerindeki (AA, SK ve TK) değişim

Tablo 2. Deney tasarımı ile ilgili değişkenler

Tekrar	Değişkenlerin Seviyeleri		
	Sıcaklık (A)	Kons. (B)	Zaman (C)
1	15	15	30
2	25	15	30
3	25	25	180
4	15	5	180
5	15	15	240
6	25	5	30
7	35	25	30
8	15	25	180
9	35	5	60
10	25	15	180
11	35	15	180
12	25	25	60
13	35	25	60
14	35	15	30
15	25	15	240
16	35	5	240
17	25	5	60
18	15	5	60
19	25	25	240
20	35	15	60
21	35	15	240
22	15	5	240
23	25	25	30
24	35	25	180
25	35	5	180
26	25	5	240
27	15	25	30
28	25	5	180
29	35	5	30
30	25	15	60
31	35	25	240
32	15	15	180
33	15	5	30
34	15	25	240
35	15	25	60
36	15	15	60

Varyans analizi (ANOVA) yöntemi istatistiksel parametreleri bulmak için kullanıldı. İkinci dereceden polinomik denklem deneyel veriye uygulandı. Modelin ve model denkleminin yeterliliği F-testi ile kontrol edildi (ANOVA değerleri Tablo 3'te verildi). Ayrıca modellerin uygunluğu determinasyon katsayısı, F ve P değerleri (hata ihtimali) kullanılarak kontrol edildi. Deneyel veriler %95 güven aralığında değerlendirildi.

gözlemlenmiştir. Kalite parametreleriyle işlem parametreleri arasındaki ilişkiyi tanımlayan ve sapma katsayıları ( $r^2$ ) en iyi olan denklemler aşağıda verilmiştir:

$$SK = 0.1 + 0.07B + 0.017C + 0.016B \times C \quad (6)$$

$$AA = 0.17 + 0.11B + 0.024C \quad (7)$$

$$\text{LOG (TK)} = -2.46 + 0.17A + 0.82B - 0.39B^2 \quad (8)$$

A: Sıcaklık; B: Çözelti konsantrasyonu; C: Zaman; A\*B: sıcaklık ile çözelti konsantrasyonu arasındaki etkileşim; A\*C: sıcaklık ile zaman arasındaki etkileşim; B\*C: zamanla çözelti konsantrasyonu arasındaki etkileşim

Deney tasarımından elde edilen regresyon analizi (istatistiksel veri verilmedi), lineer model terimi (B ve C), kuadratik model terimi (B<sup>2</sup>) ve etkileşim model teriminin (B\*C) istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir (P<0.05). Fakat lineer model terimi (A), kuadratik model terimleri (A<sup>2</sup> ve C<sup>2</sup>) ve etkileşim terimi (A\*B ve A\*C) istatistiksel olarak bir anlam taşımadığını göstermiştir (P>0.05). Su kaybı ozmotik dehidrasyonun başlangıcında (ilk bir saat) hızlı bir şekilde arttığı gözlenmiştir. Dengeye yaklaştıkça kabaktan çözeltiyeye doğru olan su kayıp hızı yavaş yavaş azalmaktadır.

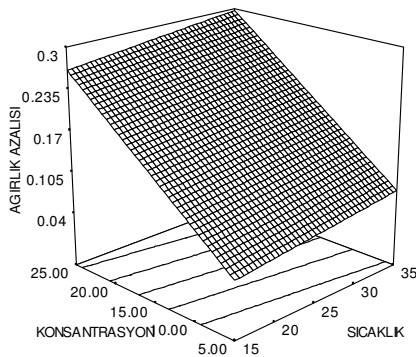
Tablo 2'de verilen deneysel tasarıma göre yapılan çalışma sonunda elde edilen sonuçların, tuz konsantrasyonunun, zamanın ve sıcaklığın su kaybı, ağırlık azalışı ve tuz kazancı üzerindeki etkileri Şekil 2 ve 3'a ve 3b'de gösterilmektedir.

Bağımsız değerlerin en yüksek seviyelerinde su kaybı olarak %19 ve ağırlık azalışı olarak %30 değerleri elde edilmiştir.

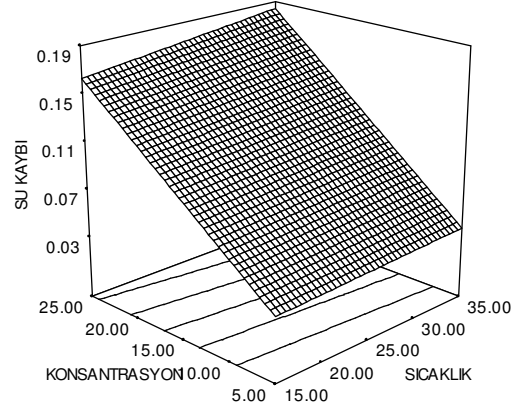
Şekil 2, 3a ve 3b'den görüldüğü gibi su kaybı ve ağırlık azalışı üzerinde en çok tuz konsantrasyonunun etkisi olduğu sıcaklığın pek etkisi olmadığı görülmektedir. Ozmotik dehidrasyon sırasında kullanılan sıcaklık aralığının (15-35°C) su kaybını çok da etkilemediği görülmüştür. Sıcaklığın önemli olmayışının nedeni kullanılan dar sıcaklık aralığı olabilir.

Literatüre göre [12, 13] su kaybı, ağırlık azalışı ve tuz kazancı artan tuz ya da şeker konsantrasyonu ve zamanla artar. Tuz konsantrasyonu arttıkça kabaktaki ozmotik basınçta artmıştır. Bunun sonucunda hücre zarından yüksek oranda su çıkışı olmuştur.

Şekil 3a ve 3b'de farklı tuz konsantrasyonlarda ve sıcaklıkta ağırlık azalışı ve tuz kazanımını



(a)

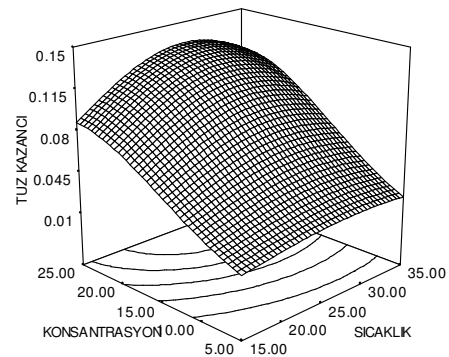


Şekil 2. Kabağın ozmotik dehidrasyonu sırasında tuz konsantrasyonunun ve ortam sıcaklığının su kaybı değişimine etkisi.

Tablo 4'de SK/TK oranları gösterilmiştir. SK/TK oranı ozmotik işlemin etkinliğinin değerlendirilmesi için yeterli bir göstergedir [14, 15]. Sonuçlar bu çalışmada ozmotik dehidrasyonu etkileyen ana etkenin tuz konsantrasyonu olduğunu göstermiştir. Tuz konsantrasyonu ve zamana bağlı olarak bu değerlerde genel bir artış eğilimi olduğu gözlenmiştir.

Tablo 4. Su kaybının tuz kazancına oranları (SK/TK) (25 °C'de)

Tuz Konsantrasyonu	Zaman (dakika)			
	30	60	180	240
%5	1.02	1.21	0.97	1.15
%15	1.04	1.02	1.48	1.24
%25	1.23	1.90	1.84	2.57

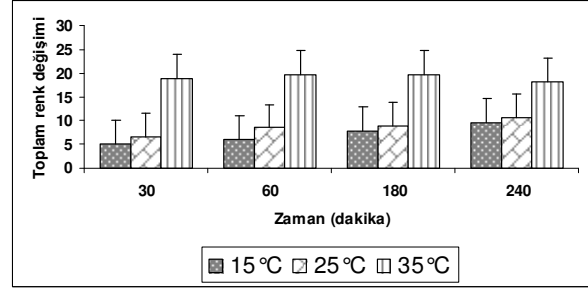
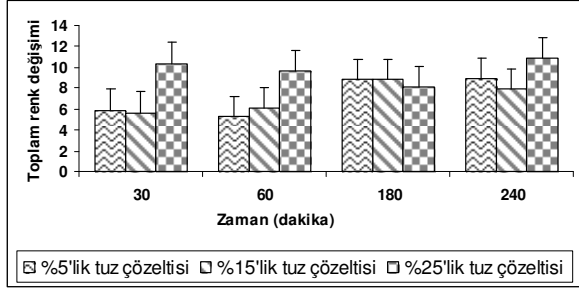


(b)

Şekil 3. Kabağın ozmotik dehidrasyonunda ağırlık azalışı (a) ve tuz kazançlarına (b) tuz konsantrasyonun ve sıcaklığın etkisi.

$\Delta E$  değeri işlemden dolayı oluşan toplam renk değişimini ifade eder. Şekil 4a ve 4b'den de görüldüğü gibi yüksek tuz konsantrasyonu ve sıcaklık numunen rengi üzerinde negatif bir etkiye sahiptir. Renk değişimi ( $\Delta E$ ) artan sıcaklık ve konsantrasyonla birlikte artmıştır.

Ozmotik dehidrasyon boyunca a (yeşillik) zamanla azalmıştır ve b (sarılık) ısıl etkiden dolayı zamanla artmıştır (veriler sunulmamıştır). Bu değişiklikler ozmotik dehidrasyonun ilk periyodunda daha hızlıdır ve ozmotik dehidrasyon ilerledikçe bu hız düşmeye başlamaktadır.



(a)

(b)

Şekil 4. Kabağın ozmotik kurutulması sırasındaki tuz konsantrasyonu (a) ve sıcaklığın (b) toplam renk değişimine etkisi

## SONUÇLAR

Ozmotik kurutmada meydana gelen kütle aktarımı sıcaklık, konsantrasyon ve karıştırma gibi etkenlere bağlıdır. Bu çalışmada yüzey tepki metodu kullanılarak zaman, sıcaklık ve tuz konsantrasyonunun su kaybı, tuz kazancı ve ağırlık azalışı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Sonuçlar çalışmada kullanılan sıcaklıkların ozmotik dehidrasyon üzerinde etkisinin olmadığını ve ozmotik dehidrasyonu etkileyen ana etkenin tuz konsantrasyonu olduğunu göstermiştir. Aynı zamanda ozmotik kurutma boyunca kabağın renginin artan tuz konsantrasyonu ve sıcaklıkla değiştiği görülmüştür. Ozmotik kurutmanın gıda sanayisine uygulanmasında bazı kısıtlamalar vardır. Bir kısıtlayıcı etken olarak çözeltinin tekrar geri kazanımı ve tekrar kullanılabilmesinin zorluğu söylenebilir. Fakat ozmotik dehidrasyon düşük sıcaklıklarda yapılabildiğinden, ısıya karşı duyarlı meyve ve sebzelerde besin değerlerini fazla değiştirmeden kurutulmasını sağlayan bir ön işlem olarak kullanılabilir.

## KAYNAKLAR

- [1] Torreggiani, D., 1993. Osmotic dehydration in fruit and vegetables processing. *Food Research International* 26: 59-68.
- [2] Shi, J.X., Le Maguer, M., Wang, S.L., Liptay, N., 2000. Application of osmotic treatment in tomato processing-effect of skin treatments on mass transfer in osmotic dehydration of tomatoes. *Food Research International* 30(9): 669-674.
- [3] Rao, M.A., 1977. Rheology of fluid foods: a review. *Journal of Texture Studies* 8: 135-167.
- [4] Dixon, G.M., Jenn, J.J., 1977. Change of sugar and acid of osmotic dried apple slices. *Journal of Food Science* 42: 1126-1131.
- [5] Lerici, C.R., Pinnavaia, G., Dalla Rosa, M., Bartolucci, L., 1985. Osmotic dehydration of fruit influence of osmotic agents on drying behaviour and

product quality. *Journal of Food Science* 50: 1217-1226.

- [6] Giangiacom, R., Torreggiani, D., Abbo, E., 1987. Osmotic dehydration of fruit. Part I: Sugar exchange between fruit and extracting syrups. *Journal of Food Processing and Preservation* 11: 183-195.
- [7] Raoult-Wack, A.L., 1994. Recent advances in the osmotic dehydration of foods. *Trends in Food Science & Technology* 5: 225-260.
- [8] Heng, W., Guilbert, S., Cuq, J.L., 1990. Osmotic dehydration of papaya: Influences of process variables on the quality. *Science des aliments* 10 : 831-848.
- [9] Mizrahi, S., Eicher, S., Ramon, O. 2001. Osmotic dehydration phenomena in gel systems. *Journal of Food Engineering* 49(1): 87-96.
- [10] Raoult-Wack, A.L., 1991. *Les procedes de deshydratation-impregnation par immersion dans des solutions concentrees (DII). Etude experimentale et modelisation des transferts d'eau et de solute sur gel modele*. Ph.D. Thesis, University Montpellier II, France.
- [11] AOAC, 1990. Official Methods of Analysis Vol 2. 15<sup>th</sup> edition Aspects of Official Analysis Chemistry, Inc. Arlington, VA.
- [12] Lenart, A., Lewicki, P.P., 1990. Osmotic dehydration of apples at high temperature. In A.S. Mujumdar (Ed.), *Drying* 89(pp. 7-14). New York: Hemisphere Publishing Corporation.
- [13] Marcotte, M., Toupin, C.J., Le Maguer, M., 1991. Mass transfer in cellular tissues. Part I. The mathematical model. *Journal of Food Engineering* 13: 199-200.
- [14] Lazarides, H.N., Gekas, V., Mavroudis, N., 1997. Apparent mass diffusivities in fruit and vegetable tissues undergoing osmotic processing. *Journal of Food Engineering* 25: 151-166.
- [15] Matuska, M., Lenart, A., Lazarides, H.N., 2006. On the use of edible coatings to monitor osmotic dehydration kinetics for minimal solids uptake. *Journal of Food Engineering* 72: 85-91.