

**ERİĞİN (*Prunus Domestica*) OSMOTİK DEHİDRASYON
PARAMETRELERİNİN VE KURUMAYA
ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sabire ERÜNAL

**DANIŞMAN
Doç. Dr. İnci TÜRK TOĞRUL**

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

HAZİRAN 2010

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ERİĞİN (*Prunus Domestica*) OSMOTİK DEHİDRASYON
PARAMETRELERİNİN VE KURUMAYA ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Sabire ERÜNAL

**DANIŞMAN
Doç. Dr. İnci TÜRK TOĞRUL**

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

HAZİRAN 2010

ONAY SAYFASI

Doç. Dr. İnci TÜRK TOĞRUL danışmanlığında

Sabire ERÜNAL tarafından hazırlanan

ERİĞİN (*Prunus Domestica*) OSMOTİK DEHİDRASYON PARAMETRELERİNİN VE KURUMAYA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

başlıklı bu çalışma lisansüstü eğitim ve Ğretim yönetmeliğinin ilgili

maddeleri uyarınca

01/06/2010

tarihinde aşağıdaki jüri tarafından

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında

Yüksek Lisans tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

nvanı, Adı, Soyadı

İmza

Başkan: Prof. Dr. Abdullah ÇAĞLAR

ye : Doç. Dr. İnci TÜRK TOĞRUL (Danışman)

ye :Yrd. Doç. Dr. M. Galip İÇDUYGU

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Ynetin Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve

..... sayılı kararıyla onaylanmıştır

Doç. Dr. Rıdvan NAL
Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	IV
ABSTRACT	V
TEŞEKKÜR	VI
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
ÇİZELGELER DİZİNİ	XII
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1 Osmotik Dehidrasyon	10
2.1.1 Osmotik Dehidrasyonun Tanımı ve Osmotik Dehidrasyon Olayı	10
2.2 Osmotik Dehidrasyon Boyunca Kütle Transfer Olayı	14
2.2.1 Osmotik Dehidrasyonun Modellenmesi	16
2.2.2 Fickian Difüzyon Yaklaşımı	18
2.2.3 Osmotik Dehidrasyon Boyunca Kütle Transfer İşleminin Teorik Analizi	21
2.2.4 Osmotik Dehidrasyon Kütle Transfer Hızını Etkileyen Faktörler	23
2.2.4.1 Osmotik Maddenin Tipi	24
2.2.4.2 Osmotik Çözelti Konsantrasyonu	27
2.2.4.3 Osmotik İşlemin Süresi ve Sıcaklığı	28
2.2.4.4 Örnek/Çözelti Oranı	29
2.2.4.5 Örnek Geometrisi ve Karakteristikleri	29
2.2.4.6 Osmotik Çözeltinin Karıştırılması	30
2.2.4.7 Örneğe Osmotik İşlem Öncesi Uygulanan İşlemler	30
2.3 Osmotik Dehidrasyon İşleminin Ürün Üzerindeki Etkileri	32
2.4 Osmotik Dehidrasyonun Uygulama Şekilleri	32
2.5 Osmotik Dehidrasyonun Avantajları ve Dezavantajları	33
2.6 Osmotik Dehidrasyonun Endüstride Kullanımı	36
2.6.1 Osmotik İşlem Ekipmanlarının Çalışma İlkeleri	36

3. OSMOTİK DEHİDRASYON SONRASI KURUTMA UYGULAMALARI	38
3.1 Sıcak hava ile kurutma uygulaması	38
3.2 Vakum altında kurutma uygulaması	38
3.3 Dondurma ve dondurarak kurutma uygulamaları	39
3.4 Güneş altında kurutma uygulaması	39
3.5 Mikrodalga ile kurutma uygulaması	40
4. LİTERATÜR ARAŞTIRMALARI	41
5. MATERYAL VE METOD	47
5.1 Materyal	47
5.2 Metot	47
6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	51
6.1 Osmotik Dehidrasyona Farklı Osmotik Ortamın Etkisi	51
6.2 Ön İşlem Uygulamanın Etkisi	53
6.3 Osmotik Dehidrasyona Sıcaklığın Etkisi	60
6.4 Osmotik Dehidrasyona Konsantrasyonun Etkisi	62
6.5 Örnek/Çözelti Oranının Etkisi	63
6.6 Osmotik Dehidrasyonda Büzülme	65
6.6.1 Büzülmeye Osmotik Ortamın Etkisi	66
6.6.2 Büzülmeye Ön işlemin Etkisi	67
6.6.3 Büzülmeye Sıcaklığın Etkisi	69
6.6.4 Büzülmeye Konsantrasyonun Etkisi	70
6.6.5 Büzülmeye Örnek/Çözelti Oranının Etkisi	70
6.7 Osmotik Dehidrasyon Kinetiği	71
6.7.1 Farklı Madde ve Farklı Örnek/Çözelti Oranları İçin Dw, Ds Değerleri	72
6.7.2 Farklı Konsantrasyonlar İçin Dw, Ds Değerleri	75
6.7.3 Dw ve Ds' nin Sıcaklıkla Değişimi	76

6.7.4 Farklı Ön İşlem Uygulamanın D_w , D_s ’ e Etkisi	78
6.8 Kurutma	83
6.8.1 Kimyasal Ön İşlem Uygulanmadan Osmotik Dehidrasyona Tabi Tutulan Eriklerin Kurutulması	86
6.8.2 Kimyasal Ön işlem Uygulanarak Osmotik Dehidrasyona Tabi Tutulan Eriklerin Kurutulması	88
6.9 Kurutma Sırasında Etkin Difüzyon Katsayıları	92
7. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER	95
8. KAYNAKLAR	101
8.1 İnternet Kaynakları	118
9. ÖZGEÇMİŞ	119

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ERİĞİN (*Prunus Domestica*) OSMOTİK DEHİDRASYON PARAMETRELERİNİN VE KURUMAYA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Sabire ERÜNAL

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. İnci TÜRK TOĞRUL

Bu çalışmada sarı, kırmızı ve mürdüm eriğinin osmotik dehidrasyonuna etki eden parametreler ve osmotik dehidrasyonun kurutmaya etkisi incelendi. Bu amaçla, farklı osmotik çözelti kullanımı, çözelti konsantrasyonu, sıcaklık, örnek/çözelti oranı ve osmotik dehidrasyon öncesinde ön işlem uygulaması gibi işlem parametrelerinin eriğin osmotik dehidrasyona ve osmotik dehidrasyon sırasında meydana gelen büzülmeğe etkisi araştırıldı. Osmotik dehidrasyon sırasında meydana gelen su kaybı ve katı kazanımı için etkin difüzyon katsayısı, eriğin yapısında meydana gelen büzülmenin dikkate alındığı ve alınmadığı durumlar için hesaplandı.

Osmotik dehidrasyonun kurutmaya etkisini incelemek amacıyla erikler, ön işlemleri ve ön işlemsiz olarak 1 gün osmotik dehidrasyona tabi tutulduktan sonra kurutuldu. Kuruma sırasında yapısında meydana gelen büzülme dikkate alınarak ve alınmadan etkin difüzyon katsayıları hesaplandı.

En fazla dehidrasyonun sakaroz çözeltisinde elde edildiği, ön işlem uygulamasının her 3 erik türünde ve her osmotik ortamda farklı etkiye neden olduğu görüldü. Meyvelerden su kaybının ve difüzyon katsayısının, osmotik ortam sıcaklığı ve konsantrasyonundaki artış ile örnek/çözelti oranındaki azalma ile arttığı görüldü.

Osmotik dehidrasyon sırasında eriklerde meydana gelen çapsal büzülme, ön işlem uygulanmayan eriklerde %33- %53, ön işlem uygulanan eriklerde %22-%84 aralığında, farklı sıcaklık uygulamasıyla %16-%29, konsantrasyonun etkisiyle %29-%40 ve örnek/çözelti oranının değiştirilmesiyle %18-%63 aralığında gerçekleşti.

Osmotik dehidrasyon sonrası uygulanan kurutma işleminde, eriklerden suyun transferini kontrol eden mekanizmanın katı içi difüzyon olduğu bulundu. Gerek osmotik dehidrasyon gerekse kurutma sırasında büzülmenin dikkate alınması ile daha düşük difüzyon katsayıları hesaplandı.

2010, 119 sayfa

Anahtar Kelimeler: Erik, osmotik dehidrasyon, kurutma, büzülme, difüzyon katsayısı, su kaybı, katı kazanımı, ön işlem.

ABSTRACT
M. Sc. Thesis

**INVESTIGATION OF OSMOTIC DEHYDRATION PARAMETERS OF PLUM
(*Prunus domestica*) AND THEIRS' EFFECT ON DRYING**

Sabire ERÜNAL

Afyon Kocatepe University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. İnci Türk TOĞRUL

In this study, osmotic dehydration parameters and theirs' effect on drying of yellow, red and Mürdüm plum were investigated. For this aim, effect of experimental parameters such as osmotic solutions, solution concentration, temperature, sample/solution ratio and pre-treatment application on osmotic dehydration and shrinkage of plum were studied. The effective diffusivities values for the water loss and solid gain occurring during osmotic dehydration were calculated with and without shrinkage.

In order to investigate effect of osmotic dehydration on drying of plums which were with and without pre-treatment were studied after a day of osmotic dehydration application. Effective diffusion coefficients of plums during drying were calculated with and without shrinkage.

Maximum dehydration of the plums was obtained in sucrose solution and pre-treatment application was showed different effects for different plums types and for each osmotic dehydration medium. The values of diffusion coefficients and water loss from plums were increase with both increasing in osmotic dehydration solutions concentration, osmotic dehydration medium temperature and decreasing in the sample/solution ratio.

Shrinkage in diameter of the plums, osmotic dehydrated with and without pretreatment, were obtained between in the range of 33%-53%, 22%-84% respectively. The effects of different temperature application, osmotic dehydration solution concentration and the sample/solution ratio on diameter shrinkage of the plums were occurred as 16%-29%, 29%-40% and 18%-63%, respectively.

The mechanism, controlled water transfer from plums, was found as diffusion inside of solid in drying process, applied after osmotic dehydration. Lower diffusion coefficients were calculated in case of shrinkage, taken into consideration for both osmotic dehydration and drying of plums.

2010, 119 pages

Keywords: Plum, osmotic dehydration, drying, shrinkage, diffusion coefficient, water loss, solid gain, pretreatment.

TEŞEKKÜR

Tezimin fikir aşamasından sonuçlanmasına kadar ki süreçte, değerli vaktini ve bilimsel desteğini sunan, gerekli bütün yardım, tavsiye ve yönlendirmeleri yapan, karşılaştığım problemlerin çözümünde deneyimlerinden yararlandığım danışman hocam Sayın Doç. Dr. İnci TÜRK TOĞRUL'a katkılarından dolayı teşekkür ederim. Çalışmalarım boyunca yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Sayın Doç. Dr. Hasan TOĞRUL'a ve değerli hocalarıma teşekkür ederim. Gerek literatür taraması sırasında gerekse laboratuvar çalışmalarım sırasında her türlü yardımını benden esirgemeyen Sayın Öğr. Gör. Erman DUMAN (Namık Kemal Üniversitesi/Çorlu Meslek Yüksekokulu/Gıda Teknolojisi Programı)'a desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Bu günlere gelebilmem için maddi ve manevi hiç bir fedakârlıktan kaçınmayan, gösterdikleri özveri ve desteklerinden dolayı canım annem Gülser ERÜNAL, canım babam Ömer ERÜNAL ve şu anda Şırnak-Silopi' de vatani görevini yapan canım kardeşim Nuri ERÜNAL' a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Sabire ERÜNAL

AFYONKARAHİSAR, Haziran 2010

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

1. Simgeler

a	Eğim değerleri
a_w	Su aktivitesi, %
b	Kayma değerleri
C_e	Dengede maddenin nem içeriği, g/g
C_o	Maddedeki başlangıç su içeriği, g/g
C_{se}	Dengede osmotik çözelti konsantrasyonu
C_{so}	Osmotik çözeltinin başlangıç konsantrasyonu
C_{we}	Dengedeki maddenin nem içeriği
C_{wo}	Maddedeki başlangıç su içeriği
D	% rölatif sapma değeri
D_{es}	Katı kazanımı için difüzyon katsayısı, m^2/s
D_{ew}	Su kaybı için difüzyon katsayısı, m^2/s
F_{os}	Çözünen difüzyonu için Fourier sayısı
F_{ow}	Su difüzyonu için Fourier sayısı
J	x yönünde difüzyonun neden olduğu kütle çıkışı
$\ln SS$	Suda çözünmeyen kuru madde miktarı (başlangıç kuru madde ağırlığının kesri)
m	Geometrik faktör (1, sonsuz uzunlukta levha; 2, sonsuz uzunlukta silindir; 3, küre)
ml	Mililitre
M_0	Başlangıç örnek ağırlığı, g
M_t	t zamanında örnek ağırlığı, g
ML	Net ağırlık kaybı, g/100g
MR	Kuruma davranışı
P	Suyun buhar basıncı (atm)
P_1	Vakum
P_2	Atmosferik basınç, (atm)
P_2/P_1	Uygulanan sıkıştırma (kompresyon) oranı

P_0	Saf suyun buhar basıncı (atm)
r	Yarıçap, cm
r^2	Çap, cm^2
S_1	Su kaybı için model sabiti
S_2	Katı kazanımı için model sabiti
SG	t zamanında kazanılan katı miktarı, g su/100 g örnek
SG_∞	Dengede kazanılan katı miktarı, g su/100 g örnek
SSC	Sıvı fazdaki çözünür madde konsantrasyonu
t	Zaman, dakika
WL	t zamanında uzaklaşan su miktarı, g su/100 g örnek
WL_∞	Dengede uzaklaşan su miktarı, g su/100 g örnek
x	Katı maddenin merkezinden ölçülen mesafe
$(X_0)_{ts}$	Örneğin başlangıç toplam kuru madde içeriği, %
$(X_0)_w$	Örneğin başlangıç su konsantrasyonu, mol/l
$(X_t)_{ts}$	Örneğin t zamanında toplam kuru madde içeriği, %
$(X_t)_w$	Örneğin t zamanında su konsantrasyonu, mol/l
$\partial C/\partial x$	x yönünde çözünen konsantrasyon gradienti

2. Kısaltmalar

AB-27	Avusturya, Belçika, Bulgaristan, Kıbrıs, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İrlanda, İtalya, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Malta, Hollanda, Polonya, Portekiz, Romanya, Slovakya, Slovenya, İspanya, İsveç, İngiltere.
DIS	Dewatering and Impregnation Soaking Process
EO	Etil Oleat
ERH	Denge bağıl nemi
HDM	Hidradinamik mekanizma
HTST	Yüksek sıcaklıktaki kısa süreli (HTST) osmotik işlemler(80-85°C/1-3 dk)
K_2CO_3	Potasyum Karbonat
NaOH	Sodyum hidroksit
PVPP	Polivinilpoliprolidon
SAFES	Gıda mühendislik sistemlerine sistematik yaklaşım
SO_2	Kükürt dioksit

ŞEKİLLER DİZİNİ

		<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1	AB-27'nin Güney Yarımküreden erik ithalatı	5
Şekil 2.2	Hücrel bir madde osmotik bir çözelti içine daldırıldığı zaman meydana gelen kütle transfer modeli	12
Şekil 2.3	Osmotik çözelti içerisinde hücrel madde daldırıldığında su uzaklaştırılması ve osmotik çözünme kazanımı	13
Şekil 2.4	Osmotik dehidrasyon ve zenginleştirme işlemlerinde kullanılan ilkeler	37
Şekil 6.1	Eriklerin osmotik dehidrasyonuna farklı osmotik ortam kullanımının etkisi	52
Şekil 6.2(a)	Sarı eriklerin %65 konsantrasyondaki sakaroz, glikoz, maltoz, maltodekstrin çözeltileri içinde su kaybı (WL) değerlerine ön işlemin etkisi	54
Şekil 6.2(b)	Sarı eriklerin %65 konsantrasyondaki sakaroz, glikoz, maltoz, maltodekstrin çözeltileri içinde katı kazanımı (SG) değerlerine ön işlemin etkisi	55
Şekil 6.2(c)	Kırmızı eriklerin %65 konsantrasyondaki sakaroz, glikoz, maltoz ve maltodekstrin çözeltileri içinde su kaybı (WL) değerlerine ön işlemin etkisi	56
Şekil 6.2(d)	Kırmızı eriklerin %65 konsantrasyondaki sakaroz, glikoz, maltoz, maltodekstrin çözeltileri içinde katı kazanımı (SG) değerlerine ön işlemin etkisi	57
Şekil 6.2(e)	Mürdüm eriklerinin %65 konsantrasyondaki sakaroz, glikoz, maltoz, maltodekstrin çözeltileri içinde su kaybı (WL) değerlerine ön işlemin etkisi	58
Şekil 6.2(f)	Mürdüm eriklerinin %65 konsantrasyondaki sakaroz, glikoz, maltoz, maltodekstrin çözeltileri içinde katı kazanımı (SG) değerlerine ön işlemin etkisi	59
Şekil 6.3(a)	Mürdüm eriğinin %65 sakaroz, glikoz, maltoz ve maltodekstrin çözeltileri içerisinde su kaybı (WL) değerlerine sıcaklığın etkisi	60

Şekil 6.3(b)	Mürdüm eriğinin %65 sakaroz, glikoz, maltoz ve maltodekstrin çözeltileri içerisinde katı kazanımı (SG) değerlerine sıcaklığın etkisi	61
Şekil 6.4(a)	Farklı konsantrasyonlarda glikoz çözeltisi içine daldırılan mürdüm eriğinin zamanla su kaybı (WL) değerleri	62
Şekil 6.4(b)	Farklı konsantrasyonlarda glikoz çözeltisi içine daldırılan eriklerin zamanla katı kazanımı (SG) değerleri	63
Şekil 6.5(a)	Mürdüm eriklerinin %65 konsantrasyondaki sakaroz, glikoz, maltoz ve maltodekstrin çözeltileri içerisindeki su kaybı (WL) değerlerine örnek/çözelti oranının etkisi	64
Şekil 6.5(b)	Mürdüm eriklerinin %65 konsantrasyondaki sakaroz, glikoz, maltoz ve maltodekstrin çözeltileri içerisindeki katı kazanımı (SG) değerlerine örnek/çözelti oranının etkisi	65
Şekil 6.6(a)	Mürdüm eriğinin sakaroz ve glikoz çözeltilerinde osmotik dehidrasyonu sırasında difüzyon katsayılarının örnek/çözelti oranı ile değişimi	73
Şekil 6.6(b)	Mürdüm eriğinin maltoz ve maltodekstrin çözeltilerinde osmotik dehidrasyonu sırasında difüzyon katsayılarının örnek/çözelti oranı ile değişimi	74
Şekil 6.7	Mürdüm eriğinin glikoz çözeltisinde osmotik dehidrasyonu sırasında difüzyon katsayılarının farklı konsantrasyon oranları ile değişimi	75
Şekil 6.8	Sakaroz, glikoz, maltoz ve maltodekstrin çözeltilerinde mürdüm eriğinin osmotik dehidrasyonu sırasında difüzyon katsayılarına ortam sıcaklığının etkisi	77
Şekil 6.9(a)	Sarı eriğin sakaroz ve glikoz çözeltilerinde osmotik dehidrasyonu sırasında difüzyon katsayılarına ön işlem uygulamalarının etkisi	78
Şekil 6.9(b)	Sarı eriğin maltoz ve maltodekstrin çözeltilerinde osmotik dehidrasyonu sırasında difüzyon katsayılarına ön işlem uygulamalarının etkisi	79

Şekil 6.9(c)	Kırmızı eriğin sakaroz ve glikoz çözeltilerinde osmotik dehidrasyonu sırasında difüzyon katsayılarına ön işlem uygulamalarının etkisi	80
Şekil 6.9(d)	Kırmızı eriğin maltoz ve maltodekstrin çözeltilerinde osmotik dehidrasyonu sırasında difüzyon katsayılarına ön işlem uygulamalarının etkisi	81
Şekil 6.9(e)	Mürdüm eriğinin sakaroz ve glikoz çözeltilerinde osmotik dehidrasyonu sırasında difüzyon katsayılarına ön işlem uygulamalarının etkisi	82
Şekil 6.9(f)	Mürdüm eriğinin maltoz ve maltodekstrin çözeltilerinde osmotik dehidrasyonu sırasında difüzyon katsayılarına ön işlem uygulamalarının etkisi	83
Şekil 6.10(a)	Osmotik dehidrasyon uygulamadan ön işlemsiz ve ön işlemlili olarak kurutulan eriklerin kuruma davranışı	84
Şekil 6.10(b)	Osmotik dehidrasyon uygulamadan ön işlemsiz ve ön işlemlili olarak kurutulan eriklerin nem içeriğine göre kuruma hızındaki değişim	85
Şekil 6.11(a)	Herhangi bir ön işlem uygulanmadan osmotik dehidrasyona 1 gün tabi tutulan sarı, kırmızı ve mürdüm eriğinin kuruma davranışı	86
Şekil 6.11(b)	Herhangi bir ön işlem uygulanmadan osmotik dehidrasyona 1 gün tabi tutulan eriklerin nem içeriğine göre kuruma hızındaki değişim	87
Şekil 6.12(a)	NaOH ön işlemi ile 5 dakika muamele edilen ve osmotik dehidrasyona 1 gün tabi tutulan eriklerin kuruma davranışı	88
Şekil 6.12(b)	NaOH ön işlemi ile 5 dakika muamele edilen ve osmotik dehidrasyona 1 gün tabi tutulan eriklerin nem içeriğine göre kuruma hızındaki değişim	89
Şekil 6.12(c)	EO+K ₂ CO ₃ ön işlemi ile 5 dakika muamele edilen ve osmotik dehidrasyona 1 gün tabi tutulan eriklerin kuruma davranışı	90
Şekil 6.12(d)	EO+K ₂ CO ₃ ön işlemi ile 5 dakika muamele edilen ve osmotik dehidrasyona 1 gün tabi tutulan eriklerin nem içeriğine göre kuruma hızındaki değişim	91

ÇİZELGELER DİZİNİ

		<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1	AB-27'nin Güney Yarımküreden 2007 Yılı Sert Çekirdekli Meyve İthalatı (Ton)	4
Çizelge 2.2	Türkiye'nin Erik İhracatı Yaptığı Ülkeler	5
Çizelge 2.3	Mal Grupları Bazında Türkiye Geneli Kuru Meyve ve Mamulleri	6
Çizelge 2.4	Türkiye Taze Erik ve Kuru Erik Verileri (Ton)	7
Çizelge 6.1	%65 konsantrasyondaki sakaroz, glikoz, maltoz ve maltodekstrin çözeltilerinde osmotik dehidrasyona tabi tutulan farklı erik örneklerinin eğim (a) ve kayma (b) değerleri	66
Çizelge 6.2	%65 konsantrasyondaki sakaroz, glikoz, maltoz, maltodekstrin çözeltileri içindeki sarı, kırmızı ve mürdüm eriğinin büzülme değerlerine ön işlemin etkisi (eğim (a) ve kayma (b) değerleri)	68
Çizelge 6.3	%65 konsantrasyondaki sakaroz, glikoz, maltoz, maltodekstrin çözeltileri içindeki mürdüm eriğinin büzülme değerlerine sıcaklığın etkisi (eğim (a) ve kayma (b) değerleri)	69
Çizelge 6.4	Osmotik ortam konsantrasyonunun büzülmeye etkisi	70
Çizelge 6.5	Farklı örnek/çözelti oranının büzülmeye etkisi	71
Çizelge 6.6	Kimyasal ön işlem uygulanan eriklerin kuruma sırasında etkin difüzyon katsayıları	92
Çizelge 6.7	Farklı osmotik ortamlarda osmotik dehidrasyona tabi tutulan eriklerin kuruma sırasındaki etkin difüzyon katsayıları	93

1. GİRİŞ

Erik '*Prunus domestica*', yeşil, sarı, kırmızı ya da mor renkli, ekşi ya da tatlı çeşit çeşit meyve veren erik ağaçları, diğer sert çekirdekli meyveler gibi Rosales takımına ait Rosaceae familyasından *Prunus* cinsine bağlıdır. En eski yazılı belgelere göre 2000 yıldır bilinmektedir. Kafkasya ve Hazar Deniz'i çevresinden dünyaya yayıldığı sanılmaktadır. '*Prunus institia*' adlı bir diğer erik türünün anavatanı ise Şam bölgesidir (İnt. Kyn. 1). Çok sayıdaki tür ve çeşitleri ile dünyanın değişik iklim bölgelerine adapte olarak yayılma olanağı bulmuştur. Eriğin bu kadar geniş bir alana yayılmasında, tür sayısının çok oluşu yanında, bunların birbirinden farklı iklime sahip olan bölgelerden çıkmış olmaları da önemli rol oynamıştır (Özgüven vd. 2000).

Meyve ve sebzeler içerdikleri besleyici öğeleri ve özellikle vitamin ve mineraller nedeniyle, insan beslenmesinde önemli yere sahiptirler. Vitamin ve mineraller yalnız yapıcı özellikleri ile değil aynı zamanda, vücudun diğer gıda maddelerinden tam olarak faydalanmasını sağladıklarından yaşamsal önem taşımaktadır. Vücudun kimyasal yapısının bozulmaması ve devamlı dengede kalması için meyve ve sebzelerin diğer gıda maddeleri ile birlikte tüketilmesi zorunludur. Meyve ve sebzelerin içerdikleri selüloz sindirim sisteminin düzenli çalışmasında önemli rol oynar (Ağaoğlu 1987).

Gelişen ve değişen dünyamızda çalışan nüfusun artması, tüketicinin işlenmiş hazır ürünlere talebini ve üründen beklentilerini (doğal, kimyasal katkı ve kalıntı içermeyen, dayanıklı, hijyenik, besleyici değeri ve duysal özellikleri yüksek, organik, fonksiyonel vs.) büyük ölçüde arttırmıştır. Bu gelişmeler ışığında, gıda sektörü ürünün orijinal özelliklerinde değişmelere yol açan her tür prosesi optimize etme yolunda ilerlemeye başlamış, piyasada rekabet gücü yüksek ürünlerin özelliklerini de bu iki temel talep oluşturmaya başlamıştır. Geleneksel üretim tekniklerinin yerini daha gelişmiş, amaca hizmet eden, işletme maliyeti ve ürün kalitesini gözetken modifiye ve/veya yeni teknikler almaya başlamıştır (Çınar 2009).

Meyveler yüksek oranda şekerle dayanıklı hale getirilerek genellikle kahvaltıda tüketilmek üzere, çoğu nitelikleri açısından üretildiği meyve ile doğrudan ilgisi

bulunmayan, çeşitli ürünler elde edilmektedir. Üretimde sadece meyve değil bazen uygun olan bir sebze, bir çiçek; örneğin gül yaprağı ya da bir kabuk; örneğin portakal ya da turunc kabuğu gibi çeşitli bitkisel dokularda kullanılmaktadır.

Bu kadar farklı hammadde kullanılması ve üretimde çok çeşitli yöntemler uygulanması, bu ürünlerde büyük bir çeşit zenginliği oluşturmaktadır (Cemeroğlu vd. 2003). Ayrıca bu ürünlerin diğer kuru ürünlerle karışımı çok kolay olduğu için kullanım alanları da çok geniştir. Kurutulmuş sebzeler genellikle hazır çorba ve sos karışımları ile hazır yemeklerde kullanılırken, kurutulmuş meyvelerde, keklerde, puding karışımlarında bisküvi ve tartlarda düşük maliyetli katkıları olarak geniş çapta kullanılmaktadır (Holdsworth 1986).

Gıda maddeleri bozulmadan uzun süre saklanmaları için kurutulur. Kurutma, herhangi bir gıda maddesinin içerdiği suyun kontrollü koşullarda buharlaştırılarak uzaklaştırılması işlemidir (Damarlı 1997). Gıda maddelerinin kurutulmasının nedeni yalnızca bozulmadan uzun süre saklanabilmelerini sağlamaya yönelik değildir. Aynı zamanda kurutma uygulaması ile gıda ürünlerinin ağırlık ve bazen de hacimsel azalmalarına paralel olarak, taşıma, depolama, paketleme maliyetlerinde önemli avantajlar sağlanmaktadır.

Bir kurutma ön işlem tekniği olarak osmotik dehidrasyon konsepti ilk kez Ponting ve arkadaşları tarafından ortaya atılmış ve 90'lı yıllarda artan bir şekilde ilgi görmeye başlamıştır (Ponting et al. 1966). Osmotik dehidrasyon sadece suyu uzaklaştırmakla kalmaz, aynı zamanda ürüne istenen duyuşal, besinsel ve kimyasal içeriği sağlamak amacıyla antioksidanlar, prezervatifler, vitamin ve mineraller, su aktivitesi düşürücü ajanların da eklenmesi için bir taşıyıcı ortam oluşturur. Ayrıca diğer bir açıdan osmotik dehidrasyon, konvektif kurutma veya dondurma için gereken enerji girdilerini azaltan bir ön işlem olarak düşünülebilir (Torreggiani and Bertolo 2004, Khin et al. 2007). Osmotik dehidrasyondan beklenen fayda daha çok endüstriyel ölçekte üretim yapılabilmesi ve işleme maliyetlerini düşürmesi yönünde olmasına rağmen dehidrasyon prosesinin ve ürün kalitesinin optimizasyonu mutlaka sağlanmalıdır.

Bu açıdan osmotik dehidrasyon mekanizmaları ve ürünün dehidrasyon sonrası işleme ve depolamadaki davranışları çok iyi belirlenmeli ve ısı-kütle transfer temelleri araştırılmalıdır.

Bu çalışmada sarı erik, kırmızı erik ve mürdüm eriğinin osmotik dehidrasyonu ve işlem parametrelerinin etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, farklı osmotik çözelti kullanımı, çözelti konsantrasyonu, sıcaklık, örnek/çözelti oranı ve osmotik dehidrasyon öncesinde ön işlem uygulaması gibi işlem parametrelerinin eriğin osmotik dehidrasyonuna etkileri araştırılmıştır.

Bunun yanı sıra osmotik dehidrasyon sırasında, su ve çözünen madde için difüzyon katsayıları hesaplanmıştır. Osmotik dehidrasyon işlemi sırasında eriklerde meydana gelen büzülme de incelenerek difüzyon katsayısına etkisi incelenmiştir.

Osmotik dehidrasyonun kurutmaya etkisini incelemek amacıyla erikler ön işlemsiz ve ön işlemliler olarak ayrıca bir gün osmotik dehidrasyon uygulanarak kurutuldu, kuruma kinetikleri ve difüzyon katsayıları hesaplandı.

2. GENEL BİLGİLER

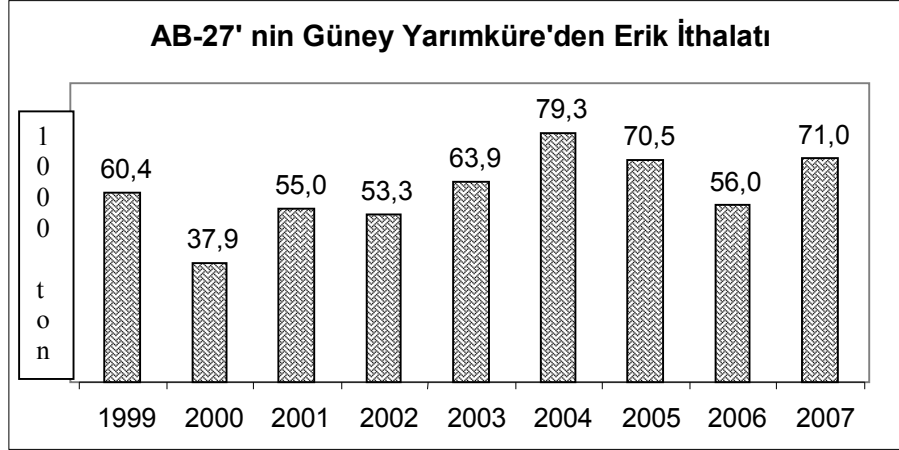
Bugün Türkiye'de yetişen erik çeşitlerinin bir kısmı yerli, bir kısmı da yabancı çeşitlerdir (İnt. Kyn. 2). Erikler *Prunus cerasifera* [Yeşil erikler, Can erikler (Papaz, Bekiroğlu, Aynalı)], *P. salicina* [Japon erikleri (Formosa, Santa Rosa, Climax, Red Kinenbol, Red Heart, Burbank, Duarte, Reubennel, Burmosa, Laroda, Nubiana, Wickson)] ve *P. domestica* [Avrupa erikleri (Karagöynük, Köstendil, Üryani, A' Agen, Giant, Stanley, R. C. Violet, R. C. Verte, Sugar, President)] olmak üzere üç türe ayrılmaktadır. Bu türler içinde Can erikleri sofralık ve anaçlık olarak, Japon erikleri sofralık ve teknolojik (reçel, meyve suyu, marmelat vb.) olarak, Avrupa erikleri ise kurutmalık ve sofralık olarak tüketilmeye uygundur (İnt. Kyn. 3).

Dünya erik üretimi 8.330.783 ton olup, sırasıyla Çin, Amerika Birleşik Devletleri, Yugoslavya, Romanya, Almanya, Fransa, Şili ve Türkiye dünyanın en fazla erik yetiştirilen ülkeleridir. Çizelge 2.1'de AB-27'nin Güney Yarımküreden 2007 yılında yapmış olduğu sert çekirdekli meyve ithalatının (ton) verileri görülmektedir. Türkiye 190.000 tonluk üretimiyle dünya erik üretiminin % 2,3'lük kısmını karşılamaktadır (Özçağırır et al. 2003). Türkiye'de tür ve çeşit sayısının çok olması yanında, farklı ekolojik bölgelerin sağladığı olanaklar nedeniyle erik çeşitlerini 4-5 ay süreyle pazarda görmek mümkündür.

Çizelge 2.1 AB-27'nin Güney Yarımküreden 2007 Yılı Sert Çekirdekli Meyve İthalatı (Ton) (İnt.Kyn. 4)

	Kayısı 	Şeftali ve Nektarin 	Erik 	Kiraz 	Toplam
Şili	222	16.240	34.328	2.540	53.330
Güney Afrika	463	2.158	30.301	-	32.922
Arjantin	2	3.479	6.512	500	10.493
Yeni Zelanda	362	-	-	-	362
Brezilya	-	-	32	-	32
TOPLAM	1.049	21.877	71.173	3.040	97.139

Şekil 2.1’de AB-27’nin Güney Yarımküreden yapmış olduğu erik ithalatına bakıldığında en yüksek ithalatın 2004 yılında olduğu, genel olarak % 50’nin üzerinde olduğu görülmektedir.



Şekil 2.1 AB-27’nin Güney Yarımküreden Erik İthalatı (İnt. Kyn. 4)

Erik ihracatı ise 2007 yılında % 60 oranında artış göstermiştir ve 2.445 tona ulaşmıştır. Çizelge 2.2’de Türkiye’nin 2007 yılında erik ihracatı yaptığı ülkeler arasında ilk sırayı Almanya alırken, en az ihracat yapılan ülke ise İsveç (16 ton)’dir. Eğer iklim koşulları olumlu seyretmeye devam ederse ihracatın her yıl artmaya devam etmesi beklenmektedir.

Çizelge 2.2 Türkiye’nin Erik İhracatı Yaptığı Ülkeler (İnt. Kyn. 4)

Ton	
Ülkeler	2007
Almanya	669
Suudi Arabistan	634
Rusya	408
Polonya	271
Bulgaristan	106
KKTC	92
Hollanda	75
Avusturya	75
Belçika	17
İsveç	16
TOPLAM	2.445

Erik, Türkiye’de tas çekirdekli meyveler grubu içinde yıllık üretim bakımından kayısı ve şeftaliden sonra üçüncü sırada yer almaktadır (Özvardar ve Önal 1990). Türkiye’de erik yetiştiriciliğinde Mersin ili ilk sırada yer alırken bunu Hatay, Bursa ve Aydın ili izlemektedir. Aydın ilinde 264.730 adet meyve veren ağaç bulunmakta ve 7.780,3 ton ürün alınmaktadır (Anonim 2006). Çizelge 2.3’de Türkiye geneli mal grupları bazında kuru meyve ve mamullerinin üretim miktarı (ton) belirtilmektedir.

Çizelge 2.3 Mal Grupları Bazında Türkiye Geneli Kuru
Meyve ve Mamulleri (İnt. Kyn. 5)

	(OCAK-ARALIK)			
MAL GRUBU	TON		Değişim	Pay
	2008	2009	(%)	(%)
Çekirdeksiz Kuru Üzüm	195.150	259.744	33,1	56,6
Kuru Kayısı	98.100	102.034	4	22,2
Kuru İncir	33.163	38.792	17	8,4
Leblebi	10.117	15.316	51,4	3,3
Diğer Meyve Kuruları	9.190	10.427	13,5	2,3
Kayısı ve Zerdali Çekirdeği	6.173	6.956	12,7	1,5
İncir Ezmesi	4.645	6.261	34,8	1,4
Antep Fıstığı	4.226	4.477	5,9	1
Diğer Kavrulmuş Meyveler	2.935	4.405	50	1
Bademler	2.569	4.390	70,9	1
Çamfıstığı	2.378	2.239	-5,8	0,5
Elma Kuru	2.042	1.979	-3,1	0,4
Cevizler	1.476	1.250	-15,3	0,3
Erik Kuru	582	589	1,3	0,1
Değirmencilik Ürünleri	171	263	53,5	0,1
TOPLAM	372.917	459.122	323,9	100

Türkiye’de eriklerde ürün kaybına neden olan bazı zararlılar bulunmaktadır. Bu zararlıların çeşitli kaynaklarda *Hoplocampa* spp. (Hymenoptera: Tenthredinidae)’nin yanında, *Cydia funebrana* (Treit) (Lepidoptera: Tortricidae), *Hyalopterus pruni* Geoff. (Homoptera: Aphididae), *Hyponomeuta padellus* L. (Lepidoptera: Hyponomeutidae), *Eriophyes phloeoptes* Nal. (Acarina: Eriophyidae), *Sphaerolecanium prunastri* (Boy.) (Homoptera: Coccidae) türlerinin olduğu bildirilmektedir (Özeren 1970, İren 1977, Erden 1988, Demirsoy 1992, Anonim 1995, 2002, Kaygısız 1999).

Çizelge 2.4’de 2006, 2007, 2008 yıllarına ait Türkiye taze erik ve kuru erik verileri gösterilmiştir. Çizelge’den de görüldüğü gibi her yıl düzenli olarak eriğin dikili alanları artarken, en yüksek üretim verileri ve taze erik ihracat verileri 2007 yılında gösterilmektedir. 2007 yılında Türkiye erik üretimi % 10 oranında artarak 235.400 tona ulaşmıştır. Bu hızlı artışın nedeni ise olumlu iklim koşulları olmuştur.

Çizelge 2.4 Türkiye Taze Erik ve Kuru Erik Verileri (Ton) (İnt. Kyn. 4)

	2006	2007 (Tahmin)	2008 (Tahmin)
Dikili Alan	18.500	18.600	18.650
Üretim	214.500	235.400	220.000
İthalat	10	5	10
Taze İhracat	1.520	2.445	2.000
İşleme	0	0	0

Erik meyvesi, yeşil erik olarak, memleketimizde ilk turfanda meyveler arasında önemli yer almaktadır. Ülkemizde erik üretimi zaman zaman dalgalanmalar göstermekle beraber daima bir artış halindedir. Ara sıra görülen bu dalgalanma muhtemelen ekolojik şartlardan, özellikle don olaylarından ileri gelmektedir (İnt. Kyn. 2).

Erik B vitamini yönünden ayrıca potasyum ve magnezyum minerali açısından oldukça zengin bir meyvedir. Meyvelerin taze tüketimi yanında, alkollü içki ve konserve endüstrisinin gelişmesi ile komposto, reçel, ezme, pestil, marmelat ve meyve suyu yapımında kullanılmaktadır. Bunların dışında kurutularak da pazarlanmaktadır (Özgüven vd. 2000). Erik bağırsak faaliyetini artırıcı etki göstermektedir. Eriğin karaciğer, kalp, böbrek ve romatizma hastalıkları ile sindirim rahatsızlığı çeken ve tuzsuz diyet uygulayan kişilerce tüketilmesi önerilmektedir. Ayrıca eriğin regl düzenleyici, idrar söktürücü ve terletici özellikleri de bulunmaktadır. Çiğ erikte çeşitli minerallerin yanı sıra A, C ve E vitaminleri ile beta karoten de bulunmaktadır (İnt. Kyn. 6). Bir Akdeniz ülkesi olan Türkiye, çok değişik tür ve çeşitte meyve ve sebzenin yetiştirilebileceği ender ülkelerden biridir. Bu çeşitlilik taze tüketime yönelik üretimin yanı sıra, farklı şekillerde işlemeye yönelik üretimin de gelişmesinde etkili olmuştur.

Dünyada yetiştirilen meyve ve sebze miktarlarına bakıldığında Türkiye'nin birçok üründe önemli bir üretici olduğu görülmektedir. Diğer Akdeniz ülkelerinde olduğu gibi Türkiye'de de bu zengin çeşitlilikten dolayı taze meyve ve sebze tüketimi oldukça yüksek düzeydedir. Taze tüketimin belirli bir sınırının olması, bazı yıllarda oluşan aşırı arz ve düşük fiyat gibi nedenler ürünlerin depolanmasını ya da işlenerek muhafaza edilmesini gerektirmektedir. Ayrıca, yaş meyve ve sebzeler çabuk bozulabilen, işlenmeden uzun süre depolanamayan gıda maddeleridir.

Ülkemizde, gerek nakliye sırasında, gerek depolama yetersizliği, gerekse de bazı yıllarda talebin üzerinde gerçekleşen yüksek arz nedeni ile meyve ve sebze kayıpları, üretimin % 25'ini bulmaktadır (Dokuzoğuz 1997). Ülkemizde sebze ve meyve tüketimi bölgelere, mevsimlere, bahçecilik olanaklarına göre değişmektedir. Sebze ve meyve tüketim düzeyi kentlerde köylerden daha yüksektir (Baysal 1999).

Gıda maddelerinin kurutulması bu ürünlerin kalitesini olumsuz etkilemekte, özellikle yüksek sıcaklıkta hava ile kurutulmuş ürünlerin tekrar su tutma yani rehidrasyon özelliği azalmakta, ısısal bozulma nedeni ile renk, doku ve lezzetinde arzu edilmeyen değişimler meydana gelmekte ve besinsel öğelerin bir kısmı kayba uğramaktadır (Labuza 1972, Van Arsdell et al. 1973, Karel 1973). Bu nedenle, kurutma yöntemleri üzerine çok sayıda araştırma yapılmıştır ve yapılmaktadır. Araştırılan yöntemler içerisinde en iyi kalitede ürünün dondurarak kurutma tekniği ile elde edildiği kabul edilmesine rağmen bu yöntemin oldukça pahalı olduğu da bilinmektedir (Krokida and Maroulis 2000). Uygulanacak kurutma tekniğinin başarısı kurutmada kullanılacak tekniğin, ekipmanın ve kurutma parametrelerinin optimum kullanılması ile mümkün olacak, bu şekilde duyu kalite, vitaminler, mikroelementler ve aroma bileşenleri daha iyi korunacak ve muhtemel oksidasyonlar kontrol altına alınacaktır.

Osmotik dehidrasyon, hipertonic (osmotik) bir çözeltiye daldırılmış bitki dokularından suyun kısmen uzaklaştırılmasıdır. Dokulardan çözelti içerisine suyun difüzyonu, doku ve hipertonic çözelti arasındaki osmotik basınç tarafından yürütülmektedir. Su difüzyonuna, katının doku içerisinden aynı anda zıt difüzyonu eşlik etmektedir.

Osmotik taşınmada rol oynayan hücre zarı tam olarak seçici olmadığından, hücre içinde bulunan diğer katıların da osmotik çözelti içerisine geçmesi söz konusu olabilir (Rastogi et al. 2000a). Daldırma ile katı kazanımı ve su kaybı olarak da bilinen osmotik dehidrasyonun diğer kurutma işlemleri ile karşılaştırıldığında, farklı olan özelliği gıdanın içine osmotik çözelti içerisindeki katıların işlem süresince nüfuz etmesidir.

Osmotik dehidrasyonun diğer kurutma işlemlerine göre en önemli avantajları; işlemin düşük sıcaklıkta gerçekleşmesi nedeni ile lezzet ve aroma maddelerinin kaybının en düşük düzeyde gerçekleşmesi, enzimatik esmerleşme reaksiyonlarının önlenmesi ve renkte ortaya çıkan kayıpların azalmasıdır. Ayrıca klasik kurutma yöntemlerine göre daha düşük enerji ihtiyacı gösterir. Bunun yanı sıra osmotik çözeltinin konsantre edilerek ya da osmotik katıların ilavesi ile aynı çözeltinin tekrar kullanılabilmesi işlemin daha ekonomik yürütülmesini sağlamaktadır.

Osmotik dehidrasyon ortam sıcaklığında bile etkin olduğundan ısı etkisiyle gıdanın yapısında, renginde ve lezzetinde meydana gelebilecek kayıplar minimize edilmiş olur (Torreggiani 1993). Osmotik dehidrasyon bu özelliği nedeniyle ısıya duyarlı meyve ürünlerine, özellikle şeftali, erik, kayısı, kiraz ve çilek gibi meyvelere uygulanabilmektedir. Ponting et al. (1966), Dixon and Jen (1977) osmotik dehidrasyonun enzimatik oksidatif esmerleşme reaksiyonlarından dolayı ürünlerdeki renk bozulmalarını önlediğini belirtmektedir. Meyvelerin esmerleşmesini önlemek için kükürt dioksit (SO₂) kullanımını sınırladığı (Barbanti et al. 1991) ve şeker/asit oranını düşürdüğü için meyvelerde daha iyi tat elde edildiği (Collignan et al. 1992, Dixon and Jen 1977) pek çok araştırmacı tarafından ifade edilmektedir. Krokida et al. (2001), kızartma işleminden önce uygulanan osmotik dehidrasyon işleminin, patateslerdeki yağ emilimini azalttığını ve renk açısından son üründe olumlu etkileri olduğunu belirtmektedirler.

Dünya üzerindeki değişimlere paralel olarak, tüketici tercihleri de zaman içerisinde değişmekte ve bu tercihler doğrultusunda kurutulmuş ve konserve ürünlerden daha kolay tüketilebilecek, yumuşak dokuda ve doğal özelliklerini yitirmemiş tüketime hazır ürünlere olan talep artış göstermektedir.

Orta nemli olarak adlandırılan bu tip gıdaların üretimindeki teknolojik prensip, ürüne sakaroz, glikoz veya tuz ekleyerek su aktivitesini düşürmek (0,7-0,9) ve propilen glikol ve/veya sorbik asit gibi antimikrobiyal maddeler katarak da mikrobiyal gelişmeyi durdurmaktır (Shi and Le Maguer 2002). Osmotik dehidrasyonda çözeltiler içerisine ilave edilecek uygun maddelerle bu tip ve farklı formülasyondaki ürünlerin elde edilmesi mümkün olmaktadır. Artan tüketici taleplerine bağlı olarak, osmotik dehidrasyon sadece bir ön işlem olarak değil, bu tarz minimum işlenmiş gıdaların üretilmesinde de yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Jarayaman and Das Gupta 1995).

2.1 Osmotik Dehidrasyon

2.1.1 Osmotik Dehidrasyonun Tanımı ve Osmotik Dehidrasyon Olayı

Osmotik dehidrasyon tanımı, değişik kaynaklarda küçük farklılıklarla verilmiştir. Ponting, osmotik dehidrasyon işlemini, şeker ya da şurup içine yerleştirilmiş meyve dilimlerinin ağırlığının % 30-50'si kadar suyunun uzaklaştırılması, daha sonra da fazla şurubun alınması için süzülmesi ve eğer gerekliyse durulanması olarak tanımlanmıştır.

Osmotik dehidrasyon, Lerici et al. (1985, 1988) tarafından meyve ve sebzelerin hipertonic bir çözeltiye daldırılarak bir miktar suyunun uzaklaştırılması şeklinde açıklanmıştır.

Diğer bir tanıma göre, daldırma ile katı kazanımı ve su kaybı işlemi (Dewatering and Impregnation Soaking Process, D.I.S.) olarak da anılan osmotik dehidrasyon, bütün veya parçalar halindeki katı gıdanın, yüksek osmotik basınca sahip şeker yada tuz çözeltileri içine yerleştirilmesine dayanan meyve ve sebzelerin konsantre edilmesini sağlayan bir yöntemdir (Torreggiani 1995, Lenart and Dabrowska 1998).

Sankat et al. (1996)'a göre osmotik dehidrasyon, belirli bir zaman periyodunda şeker çözeltileri içine meyvelerin kısmi dehidrasyonu olduğu ve şeker çözeltisinin etkisine bağlı olarak meyvelerin ilk ağırlığının % 30-50'sine varan bir su kaybı elde edilebildiği

belirtilmektedir. Ayrıca, çok çeşitli gıda maddeleri kullanılarak, kütle transfer mekanizmasının ve işlem parametrelerinin kütle transferi ve ürün kalitesi üzerindeki etkisinin incelendiği çok sayıda araştırma yapılmıştır (Beristain et al. 1990, Dixon and Jen 1977, Lazarides et al. 1995, Lenart and Flink 1984a,b, Lenart and Lewicki 1990, Rastogi and Raghavaro 1994, Torreggiani 1993). Osmotik dehidrasyon sırasında ortaya çıkan eş zamanlı kütle transferinin modellenmesi üzerinde ise Beristain et al. (1990), Biswal et al. (1991), Hawkes and Flink (1978), Kaymak-Ertekin ve Çakaloz (1996), Kaymak-Ertekin ve Sultanoğlu (2000), Magee et al. (1983), Marcotte and Le Maguer (1992), Toupin et al. (1989), Yao and Le Maguer (1996) çalışmalar yapmıştır.

Osmotik dehidrasyon, orta nemli gıdalar olarak da adlandırılan, su içeriği azaltıldığı halde oldukça nemli (%20-50) olan; fakat su aktivitesi azaltıldığından dolayı mikrobiyolojik stabiliteye sahip olan ürünlerle sonuçlanan bir işlemdir (Panagiotou et al. 1998b).

İdeal bir osmotik işlemde, yarı geçirgen zar çözgen moleküllerinin geçişine izin verirken, katı moleküllerinin hücre içine geçişine izin vermez. Meyve ve sebzelerde hücre duvarı membranları yaşayan biyolojik ünitelerdir; büyümenin ve genellikle hücre içindeki turgor basıncının etkisi ile büzülebilir ya da genişleyebilirler. Genellikle, parankima hücrelerinden oluşan bu selüler membranlar, çözgen moleküllerinin serbestçe geçişine izin verirken katı moleküllerinin geçişine de daha düşük bir seviyede izin verirler. Bu tip membranlar yarı geçirgen tip membrandan çok seçici geçirgen tip membranlar olarak bilinmektedir (Torreggiani 1993). Çözelti daha yüksek osmotik basınca ve daha düşük bir su aktivitesine sahip olduğundan, gıda ile çözelti arasında bir sürücü kuvvet oluşur, gıdanın hücre duvarı da seçici geçirgen bir zar olarak görev yapar, gıdalardan çözeltiye ve çözeltiden gıdaya çözünür madde geçişi daima gözlenir (Lerici et al. 1988, Torreggiani 1993, Rastogi and Raghavaro 1997).

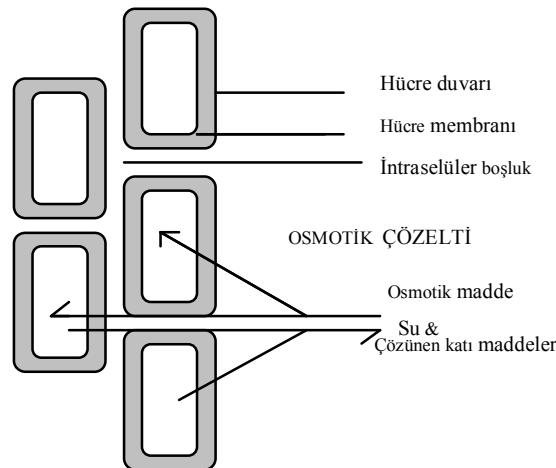
Su içeriği bakımından zengin katı ürünler, konsantre çözeltilere daldırılarak 3 ayrı kütle transferi meydana gelir:

- Üründen çözeltiye önemli bir miktar suyun akışı

- Çözeltilerden ürün içine bir katı transferi: Bu transfer belirli bir miktar aktif bileşen, koruyucu ajanlar, beslenme ile ilgili katılar veya duyuusal kaliteyi geliştiricilerin ürüne girişı ile mümkündür.
- İlk iki transfere kıyasla miktar olarak ihmal edilebilen, fakat son ürünün kompozisyonu ile ilişkili olan ürünlerdeki katıların (şekerler, organik asitler, mineraller, vitaminler vb.) transferi (Panagiotou et al. 1998b).

Osmotik dehidrasyon gıdalardan suyun uzaklaştırılmasını sağlamak amacıyla, gıdanın hipertonic osmotik çözeltiye daldırılması veya osmotik ajanın (şeker veya tuz) gıdaya doğrudan ilavesi şeklindeki bir uygulamadır. Osmotik dehidrasyon ile genelde orta nem düzeyinde ürünler elde edilir. Dehidrasyon oranına bağılı olarak stabil bir işlenmiş ürün elde edilebileceğı gibi diğeri işlem basamakları için bir ön işlem olarak da uygulanabilir (Derossi et al. 2008).

Osmotik dehidrasyon kütle transferine dayanan dinamik periyottan sonra, su ve şeker/tuz arasındaki denge prensibi ile karakterize edilir. Yani proses süresince suyun dokudan uzaklaştırılması ve şeker/tuzun girişı sağlanırken her iki komponent arasında su aktivitesi dengesi oluşmasıyla (net transferin sıfır olduğı denge durumu) dehidrasyon sona erer. Osmotik dehidrasyon parametreleri, şeker/ tuz çeşidi ve konsantrasyonu ürün kalitesi üzerine son derece etkilidir. Osmotik dehidrasyon boyunca meydana gelen kütle transferi şematik olarak Şekil 2.2’de gösterilmiştir.

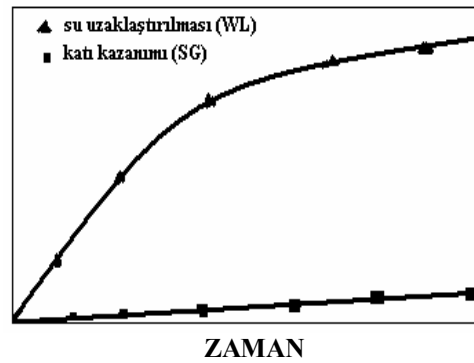


Şekil 2.2 Hücrel bir madde osmotik bir çözelti içine daldırıldığında zaman meydana gelen kütle transfer modeli

Rastogi ve ark., osmotik dehidrasyon mekanizmasını açıklarken ürünün içinde üniform olmayan bir konsantrasyon gradientinin olduğunu varsayarak osmotik dehidrasyonun ürün yüzeyinden merkezine doğru ilerleyen bir dehidrasyon yüzü ile gerçekleştiğini ve efektif difüzyon katsayısının yüzeyde orta kısımdan daha yüksek iken, merkeze yakın noktalarda osmotik çözeltiyle temas olmadığı için daha düşük olduğunu belirtmişlerdir (Rastogi et al. 2000b).

Mikroskopik yaklaşımda ise gıdanın hücre seviyesindeki kütle transfer mekanizmaları apoplazmatik (hücreler arası boşluktaki transfer), simplazmatik (yakın iki hücre arasındaki kanallarla gerçekleşen transfer) ve transmembran (hücre içi ve dışı arasında hücre duvarından olan transfer) akışlar şeklinde gerçekleşir (Derossi et al. 2008, Fito et al. 1996).

Mikroskopik yaklaşımda gıdanın osmotik çözelti ile temasında, osmotik ajanın hücre içi ve hücrelerarası transferi, gıdanın ve çözeltinin özelliklerine, su ve ajan arasındaki kimyasal potansiyel farkına ve dehidrasyon parametrelerine göre gerçekleşir. Dehidrasyon sırasında gıdada görülen kimyasal kompozisyon değişimleri büzülme, porozite düşüşü, hücre parçalanması gibi yapısal değişikliklere de yol açar. Literatürde bahsi geçen diğer bir mikroskopik yaklaşım mekanizması ise hidrodinamik mekanizma (HDM)'dir. Bu mekanizmada aynı osmotik dehidrasyon koşulları altında farklı gıdaların farklı su efektif difüzyon katsayıları vermeleri, gıdanın bünyesindeki porlar içinde oluşan kapılar basıncın farklı olması ile açıklanır ve bu basınç osmotik dehidrasyonun itici gücünü oluşturur (Derossi et al. 2008).



Şekil 2.3 Osmotik çözelti içerisine hücresel madde daldırıldığında su uzaklaştırılması ve osmotik çözünen kazanımı

Osmotik çözelti içerisinde hücresel madde daldırıldığında su uzaklaştırılması ve osmotik çözünen kazanımı Şekil 2.3’de gösterilmiştir. Osmotik prosesler sırasında gıdadaki su ve çözünenin uzaklaştırılması ve osmotik çözünenin kazanımı herhangi bir faz değişimi olmaksızın izotermal olarak eş zamanlı ve birbirine zıt yönde meydana gelir ve şişme ya da büzülme gibi yapısal değişiklikler gözlenir (Şekil 2.3). Böylece osmotik prosesler gıda maddesinin fonksiyonel özelliklerinin modifiye edilmesini ürün kalitesinin geliştirilmesini ve daha iyi görünüme sahip yeni ürünler elde edilmesini sağlayabilir.

2.2 Osmotik Dehidrasyon Boyunca Kütle Transfer Olayı

Su bakımından zengin bazı gıda maddeleri, hipertonic bir çözelti içine (şeker, tuz gibi) daldırıldıktan sonra, suyun giderilmesi için sürücü kuvvet oluşur. Bu kuvvet hücre içindeki akışkan ve çözelti arasındaki kimyasal potansiyel farkından kaynaklanır. Eğer hücre membranı mükemmel bir yarı geçirgense, çözünen membrandan geçerek hücre içine transfer olamaz. Ancak, gıda maddelerindeki yarı geçirgen membranlar, karmaşık iç yapıya sahip olduklarından ve çeşitli ön işlemler sırasında hücre zarında bozulma meydana geldiğinden dolayı mükemmel değildir.

Osmotik dehidrasyon sırasında oluşan üç temel transfer gıdadaki suyun difüzyon yoluyla osmotik çözeltiye taşınımı, osmotik ajanın gıda içine taşınımı ve gıda çözünenlerinin osmotik çözeltiye taşınımı olarak özetlenebilir (Khin et al. 2007, Rastogi et al. 2000).

Osmotik dehidrasyonun mekanizması tam olarak bilinmemekle beraber sıklıkla kullanılan iki yaklaşım makroskopik ve mikroskopik kütle transfer mekanizmalarıdır (Le Maguer and Yao 1995). Panades et al. (Panades et al. 2008) ise bu mekanizmaları difüzyon ve kapilarite teorisi olarak özetlemiştir. Bu yaklaşımda, transfer mekanizmalarından difüzyon konsantrasyon gradientine, kapilarite teorisi ise basınç gradientine bağlı hidrodinamik mekanizma ile açıklanmıştır. Makroskopik yaklaşıma göre, hücresel yapıda ve yarı geçirgen özellikte hücre duvarına sahip tarımsal ürünler

hipertonik çözeltilerin içine daldırıldıkları zaman, ürünle çözelti arasındaki osmotik basınç farkı sebebiyle, ürünlerdeki su difüzyonla osmotik çözeltiye geçer.

Difüzyonun itici gücü konsantrasyon ve basınç farkıdır, bu fark ne kadar büyükse geçiş, belli bir seviyeye kadar, o oranda hızlı gerçekleşir (Derossi et al. 2008). Suyun çözeltiye difüz etmesi sırasında eş zamanlı olarak çözeltilerden de ürüne osmotik ajan geçer. Hücre duvarının yarı geçirgen özelliği sayesinde su ve osmotik ajanın yanında, organik asitler, tuzlar, mineraller gibi diğer çözünen maddeler de osmotik çözeltiye geçer. Hücre yapısı korunduğu sürece su ve çözünen maddelerin geçişlerini sağlayan ana mekanizma osmozdur ve geçiş direnci hücre duvarıdır (Torreggiani and Bertolo 2004).

Osmotik dehidrasyon sırasında çeşitli taşınım mekanizmaları meydana gelir ve farklı mekanizmaların toplam taşınım katkısı madde içindeki konuma bağlı olarak değişir. Son yıllarda, gıda maddeleri için osmotik proseslerin teorik modelleri üzerine araştırmalar yapılmıştır (Raoult-Wack 1994).

Osmotik çözelti içine daldırılan gıda maddelerinden su transferi, materyalin yapısına, nem tutma tipine, nem içeriği, sıcaklık ve kapiler gözeneklerdeki basınca bağlı olan çeşitli taşınım mekanizmaları ile tanımlanabilir. Gözenekli katılarda kapiler hareket meydana gelirken, genellikle gözenekli olmayan katılarda sıvı difüzyonu gerçekleşir. Sıvı çözeltileri ve jellerde su transferi sadece moleküler difüzyonla meydana gelir. Biyolojik maddelerde gaz dolu boşluklar, kapillerler, hücre duvarları ve hücrelerarası boşlukların hepsi kütle transfer özelliklerine etki eder. Su eş zamanlı çeşitli mekanizmalar tarafından taşınabilir; Bunlar moleküler difüzyon, sıvı difüzyonu, buhar difüzyonu, hidrodinamik akış, kapiler taşınım ve yüzey difüzyonudur. Gıdalarda bulunan kompleks yapılar nedeniyle bu mekanizmaların bir kombinasyonu meydana gelir.

Osmotik dehidrasyonla elde edilen ürünlerin su aktivitesi genellikle 0.91/0.95 aralığına kadar düşürülmektedir. Bu su aktivitesi aralığı gıdaların raf ömrünün artmasına neden olmakla birlikte, uzun süre ortam sıcaklığında muhafaza edilecek ürünler için oldukça yüksektir.

Bu nedenle, osmotik dehidrasyonun vakum kurutma (Ponting et al. 1966), donma (Farkas and Lazar 1969), dondurarak-kurutma (Flink 1980), sıcak ile kurutma ve pastörizasyon gibi işlemlerden önce bir ön işlem veya ara basamak olarak kullanılması önerilmektedir. Kütle transfer kinetiği ürünlerin yapısal özelliklerine ve proses parametrelerinin her ikisine de bağlıdır.

Sebze, meyve, balık ve et gibi biyolojik maddelerde su içeriği, hücre olgunluğuna, doku yapısı ve gözenekliliğe bağlıdır. Osmotik çözeltiye daldırılan parçanın geometrisi ise suyun giderilmesine, ürünlerdeki çözünen kaybına ve osmotik çözelti kazanımına etki eder. Gıda maddelerinden dışarı su ve çözünen transferi ve gıda maddeleri içine osmotik çözelti transferi genellikle aşağıdaki mekanizmalara göre olur (İspir 2006):

1. Konsantrasyon gradienti nedeniyle osmotik proseslerde difüzyon mekanizmasıyla su ve çözünen transferi,
2. Dış basınç, büzülme ve kapileritenin fonksiyonu olarak meydana gelen toplam sistem basıncındaki farklılık nedeniyle kapiler akış yoluyla su ve çözünen transferi,
3. Gözeneklerde hidrodinamik akış,
4. Kapiler-kondenzasyon mekanizması nedeniyle kısmen dolu gözenekler içerisinde su buharı difüzyonu,
5. Yüzeydeki konsantrasyon gradienti nedeniyle gözenek yüzeylerinde su difüzyonu.

2.2.1 Osmotik Dehidrasyonun Modellenmesi

Osmotik dehidrasyonun modellenmesi çalışmalarında kullanılan iki yaklaşım makroskopik ve mikroskopik kütle transfer mekanizmalarıdır (Torreggiani and Bertolo 2004). Bunlardan sıklıkla kullanılan makroskopik yaklaşımda gıdanın homojen olduğu varsayılarak kütle denkliliği, difüzyon ve geri dönüşsüz termodinamik yasalar kullanılarak modellenir. Mikroskopik yaklaşımda ise hücre seviyesinde gıdanın kütle transfer mekanizmaları (apoplazmatik, simplazmatik ve transmembran) incelenerek modelleme yapılır.

Mikroskopik yaklaşımda gıdanın osmotik çözelti ile temasında, osmotik ajanın hücre içi ve hücrelerarası transferi, gıdanın ve çözeltinin özelliklerine, su ve çözünen arasındaki kimyasal potansiyel farkına ve dehidrasyon parametrelerine göre gerçekleşir.

Kaymak-Ertekin ve Sultanoğlu (Kaymak-Ertekin ve Sultanoğlu 2000) elma dilimlerinin modellenmesinde Azuara ve arkadaşları tarafından geliştirilen modeli kullanmışlar ve su kaybı ile osmotik ajan kazanımını denge konumundaki su kaybı ve osmotik ajan kazanımına göre nümerik olarak hesaplamışlardır.

Panades ve arkadaşları (Panades et al. 2008) guavanın atmosferik basınçta ve vakum altında osmotik dehidrasyonu sırasında ana etkili mekanizmaların sırasıyla difüzyon ve HDM olduğunu saptamışlar, sıcaklığın dehidrasyona etkisini Arrhenius eşitliği ile ifade etmişlerdir. Çalışmada atmosferik koşullarda sıcaklık etkisinin daha fazla olduğunu gözlemişlerdir. Difüzyon Fick'in difüzyon yasası ile HDM ise osmotik ajan kazanımı ve su kaybının ampirik eşitliklerle ifade edilmiştir. Literatürde bu modellerin dışında termodinamik modellerden de bahsedilmektedir. Ancak termodinamik modellerin gıda ve çözeltinin biyo-fiziksel özelliklerine (hücre duvarı elastikliği ve boş hacim fraksiyonu, membran geçirgenliği vb.) ihtiyaç duyan modeller olmaları kullanım alanlarını sınırlamaktadır (Kaymak-Ertekin ve Sultanoğlu 2000).

Osmotik dehidrasyon sırasında su hücreden dışarı taşındığından suyun sağladığı gerilim ve turgor basıncı azalır, bu ise üründe büzölmelere yol açar. Bu bakımdan osmotik dehidrasyon sırasında oluşan büzölmeler ve bu büzölmelerin dehidrasyon oranına etkileri de modellemede diğer bir konudur (Toğrul ve İspir 2007). Son yıllarda sözü edilen diğer bir sistematik yaklaşım ise SAFES (Gıda mühendislik sistemlerine sistematik yaklaşım) olarak ifade edilmektedir. Bu yaklaşımda osmotik dehidrasyonun tüm basamakları gözden geçirilerek birer birim işlem olarak ele alınıp modellenmektedir. Böylece sistem hakkında özelden genele bilgi edinilmektedir (Barrera et al. 2007).

Osmotik çözeltinin su aktivitesi değerlerinin ölçümüne dayanan modeller ise dehidrasyon sırasındaki kütle transferlerinin kimyasal potansiyel farkı ile gerçekleştiği

ve buna karşılık gelen su aktivitesi değerlerinin hesaplanması esasına dayanır (Serenio et al. 2001). Osmotik dehidrasyon sırasında gerçekleşen kütle transferleri çözeltinin su aktivitesi değerini düşürür ancak konuyla ilgili çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu açıdan Prothon ve arkadaşları (Prothon and Ahrne 2004) yaptıkları çalışmada GAB modelinin su aktivitesi-su içeriği ilişkisini iyi yansıttığını göstermişlerdir.

2.2.2 Fickian Difüzyon Yaklaşımı

Osmotik dehidrasyon prosesleri için birçok kütle transfer modeli, katı maddelerin izotropik olduğu ve büzülmenin olmadığı, katı faz içinde osmotik çözünen ve suyun bağımsız olarak difüzlendiği kabulüne dayanır. Bu kabuller kullanılarak, kütle transfer modelleri, Fick'in I. yasası gibi katı maddelerde difüzyonu ifade eden temel diferansiyel eşitliklere uygulanır. İlk olarak, gıda maddelerindeki nem konsantrasyonu sabittir ve sistemde kimyasal reaksiyon meydana gelmez; böylece sistem bir boyutlu izotermal difüzyon problemi gibi düşünülebilir (Crank 1975). İzotermal transfer proseslerinde, Fick'in yasası, kararsız hal ve sürekli akış altında, çoğunlukla gıda maddelerinden suyun ve çözünenin difüzyon katsayısını tahmin etmede kullanılır. Osmotik dehidrasyon prosesleri, gıda maddesinin çözünen kazanımı ve su kaybı hızı ile karakterize edilebilir.

Yüzeyde sabit konsantrasyon (düşük örnek/çözelti oranı ile ihmal edilebilir dış direnç) ve katı-sıvı ara yüzeyinde ihmal edilebilir direnç (yeterli karıştırma) için materyalin iç direnci (difüzyon) su ve çözünen transferini kontrol eder. Fick'in I. yasası Eşitlik 2.1'de gösterildiği gibi kütle transferi için temel eşitliktir.

$$J = D \left(\frac{\partial C}{\partial x} \right) \quad (2.1)$$

Burada;

J : x yönünde difüzyonun neden olduğu kütle çıkışı

$\partial C / \partial x$: x yönünde çözünen konsantrasyon gradienti

Bird ve ark. simetrik gözenekli maddelerde kararsız hal difüzyonunu analiz etmek için kullanılabilen Fick'in II. yasasının aşağıda verilen genel formunu önerdiler (Bird et al. 1960).

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{1}{x^{m-1}} \frac{\partial}{\partial x} \left[x^{m-1} D \left(\frac{\partial C}{\partial x} \right) \right] \quad (2.2)$$

Burada;

t : Zaman

m : Geometrik faktör (1, sonsuz uzunlukta levha; 2, sonsuz uzunlukta silindir; 3, küre)

x : Katı maddenin merkezinden ölçülen mesafe

Üniform başlangıç nem dağılımı, kütle transferine ihmal edilebilir dış direnç ve osmotik dehidrasyon sırasında büzülme olmadığı kabulleri ve aşağıdaki başlangıç ve sınır şartları için ana yüzeylerinden osmotik dehidrasyona maruz bırakılan cisim için Fick'in II. yasa çözümü aşağıdaki gibi yazılabilir (Crank 1975).

$$C_w = C_{wo} \quad C_i = C_{io} \quad @ \quad t=0 \quad \text{ve} \quad 0 < x < x_0 \quad (2.3)$$

$$dC_i / dx = 0 \quad dC_i / dx = 0 \quad @ \quad t > 0 \quad \text{ve} \quad x = 0 \quad (2.4)$$

$$C_w = C_{we} \quad C_i = C_{ie} \quad @ \quad t > 0 \quad \text{ve} \quad x = x_0 \quad (2.5)$$

m=0 için

$$\frac{C_w - C_{we}}{C_{wo} - C_{we}} = \frac{8}{\pi^2} \left(\exp(-a_1 F_{ow}) + \frac{1}{9} \exp(-9a_1 F_{ow}) + \frac{1}{25} \exp(-25a_1 F_{ow} + \dots) \right) \quad (2.6)$$

m=1 için

$$\frac{C_w - C_{we}}{C_{wo} - C_{we}} = 0.692 \cdot \exp(-5.78 F_{ow}) + 0.131 \exp(-30.5 F_{ow}) + 0.0534 \exp(-74.9 F_{ow}) \quad (2.7)$$

m=2 için

$$\frac{C_w - C_{we}}{C_{wo} - C_{we}} = 0.608 \cdot \exp(-9.87 F_{ow}) + 0.152 \cdot \exp(-39.5 F_{ow}) + 0.067 \exp(-88.8 F_{ow}) \quad (2.8)$$

m=0 için

$$\frac{C_s - C_{se}}{C_{so} - C_{se}} = \frac{8}{\pi^2} \left(\exp(-a_1 F_{os}) + \frac{1}{9} \exp(-9a_1 F_{os}) + \frac{1}{25} \exp(-25a_1 F_{os} + \dots) \right) \quad (2.9)$$

m=1 için

$$\frac{C_s - C_{se}}{C_{so} - C_{se}} = 0.692 \cdot \exp(-5.78 F_{os}) + 0.131 \exp(-30.5 F_{os}) + 0.0534 \exp(-74.9 F_{os}) \quad (2.10)$$

m=2 için

$$\frac{C_s - C_{se}}{C_{so} - C_{se}} = 0.608 \cdot \exp(-9.87F_{os}) + 0.152 \cdot \exp(-39.5F_{os}) + 0.067 \exp(-88.8F_{os}) \quad (2.11)$$

Burada;

C_{so} : Osmotik çözeltinin başlangıç konsantrasyonu

C_{se} : Dengede osmotik çözelti konsantrasyonu

C_{wo} : Maddedeki başlangıç su içeriği

C_{we} : Dengedeki maddenin nem içeriği

Burada F_{ow} ve F_{os} su ve çözünen difüzyonu için Fourier sayılarıdır. Aşağıdaki eşitlikler ile verilir.

$$F_{ow} = D_{ew} t / r^2 \quad (2.12)$$

$$F_{os} = D_{es} t / r^2 \quad (2.13)$$

Burada D_{ew} ve D_{es} sırasıyla su ve çözünen için etkin difüzyon katsayıları ve r ise yarıçaptır.

Difüzyon katsayısının değeri (D), eğim metodu kullanılarak belirlenir. Zamana (t) karşı $[(C_e - C_{se}) / (C_{so} - C_{se})]$ 'nin logaritmasının değeri grafiğe geçirilerek doğrunun eğiminden D hesaplanabilir.

Kütle transferinin hız sınırlayıcı adım olduğu kabulüne dayanarak basitleştirilmiş kararsız hal Fickian eşitliğinin uygun matematiksel çözümü ile kütle transfer hızı yaklaşık olarak tahmin edilebilir. Osmotik dehidrasyonda kütle transferi maddenin iç direnci tarafından kontrol edilir (Beristain et al. 1990, Favetto et al. 1981).

Fick'in I. yasasının aynı çözümünden yararlanılarak basitleştirilmiş yarı-ampirik eşitlikler, su kaybı ve katı kazanımının tanımlanmasında kullanılır. Kütle transfer prosesleri Fick'in difüzyon kanunu ile difüzyon katsayısını ve tahmini çözünen akışını belirlemede başarıyla kullanılmasına rağmen, kütle transferi dengeden uzakta meydana gelmektedir ve önemli ölçüde büzülmeyle biyolojik maddelerin deformasyonu ve muhtemel bir akış etkileşimi de buna eşlik etmektedir.

Kütle transferinin sadece difüzyonla meydana geldiği, akışın tek yönlü olduğu ve difüzyon sırasında yapıdaki bileşenler arasındaki etkileşimler ihmal edilebilir olduğu durumda Fick'in II. difüzyon yasasının basitleştirilmiş çözümü kullanılır.

Hücrelerarası boşluklarda meydana gelen kütle transferi Fick'in II. yasasının genişletilmiş bir formu kullanılarak modellenenebilir. Osmotik dehidrasyon proseslerinde yalnızca difüzyon olayı göz önüne alındığı zaman tahmini ve deneysel veri arasında iyi bir uyum elde etmek mümkündür.

2.2.3 Osmotik Dehidrasyon Boyunca Kütle Transfer İşleminin Teorik Analizi

Osmotik dehidrasyon sırasında t zamanındaki kuru madde kazanımı (SG), Eşitlik (2.11) yardımıyla bulunmaktadır.

$$SG = \frac{(M_t)(X_t)_{ts} - (M_o)(X_o)_{ts}}{M_o} \times 100 \text{ (g /100 g örnek)} \quad (2.14)$$

Burada;

M_o : Başlangıç örnek ağırlığı, g

M_t : t zamanında örnek ağırlığı, g

$(X_o)_{ts}$: Örneğin başlangıç toplam kuru madde içeriği, %

$(X_t)_{ts}$: Örneğin t zamanında toplam kuru madde içeriği, %

t zamanında üründen su kaybı (WL) ise Eşitlik (2.15) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$WL = \frac{(M_o)(X_o)_w - (M_t)(X_t)_w}{M_o} \times 100 \text{ (g su /100 g örnek)} \quad (2.15)$$

Burada;

$(X_o)_w$: Örneğin başlangıç su konsantrasyonu

$(X_t)_w$: Örneğin t zamanında su konsantrasyonu

Örneklerin net ağırlık kaybı (ML) başlangıç örnek ağırlığı temelinde, Eşitlik (2.14) ve (2.15) in yardımı ile elde edilir.

$$ML = WL - SG \quad (\text{g} / 100 \text{ g}) \quad (2.16)$$

Bu parametreler, çalışılan koşullar altında, materyalin başlangıçta içerdiği çözünmeyen kuru madde (lnSS) miktarının işlem süresince sabit kaldığı yani osmotik ortama difüzyonmediği varsayımına dayanmakta ve ayrıca üründen osmotik çözeltiye su dışında diğer çözünür maddelerin difüzyonunun ihmal edilecek düzeyde olduğunu kabul etmektedir. Osmotik dehidrasyon işleminde dengenin meydana geldiği noktayı belirlemek için ürünün sıvı fazdaki çözünür madde konsantrasyonu (SSC)'nun da belirlenmesi gerekmektedir. Örneğin çözünür madde içeriği deneysel olarak bulunduğu gibi aşağıda verilen Eşitlik (2.17) ile de hesaplanabilir.

$$SSC = \frac{(M_t)(X_t)_{ts} - (M_o)(X_o)_{ts} (\ln SS)}{(M_t) - (M_o)(X_o)_{ts} (\ln SS)} \times 100 \quad (\text{g} / 100 \text{ g çözelti}) \quad (2.17)$$

Burada;

ln SS : Suda çözünmeyen kuru madde (başlangıç kuru madde ağırlığının kesri)

Azuara ve arkadaşları tarafından geliştirilen model, osmoz prosesleri içinde denge çözelti konsantrasyonlarının belirlenmesinde kullanılır. Zamanın fonksiyonu olarak kaybedilen suyun oranı bu modelden yararlanılarak Eşitlik (2.18)'de verilmektedir.

$$WL = \frac{S_1 t (WL_{\infty})}{1 + S_1 t} \quad (2.18)$$

Burada;

WL_{∞} : Dengede uzaklaşan su miktarı

S_1 : Su kaybı için model sabiti

t : Zaman

Eşitlik (2.18) lineerleştirilirse

$$\frac{t}{WL} = \frac{1}{S_1 WL_{\infty}} + \frac{t}{WL_{\infty}} \quad (2.19)$$

Katı kazanımı için de benzer olarak yazılırsa

$$\frac{t}{SG} = \frac{1}{S_2 SG_{\infty}} + \frac{t}{SG_{\infty}} \quad (2.20)$$

Burada;

SG_{∞} : Dengede kazanılan katı miktarı

S_2 : Katı kazanımı için model sabiti

Eşitlik (2.19)'de t 'ye karşı t/WL grafiğe geçirilirse grafiğin eğiminden dengede uzaklaşan su miktarı (WL_{∞}), kaymasından ise su kaybı için model sabiti (S_1) hesaplanır. Aynı şekilde dengede kazanılan katı miktarı (SG_{∞}) ve katı kazanımı için model sabiti (S_2), Eşitlik (2.20) de t 'ye karşı çizilen t/SG grafiğinin eğimi ve kaymasından bulunur.

Nem tayini: Örnekler vakumlu etüvde 75°C sıcaklıkta sabit tartıma ulaşıncaya kadar kurutulur, desikatörde soğutularak tartılır, ağırlık kayıpları belirlenerek sonuç % nem veya kuru madde olarak hesaplanır (Anonymous 1980).

Suda Çözünür Kuru Madde Tayini: Hammadde, osmotik çözelti uygulaması sonrasında örneklerde ve osmotik çözeltide çözünür kuru madde içeriği Refraktometre ile doğrudan okunur ve 20°C sıcaklık esas alınarak gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra sonuç % çözünür kuru madde olarak verilir.

Su Aktivitesi Tayini: Su aktivitesi (a_w), gıda maddesinin içerdiği suyun buhar basıncının, aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncına oranı olarak tanımlanmaktadır. Örneklerin su aktivitesi nem ölçüm cihazı kullanılarak tanımlanmaktadır. Örneklerin su aktivitesi nem ölçüm cihazı kullanılarak denge neminin ölçülmesinden sonra, aşağıda verilen eşitliğe göre hesaplanır.

$$a_w = \frac{P}{P_0} = \frac{RH}{100} \quad (2.21)$$

2.2.4 Osmotik Dehidrasyon Kütle Transfer Hızını Etkileyen Faktörler

Suyun gıdadan uzaklaştırılma hızı osmotik maddenin tipi, osmotik çözeltinin konsantrasyon ve sıcaklığı, kontak süresi, karıştırma, gıdanın şekil ve büyüklüğü, gıda/çözelti oranı, örneğe osmotik işlem öncesi uygulanan ön işlemler ve vakuma bağlı olarak değişir (Derossi et al. 2008, Rastogi et al. 2000a-b, Kaymak-Ertekin ve Sultanoğlu 2000, Lazarides et al. 2007).

2.2.4.1 Osmotik Maddenin Tipi

Osmotik dehidrasyon işleminde kullanılan osmotik madde çeşidinin ve şurup konsantrasyonunun seçimi oldukça önemlidir. Çünkü osmotik madde, gıdanın içine doğrudan nüfuz etmektedir. Bu yüzden de, osmotik maddenin seçiminde bazı noktalara dikkat edilmesi gerektiği belirtilmektedir. Bu faktörler şunlardır:

- Osmotik maddenin gıdanın duyuşal kalite özelliklerine etkisi,
- Osmotik maddenin çözünabilirliği,
- Osmotik maddenin işlem süresince dayanıklılığı,
- Osmotik maddenin fiyatı,
- Osmotik maddenin düşük bir su aktivitesine sahip olması,
- Osmotik maddenin toksik özellikte olmaması,
- Osmotik maddenin tadının yenilebilir nitelikte olması,
- Osmotik maddenin hücre membranından geçişinin az olması.

(Lerici et al. 1988, Rahman and Lamb 1990, Torreggiani 1993, Lenart 1996, Kaymak-Ertekin ve Sultanoğlu 1997, 2000, Panagiotou et al. 1998a,b, Rastogi et al. 1999, Lewicki and Lukaszuk 2000, Sereno et al. 2001).

Dehidrasyon oranı osmotik ajanın molekül ağırlığı ve konsantrasyonu ile doğru orantılıdır. Ancak meyve şekeri üretiminde olduğu gibi osmotik ajanın gıdaya nüfuz etmesi istendiğinde molekül ağırlığı düşük ajanlar seçilmelidir. Kısaca başarılı bir osmotik uygulama için gıdanın yapısal özellikleri (difüzivite, porozite), çözeltinin özellikleri (viskozite, difüzivite, yoğunluk) ve işlem parametreleri (sıcaklık, süre, basınç/vakum varlığı, karıştırma, konsantrasyon, ön işlem) dikkate alınarak optimize edilmelidir.

En yaygın olarak kullanılan osmotik maddeler sakaroz (özellikle meyvelerde) ve sodyum klorür (sebzeler, et, balık ve peynirlerde)'dür. Glikoz, maltoz, laktoz, maltodekstrinler, gliserin ve mısır şurubu gibi diğer osmotik maddeler de kullanılır. Osmotik madde olarak kullanılan katı suyun uzaklaşma kinetiğini, katı transferini ve denge su içeriğini önemli derecede etkilediğinden katının mol kütlesinin artmasıyla (maltodekstrinler, hidrolize nişasta şurupları) katı transferinde bir azalma ve su

kaybında bir artma görülür. Düşük mol kütleli sakkarit (glikoz, fruktoz, sorbitol vb.) moleküllerinin, nüfuz etme hızını etkileyeceği ve katı transferinde bir artmanın görüleceği de belirtilmektedir (Torreggiani 1993). Osmotik kuruma davranışı üzerine etkisi incelenen sakaroz, meyvede yaklaşık % 50 ağırlık kaybı sağlamasına rağmen yüksek katı madde kazanımı nedeniyle aşırı tatlı ürün elde edilmektedir (Ponting et al. 1966, Farkas and Lazar 1969, Ponting 1973, Dixon et al. 1976, Moy et al. 1978, Hawkes and Flink 1978, Conway et al. 1983).

Hawkes and Flink (1978) ise, sakaroza alternatif olarak laktoz ve maltodekstrinin osmotik madde olarak kullanımını önermişlerdir. Daha düşük tatlılığa sahip olması nedeniyle hem laktoz hem de maltodekstrinin son üründe duyuasal açıdan daha olumlu sonuç verdiğini ifade etmişlerdir. Bu maddelerin saf çözeltilerinin kullanımının yanı sıra osmoz etkinliğini geliştirmek amacıyla sakaroz ile çeşitli oranlardaki karışımları da denenmiş, sakaroz/laktoz karışımlarının yalnız sakaroza eşdeğer kuru madde içerdiği konsantrasyonlarda sakaroz çözeltisi kadar etkin olduğu, sakaroz/maltodekstrin karışımlarında ise meyveye geçişin oldukça düşük olduğu ve kazanılan kuru maddenin çok küçük miktarının, maltodekstrinden kaynaklandığı saptanmıştır. Yapılan kinetik çalışmalar NaCl'ün sebzeler için en etkin osmotik madde olduğunu göstermiştir. Bu durum tuzun yüksek molar konsantrasyonunun yanı sıra iyonize özellik taşımasından da kaynaklanmaktadır (Hawkes and Flink 1978, İslam and Flink 1982). Tuz, su aktivitesini düşürme kapasitesinden dolayı kurutma için gerekli olan sürüklenme kuvvetini artırır. Ayrıca şeker ve tuz birlikte kullanıldığında, aralarında sinerjistik bir etki olduğu da saptanmıştır (Torreggiani 1993).

Osmotik işlem sırasında yüksek kuru madde kazanımı sonucu üründe aşırı tuzlu bir tada neden olan NaCl'ün sakaroz ile ikili karışımı incelenmiştir (Hawkes ve Flink 1978, Flink 1980, İslam and Flink 1982, Lenart and Flink 1984a,b). Sakaroz/tuz karışımı çözeltiler içinde gerçekleştirilen osmotik dehidrasyonun yüksek su kaybı ile birlikte önemli düzeyde kuru madde kazanımı ile sonuçlandığı saptanmıştır. Kuru madde kazanım düzeyinin aynı konsantrasyondaki sakaroz çözeltisinden daha yüksek olduğu ifade edilmektedir.

Sakaroz/tuz karışımı sistemlerde kütle transferi incelendiğinde, sakaroz daha yüksek molekül ağırlığı nedeniyle dokuya daha zor işlemekte ve daha yüksek konsantrasyon gradienti oluşturmaktadır.

Osmotik çözelti olarak mısır şurubunun kullanımı, Contreras and Smyrl (1981) tarafından incelenmiş ve elmalarda sakaroz kullanımına göre çok düşük kuru madde kazanımına neden olduğu saptanmıştır. Araştırmacılar bu durumun, mısır şurubunun büyük oranda yüksek molekül ağırlıklı karbonhidratlardan oluşması ve bu maddelerin ürüne penetrasyonunun çok zor olmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Lerici et al. (1985), Tomasicchio et al. (1986) ile Lenart and Lewicki (1988)'de osmotik dehidrasyon parametreleri bakımından aynı su kaybı değerinde minimum kuru madde kazanımı sağlanması bakımından en etkin osmotik çözeltinin yüksek dekstroz içerikli hidrolize nişasta şurubu (ticari glikoz şurubu) olduğunu belirtmişler ve bunun şurubun yüksek polisakkarit (%24) bağlı olduğunu ifade etmişlerdir. Yüksek fruktoz içerikli hidrolize nişasta şurubunun ise yapısındaki yüksek fruktoz içeriğine (%42 fruktoz ve %22 dekstroz) bağlı olarak sakaroz çözeltisine göre daha yüksek kuru madde kazanımına neden olduğu saptanmıştır (Bolin et al. 1983, Tomasicchio et al. 1986, Pinnavaia et al. 1988).

Osmotik çözelti olarak kullanılabilen bir diğer madde ise fruktozdur. Fruktoz, bir monosakkarit olması nedeniyle daha küçük molekül yapısına bağlı olarak, sakaroza göre daha yüksek difüzyon katsayısına sahiptir (Chandrasekaran and King 1972, Perry and Chilton 1973). Toplam kuru madde kazanımı üzerinde en etkin osmotik çözeltilerden biri de glikoz çözeltisidir.

Konserve meyvelerde glikoz şuruplarının sükroz ile birlikte kullanımı, tatlılığı azaltmak ve parlaklık ile saydamlığı zenginleştirmek amacıyla önerilmektedir. Maltoz şurubunun düşük dekstroz içeriği ve yüksek miktardaki akışkanlık özellikleri bu ürünler için önemlidir. Glikoz şurubunda dondurulmuş meyveler çözündürüldükten sonra daha iyi bir dokuya sahiptir ve meyvenin özgün lezzeti aşırı tatlılık olmaksızın korunabilmektedir (Rapaille and Cock 1994).

Bu ürünlerde glikoz şurubunun kullanımı ile meyvenin içinde bulunduğu şurubun kıvamlılığı artar, ürünün tatlılığı dengelenir ve ayrıca yeterli osmotik basınç sağlanır. Yüksek DE'li glikoz şurubunun kullanımı ile şekerin meyve içine daha fazla nüfuz etmesi sağlanmış olur (İnt. Kyn. 7).

Gliserinin ise kurutma kapasitesi açısından etkin bir osmotik madde olduğu belirtilmektedir (Garrote and Bertone 1989, Riva and Masi 1990). Ancak kuru madde kazanımının yüksek olması ve fazla miktarda gliserinin tüketici için toksik etki meydana getirmesi bu maddenin kullanımını sınırlamaktadır. Seçilen osmotik çözeltinin bileşimi ürünün kompozisyonunu önemli ölçüde etkilediğinden, çalışılan meyve ve sebzelerin bileşimine uygun osmotik çözeltiler kullanılmalıdır. Ürünün orijinal özelliklerini korumak ve fazla kuru madde kazanımından kaçınmak için Maltini et al. (1990) tarafından osmotik ortam olarak konsantre meyve sularının kullanımı önerilmektedir.

2.2.4.2 Osmotik Çözelti Konsantrasyonu

Artan osmotik çözelti konsantrasyonu suyun difüzyonunu arttırırken, çözünen madde difüzyonunu azaltır. Yine sabit dehidrasyon koşullarında, osmotik çözeltinin hazırlanmasında kullanılan tuz veya şekerin molekül büyüklüğü arttıkça suyun uzaklaştırılması kolaylaşırken çözünen madde kayıpları azalır (Torreggiani and Bertolo 2004).

Yüksek konsantrasyon ve/veya yüksek molekül ağırlığındaki osmotik çözelti bu etkisini gıda yüzeyinde bir bariyer oluşturarak sağlar. Osmotik çözelti konsantrasyonunun işlem üzerine etkileri incelenmiş ve her bir çözelti konsantrasyonu ile su kaybı-katı kazanımı arasında doğru orantı olduğu bildirilmiştir (Moy et al. 1978, Garrote and Bertone 1989, Rahman and Lamb 1990, Mastrocola et al. 1998, Panagiotou et al. 1998a,b, Reppa et al. 1998, Kaymak-Ertekin ve Sultanoğlu 2000, Sereno et al. 2001).

2.2.4.3 Osmotik İşlemin Süresi ve Sıcaklığı

Osmotik dehidrasyonda en fazla kütle transferinin, işlemin ilk saatlerinde gerçekleştiği daha sonra ürün-çözelti arasında su bakımından dengeye yaklaşıldığı belirtilmektedir. İşlemin başlangıcında su kaybı ile birlikte kuru madde kazanımı da meydana gelmekte ve sonraki işlem süreleri içinde kuru madde kazanım hızı çok yavaşlamakla birlikte denge durumuna ulaşmaya kadar devam etmektedir.

Osmotik işlemde denge durumuna ulaşılması oldukça uzun işlem sürelerine karşılık gelmekte ve bu süre içinde yüksek oranda kuru madde kazanımı nedeniyle ürün-çözelti arasındaki sürüklenme kuvveti azalmakta, dolayısıyla su uzaklaşma hızı çok yavaşlamaktadır. Bazı araştırmacılar denge durumuna ulaşmadan kısa süreli gerçekleştirilen osmotik dehidrasyonda, çok yüksek kuru madde kazanımı olmadan önemli miktarda su uzaklaştırmanın mümkün olduğunu belirtmişlerdir (Ponting 1973, Torreggiani 1993, Lenart 1996, Barat et al. 1997,1998). Optimum osmoz süresi ürünün yapısına ve boyutlarına, işlem koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Araştırmacılar daha uzun işlem sürelerinin ürünlerin duysal özellikleri ve depolama stabilitesi açısından önemli bir avantaj sağlamadığını ifade etmektedirler. Ancak yüzey geçirgenliği düşük bazı meyveler için daha uzun işlem süreleri gerekmektedir.

Kütle transfer mekanizması üzerine büyük bir etkisi olan önemli bir diğer değişken işlem sıcaklığıdır. Lenart (1996), 20°C'deki kütle transferinin osmotik maddenin çeşidine ve hammaddenin özelliklerine bağlı olarak 2-4 saat sürdüğünü; 70-90°C'ler arasındaki su uzaklaşma işleminin 15 dakika'yı geçmemesi gerektiğini belirtmiştir. Pek çok araştırmacı sıcaklığın artmasının osmotik işlemi de hızlandırıldığını saptamışlardır. Osmotik dehidrasyonda kütle transferinin sıcaklıkla artmasına karşın, 45°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda enzimatik esmerleşme ve aromanın bozulması da meydana gelmeye başlamaktadır. Bununla birlikte, 60°C'nin üzerindeki yüksek sıcaklıklar, doku karakteristiklerinin değişmesi nedeniyle katı kazanımına yardımcı olmaktadır. 80-85°C'lerdeki 1-3 dakika'lık yüksek sıcaklıkta kısa süreli uygulamalar, haşlamanın etkisini de içererek enzimatik inaktivasyonu sağlamaktadır (İspir 2006).

2.2.4.4 Örnek/Çözelti Oranı

Osmotik dehidrasyon hızını etkileyen bir diğer faktör de kullanılan örnek miktarının osmotik çözeltiye (örnek/çözelti) oranıdır. Su kaybı, azalan örnek/çözelti oranı ile artmakta; kuru madde kazanımı ise önemli düzeyde etkilenmemektedir. Yüksek örnek/çözelti oranında sistem dengeye hızlı ulaşmakta ve dehidrasyon istenilen düzeyde gerçekleştirilememektedir. Düşük örnek/çözelti oranı ise osmotik çözelti tekrar kullanılmadığı takdirde osmotik çözelti maliyetini arttırmaktadır (Lenart and Flink 1984a,b).

2.2.4.5 Örnek Geometrisi ve Karakteristikleri

Dehidrasyon etkinliği ayrıca gıdanın yüzey alanı ile doğru orantılıdır. Ayrıca, osmotik çözeltilerin hazırlanmasında birbiriyle antagonistik etkide olan çözücülerden de yararlanılması mümkündür (Torreggiani and Bertolo 2004, Panades et al. 2008, Moreira et al. 2007). Dehidre edilecek ürünün porozite özellikleri (hücre içi ve hücrelerarası hacmi ve boşlukları) dehidrasyon oranı ve çözücü kazanımı için çok önemlidir. Aynı dehidrasyon koşullarında osmotik dehidre edilen farklı ürünler, tamamen farklı dehidrasyon oranı ve çözücü kazanımı gösterebilir (Torreggiani 1995). Osmotik dehidrasyon sırasında gıdada meydana gelen değişimler ısı ve kütle transferini etkilemektedir. Gıda hücre yapısını koruduğu sürece suyun uzaklaşma oranı osmotik ajanın penetrasyon oranından yüksektir.

Birçok dehidrasyon işlemi sırasında su kaybı ve tuz/şeker kazanımı osmotik dehidrasyonun ilk saati içinde en yüksektir, sonra hızla azalır ve 4 saatten sonra büyük oranda kaybolur. Ürün boyutu ve kalınlığı azaldıkça, kütle transferi özellikle kuru madde kazanımı artmaktadır. Hammaddenin fiziksel yapısı, dokusal özellikleri, kimyasal kompozisyonu, özgül yüzey alanı, olgunluğu ve cinsi osmotik dehidrasyon hızını etkilemektedir.

Aynı koşullarda osmotik işlem gören tüm meyveler için elde edilen sonuçlarda, ürün boyutu arttıa hem su kaybı, hem de katı kazanımı azalmıştır (Panagiotou et al. 1998a,b).

2.2.4.6 Osmotik eltinin Karıştırılması

Karıştırmanın derecesi osmotik dehidrasyon üzerinde belirgin bir etki yapmadığı halde, özellikle dehidrasyonun ilk saati içindeki karıştırma işlemi dehidrasyon etkinliğini arttırmaktadır. Osmotik dehidrasyon, karıştırmalı bir ortamda daha etkin bir şekilde gerçekleştirilmekte, osmotik eltinin karıştırılması ile örneklerden difüzlenen suyun elti içine üniform dağılımı sağılanmaktadır. Özellikle yüksek konsantrasyondaki eltelerde artan viskoziteye bağılı olarak elti tarafında kütle transferine karşı bir direnç oluşmaktadır. Karıştırma etkisi ile bu direnç azaltılmakta ve sürükleme kuvveti arttırılmaktadır (Lerici et al. 1985). Yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre eltiyi karıştırma hızı arttıa su kaybı ve katı kazanımı da artmıştır. Contreras and Smyrl (1981) ise karıştırma ile birlikte sıcaklık arttırılınca osmotik dehidrasyonun daha etkin olduğunu göstermiştir.

2.2.4.7 rneğe Osmotik işlem ncesi Uygulanan işlemler

Gıdaya uygulanan ön işlemler (haşlama, dondurma-çözme, sülfatlama, asitlendirme vb.) dehidrasyonda su kaybı/madde kazanımı üzerine etkilidir. Yine termal olmayan n işlemlerden ultra yüksek hidrostatik basınç, puls (vurgulu) elektrik alan ve ultrason uygulamalarının da hücre geçirgenliğini arttırarak dehidrasyonu kolaylaştırdığı ve özellikle saniye ile ifade edilebilen kısa süreli puls elektrik alanı uygulamasının gıda matriksini değiştirmeden dehidrasyon sağıladığı belirtilmiştir (Rastogi et al. 2000). Vakum uygulamaları da yine sıklıkla kullanılmakta ve vakum (P1) ile gıda bünyesindeki gazlar uzaklaştırılmakta, atmosferik basına (P2) dönüldüğünde ise gaz çıkışıyla oluşan boşluklar hidrodinamik akış yardımıyla osmotik dehidrasyon sıvısı tarafından kolayca doldurulmaktadır.

Gıdaya penetre olan osmotik dehidrasyon sıvısının miktarı ise gıdanın efektif porozitesi, uygulanan sıkıştırma (kompresyon) oranı (P_2/P_1) ve gıdada basınç etkisiyle oluşan hacim değişimlerinin fonksiyonu olan matematiksel ifade ile hesaplanabilmektedir (Fito et al. 1996, Fito 1994, Fito et al. 2000). Gıda porozitesi arttıkça daha fazla osmotik dehidrasyon sıvısı doku içine girmekte ve dehidrasyon süresi kısalmaktadır.

Yine Rastogi ve Knorr (Rastogi et al. 2000) yaptıkları çalışmada osmotik dehidrasyon öncesinde uygulanan yüksek hidrostatik basıncın dehidrasyon etkinliğini arttırdığını, bu etkinin ise basınç altında hücre duvarının yarı geçirgen yapısının tamamen geçirgen hale dönmesi olduğunu belirtmişler, su ve osmotik ajan difüzyon katsayılarını Fick'in ikinci difüzyon yasası esasıyla seri açılımında serinin ilk terimi kullanılarak analitik olarak hesaplanmıştır.

Gıdaya uygulanan diğer bir ön işlem gıdanın yenabilir bir kaplama materyali ile kaplanmasıdır. Böyle bir kaplama materyali osmotik dehidrasyon sırasında osmotik ajanın hücre içine girişinde bariyer oluştururken suyun çıkışını güçleştirmez (Lazarides et al. 2007). Lenart ve Dabrowska (Lenart and Dabrowska 1997, 1998) elma dilimlerini %2'lik düşük metoksilli pektin ile kaplayarak kurutmuş, Jamet ve Larios (Jamet and Larios 2001) ise papaya dilimlerini yenabilir çitosanla kaplamış ve osmotik dehidrasyon sırasında kaplanmış elma ve papayalarda suyun uzaklaştırılma oranının kaplanmamışlardan yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir.

Khin ve ark. (Khin et al. 2007) elma küplerini maltodekstrinle kapladıktan sonra osmotik dehidre etmişler ve kaplamanın elmadan su ve şeker kaybına yol açtığını bu kaybın kaplamada kullanılan maltodekstrin konsantrasyonu ve sonrasındaki kurutma sıcaklık ve süresiyle orantılı olarak arttığını bildirmişlerdir. Kimyasal maddeler (örneğin SO_2) ile bir ön işlem uygulaması, haşlama ya da dondurmanın su kaybı ile birlikte katı kazanımına da çok yardımcı olduğu bildirilmiş ve bu geçirgenlik artışı ve seçicilikteki azalmayla açıklanmıştır (Ponting 1973, Torreggiani 1993).

2.3 Osmotik Dehidrasyon İşleminin Ürün Üzerindeki Etkileri

Osmotik muamele sırasında, gıda maddesinde meydana gelen başlıca değişimler:

- Bileşenlerde değişimler
- Su aktivitesi düşüşü-donma noktasında düşme
- Sıcaklık üzerine camsı geçişin muhtemel değişimi
- Besin değerlerindeki değişimler-Fonksiyonel değeri
- Madde içerisindeki uçucunun zenginliği
- Renk stabilizasyonu
- Tekstürde değişim
- Enzimatik aktivitenin yavaş düşüşü
- Donabilen suyun azalması
- Sınırlı büzülme
- Hücre canlılığında değişim

2.4 Osmotik Dehidrasyonun Uygulama Şekilleri

Osmotik dehidrasyon iki yolla yapılır:

1. Statik işlem
2. Dinamik işlem

Statik işlemde, materyal kristal veya çözelti şeklinde kullanılabilen osmoaktif madde ile karıştırılır. İşlem, istenilen miktarda suyun uzaklaştırılması gerçekleştiği zamana kadar sürdürülür ve bu süre boyunca karışım hareketsiz bırakılır (Lewicki and Lenart 1995). Dinamik işlemde çözelti karıştırılır. Dinamik işlem dizaynlarından çok kullanılanları şunlardır:

- Durağan çözeltideki gıda parçalarının hareketlendirilmesi
- Bütün süspansiyonun karıştırılması
- Osmoaktif maddenin durağan bir hat halindeki gıda parçaları boyunca akışı

2.5 Osmotik Dehidrasyonun Avantajları ve Dezavantajları

- İşlemden düşük sıcaklıkların kullanılabilmesi nedeniyle renk ve koku maddelerinin değişimleri en aza indirilir.
- Hücre membranları osmotik madde için tam olarak geçirmezlik sağlamadığından, osmotik maddenin kısmen nüfuz etmesine olanak verir. Düşük molekül ağırlıklı maddelerin bir kısmı su ile uzaklaşır. Ürün hammaddeden daha yumuşak ve tatlı olur.
- Osmotik dehidrasyon ön işlemi kurutma süresini kısaltmayı ve kurutucu potansiyeli arttırmayı sağlar.
- Osmokonveksiyon metodu ile enerji sarfiyatını konveksiyonla kurutmaya oranla % 20-30 azaltmak mümkündür (Lenart 1996).

Osmotik dehidrasyonun bir ön işlem olarak etkisi özellikle ürünün bazı besinsel, duyu ve fonksiyonel özelliklerini geliştirilmesi ile ilgilidir. Osmotik dehidrasyon, oda sıcaklığında etkili olabildiği için, renk ve aromanın ısı bozunmasını minimize eder ve yüksek konsantrasyonlu şeker, meyve ve sebze parçalarını kapladığı için renk bozunmasını önler. Ayrıca, osmotik dehidrasyon SO₂ kullanımına gerek kalmadan örneklerin enzimatik yolla kararmalarına engel olur. Yoğunluk ve gözeneklilik üzerine osmotik işlemin etkisi araştırılmış ve son ürünün yoğunluğunun arttığı, katı kazanımından dolayı da gözenekliliğin azaldığı saptanmıştır (Lerici et al. 1985, Torreggiani 1993, Lenart 1996, Sankat et al. 1996, Krokida and Maroulis 2000).

Yüksek sıcaklıktaki kısa süreli (HTST) osmotik işlemler (80-85°C/1-3 dk) haşlamanın etkisini de içererek enzimatik inaktivasyonu da sağlamaktadır (Lerici et al. 1988, Torreggiani 1993).

Osmotik dehidrasyonun diğer kurutma işlemlerine kıyasla farklı olan özelliği, gıda maddesinin içine katıların nüfuz etmesidir. Böylece, gıdanın formülasyonu değiştirilerek ileriki işlemler için gıdanın daha uygun bir hale getirilmesi mümkündür.

Bu işlem şu şekilde gerçekleştirilebilir:

- Su içeriğinin azaltılmasıyla ya da su aktivitesini düşürücü maddelerin ilavesiyle gıdanın fizikokimyasal bileşimini ayarlama.
- Bileşenleri ya da katkıları antioksidantlarla ya da diğer koruyucu özellikler ile birleştirme.
- Besinsel ya da duyuşal açıdan üründe kalite gelişimini sağlayabilecek katıların ilavesi.
- Gıdanın yoğunluğunun değiştirilebilmesi (Torreggiani et al. 2001).

Çözünebilir katıların seçici zenginleşmesi sayesinde yüksek kalitede sebze ve meyvelerin elde edilmesi mümkündür ve fonksiyonel özellikleri farklı gıda sistemleri ile yarışabilir (Torreggiani 1993).

Tipik osmotik dehidrasyon koşullarında gıda büyük bir miktar suyunu kaybeder (100 g'lık gıdadan 40-70 g) ve kısa bir zaman içerisinde (2 saat) limitli ve kontrollü miktarda osmotik katıyı (100 g'lık gıda 5-25 g) alır (Del Vale et al. 1998).

Osmotik maddenin difüzyonu sonucu, materyalin yüzeyinde kütle transferine engel olan bir yüzey tabakası oluşur. Osmotik işlemi takiben izleyen konveksiyonla kurutma işleminin hızı bu yüzden azalır. Fakat gerçekte, osmotik işlem uygulanmış ve uygulanmamış örneklerin konvektif kurutulmasında, kuruma süresinin yakın olduğu bildirilmiştir (Lewicki and Lukaszuk 2000).

Osmotik dehidrasyon, geleneksel kurutma yöntemlerinden daha az enerjiye gereksinim duyar. Osmotik dehidrasyon işleminde enerji tüketimi gerektiren iki tane basamak vardır. Bunlar:

- Materyalin ve osmotik çözeltinin istenilen sıcaklığa kadar ısıtılması ve meydana gelebilecek ısı kaybı.
- Çözeltinin karıştırılması.

Osmotik dehidrasyon işleminde suyun üründen uzaklaştırılması işlemi faz değişimini içermediğinden, konveksiyonla kurutmaya kıyasla enerji tasarrufu da sağladığı belirtilmektedir (Lewicki and Lenart 1995).

Osmotik işlem sonrası seyreden çözelti, osmotik madde ilavesi ya da suyunun uzaklaştırılması ile tekrar konsantre edilebilir ve tekrar tekrar kullanılabilir. İşlemi daha ekonomik bir şekilde geliştirmek için çok defalar kullanılan osmotik şurupta renk kararması gibi bazı problemlerle karşılaşılabilir. Bu kararmanın sebebi meyvedeki oksidatif enzimler ve Maillard reaksiyonlarıdır. Sakaroz çözeltileri, PVPP (polivinilpoliprolidon) ya da aktif karbon kullanılması ile tekrar kullanılabilir özellikler kazandırılabilceğı belirtilmiştir. Özellikle aktif karbon antosiyaninler ve kahverengi bileşenlerin sakaroz çözeltisinden uzaklaştırılmasında daha etkilidir. Yenilenen sakaroz çözeltisinin vişnelerin dehidrasyonu için kullanılması sonucu, kuru ürünün renk ve tadına bazı olumlu etkileri saptanmıştır (Lewicki and Lenart 1995, Szymczak et al. 1998).

Çeşitli araştırmacılar osmotik dehidrasyonun renk stabilitesi bakımından daha kaliteli sonuç ürün verdiğini ifade etmişlerdir (Speck et al. 1977, Flink 1980, Lee et al. 1989, Kim 1989).

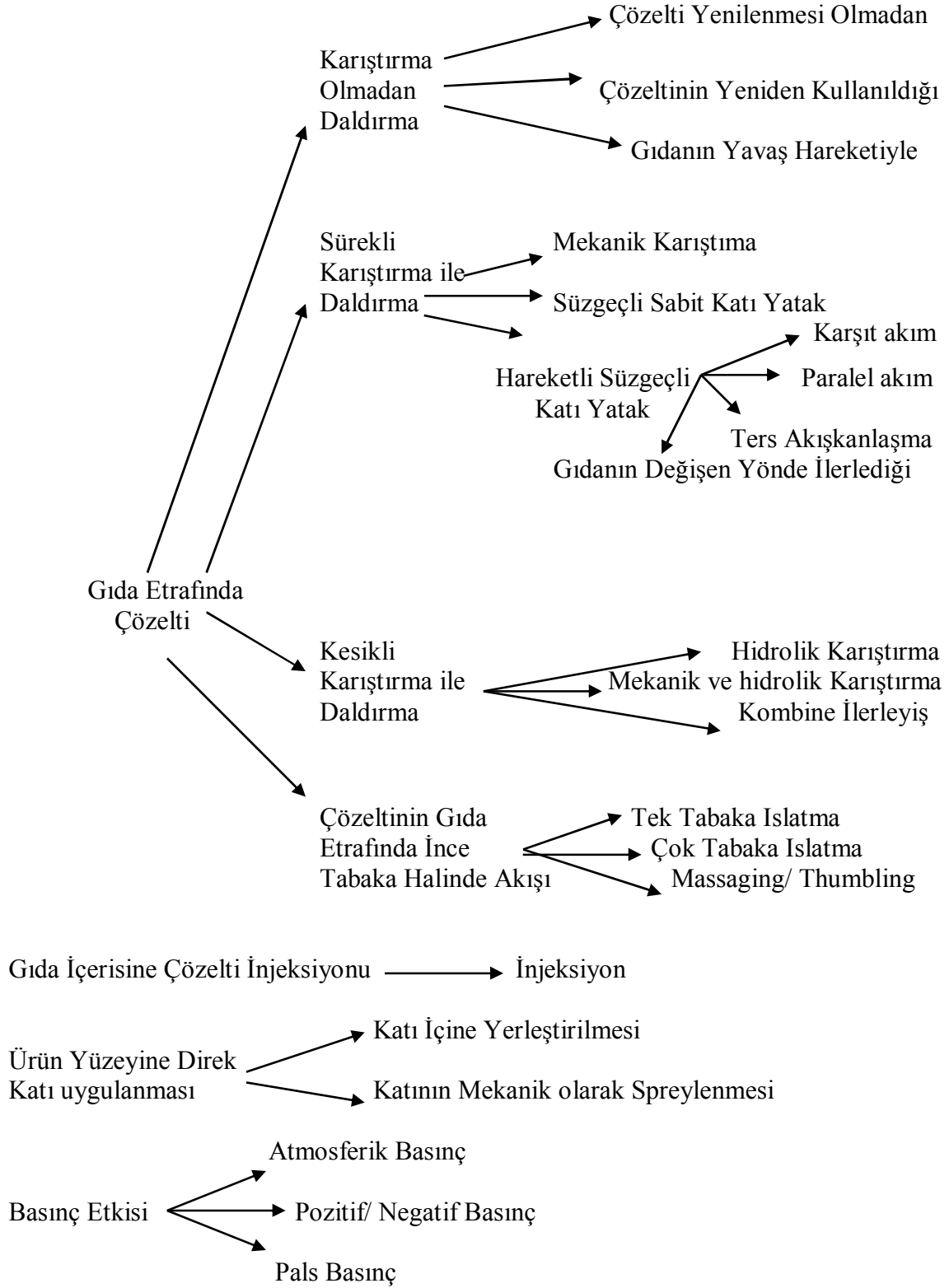
Meyve ve sebzelerdeki renk antosiyanin, flavanol, klorofil ve karoten gibi pigmentlerin varlığına bağlıdır. Bu maddelerden antosiyaninler ve flavanoller suda çok çözünürken, karoten ve klorofiller suda çözünmezler. Osmotik dehidrasyon sırasında suda çözünür vitaminlerden C vitaminin de difüzyona bağlı kayıplar meydana gelmektedir. Genelde, osmotik olarak dehidre edildikten sonra kurutulan örneklerin rehidrasyon özelliğı gelişmiş; renk, doku ve görünüş bakımından oldukça kaliteli ürünler oldukları, aroma ve tat açısından da kabul edilebilir düzeyde oldukları belirtilmektedir. Osmotik dehidrasyon ve kurutma işleminin sağladığı bazı avantajlara rağmen mümkün olduğu kadar tazeye yakın ürün elde etmek amacıyla osmotik dehidrasyonun direk olarak dayanıklı meyve ürünleri eldesinde kullanımı giderek önem kazanmaktadır.

2.6 Osmotik Dehidrasyonun Endüstride Kullanımı

Osmotik dehidrasyon sırasında sıcaklık, çözelti konsantrasyonu, karıştırma hızı, işlem süresi ve basınç gibi işlem parametreleri kontrol edilebilirse, bu işlem, ürün kalitesi ve maliyet açısından sağladığı avantajlardan dolayı gıda sanayinde geniş bir uygulama alanı bulabilir. İşlemin endüstriyel çapta uygulanabilirliğinin sağlanması için amaca uygun olarak dizayn edilmiş ekipmanlara ihtiyaç duyulmaktadır.

2.6.1 Osmotik İşlem Ekipmanlarının Çalışma İlkeleri

Osmotik işlem ekipmanlarında gıdanın daha yoğun ve viskoz olan çözelti ile temas ettirilirken zarar görmemesi ve tüm ürünün homojen bir şekilde işlenmesi gibi kaygılar söz konusudur. Farklı tipteki osmotik işlem ekipmanları gıda ile çözeltiyi temas ettirme ilkeleri açısından Şekil 2.4’de verilmiştir.



Şekil 2.4 Osmotik dehidrasyon ve zenginleştirme işlemlerinde kullanılan ilkeler (Marouze et al. 2001).

3. OSMOTİK DEHİDRASYON SONRASI KURUTMA UYGULAMALARI

3.1 Sıcak hava ile kurutma uygulaması

Konveksiyonel hava kurutma çok sık kullanılan gıda kurutma yöntemlerinden birisidir. Son ürünün kalitesi düşük porozite ve yüksek yoğunluk ile karakterize edilir. Ayrıca belirgin renk değişiklikleri hava ile kurutma sırasında meydana gelir ve son ürün düşük sorpsiyon kapasitesine sahiptir (Krokida and Maroulis 2000).

Gıda parçalarının sıcak hava ile kurutma sırasındaki büzülmeleri, kuru ürün kalitesine olumsuz etki eder. Bu olayın meyve ve sebzeler için önemli olmasının nedeni yalnızca kuruma hızını etkilediğinden değil kuru ürünün fiziksel ve fonksiyonel özelliklerini de etkilemesinden dolayıdır. Şeker çözeltileriyle osmotik ön işlem, şeker/asit oranının artmasının bir sonucu olarak, pigmentlerin ve diğer bileşenlerin ısı ve depolama değişikliklerine karşı şeker ilavesi ile korunmasını sağlayarak, hava ile kurutulmuş meyve parçalarının kalite özelliklerinin iyileştirilmesini geliştirir (Del Valle et al. 1998).

Suyun uzaklaşması, kuru ürünün tekstüründe ve sululuğunda, ayrıca renginde ve aromasında istenmeyen değişikliklere yol açar. Osmotik dehidrasyonun konveksiyonla kurutma öncesi uygulanması kuru ürünün kalitesini geliştirir ve konveksiyonla kuruma süresini kısaltır (Lerici et al. 1988, Szymczak et al. 1998).

3.2 Vakum altında kurutma uygulaması

Osmotik dehidrasyon, osmotik ve vakum kurutmayı içeren iki aşamayı gerektirir. Meyve dilimlerinin kalınlığına, başlangıç nem içeriklerine ve yapısal karakteristiklerine ve diğer bazı faktörlere bağlı olarak meyve dilimlerinin konsantre şuruba 5–6 saat daldırılmaları ile %50 nem kaybı olduğu saptanmıştır. Geri kalan nem ise vakum kurutma ile uzaklaştırılabileceği belirtilmiştir (Moy et al. 1978).

Osmotik dehidrasyonu takiben vakum kurutma gevrek ve gözenekli ürün eldesi için önerilmektedir. Osmotik dehidrasyon sonrası uygulanan vakum kurutma işlemi gevrek, kabarık ve petek benzeri tekstüre sahip ürünler elde edilebilir ve dondurarak kurutma işlemine göre daha az bir maliyete sahiptir (Torreggiani 1993, Ponting 1973).

3.3 Dondurma ve dondurarak kurutma uygulamaları

Osmodehydrofreezing, osmotik dehidrasyonu takiben gerçekleştirilen sınırlı hava kurutma işlemi sonrası elde edilen ürünlerin donma sıcaklığında depolanmasını içeren bir kombine işlemdir. Ürünler azaltılmış su aktivitesine sahiptirler. Bu ürünlerin, doğal aroma ve renklerini sürdürebilmek için koruyuculara gereksinimi yoktur ve kabul edilebilir bir tekstürleri vardır (Erba et al. 1994).

Dondurarak kurutmada, suyun uzaklaşması çok uzun süreli ve pahalı bir işlemdir. Bu kombinasyonun en önemli avantajı işlem süresini kısaltmasıdır. Osmoz sırasındaki kuru madde kazanımı ve ürünlerin hacmindeki azalma kurutucu yükleme kapasitesini ve işlem verimini 2–3 kat arttırmaktadır. Çözünür kuru madde içeriğinin yaklaşık %25 artması ile uçucu bileşiklerin kaybı önemli düzeyde azaltılabilmektedir. Osmoz+ dondurarak kurutma ile tekstür ve aroma bakımından kaliteli ve raf ömrü yüksek ürünler elde edilmektedir (Kaymak- Ertekin ve Sultanoğlu 1997).

3.4 Güneş altında kurutma uygulaması

Osmotik dehidrasyonun güneş enerjisi ile kurutma (solar drying) yöntemi ile kombinasyonu tropik meyveler üzerinde uygulanmıştır. Kurutulmuş tropik meyveler elde etmek için, osmotik yöntem ile kısmen konsantre edilmiş meyvenin güneş enerjisi ile tekrar kurutulmasını ve kullanılan osmotik çözeltinin güneş enerjisi ile yeniden konsantre edilmesini içeren kombine bir yöntem kullanmışlardır. Bu yöntemle meyvelerin bileşimleri ve duyu kaliteleri zenginleşirken, işlemin toplam verimliliği de a^{-3} kat artmıştır.

Osmoz ile solar kurutmanın kombinasyonu özellikle tropik meyveler için uygulanmıştır. 24 saatlik sirkülasyonlar için osmotik dehidrasyon gece boyunca, solar kurutma da gün boyunca uygulanarak kombine edilmiştir (Torreggiani 1993, Kaymak-Ertekin ve Sultanoğlu 1997).

3.5 Mikrodalga ile kurutma uygulaması

Mikrodalga enerjisi gıda endüstrisinde uygun gıdaların pastörizasyonunda ve çözündürülmesinde başarı ile uygulanmaktadır. Mikrodalgalar maddeye nüfuz eder ve ürünün hızlı ve hacimsel ısınmasını sağlarlar (Torrington et al. 1998).

Osmotik işlemin mikrodalga kurutmadan önce uygulanmasının nedenleri şunlardır:

- Katı kazanımı dielektrik özelliklerini modifiye eden mikrodalgayla ısıtma daha homojen hale gelir; örneğin konkav şekilli mantarların mikrodalga ısıtmasında iç bölgelerin aşırı ısınması azaltılır.
- Daha iyi tatta tekdüze ürün üretimine olanak sağlar.
- Aroma karakteristiklerinin geliştirilmesi ve/veya besinsel değerinin artması, ürün oksidasyonunun engellenmesi ve renk korunumu ile ürün tekstürünü geliştirmesi.

Lenart and Dabrowska (1998), elde ettikleri sonuçlara göre;

- Mikrodalga-vakum kurutma, kurutma sırasında ürün sıcaklığını hava kurutma ya da mikrodalga kurutmaya kıyasla düşürür. Isıtma tekniği kuru ürünlerin kalitesinde gelişime etkili olur.
- Mikrodalga-vakum kurutma süresi osmotik ön işlem sonucu elde edilebilen azaltılmış başlangıç nem içeriği ile % 10 ile 20 arasında düşürebilir.
- Osmotik uygulamadaki C vitamini kaybı mikrodalga vakum işlemine kıyasla daha yüksektir.

Mikrodalga-vakumla kurutulan meyvelerin osmotik ön işlemi materyalin eski haline dönme özelliğini geliştirebilir. Rehidrasyon kinetiği osmotik dehidrasyonda kullanılan katı tipine ve işlem koşullarına bağlıdır.

4. LİTERATÜR ARAŞTIRMALARI

Yapılan literatür araştırmalarında osmotik dehidrasyon konusunda çok fazla araştırma yapıldığı, farklı yöntemlerin denendiği, farklı ürünlere uygulanarak kütle transfer kinetiğine etkisinin incelendiği görülmektedir.

Ananas meyvesinde Hurdle teknolojisi kullanılarak ananas dilimlerinin raf ömrünün ve başlangıç neminin saptanması Saxena et al. (2009) tarafından araştırılmıştır. 2008 yılında ise Lombard et al. ananas'ın osmotik dehidrasyonunu incelemiştir. Rastogi ve Niranjana (1998) ise ananas'a yüksek basınç uygulayarak, ananas'ın osmotik dehidrasyonu sırasında kütle transferine etkisini araştırmışlardır. Yüksek basınç uygulamasının kütle transferini arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Kavunun, hücre yapısı üzerine osmotik dehidrasyonun etkisini Fabiano et al. (2008) araştırırken; osmotik dehidrasyon aşamasında oluşan renk değişiklikleri ve kütle transfer kinetiğini ise Kolawole et al. (2007) farklı bir çalışmada incelemişlerdir. Otoniel et al. (2004) "Desired function" metoduyla kavunu osmotik dehidrasyona tabi tutmuşlardır.

Mango dilimlerinin osmotik dehidrasyonu sırasında kütle transfer kinetiğine bazı proses değişkenlerinin etkisi ve depolama ömrü hakkında Sagar and Kumar (2009) araştırma yaparken, osmotik dehidrasyona tabi tutulan mangonun (*Mangifera indica* L.) uçucu özelliklerini ise Torres et al. (2007) araştırmıştır. Mangonun osmotik dehidrasyonu sırasında çözünabilir tuz konsantrasyonu hakkında ise Khan et al. (2008) denemeler yapmışlardır.

Kayısının osmotik dehidrasyonunda, osmotik dehidrasyon öncesi ön işlem uygulamanın etkisi, osmotik dehidrasyon kinetikleri ve işlem parametrelerinin etkileri, osmotik dehidrasyon esnasındaki denge dağılım katsayıları, osmotik dehidrasyon esnasındaki oluşan büzülmenin incelenmesi ve etkili difüzyon katsayısı üzerine etkisi Toğrul ve İspir (2007, 2008, 2009a, 2009b) tarafından incelenmiştir.

Kayısıların sadece sakaroz çözeltisi ile osmotik dehidrasyona tabi tutularak oluşan değişimlerini ise Khoyi ve Hesari (2007) araştırmıştır.

Panades et al. (2008) Guava'nın osmotik dehidrasyonunda meydana gelen kütle transferi mekanizmasını incelemişlerdir.

Osmotik dehidrasyon sırasında kütle transferi ve konserve eriklerin kalitesine etkisini Sharma and Lal Kaushal (1999) araştırmışlardır.

Fernandes and Rodrigues (2007) tarafından, muz meyvesi osmotik dehidrasyona tabi tutulmuştur.

Çileklerin osmotik dehidrasyonu ve depolanmasıyla değişen fiziksel özellikleri ve solunum oranındaki değişiklikleri, Castello et al. (2010) araştırırken; minimal işlenmiş çileklerin kalitesi ve dayanıklılığı üzerine haşlamanın etkisini ve osmotik dehidrasyonun birlikte uygulanmasını ise Moreno et al. (2000) araştırmıştır. Havuç ve çileğin dielektrik özellikleri üzerine osmotik dehidrasyonun etkisi Changrue et al. (2008) tarafından incelenmiştir.

Havuçların osmotik dehidrasyonunda şeker transferinin modellenmesini Matusek and Meresz (2002); ön işlemleri havuçların osmotik dehidrasyonu esnasında yüksek gerilimli elektriğe maruz kalmasının kütle transferine etkisini ise Rastogi et al. (1999) denemeler yaparak araştırmışlardır. Osmoz olmayan ve osmoz ön işlemine tabi tutulan havuç küplerinin arasındaki farkları ise Singh et al. (2007) araştırmıştır.

Hava ile kurutulmuş domates dilimlerinde osmotik ön işlemin etkileri Pani et al. (2008) tarafından; osmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış domates ürünleri ve osmotik çözeltielerin dielektrik spektroskopisi ise De Los Reyes et al. (2007) tarafından incelenmiştir.

Dondurulmuş salatalığın raf ömrüne osmotik dehidrasyon ön işleminin etkisini Dermesonlouoglou et al. (2008) yılında araştırmışlardır.

2008 yılında ise küp şeklinde doğranmış yeşil biberlerin osmotik dehidrasyonu ve doğranmış yeşil biberlerin osmotik dehidrasyonunun “response surface” metodu kullanılarak optimizasyonu Özdemir vd. (2008a,b) tarafından incelenmiştir.

Kırmızı bibere uygulanan yüksek gerilimli elektriğin osmotik dehidrasyon kinetiğine etkisi ve tatlı toz biberin osmotik dehidrasyon davranışı Ade-Omowaye et al. (2002, 2003) tarafından incelenmiştir.

Patateslerin osmotik dehidrasyonunun “response surface” metodu kullanılarak optimizasyonu Eren ve Kaymak Ertekin (2007) tarafından; kaplanmış patates küplerinin osmotik dehidrasyonundaki kütle transferi Khin et al. (2006) tarafından; kurutulmuş tatlı patates üzerine osmotik dehidrasyon, yüksek sıcaklık ve kısa süre işlemlerinin etkisi Antonio et al. (2008a) tarafından; üç çözelti içerisindeki tatlı patatesin (*Ipomoea batatas*) osmotik dehidrasyonu Antonio et al. (2008b) tarafından incelenmiştir.

Elma üzerine çok fazla araştırma yapılmıştır. Elmaların osmotik dehidrasyonunda kütle transferinin modellenmesi Kaymak-Ertekin ve Sultanoğlu (2000) tarafından; osmotik dehidrate elmaların yapısal ve bileşim içerikleri Salvatori et al. (1998) tarafından; elma dilimlerinin osmotik dehidrasyonunda yüksek ultrasonun etkisi Cárcel et al. (2002) tarafından; elma dilimlerinin (var. Granny Smith) osmotik dehidrasyon kinetiğine Ca^{+2} ve Fe^{+2} iyonlarının etkisi Barrera et al. (2004) tarafından; $0^{\circ}C$ 'nin üzerinde depolanmış elmanın osmotik dehidrasyonu ile oluşan kütle transferi Kamińska et al. (2008) tarafından; elmalarda osmotik dehidrasyon aşamasında oluşan kütle transferi Derossi et al. (2008) tarafından; osmotik dehidrasyona uğramış elma parçalarının bileşimindeki gelişmelere çözeltinin etkisi Atarés et al. (2008) tarafından; Granny Smith elmasının glukozla osmotik dehidrasyonunda viskoelastik karakteristikleri Martínez et al. (2007) tarafından; vakum uygulanmış elma dilimlerinin (cv. Granny Smith) rehidrasyonu ve osmotik dehidrasyonu üzerine çözeltinin etkisi Atarés et al. (2008) tarafından; kaplanmış elma küplerindeki osmotik dehidrasyonda kütle transfer işlemi Khin et al. (2007) tarafından araştırılmıştır.

Kestanenin sükrozla osmotik dehidrasyonu Chenlo et al. (2006a); gliserol çözeltileri kullanılarak kestanenin osmotik dehidrasyonu hızlandırıcı etkileri Moreira et al. (2007); sodyum klorit çözeltisi kullanılarak kestanenin osmotik dehidrasyon sırasındaki kütle transferi Chenlo et al. (2006b) tarafından araştırılmıştır.

Balkabağının osmotik dehidrasyonu sırasında mekanik özellikler ve yapısal değişiklikler arasındaki benzerlikleri Mayor et al. (2007); balkabağının osmotik dehidrasyonuna haşlama ve dondurma işleminin etkisi Kowalska et al. (2008); balkabağının osmotik dehidrasyon sırasında parankimatik dokusunda mikroyapısal değişiklikler Mayor et al. (2008); sodyum klorit çözeltisiyle balkabağının osmotik dehidrasyon kinetiği Mayor et al. (2006); balkabağının osmotik dehidrasyon kinetiği Garcia et al. (2008) tarafından incelenmiştir.

Antonio and Murr (2002), osmotik dehidrasyona tabi tutulan papaya'nın mikroskopik analizlerini; papaya'nın osmotik dehidrasyonu üzerine osmotik ajanın etkisini ise El-Aouar et al. (2006) denemeler yaparak araştırmışlardır.

Acerola meyvesinin osmotik dehidrasyonu Alves et al. (2005) tarafından incelenmiştir.

Hindistan cevizi'nin osmotik dehidrasyon kinetiği Rastogi and Raghavarao (1995); gliserol çözeltisiyle hindistan cevizi'nin osmotik dehidrasyonu Moreira et al. (2007) tarafından araştırılmıştır.

Kabukları soyulmuş portakal ve mandilana'nın osmotik dehidrasyon kinetiğini ise Chafer et al. (2001) incelemiştir.

Greyfurt'un osmotik dehidrasyonu esnasında osmotik çözeltiliye mikrobelerin akışını Peiró et al. (2006) yılında araştırmışlardır.

Kivi'nin osmotik dehidrasyonu Escriche et al. (2000) ve kivi'nin osmotik dehidrasyonunun optimizasyonu Cao et al. (2006) tarafından incelenmiştir.

Cherry domatesleri'nin osmotik dehidrasyonunda kütle transfer kinetiklerini Moreira Azoubel and Xidieh Murr (2004) araştırmıştır.

Soğan dilimlerindeki osmotik dehidrasyon işleminde kütle transferinin matematiksel izahını Sutar and Gupta (2007); Soğan dilimleri (*Allium cepa*) ve domates meyvesi (*Lycopersicon esculentum*) uygulanan osmotik dehidrasyon sırasındaki materyal transferini Passo Tsamo et al. (2005) incelemiştir.

Mantarlarda osmotik dehidrasyon kütle transfer kinetiği Yang and Le Maguer (1992) yılında araştırmışlardır.

Karnabaharın osmotik dehidrasyonu Vijayanand et al. (1995) tarafından incelenmiştir.

Şekerle osmotik dehidrasyona tabi tutulan yeşil kabağın kütle transferi ve esmerleşme reaksiyonuna tuz ilavesinin etkisi Chang et al. (2003) yılında incelemiştir.

Ortogonal deneysel şekil kullanılarak soya fasulyesinin (*Pachyrhizus erosus*) osmotik dehidrasyonu Abud-Archila et al. (2007) tarafından araştırılmıştır.

Catfish'in (*Hemisynodontis membranaceus*) osmotik dehidrasyonuna sıcaklık ve zamanın etkisini, Oladele and Odedeji (2008) incelemiştir.

Sardalya balığının osmotik dehidrasyonunu Corzo and Bracho (2008) yılında araştırmışlardır.

Osmotik dehidrasyon sonrası kalsiyum kloritle etin gevrekleştirilmesini Gerelt et al. (2002) denemiştir.

Hava ile kurutulmuş *Porphyra* üzerine osmotik dehidrasyonun etkisini Rodriguez et al. (2003) araştırmıştır.

Pear D'anjou (*Pyrus communis* L.)' nun osmotik dehidrasyon kinetiğini Park et al. (2002) yılında incelemiştir.

Meyvelerin vakum uygulaması ile osmotik dehidrasyona muamele edilmesi Martin-Esparza and Gonzalez-Martinez (2008); meyvelerde osmotik dehidrasyon aşamasında renk ve lezzet değişiklikleri Osorio et al. (2007); bazı meyvelerin osmotik dehidrasyonuna vakum basıncı ve şurup konsantrasyonunun etkisi Mújica-Paz et al. (2003) tarafından araştırılmıştır.

Osmotik dehidrasyon, mekanizması ve uygulamaları hakkında Çınar 2009 yılında bir araştırma yapmıştır.

Osmotik konsantrasyon kullanılarak alkollerin dehidrasyonu-Gliserol çözeltisinin dehidrasyonu Madaeni and Khodabakhshi (2008); osmotik dehidrasyondan şeker çözeltilerinin tekrar elde edilmesi için osmotik membran distilasyonuna başvurulması Warczok et al. (2007); osmotik dehidrasyon esnasında kütle transferi Rastogi et al. (2004); Fick'in 2. yasası ile osmotik dehidrasyonunun kinetiğinin modellenmesi Azuara et al. (1992); gıda ürünlerindeki dehidrasyon çalışmalarının kalorimetri hesaplamaları Tortoe et al. (2007) tarafından araştırılmıştır.

5. MATERYAL VE METOD

5.1 Materyal

Bu çalışmada 3 cins erik türünün (sarı erik, kırmızı erik ve mürdüm eriği) farklı çalışma koşullarında (osmotik ortam, ön işlem, konsantrasyon, sıcaklık ve örnek/çözelti oranı) osmotik dehidrasyonu incelenmiştir. Erik örnekleri Afyonkarahisar pazar ve manavlarından temin edilmiş ve deneylerin gerçekleştirildiği Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü laboratuvarına getirilerek deneyler süresince +4°C’de buzdolabında muhafaza edilmiştir. Deneyler meyvelerin hasat zamanına göre Temmuz-Ekim dönemleri arasında gerçekleştirilmiştir.

5.2 Metot

Sarı eriklerden yaklaşık 73 g, kırmızı eriklerden yaklaşık 40 g ve mürdüm eriklerinden ise yaklaşık 48 g ağırlığında olanlar deneylerde materyal olarak kullanılmıştır. Başlangıç nem içerikleri, eriklerin tamamen küçük parçalara bölündükten sonra, 24 saat 75°C’de etüvde sabit tartıma gelene kadar kurutulmasıyla bulunmuştur. Eriklerin ortalama başlangıç nem içeriği sırasıyla; sarı eriklerde 6,2654 g su/g kuru madde, kırmızı eriklerde 4,6893 g su/g kuru madde ve mürdüm eriğinde ise 3,5283 g su/g kuru maddedir.

Farklı osmotik ortam etkisinin incelendiği deneylerde, osmotik ortam olarak, sakaroz, glikoz, maltoz ve maltodekstrinin ağırlıkça %65’lik çözeltileri kullanıldı. Saf su kullanılarak hazırlanan çözeltilerin konsantrasyonları refraktometre ile kontrol edildi.

Farklı ön işlem uygulamanın osmotik dehidrasyona etkisinin incelendiği deneylerde erikler, osmotik ortamlara daldırılmadan önce, %10 NaOH , %2 Etil Oleat (EO) + %5 K₂CO₃ içeren çözeltilere 5 dakika daldırılmış, yüzeyleri kurulandıktan sonra osmotik dehidrasyona tabi tutulmuşlardır.

Osmotik ortam sıcaklığının etkisini incelemek amacıyla 25°C, 35°C ve 45°C olmak üzere üç farklı sıcaklıkta, osmotik ortam konsantrasyonunun etkisini incelemek amacıyla % 35, % 45, % 55, % 65, % 75 ve % 84 olmak üzere 6 farklı konsantrasyonda, örnek/çözelti oranının etkisini incelemek amacıyla ise 1/5, 1/10, 1/15 ve 1/20 olmak üzere 4 farklı oran kullanılarak çalışıldı.

Farklı osmotik ortam ve osmotik dehidrasyon öncesi ön işlem uygulamanın etkisi her üç erik türünde de çalışıldı. Sıcaklık, konsantrasyon ve örnek/çözelti oranının etkisi ise sadece mürdüm eriğinde incelendi.

Osmotik dehidrasyon işlemi ağzı kapalı 850 ml'lik cam kavanozlar içinde yapıldı. Örnek/çözelti oranının etkisinin incelendiği deneyler hariç diğer deneyler 1/10 örnek/çözelti oranında gerçekleştirildi.

Osmotik dehidrasyon deneylerinin tümünde uzun bekleme süreleri (10-12 günlük süre) nedeniyle üründe mikrobiyal bozulmayı engelleyebilmek amacıyla her bir çözeltiye %1 oranında askorbik asit ilave edildi.

Osmotik dehidrasyonda sürekli metot uygulanmıştır. 2 saat aralıklarla örnek, osmotik ortamdan çıkarılıp, suda hafifçe yıkanarak yüzeyi peçete ile kurulanmış ve örneklerin ağırlık ve çap değişimleri kaydedilerek osmotik çözeltiye geri bırakılmıştır. Osmotik dehidrasyondan sonra erikler 75°C'de kurutularak su ve kuru madde içerikleri belirlenmiş, daha sonra Azura et al. (1998) tarafından geliştirilen ve detayları ekte verilen metoda göre her bir zaman aralığı için su kaybı ve kuru madde kazanımları hesaplanmıştır. Deneyler 2 paralelli olarak yürütülmüş ve hesaplamalarda ortalama değerler kullanılmıştır.

Eriklerin ağırlıkları 0,01 g hassasiyetle ölçüm yapan terazide tartılarak, çap ölçümleri ise 0,1 mm hassasiyetli kumpas yardımıyla belirlenmiştir.

Çalışılan tüm osmotik işlem koşullarında, ürün ile çözelti arasında kuru madde ve su geçişinin dengeye ulaşması amaçlanmıştır. Dengenin sağlanması için gerekli osmotik

işlem süreleri, örneğe ve işlem koşullarına bağlı olarak değişmekle birlikte (10-12 gün) oldukça uzun işlem sürelerine karşılık gelmektedir. Bu süre sonunda eriklerin dış çeper zarında oluşan çatlamlar sonucunda meyve pulpunda çok çok az miktarlarda parçalanmalar gözlemlendiğinden ölçümlere son verilmiştir.

Ayrıca osmotik çözeltilerde konsantrasyon değişimi olup olmadığını izlemek amacıyla her gün refraktometre ile osmotik çözeltinin konsantrasyonu ölçülmüştür. 10-12 günlük osmotik dehidrasyon sonunda, osmotik çözelti konsantrasyonunda sadece % 1-2'lik azalma olduğu görülmüştür.

Osmotik dehidrasyon kinetiğini incelemek amacıyla zamanla su kaybı ve katı kazanımı değerleri nem içeriği ve katı içeriği değerlerine dönüştürülmüş, dehidrasyon hızının zamanla azalan trend göstermesi nedeniyle su ve katı transferinin katı içi difüzyon kontrolünde gerçekleştiği sonucuna varılmıştır. Osmotik dehidrasyon kinetiğinin incelendiği çalışmanın sonrasında su ve çözünen madde için difüzyon katsayıları hesaplanmıştır. Farklı osmotik ortamın, çözelti konsantrasyonunun, osmotik ortam sıcaklığının, osmotik dehidrasyon öncesi ön işlem uygulanmasının ve farklı örnek/çözelti oranı kullanımının su kaybı-katı kazanımı yanı sıra difüzyon katsayısına da etkisi incelenmiştir.

Deneyler sırasında ölçülen çap değerlerinin başlangıç değerine ($t=0$) bölünmesiyle boyutsuz hale getirildikten sonra boyutsuz nem içeriği ile değişimi incelenerek, osmotik dehidrasyon sırasında meydana gelen büzülme davranışı ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Bu amaçla çizilen grafiklerde doğruların adeta birbiri üzerine çakışık çıkması nedeniyle ve değişimi daha iyi ortaya koyabilmek amacıyla, boyutsuz nem ve boyutsuz çap arasındaki değişim $y=ax+b$ şeklinde bir doğru denklemi ile ifade edilip her bir durum için eğim ve kayma değerleri belirlendi. Tüm erik türlerinin osmotik dehidrasyonu sırasında yapısında meydana gelen büzülme, elde edilen bu eğim kayma değerlerinin mukayesesi ile incelendi. Osmotik dehidrasyon sırasında su ve çözünen için hesaplanan difüzyon katsayıları büzülmenin dikkate alındığı durum için yeniden hesaplandı ve büzülmesiz durum ile mukayese edildi.

Osmotik dehidrasyon işleminin eriklerin kuruma davranışına etkisini incelemek amacıyla erikler 75°C sabit sıcaklıkta, ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutuldu.

Uygulanan ön işlemler,

- 1) %10 NaOH ve %2 EO+ %5 K₂CO₃ çözeltilerine 5 dak daldırma
- 2) % 65'lik sakaroz, glikoz, maltoz ve maltodekstrin çözeltilerine 1 gün daldırılmasıyla kısmen osmotik dehidre etme ve
- 3) Kimyasal ön işlemden sonra 1 gün süreyle osmotik çözeltilerde kısmi osmotik dehidre etme şeklinde uygulandı.

Kurutma deneyleri sırasında 1 saatlik periyotlarda ağırlık ve çap ölçümleri yapılmıştır. Eriklerin kuruma kinetiklerini incelemek amacıyla zamanla nem içeriğindeki ve kuruma hızındaki değişim incelendi.

Osmotik dehidrasyon uygulanan erikler, hiçbir işlem görmeden kurutulan eriklerle ve ön işlem uygulandıktan sonra kurutulan eriklerle kuruma hızı, süresi bakımından mukayese edildi.

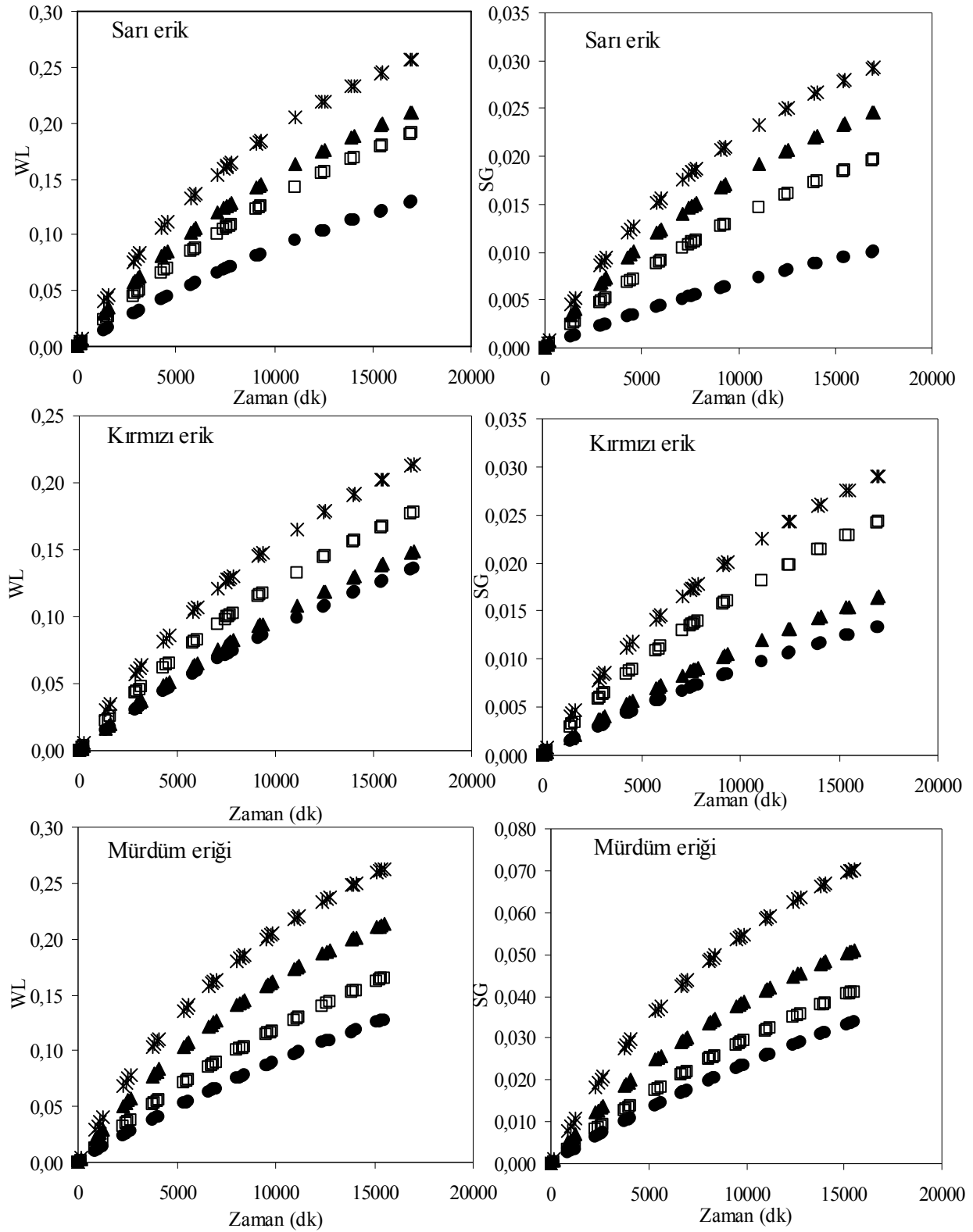
Azalan kuruma hızı döneminde meydana gelen kuruma için katı içi difüzyon katsayıları meyvede meydana gelen büzülmenin dikkate alındığı ve alınmadığı durumlar için hesaplandı.

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Erik örneklerinde, en etkin osmotik dehidrasyonu sağlayan çözelti tipi ve işlem koşullarını belirlemek amacıyla çeşitli faktörlerin osmotik dehidrasyon kinetiği üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ancak, her bir denemede yaklaşık aynı ağırlığa sahip eriklerin kullanılmasına rağmen yine de çekirdek ağırlığı, çap, olgunluk değerleri ve cinsleri birbirinden farklı olduğu dikkate alınması gereklidir.

6.1 Osmotik Dehidrasyona Farklı Osmotik Ortamın Etkisi

Su bakımından zengin olan erikler, hipertonic bir çözelti içine (şeker çözeltisi) daldırıldıktan sonra, suyun giderilmesi için yürütücü kuvvet oluşur. Bu kuvvet hücre içindeki akışkan ve çözelti arasındaki kimyasal potansiyel farkından kaynaklanır. Suyun difüzyonla uzaklaşma hızı, katı kazanım hızından daha fazladır. Buna meyvenin özsuğu ve hipertonic çevre arasındaki osmotik yürütücü kuvvet neden olur (Kowalska and Lenart 2001, Lazarides et al. 1995, Palau et al. 1994, Park et al. 2002). Osmotik dehidrasyonun ilk zamanlarında su kaybı ve katı kazanımı hızlı gerçekleşir. Eğer hücre membranı mükemmel bir yarı geçirgense, çözünen membrandan geçerek hücre içine transfer olamaz. Ancak, gıda maddelerindeki yarı geçirgen membranlar, karmaşık iç yapıya sahip olduklarından ve çeşitli ön işlemler sırasında hücre zarında bozulma meydana geldiğinden dolayı mükemmel değildir. Eriklerde osmotik dehidrasyon deneyleri, erik-çözelti arasında dengenin sağlanabilmesi amacıyla 1-12 gün arasında gerçekleştirilmiş ve her çözelti çeşidi için osmotik işlem süresi boyunca su kaybı ve katı kazanımının değişimi incelenmiştir. Şekil 6.1’de eriklerin osmotik dehidrasyonuna farklı osmotik ortam kullanımının etkisi gösterilmiştir.



Şekil 6.1 Eriklerin osmotik dehidrasyonuna farklı osmotik ortam kullanımının etkisi

(× sakaroz, ▲ glikoz, □ maltoz, ● maltodekstrin)

(WL=Su kaybı, SG=Katı madde kazanımı)

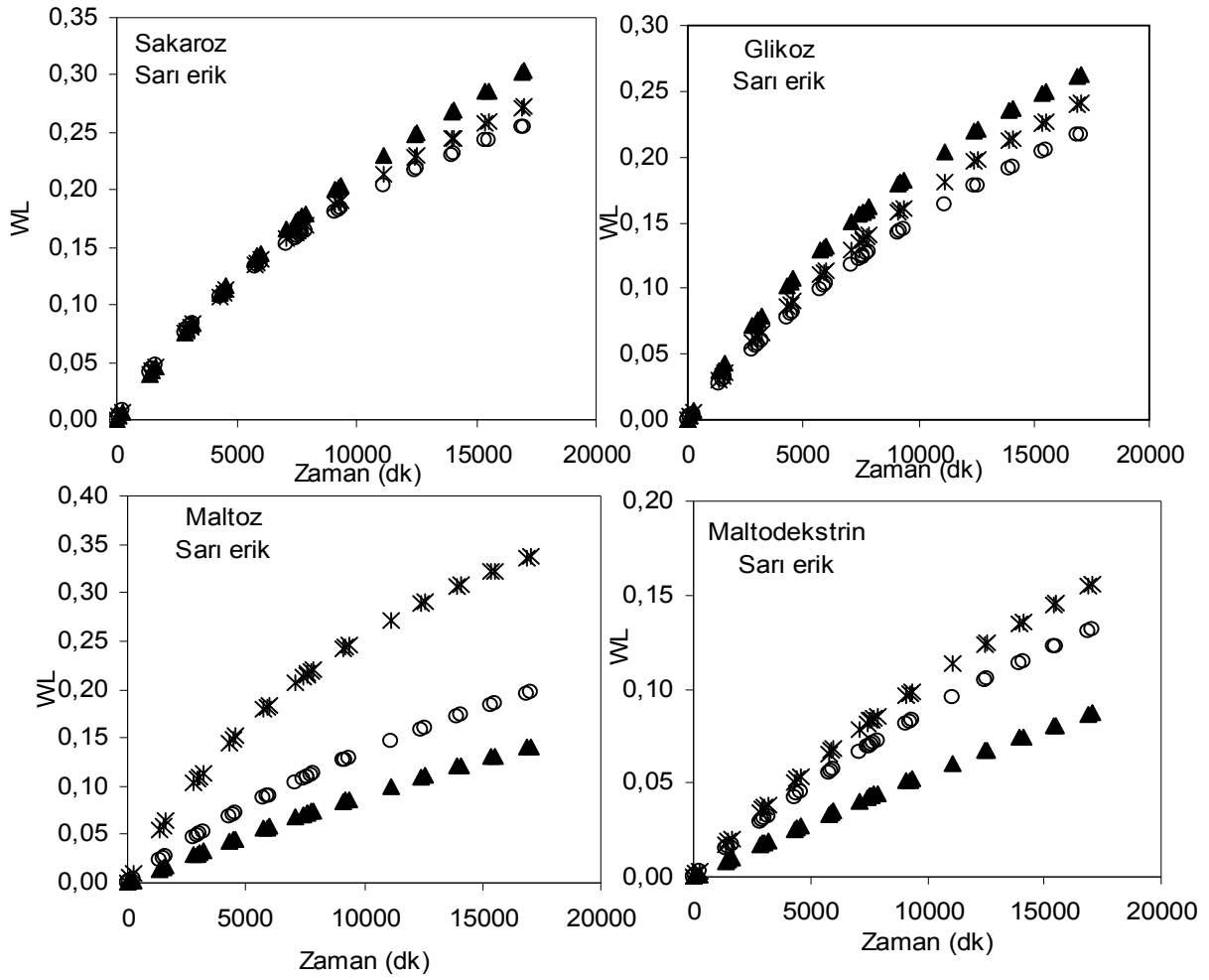
Her 3 cins erik türünde de en yüksek su kaybını sakaroz çözeltisi sağlamasına rağmen bu çözelti ile katı kazanımı da diğer çözeltilere kıyasla oldukça yüksek gerçekleşmiştir. Maltodekstrin ise bir polisakkarit olduğundan her 3 erik türünde de minimum katı kazanımına neden olmuştur. Ancak düşük katı kazanımı yanında su kaybının da düşük olması istenmeyen ve önerilmeyen bir durumdur. Osmotik çözeltiler içinde maltodekstrin, her üç erikte düşük su kaybı-katı kazanımı sağlamıştır. Maltodekstrinin plastikleştirici ve film oluşturuıcı özelliklerinden dolayı meyve yüzeyini kaplayarak suyun ve katının geçişini engellediği düşünülmektedir.

Şekil 6.1'den de görüldüğü gibi sakaroz çözeltisinde osmotik işlemin başlangıcında hızlı bir kütle transferi meydana gelmekte, en hızlı su ve ağırlık kaybı ilk 4 gün içinde gözlenmektedir. Su içeriğindeki değişme gibi en önemli katı madde kazanımı da ilk 4 gün içinde meydana gelmekte, daha sonra transfer hızı yavaşlamakta ve erik-çözelti arasında dinamik dengeye yaklaşılmaktadır.

6.2 Ön İşlem Uygulamanın Etkisi

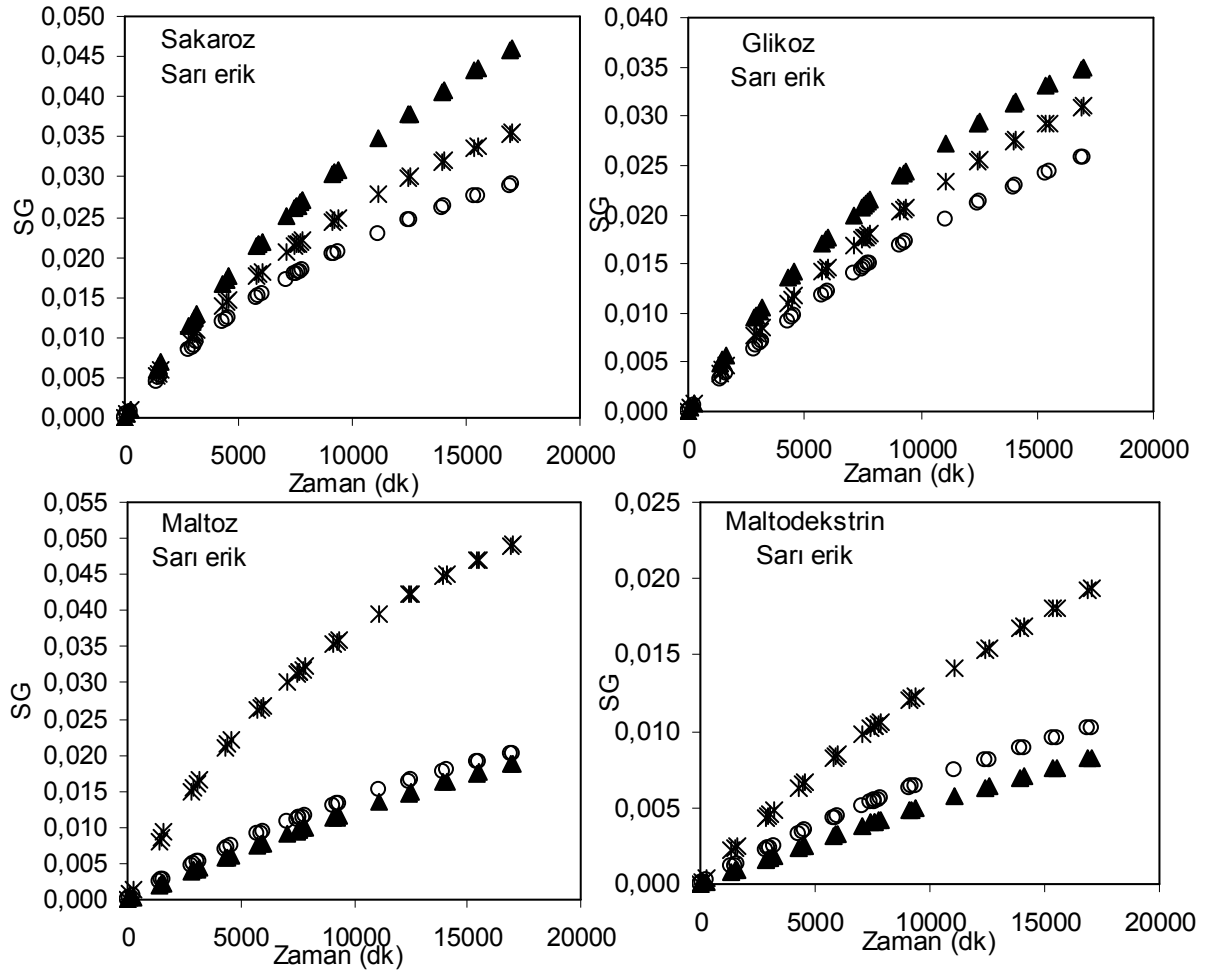
Osmotik dehidrasyon öncesi erikler, 5 dk. % 10 NaOH , % 2 EO+ % 5 K₂CO₃ çözeltilerinde bekletildikten sonra %65 konsantrasyondaki sakaroz, glikoz, maltoz, maltodekstrin çözeltilerinde osmotik dehidrasyona maruz bırakılmıştır.

%65 konsantrasyondaki sakaroz, glikoz, maltoz ve maltodekstrin çözeltilerinde osmotik dehidrasyona maruz bırakılan sarı eriklerin su kaybı değerlerine ön işlemin etkisini Şekil 6.2(a)'da, katı kazanımı değerlerine ön işlemin etkisini ise Şekil 6.2(b)'de gösterilmiştir. Kırmızı eriklerde ön işlemin su kaybı değerlerine etkisini Şekil 6.2(c)'de, katı kazanımı değerlerine etkisini Şekil 6.2(d)'de ve mürdüm eriklerinde ise ön işlemin su kaybı değerlerine etkisini Şekil 6.2(e)'de, katı kazanımı değerlerine etkisini Şekil 6.2(f)'de verilmiştir.



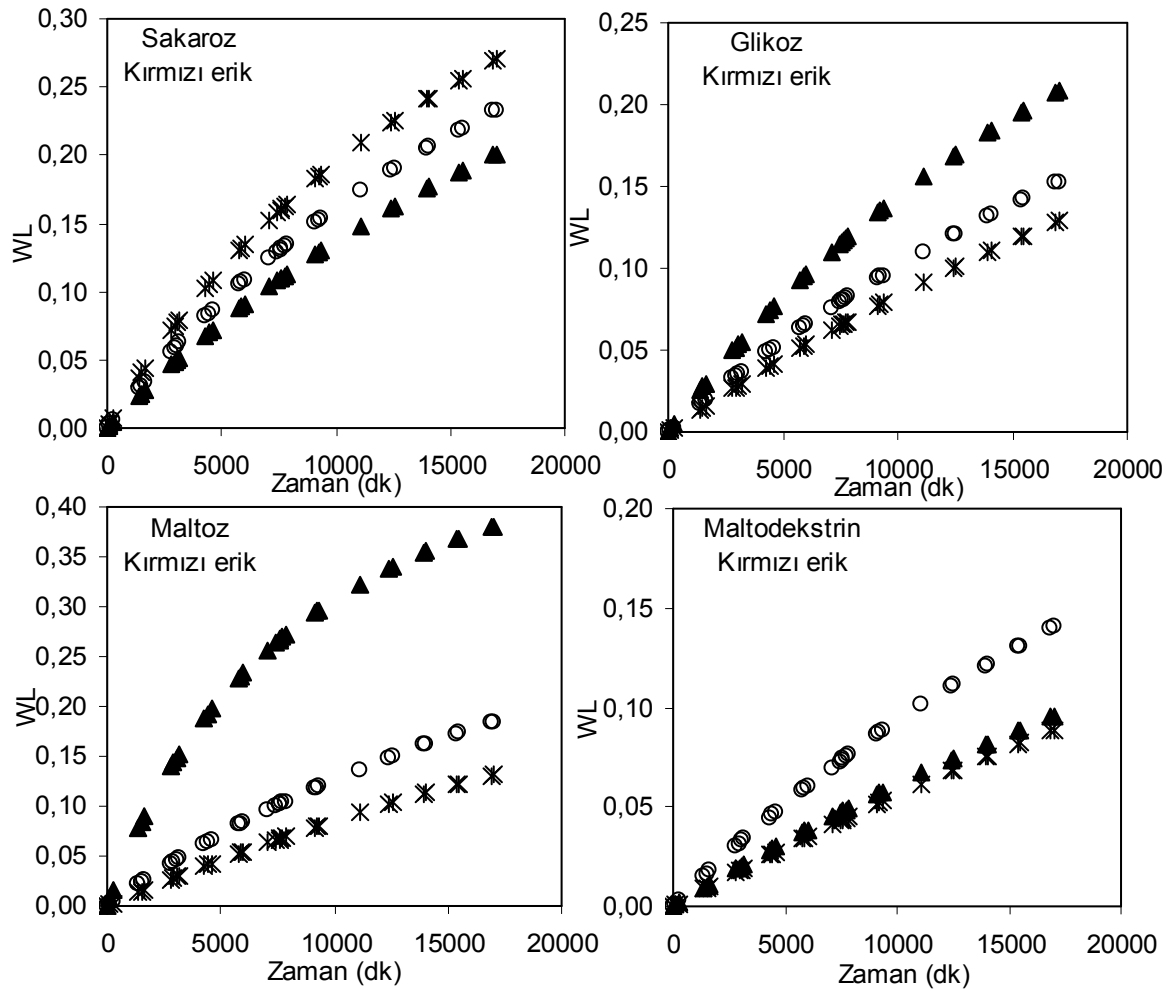
Şekil 6.2(a). Sarı eriklerin %65 konsantrasyondaki sakaroz, glikoz, maltoz, maltodekstrin çözeltileri içinde su kaybı (WL) değerlerine ön işlemin etkisi
(○ Ön işlemsiz, * NaOH, ▲ EO+K₂CO₃)

Şekil 6.2(a)'dan da görüldüğü gibi sarı eriklerde EO+K₂CO₃ ön işleminden sonra osmotik ortam olarak sakaroz ve glikoz çözeltileri kullanıldığında, osmotik dehidrasyon öncesi ön işlem uygulamanın su kaybı açısından etkili olduğu görüldü. Su kaybını artıran bu uygulamanın aynı zamanda katı kazanımını da artırması, ilk etapta olumsuzluk olarak görülse de katı kazanım değerlerinin su kaybı yanında çok küçük olduğu da göz ardı edilmemelidir.



Şekil 6.2(b). Sarı eriklerin %65 konsantrasyondaki sakaroz, glikoz, maltoz, maltodekstrin çözeltileri içinde katı kazanımı (SG) değerlerine ön işlemin etkisi
(○ Ön işlemsiz, * NaOH, ▲ EO+K₂CO₃)

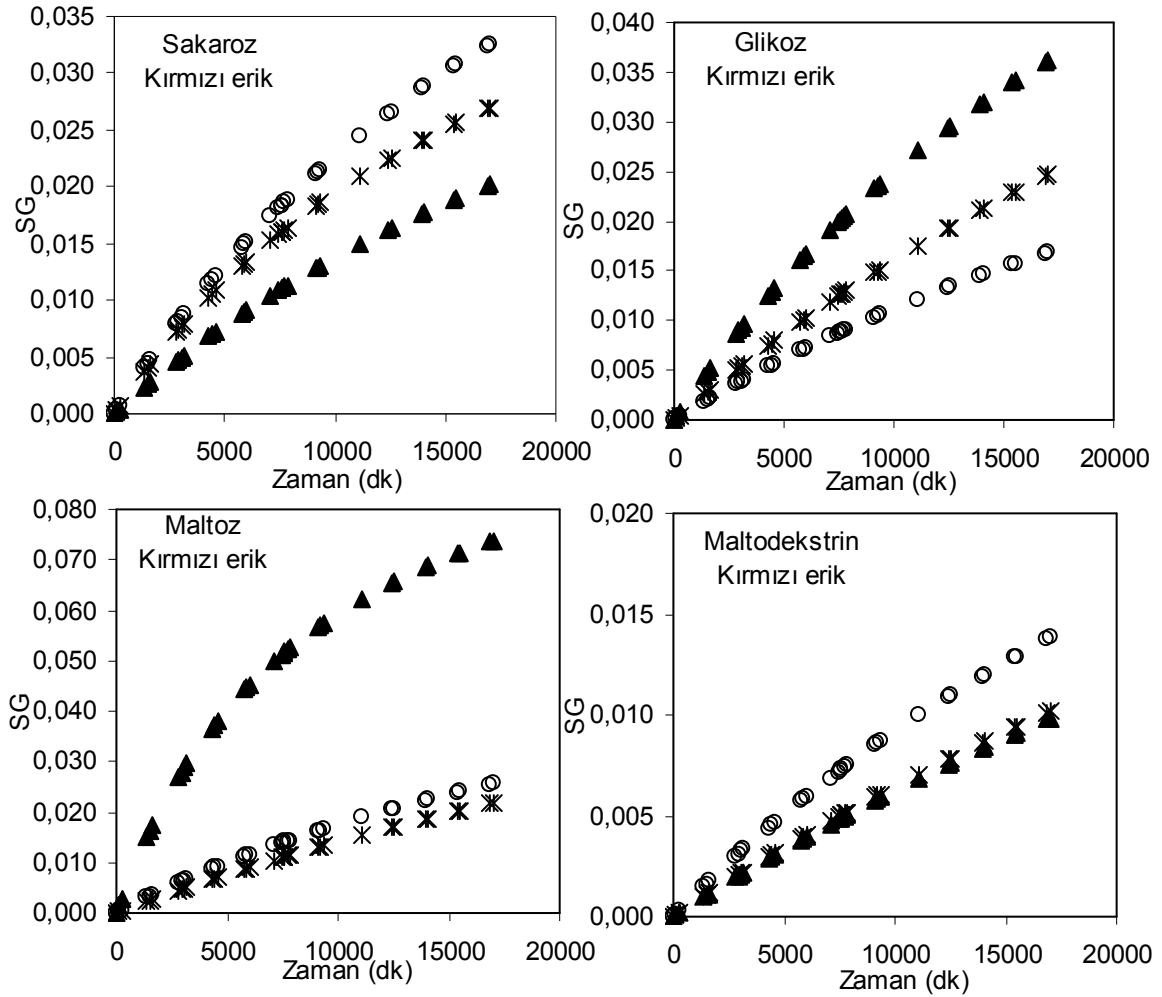
Şekil 6.2(a) ve Şekil 6.2(b)'den de görüldüğü gibi, NaOH ile muamele edilen sarı eriklerin maltoz ve maltodekstrin çözeltilerinde osmotik dehidrasyonu ile daha fazla su kaybettiği ve katı kazandığı gözlenmiştir. Ayrıca NaOH ile ön işlem uygulanan sarı eriklerin maltoz çözeltisindeki osmotik dehidrasyonunda su kaybı ve özellikle katı kazanımı diğer çözeltilere göre belirgin farklılık yaratmıştır.



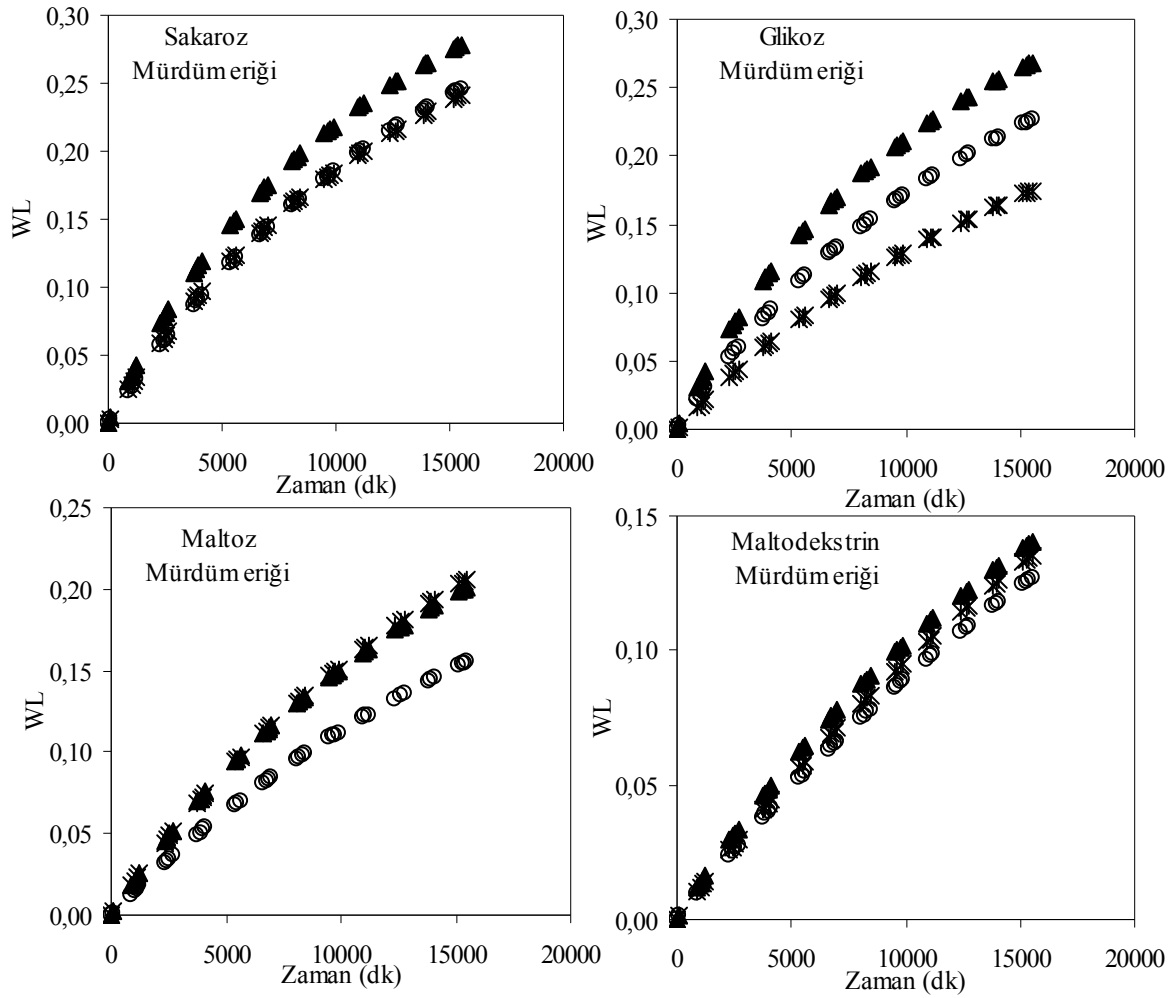
Şekil 6.2(c). Kırımızı eriklerin %65 konsantrasyondaki sakaroz, glikoz, maltoz ve maltodekstrin çözeltileri içinde su kaybı (WL) değerlerine ön işlemin etkisi
(o Ön işlemsiz, * NaOH, ▲ EO+K₂CO₃)

Kırımızı eriklerin %65 konsantrasyondaki sakaroz, glikoz, maltoz ve maltodekstrin çözeltileri içinde su kaybı [Şekil 6.2(c)] ve katı kazanımı [Şekil 6.2(d)] değerlerine ön işlemin etkisi incelendiğinde ise; NaOH ile muamele edilen kırmızı eriklerin sakaroz çözeltisinde iyi sonuç verdiği gözlenirken, EO+K₂CO₃ ile muamele edilen kırmızı eriklerin glikoz ve özellikle maltoz çözeltisinde yüksek su kaybı sağladığı gözlenmiştir. Ancak maltoz çözeltisinde yüksek su kaybı yanında diğer ön işlemlerde görülmeyen oranda katı kazanımı gerçekleşmesi bu ön işlem ve çözelti çifti için bir olumsuzluk olarak söylenebilir.

Ön işlemsiz ve ön işlem uygulanan eriklerin maltodekstrin çözeltisinde osmotik dehidrasyonu incelendiğinde uygulanan kimyasal ön işlem çözeltileri ile maltodekstrin arasında antogonistik etki nedeniyle beklenenden daha düşük düzeyde su kaybı ve katı kazanımı gerçekleşmiştir. Kırmızı eriklerin maltodekstrin çözeltisi ile osmotik olarak dehidre edileceği durumda ön işlem uygulamamanın daha uygun olacağı görülmüştür.



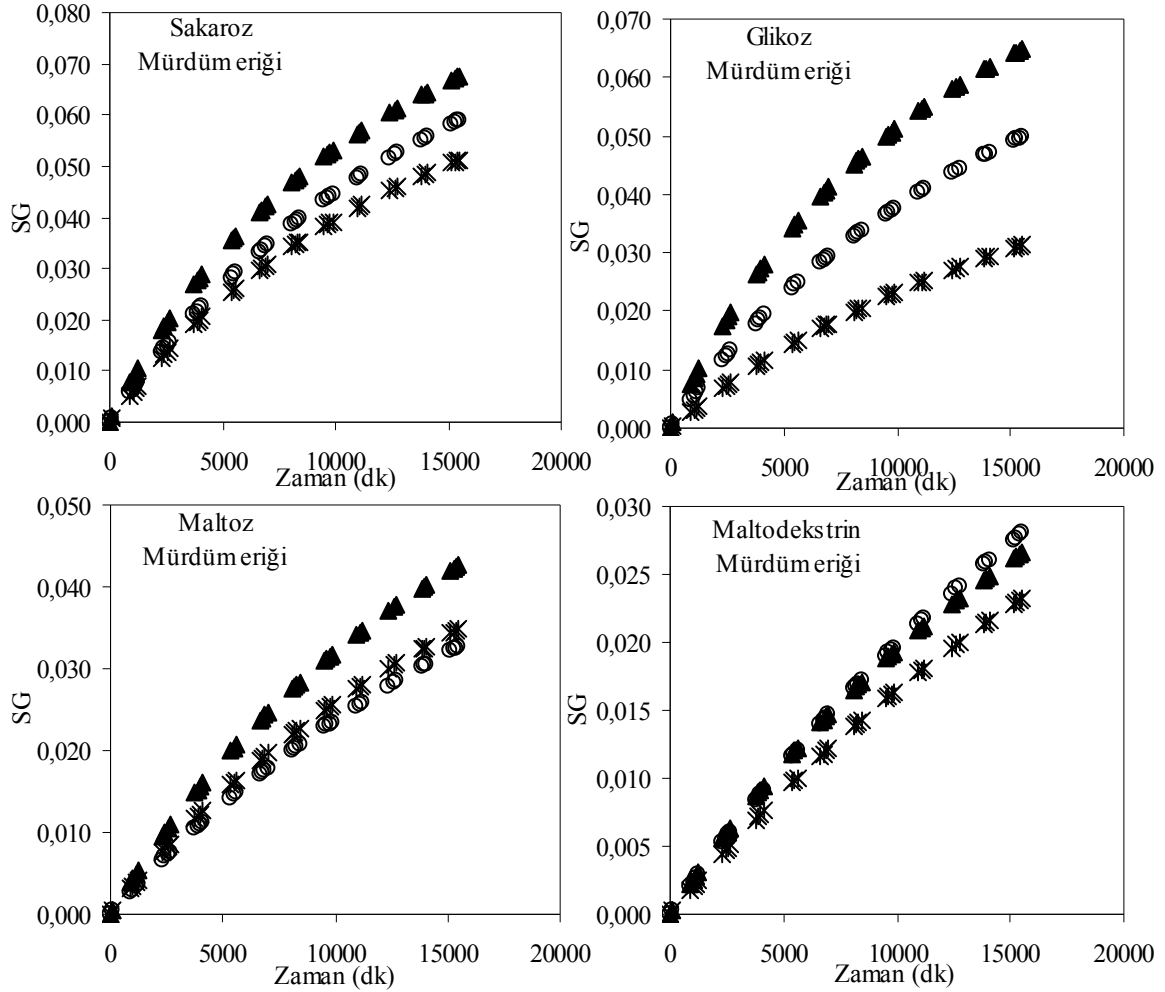
Şekil 6.2(d). Kırmızı eriklerin %65 konsantrasyondaki sakaroz, glikoz, maltoz, maltodekstrin çözeltileri içinde katı kazanımı (SG) değerlerine ön işlemin etkisi (○ Ön işlemsiz, * NaOH, ▲ EO+K₂CO₃)



Şekil 6.2(e). Mürdüm eriklerinin %65 konsantrasyondaki sakaroz, glikoz, maltoz, maltodekstrin çözeltileri içinde su kaybı (WL) değerlerine ön işlemin etkisi
(○ Ön işlemsiz, * NaOH, ▲ EO+K₂CO₃)

Şekil 6.2(e) ve Şekil 6.2(f)'den de görüldüğü gibi, ön işlem uygulanan mürdüm eriğinin osmotik dehidrasyonu incelendiğinde, sakaroz ve glikoz osmotik ortamlarında ön işlemin nerdeyse aynı derece de etkili olduğu gözlenmiştir. Bu osmotik ortamlarda EO+K₂CO₃ ön işlemi yüksek su kaybı yanında yüksek katı kazanımına yol açarken, NaOH ön işlemi çoğu zaman ön işlemsizden daha düşük su kaybı ve katı kazanımı sağlamıştır.

Mürdüm eriğinin NaOH ön işleminden sonra maltoz ve maltodekstrin çözeltileri ile osmotik dehidrasyon yapıldığında EO+K₂CO₃ ile aynı düzeyde su kaybı gözlenirken, EO+K₂CO₃'dan daha düşük katı kazanımına neden olması bakımından önerilebilecek ideal karışım ve uygulamalardan biri olduğu düşünülmektedir. Ancak genel olarak maltodekstrin çözeltisinde düşük su kaybı gözlenmesi de olumsuzluk olarak değerlendirilebilir.

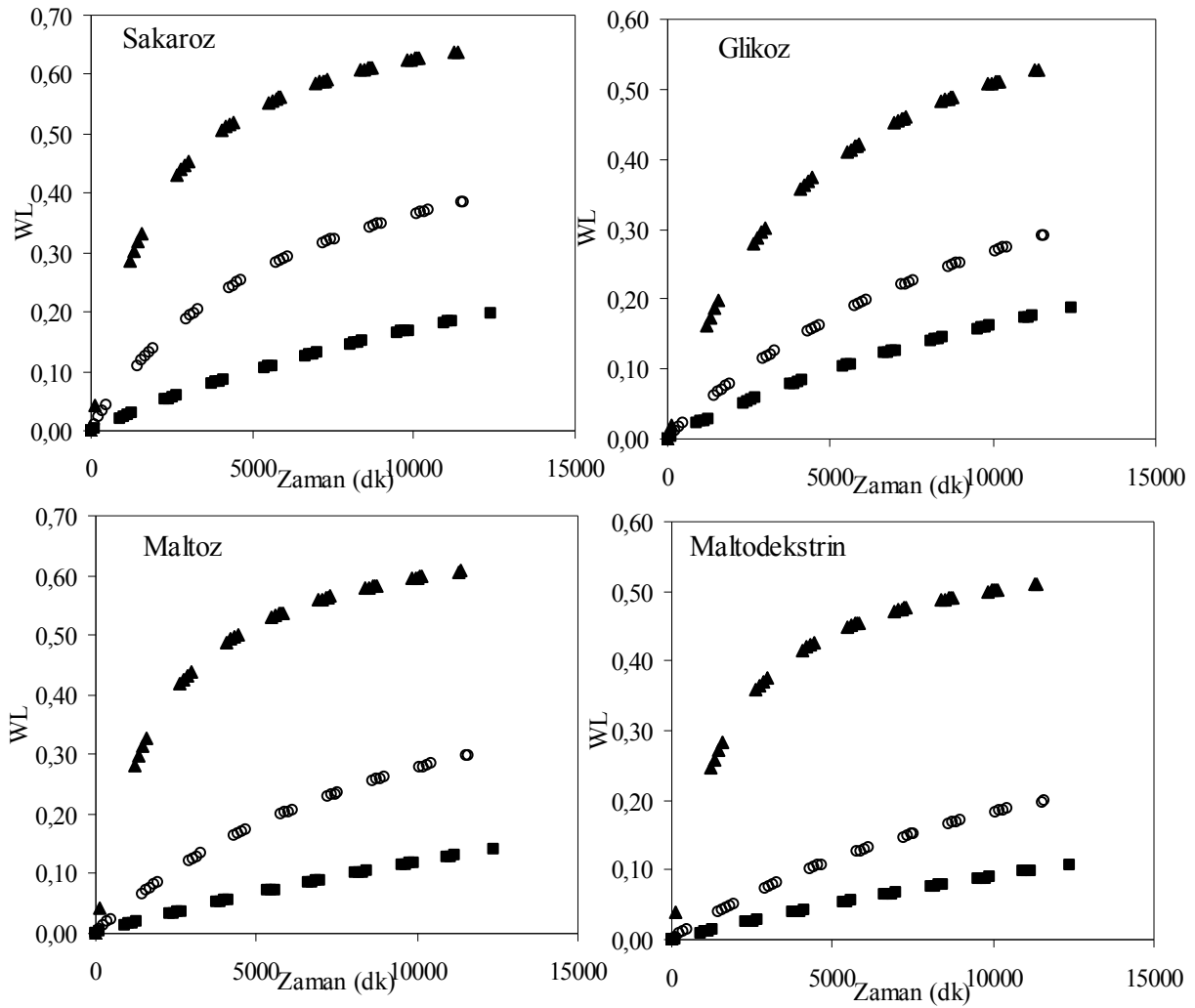


Şekil 6.2(f). Mürdüm eriklerinin %65 konsantrasyondaki sakaroz, glikoz, maltoz, maltodekstrin çözeltileri içinde katı kazanımı (SG) değerlerine ön işlemin etkisi
(○ Ön işlemsiz, * NaOH, ▲ EO+K₂CO₃)

Sonuç olarak, ön işlem uygulaması, her erik türünde ve her osmotik ortamda farklı etkiye neden olmuştur. Uygulanacak ön işlemin seçimi, eriğin cinsine ve kullanılacak çözeltiliye bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

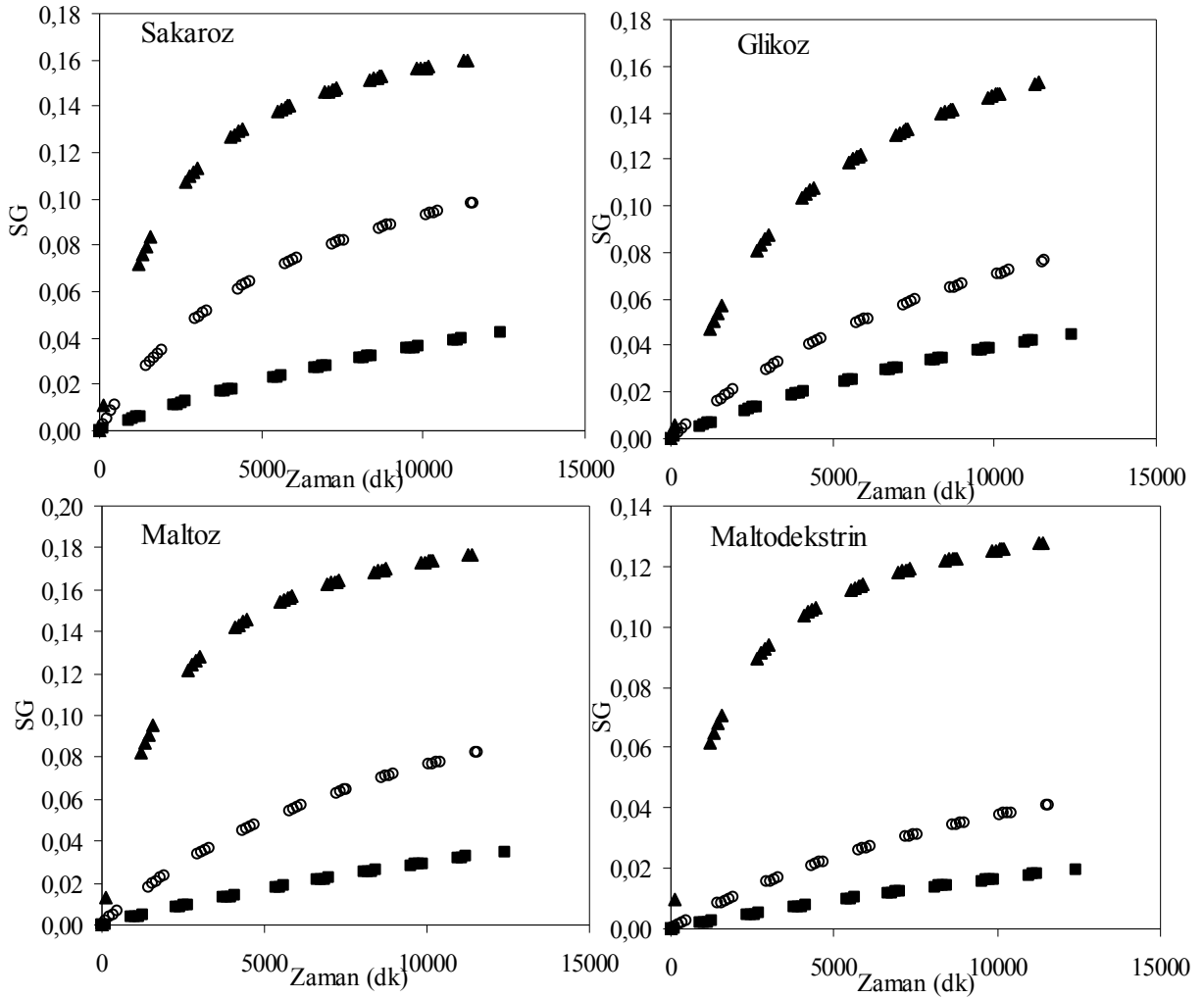
6.3 Osmotik Dehidrasyona Sıcaklığın Etkisi

Osmotik dehidrasyonda sıcaklığın etkisini incelemek amacıyla sadece mürdüm eriğine uygulanan deneyler, %65 konsantrasyonda sakaroz, glikoz, maltoz ve maltodekstrin çözeltileri için 25°C, 35°C ve 45°C’de gerçekleştirilmiş ve zamanla eriklerden uzaklaşan su miktarı Şekil 6.3(a)’da, kazanılan katı miktarı ise Şekil 6.3(b)’de gösterilmiştir.



Şekil 6.3(a). Mürdüm eriğinin %65 sakaroz, glikoz, maltoz ve maltodekstrin çözeltileri içerisinde su kaybı (WL) değerlerine sıcaklığın etkisi
(■ 25°C, ○ 35 °C, ▲ 45 °C)

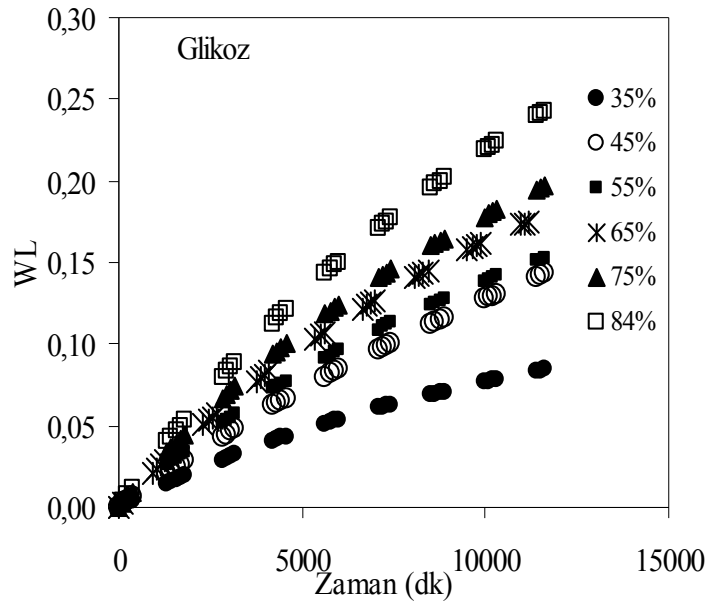
Şekillerden de görüldüğü gibi sıcaklığın artışı osmotik işlemi hızlandırmış ve sıcaklık arttıkça su kaybı ve katı kazanımı da belirgin oranda artmıştır. Su ve katı madde geçişinin sıcaklıkla artmasının, meyve dokusundaki gözeneklerin sıcaklık etkisiyle genişlemesi sonucunda en yüksek su kaybı ve katı kazanımının 45°C’de gerçekleştiği görülmüştür. Sakaroz ve maltoz çözeltilerinde katı kazanımı artarken su kaybı da artmıştır. Glikoz ve maltodekstrin çözeltilerinde ise aynı miktarlarda su uzaklaşırken, maltodekstrinde katı kazanımı diğer çözeltilere göre daha düşüktür. Ayrıca sıcaklığın artması sonucu mürdüm eriğinden şeker çözeltilerine geçen renk maddelerinin oranının da arttığı gözlenmiştir. Şurup rengi kırmızıya dönüşmüştür.



Şekil 6.3(b). Mürdüm eriğinin %65 sakaroz, glikoz, maltoz ve maltodekstrin çözeltileri içerisinde katı kazanımı (SG) değerlerine sıcaklığın etkisi (■ 25°C, ○ 35 °C, ▲ 45 °C)

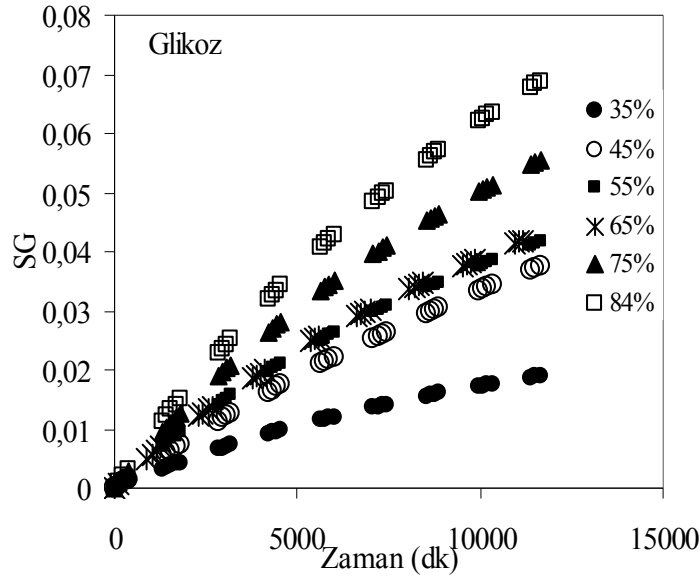
6.4 Osmotik Dehidrasyona Konsantrasyonun Etkisi

Osmotik çözelti konsantrasyonunun ve farklı çözünen maddelerin etkisi %35-84 konsantrasyon aralığında glikoz çözeltisi içinde sadece mürdüm eriğinde incelenmiş, bu çözelti içinde gerçekleştirilen osmotik dehidrasyon sırasında zamanla su kaybı Şekil 6.4(a)'da ve katı kazanımının değişimi Şekil 6.4(b)'de verilmiştir.



Şekil 6.4(a). Farklı konsantrasyonlarda glikoz çözeltisi içine daldırılan mürdüm eriğinin zamanla su kaybı (WL) değerleri

Osmotik çözeltilerde konsantrasyon arttıkça viskozite de arttığından kütle transferine karşı bir direnç oluşmaktadır. Durgun sistemlerde bu direncin kütle transferine etkisi önemli düzeylerde iken, ağırlık ölçümü için eriğin alınıp geri çözeltiye atılması sonucu oluşan karıştırma işlemi ile ihmal edilebilecek düzeye indirilmekte (Hawkes and Flink 1978), dolayısıyla üründen ayrılan suyun çözeltiye difüzyonu artmaktadır.

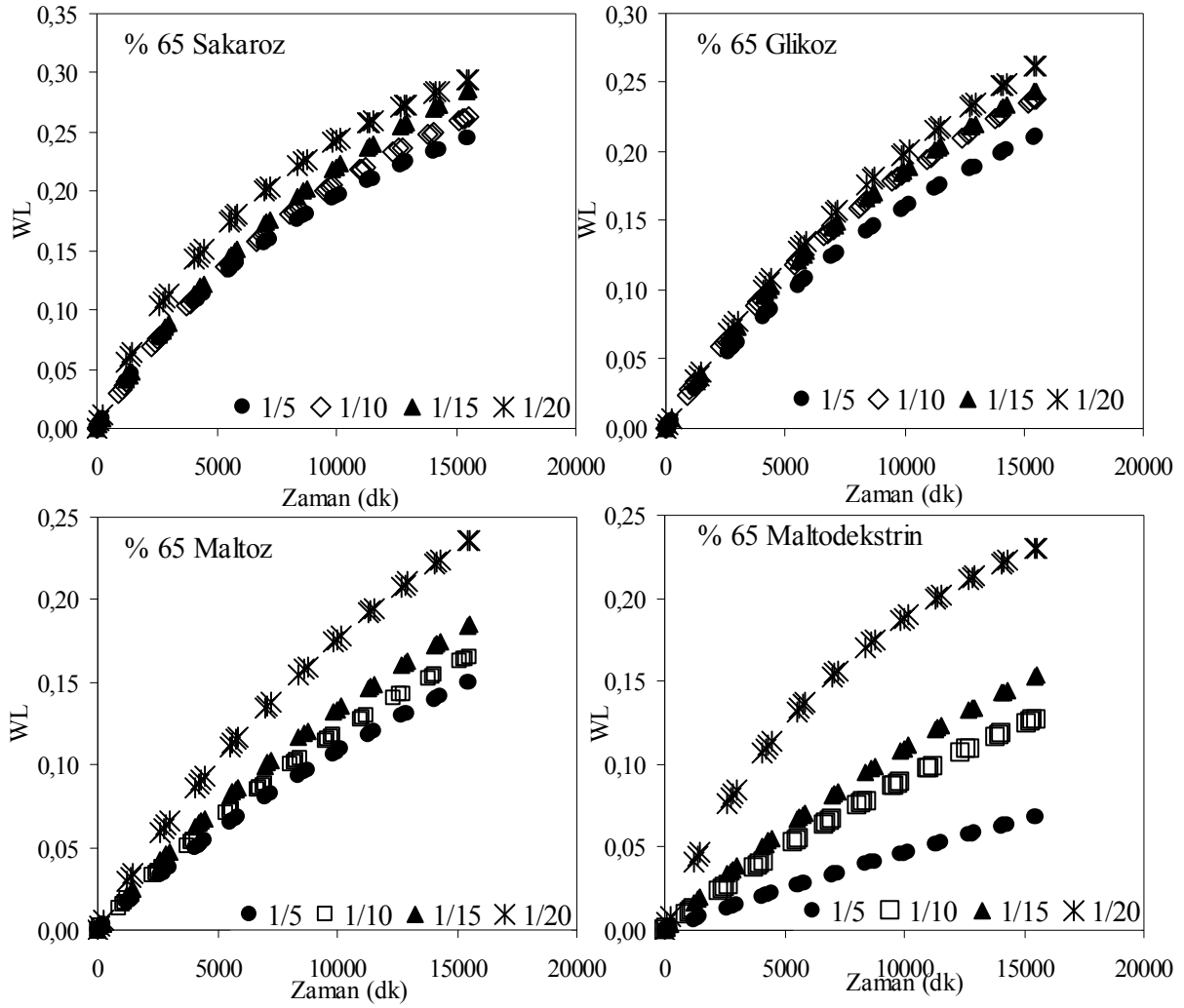


Şekil 6.4(b). Farklı konsantrasyonlarda glikoz çözeltisi içine daldırılan eriklerin zamanla katı kazanımı (SG) değerleri

Çözelti konsantrasyonundaki artış sonucunda osmotik basınç gradienti artar. Bu yüzden osmoz periyodu içinde daha yüksek su kaybı değerleri meydana gelir. Bu sonuçlar daha yüksek konsantrasyon ortamı seçildiğinde daha hızlı su kaybı meydana geldiğini ve kuruma süresinde kısalma olduğunu göstermiştir. Ancak daha fazla katı kazanımı da olduğu gözlenmiştir. Erikten suyun giderilmesi ve katı kazanımı konusunda en iyi sonucun %84 konsantrasyonunda olduğu görülmüştür.

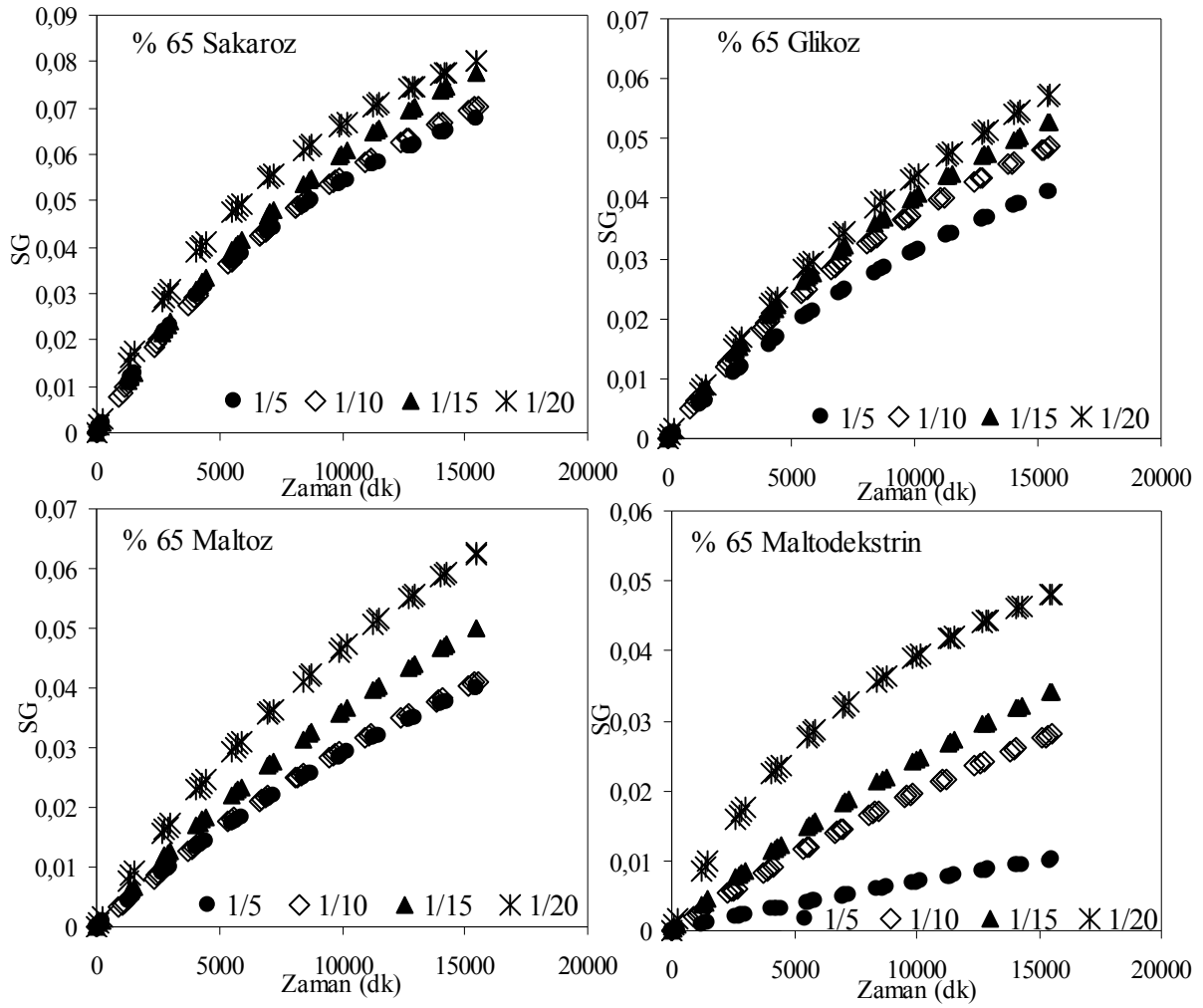
6.5 Örnek/Çözelti Oranının Etkisi

1/5, 1/10, 1/15, 1/20 örnek/çözelti oranının etkisi %65 konsantrasyonda sakaroz, glikoz, maltoz ve maltodekstrin çözeltileri üzerinde incelenmiş, bu çözeltiler içinde gerçekleştirilen zaman ile su kaybı değerleri Şekil 6.5(a)'da ve katı kazanımı değerleri Şekil 6.5(b)'de verilmiştir.



Şekil 6.5(a). Mürdüm Eriklerinin %65 konsantrasyondaki sakaroz, glikoz, maltoz ve maltodekstrin çözeltileri içerisindeki su kaybı (WL) değerlerine örnek/çözelti oranının etkisi

Su kaybı, azalan örnek/çözelti oranı ile artmakta; kuru madde kazanımı ise önemli düzeyde etkilenmemektedir. Yüksek örnek/çözelti oranında sistem dengeye hızlı ulaşmakta ve dehidrasyon istenilen düzeyde gerçekleştirilememektedir. Düşük örnek/çözelti oranı ise osmotik çözelti tekrar kullanılmadığı taktirde osmotik çözelti maliyetini arttırmaktadır (Lenart and Flink 1984a,b).



Şekil 6.5(b). Mürdüm eriklerinin %65 konsantrasyondaki sakaroz, glikoz, maltoz ve maltodekstrin çözeltileri içerisindeki katı kazanımı (SG) değerlerine örnek/çözelti oranının etkisi

6.6 Osmotik Dehidrasyonda Büzülme

Osmotik dehidrasyon sırasında meydana gelen büzülme, nem oranındaki değişim ile çaptaki değişimin grafiğe geçirilmesiyle incelenmektedir. Büzülme üzerinde osmotik ortamın etkisi, ön işlem uygulamanın etkisi, sıcaklığın etkisi, ortam konsantrasyonunun etkisi, örnek/çözelti oranının etkisi incelenmiştir.

Sakaroz, glikoz, maltoz ve maltodekstrin çözeltilerinde oda sıcaklığında osmotik dehidrasyona tabi tutulan ve ön işlem uygulanarak osmotik dehidrasyona tabi tutulan eriklerde medyana gelen büzülme 3 erik çeşidinde de denenirken, sıcaklığın etkisi, ortam konsantrasyonunun etkisi, örnek/çözelti oranının etkisi sadece mürdüm eriğinde yapıldı. Bulunan büzülme değerlerinin birbirine çok yakın değerler çıkması nedeniyle ve grafiklerde net şekilde ayırt edilmemesi sebebiyle, çizilen grafiklerin eğimleri alınmış ve denklem ($y=ax+b$) şeklinde bulunan değerler tabloda verilmektedir.

Doğruların kayma değerlerinin (b) azalması, eğim değerlerinin (a) büyümesi büzülmenin daha fazla olduğunun göstergesi olarak kabul edilir.

6.6.1 Büzülmeye Osmotik Ortamın Etkisi

Ön işlemsiz eriklerin farklı osmotik ortamlarda osmotik dehidrasyonu sırasında meydana gelen çapsal büzülme Çizelge 6.1’de verilmiştir.

Çizelge 6.1 %65 konsantrasyondaki sakaroz, glikoz, maltoz ve maltodekstrin çözeltilerinde osmotik dehidrasyona tabi tutulan farklı erik örneklerinin eğim (a) ve kayma (b) değerleri

Erik Türleri	Çözelti	a(eğim)	b(kayma)	R ²
Sarı erik	sakaroz	0,6112	0,4063	0,9840
	glikoz	0,5498	0,4676	0,9623
	maltoz	0,6031	0,3973	0,9810
	maltodekstrin	0,7781	0,2268	0,9558
Kırmızı erik	sakaroz	0,4552	0,5672	0,8949
	glikoz	0,5236	0,4840	0,9514
	maltoz	0,5236	0,4840	0,9514
	maltodekstrin	0,9499	0,0767	0,9248
Mürdüm eriği	sakaroz	0,3382	0,6512	0,9456
	glikoz	0,3145	0,6735	0,9472
	maltoz	0,4487	0,5551	0,9310
	maltodekstrin	0,4236	0,5793	0,9384

Çizelge 6.1’den görüldüğü üzere, sarı eriğin ve mürdüm eriğinin glikoz çözeltisinde, kırmızı eriğin ise sakaroz çözeltisinde osmotik olarak dehidre edilmesinde diğer çözeltilere göre daha az büzülme meydana gelmektedir. En fazla büzülme ise sarı ve kırmızı erikte maltodekstrin çözeltisi, mürdüm eriğinde ise maltoz çözeltisinde osmotik dehidre edildiği zaman gözlenmiştir.

6.6.2 Büzülmeye Ön işlemin Etkisi

Sarı, kırmızı ve mürdüm eriklerinin; sakaroz, glikoz, maltoz, maltodekstrin çözeltilerindeki osmotik dehidrasyonu sırasında meydana gelen çapsal büzülmelerine karşı ön işlemin etkisi Çizelge 6.2’de verilmiştir.

Çizelge 6.2’den de görüldüğü gibi, ön işlemsiz olarak sakaroz, glikoz, maltoz ve maltodekstrin çözeltilerinde osmotik dehidrasyona maruz bırakılan sarı eriklerin, ön işlemlilere kıyasla daha fazla oranda büzülme gösterdiği gözlenmektedir. Ön işlemin sarı erikte pek fazla etkisi olmadığı görülmektedir. Sakaroz çözeltisinde $EO+K_2CO_3$ ile muamele edilen ve glikoz, maltoz, maltodekstrin çözeltilerinde ise NaOH ile muamele edilen sarı eriklerin eğim ve kayma değerlerinden de görüldüğü gibi en az oranda büzülme gerçekleşmiştir.

Kırmızı erikte ise ön işlemin ve farklı çözelti uygulanmasının büzülme üzerindeki etkilerinin farklı olduğu görülmektedir. Glikoz ve maltoz çözeltisinde NaOH ile muamele edilen kırmızı eriklerin daha fazla oranda büzülme eğilimi gösterirken, maltodekstrin çözeltisinde ön işlem uygulanmadan osmotik dehidrasyona tabi tutulan eriklerde ve sakaroz çözeltisinde ise $EO+K_2CO_3$ ile muamele edilen kırmızı eriklerde daha fazla büzülme trendi gözlenmiştir.

Sakaroz ve maltoz çözeltilerinde NaOH ile muamele edilen mürdüm eriklerinde çok az büzülme gözlenirken, glikoz çözeltisinde $EO+K_2CO_3$ ile muamele edilen mürdüm eriklerinde daha az büzülme gözlenmiştir. Maltodekstrin çözeltisi incelendiğinde ise ön işlemsiz osmotik dehidrasyona tabi tutulan mürdüm eriklerinde büzülme çok azdır.

Çizelge 6.2 %65 konsantrasyondaki sakaroz, glikoz, maltoz, maltodekstrin çözeltileri içindeki sarı, kırmızı ve mürdüm eriğinin büzülme değerlerine ön işlemin etkisi (eğim (a) ve kayma (b) değerleri)

Erik Türleri	Çözelti	Ön işlem	a(eğim)	b (kayma)	R ²
Sarı erik	sakaroz	Ön işlemsiz	0,6112	0,4063	0,9840
		NaOH	0,4050	0,6136	0,9420
		EO+K ₂ CO ₃	0,3186	0,6710	0,9343
	glikoz	Ön işlemsiz	0,5498	0,4676	0,9623
		NaOH	0,3435	0,6611	0,9176
		EO+K ₂ CO ₃	0,5423	0,4724	0,9736
	maltoz	Ön işlemsiz	0,6031	0,3973	0,9810
		NaOH	0,4240	0,5901	0,9640
		EO+K ₂ CO ₃	0,5695	0,4256	0,8722
	maltodekstrin	Ön işlemsiz	0,7781	0,2268	0,9558
		NaOH	0,7600	0,2438	0,9533
		EO+K ₂ CO ₃	0,8495	0,1565	0,9637
Kırmızı erik	sakaroz	Ön işlemsiz	0,4552	0,5672	0,8949
		NaOH	0,4732	0,5310	0,9052
		EO+K ₂ CO ₃	0,5041	0,4991	0,9243
	glikoz	Ön işlemsiz	0,5236	0,4840	0,9514
		NaOH	0,6123	0,3781	0,8275
		EO+K ₂ CO ₃	0,2266	0,7864	0,6980
	maltoz	Ön işlemsiz	0,5236	0,4840	0,9514
		NaOH	0,6074	0,4071	0,8805
		EO+K ₂ CO ₃	0,4194	0,6210	0,8813
	maltodekstrin	Ön işlemsiz	0,9499	0,0767	0,9248
		NaOH	0,8602	0,1576	0,8097
		EO+K ₂ CO ₃	0,9497	0,0454	0,9229
Mürdüm eriği	sakaroz	Ön işlemsiz	0,3382	0,6512	0,9456
		NaOH	0,2704	0,7042	0,8978
		EO+K ₂ CO ₃	0,3257	0,6755	0,9514
	glikoz	Ön işlemsiz	0,3145	0,6735	0,9472
		NaOH	0,4092	0,5868	0,9459
		EO+K ₂ CO ₃	0,2941	0,7031	0,9478
	maltoz	Ön işlemsiz	0,4487	0,5551	0,9310
		NaOH	0,2897	0,7071	0,9404
		EO+K ₂ CO ₃	0,4296	0,5645	0,9330
	maltodekstrin	Ön işlemsiz	0,4236	0,5793	0,9384
		NaOH	0,4247	0,5773	0,9236
		EO+K ₂ CO ₃	0,6116	0,4020	0,9637

6.6.3 Büzülmeye Sıcaklığın Etkisi

Büzülmede sıcaklığın etkisini incelemek amacıyla sadece mürdüm eriğine uygulanan deneyler, %65 konsantrasyonda sakaroz, glikoz, maltoz ve maltodekstrin çözeltileri için 25°C, 35°C ve 45°C’de gerçekleştirilmiş ve çapsal büzülmeye sıcaklığın etkisini incelemek amacıyla eğim (a) ve kayma (b) değerleri Çizelge 6.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.3 %65 konsantrasyondaki sakaroz, glikoz, maltoz, maltodekstrin çözeltileri içindeki mürdüm eriğinin büzülme değerlerine sıcaklığın etkisi (eğim (a) ve kayma (b) değerleri)

Erik Türü	Çözelti	Sıcaklık	a (eğim)	b (kayma)	R ²
Mürdüm eriği	sakaroz	25 °C	0,3382	0,6512	0,9456
		35 °C	0,1684	0,8446	0,8726
		45 °C	0,2186	0,7923	0,9858
	glikoz	25 °C	0,3145	0,6735	0,9472
		35 °C	0,2086	0,7984	0,8655
		45 °C	0,2547	0,7709	0,9144
	maltoz	25 °C	0,4487	0,5551	0,9310
		35 °C	0,2145	0,7913	0,9431
		45 °C	0,2286	0,8209	0,8335
	maltodekstrin	25 °C	0,4236	0,5793	0,9384
		35 °C	0,3043	0,7106	0,9553
		45 °C	0,3166	0,7273	0,9285

Çizelge 6.3’den görüldüğü gibi tüm çözeltilerde osmotik ortam sıcaklığının artmasıyla oda sıcaklığında yapılan osmotik dehidrasyona göre daha az büzülme meydana gelmiştir. 35 ve 45°C’ ler birbiriyle mukayese edildiğinde en az büzülmenin 35°C’ de meydana geldiği, sıcaklıktaki artışla büzülmede az da olsa bir artışın olduğu ancak yine de oda sıcaklığında yapılan dehidrasyona göre daha az büzülmenin meydana geldiği düşük eğim değerleri ve paralelinde yüksek kayma değerlerinden görülmektedir.

6.6.4 Büzülmeye Konsantrasyonun Etkisi

Osmotik dehidrasyona tabi tutulan mürdüm eriğinin çapsal büzülmesine konsantrasyonun etkisini incelemek için; sadece mürdüm eriğinde, %35-84 konsantrasyon aralığında glikoz çözeltisi içinde incelenmiştir. Elde edilen eğim (a) ve kayma değerleri (b) Çizelge 6.4 'de verilmiştir.

Çizelge 6.4. Osmotik ortam konsantrasyonunun büzülmeye etkisi

Erik Türü	Çözelti	Konsantrasyon	a (eğim)	b (kayma)	R ²
Mürdüm eriği	Glikoz	35%	0,3991	0,6081	0,8358
		45%	0,3251	0,6734	0,9205
		55%	0,3155	0,6926	0,9083
		65%	0,3145	0,6735	0,9472
		75%	0,2813	0,7184	0,9462
		84%	0,3154	0,6807	0,9568

Çizelge 6.4'den görüldüğü üzere osmotik ortam konsantrasyonunun artmasıyla eğim değerlerinde azalma paralelinde kayma değerlerinde artış gözlenmesiyle büzülme azalma yönünde bir trend göstermektedir. Ancak en yoğun konsantrasyon olan 84 brixde büzülme tekrar artış eğilimi göstermektedir. Büzülmenin minimum olduğu optimum konsantrasyon olarak %75 önerilebilir.

6.6.5 Büzülmeye Örnek/Çözelti Oranının Etkisi

1/5, 1/10, 1/15, 1/20 örnek/çözelti oranının büzülmeye etkisi, %65 konsantrasyonda sakaroz, glikoz, maltoz ve maltodekstrin çözeltileri üzerinde incelenmiş, elde edilen grafiklerden bulunan eğim (a) ve kayma (b) değerleri Çizelge 6.5'de verilmiştir.

Çizelge 6.5 Farklı örnek/çözelti oranının büzülmeye etkisi

Erik Türü	Çözelti	Örnek/çözelti oranı	a (eğim)	b (kayma)	R ²
Mürdüm eriği	sakaroz	1/5	0,3562	0,6523	0,9515
		1/10	0,3382	0,6512	0,9456
		1/15	0,2745	0,7402	0,9308
		1/20	0,2659	0,7514	0,8991
	glikoz	1/5	0,2933	0,7182	0,8396
		1/10	0,3145	0,6735	0,9472
		1/15	0,3010	0,7079	0,9476
		1/20	0,1916	0,8228	0,8731
	maltoz	1/5	0,4156	0,5892	0,9374
		1/10	0,4122	0,5834	0,9310
		1/15	0,2196	0,7905	0,8749
		1/20	0,1856	0,8234	0,9349
	maltodekstrin	1/5	0,6391	0,3679	0,8844
		1/10	0,4236	0,5793	0,9384
		1/15	0,3258	0,6714	0,9054
		1/20	0,3024	0,7075	0,8820

Tüm osmotik ortamlarda örnek/çözelti oranının azalmasıyla daha az büzülme gözlenmiştir. Örnek/çözelti oranının bu düşük değerinde (1/20), meyveden uzaklaşan su çözeltiye geçtiğinde onun seyrelmesine neden olmayacağından diğer örnek/çözelti oranlarına göre daha hızlı kütle transferi gerçekleştiği daha önceki grafiklerde gözlenen bir sonuçtu. Aynı şekilde Çizelge 6.5’de en az büzülmenin meydana geldiği örnek/çözelti oranı olarak da 1/20 oranının görülmesi, etkili bir osmotik dehidrasyon için bu oranın kullanımını ikinci defa destekleyen bir bulgu olarak görülmektedir.

6.7 Osmotik Dehidrasyon Kinetiği

Osmotik dehidrasyon deneylerinde elde edilen su kaybı ve katı kazanımı değerleri kullanılarak zamana karşı maddedeki nem içeriği ve katı içeriği değerleri belirlendi.

Osmotik dehidrasyon sırasında ağırlık kaybı aşağıdaki eşitlikle ifade edilebilir.

$$\text{Ağırlık Kaybı (ML)} = \text{Su kaybı (WL)} - \text{Katı kazanımı (SG)}$$

Herhangi bir t anındaki nem ve katı içeriği;

$$\text{Nem içeriği (g/g)} = (\text{Başlangıçtaki su} - \text{su kaybı}) / \text{Başlangıçta kuru katı}$$

$$\text{Katı içeriği (g/g)} = (\text{Başlangıçtaki kuru katı} + \text{katı kazanımı}) / \text{Başlangıçtaki kuru katı}$$

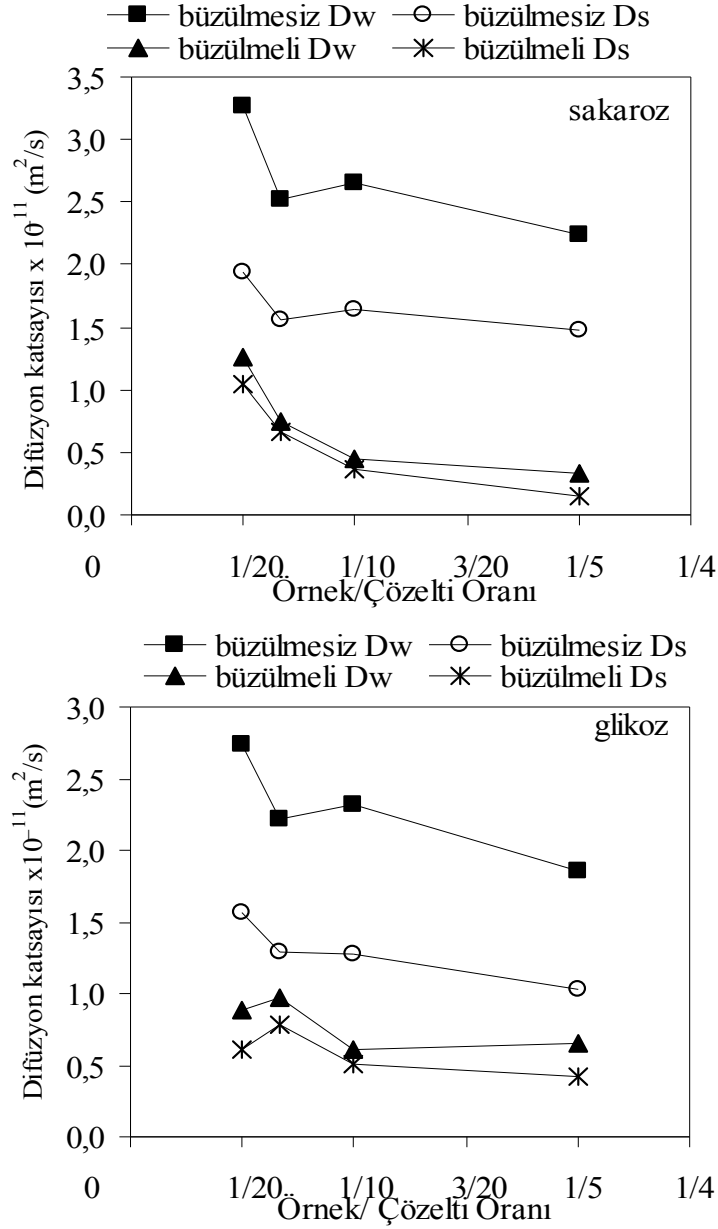
WL ve SG değerleri başlangıçtaki yaş madde miktarlarına göre ifade edildiğinden yukarıdaki su kaybı ve katı kazanımı yerine WL x örneğin başlangıç ağırlığı ve SG x örneğin başlangıç ağırlığı yazılarak nem ve katı içeriği hesaplanmıştır. Katı madde içeriklerinin ve nem içeriklerinin ortalamasına karşı kuruma hızı (dM/dt ve dS/dt) değerlerinin grafiğe geçirilmesiyle elde edilen grafiğin, ortalama katı ve nem içeriği eksenini kestiği nokta bize dengedeki katı içeriğini (Se) ve dengedeki nem içeriğini (Me) verir.

İzotermal transfer proseslerinde, Fick'in yasası, kararsız hal ve sürekli akış altında, çoğunlukla gıda maddelerinden suyun ve çözünenin difüzyon katsayısını tahmin etmede kullanılır. Osmotik dehidrasyon prosesleri, gıda maddesinin çözünen kazanımı ve su kaybı hızı ile karakterize edilebilir. Yüzeyde sabit konsantrasyon (düşük örnek/çözelti oranı ile ihmal edilebilir dış direnç) ve katı-sıvı ara yüzeyinde ihmal edilebilir direnç (yeterli karıştırma) için materyalin iç direnci (difüzyon) su ve çözünen transferini kontrol eder. 10-12 gün gibi osmotik dehidrasyon süreleri sonunda çözeltinin konsantrasyonunda önemli bir değişimin olmaması erik ile osmotik çözelti arasındaki kütle transferinde dış direncin ihmal edilebilecek kadar düşük kalmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle eriklerin osmotik dehidrasyonu sırasında meydana gelen kütle transferi sadece katı içi difüzyonu ifade eden iç direnç etkili olmaktadır.

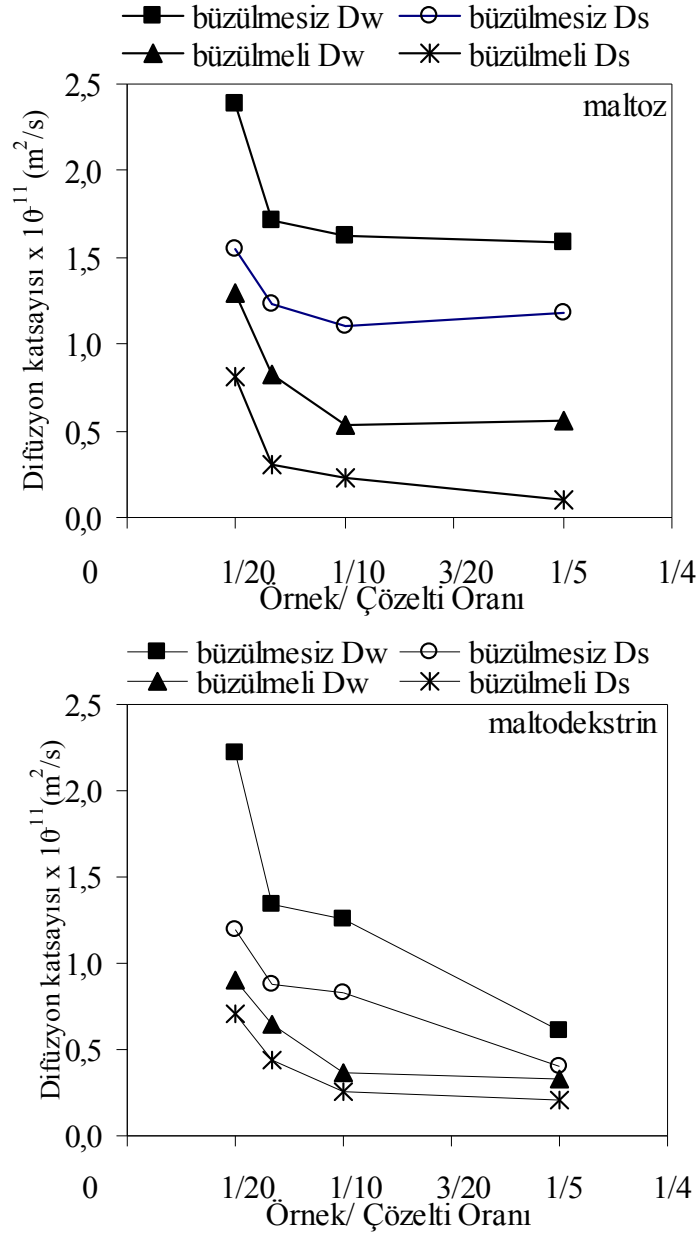
6.7.1 Farklı Madde ve Farklı Örnek/Çözelti Oranları İçin Dw, Ds Değerleri

Mürdüm eriğine, 1/5, 1/10, 1/15 ve 1/20 örnek/çözelti oranı kullanılarak uygulanan osmotik dehidrasyon işleminde, %65 konsantrasyondaki sakaroz ve glikoz

çözeltilerinde (büzülmeli ve büzülmesiz durumda) su ve katı madde için difüzyon katsayıları Şekil 6.6(a) ve maltoz ve maltodekstrin çözeltilerinde (büzülmeli ve büzülmesiz durumda) su ve katı madde için difüzyon katsayıları Şekil 6.6(b)'de verilmiştir.



Şekil 6.6(a). Mürdüm eriğinin sakaroz ve glikoz çözeltilerinde osmotik dehidrasyonu sırasında difüzyon katsayılarının örnek/çözelti oranı ile değişimi



Şekil 6.6(b). Mürdüm eriğinin maltoz ve maltodekstrin çözeltilerinde osmotik dehidrasyonu sırasında difüzyon katsayılarının örnek/çözelti oranı ile değişimi

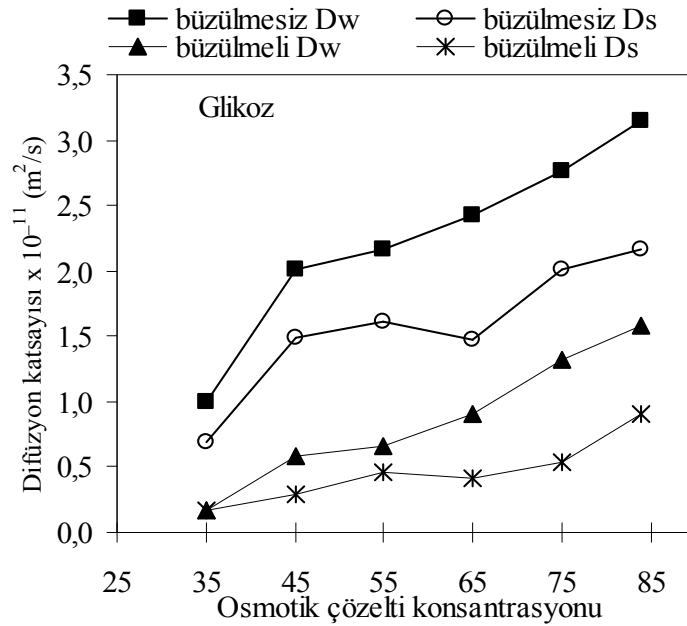
Şekil 6.6(a,b)'den görüldüğü üzere, örneğin içinde bulunduğu çözeltinin miktarı arttıkça difüzyon katsayıları artmaktadır. Çözelti miktarının artması ile çözelti içindeki çözünen miktarındaki artışın, difüzyon katsayısındaki artışa neden olduğu söylenebilir. Aynı şekilde suyun difüzyon katsayısı da örnek/çözelti oranı azaldıkça artmaktadır. Örnek/çözelti oranının azalmasıyla meyveden çözeltiye geçen su nedeniyle çözeltide seyrelme meydana gelmeyecektir.

Çözeltinin konsantrasyonu azalmadığı için yürütücü kuvvet de değişmeyecek ve osmotik dehidrasyon işleminin daha hızlı bir şekilde devam edecektir.

Yine Şekil 6.6'dan görüldüğü üzere meyvede meydana gelen çap değişiminin dikkate alındığı durumda daha düşük difüzyon katsayıları elde edilmiştir. Büzülmenin dikkate alınmasıyla, suyun ve katı maddenin meyve içinde transferinin gerçekleştiği kılcallarda meydana gelen deformasyon, söz konusu transferin daha yavaş olmasına neden olacaktır.

6.7.2 Farklı Konsantrasyonlar İçin Dw, Ds Değerleri

Mürdüm eriğine, sadece glikoz çözeltisinde %35-%84 arasındaki farklı konsantrasyon oranları kullanılarak uygulanan osmotik dehidrasyon işleminde büzülmeli ve büzülmesiz durumda su ve katı madde için difüzyon katsayıları Şekil 6.7'de verilmiştir.



Şekil 6.7 Mürdüm eriğinin glikoz çözeltisinde osmotik dehidrasyonu sırasında difüzyon katsayılarının farklı konsantrasyon oranları ile değişimi

Şekilden de görüldüğü gibi, çözelti konsantrasyonu arttıkça su ve katı madde için de difüzyon katsayıları artmıştır. Çözelti konsantrasyonunun artması ile yürütücü kuvvetin artması bu artışın nedeni olarak söylenebilir.

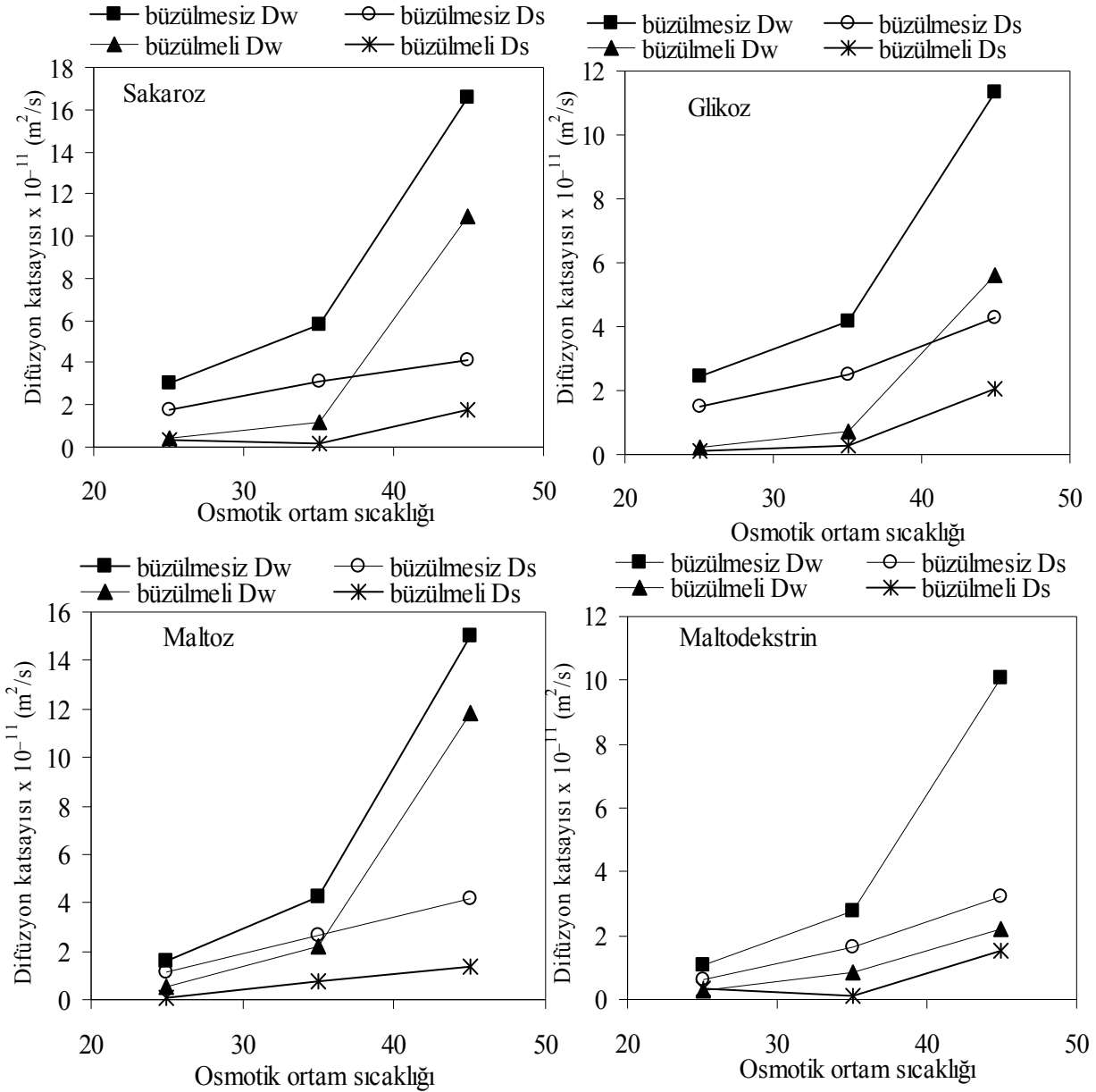
Çözelti konsantrasyonundaki artış sonucunda osmotik basınç gradiyenti artar. Bu yüzden osmoz periyodu içinde daha yüksek su kaybı değerleri meydana gelir. Bu sonuçlar daha yüksek konsantrasyon ortamı seçildiğinde daha hızlı su kaybı meydana geldiğini ve kuruma süresinde kısalma olduğunu göstermiştir. Ancak daha fazla katı kazanımı da olduğu gözlenmiştir. Mürdüm eriğinden suyun giderilmesi ve katı kazanımı konusunda en iyi sonucun %84 konsantrasyonda olduğu görülmüştür.

Osmotik madde olarak kullanılan katı, suyun uzaklaşma kinetiği, katı transferini ve denge su içeriğini önemli derecede etkilediğinden katının mol kütlesinin artmasıyla katı kazanımında ve su kaybında bir artma görülmüştür.

Ancak, %35 konsantrasyona sahip çözeltide bekletilen meyvenin osmotik dehidrasyonu sırasında meyve yüzeyinde gözle görülebilen bir değişime rastlanmazken, %84 konsantrasyonluk çözeltide bekletilen eriğin dış çeperinde hafif çatlamlar gözlenmiştir. Osmotik dehidrasyon sırasında oluşan çapsal değişimin (büzülme), %75 konsantrasyonda en az değişim göstermesi sebebiyle ve %84 konsantrasyonda bekletilen eriğin hücre çeperinde çatlamlar görülmesinden dolayı, maksimum difüzyon katsayısı %84 konsantrasyonda elde edilmesine rağmen büzülme açısından da incelendiğinde optimum değer %75 olması gerektiği söylenebilir.

6.7.3 Dw ve Ds' nin Sıcaklıkla Değişimi

Farklı sıcaklıklardaki, %65'lik sakaroz, glikoz, maltoz ve maltodekstrin çözeltilerindeki mürdüm eriğinin osmotik dehidrasyonu sırasındaki (büzülmeli ve büzülmesiz durumda) difüzyon katsayıları Şekil 6.8'de verilmiştir. Sıcaklığın artması su ve katı madde için difüzyon katsayısını artırmıştır. Bu beklenen bir sonuçtur ve literatürle uyum içindedir (Torreggiani 1993, Lenart 1996).

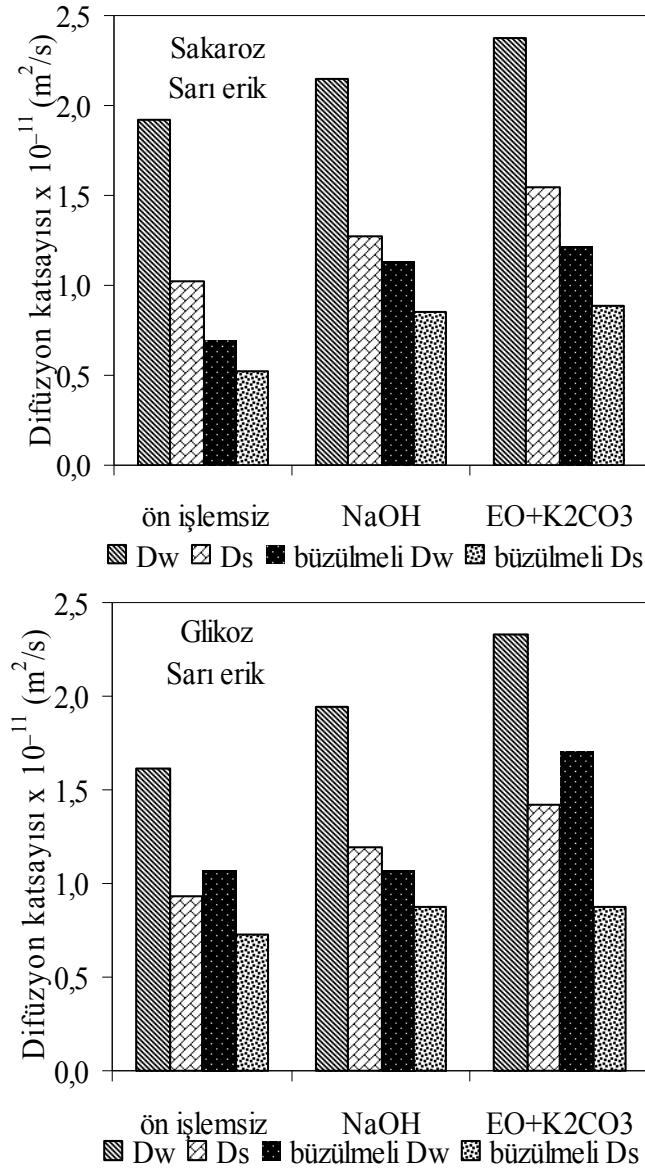


Şekil 6.8 Sakaroz, glikoz, maltoz ve maltodekstrin çözeltilerinde mürdüm eriğinin osmotik dehidrasyonu sırasında difüzyon katsayılarına ortam sıcaklığının etkisi

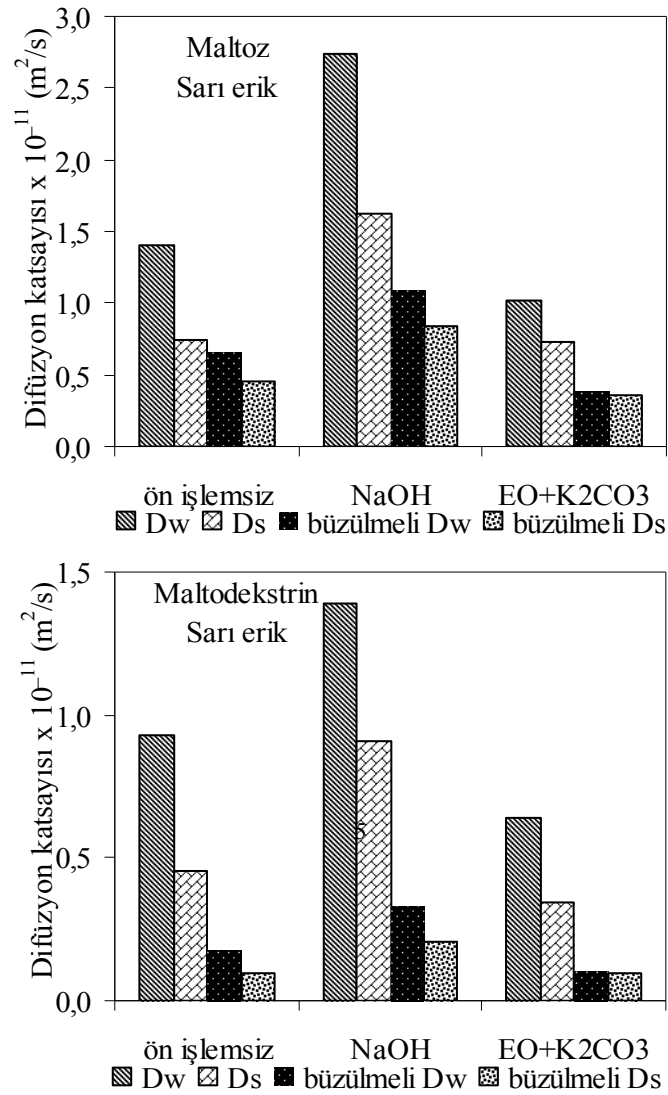
Yine Şekil 6.8’den görüldüğü üzere meyvede meydana gelen çap değişiminin dikkate alındığı durumda daha düşük difüzyon katsayıları elde edilmiştir.

6.7.4 Farklı Ön İşlem Uygulamanın Dw, Ds' e Etkisi

Her 3 erik türüne de ön işlem uygulamasında yaygın olarak kullanılan NaOH, Etil Oleat (EO)+K₂CO₃ osmotik dehidrasyon öncesinde uygulanmıştır. Bu işlem sonunda, sarı eriğin sakaroz ve glikoz çözeltisindeki osmotik dehidrasyonunda su ve katı madde için difüzyon katsayıları (büzülmeli ve buzulmesiz durumda) Şekil 6.9(a)'da, maltoz ve maltodekstrin çözeltisindeki difüzyon katsayıları ise, Şekil 6.9(b)'de verilmiştir.



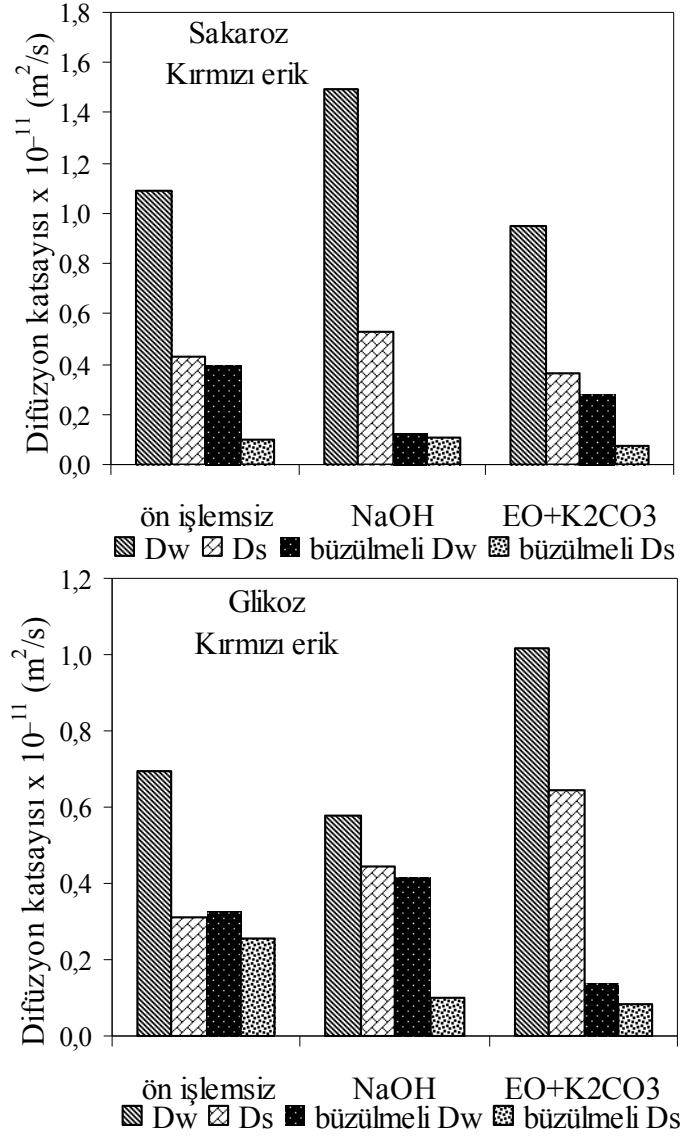
Şekil 6.9(a) Sarı eriğin sakaroz ve glikoz çözeltilerinde osmotik dehidrasyonu sırasında difüzyon katsayılarına ön işlem uygulamalarının etkisi



Şekil 6.9(b) Sarı eriğin maltoz ve maltodekstrin çözeltilerinde osmotik dehidrasyonu sırasında difüzyon katsayılarına ön işlem uygulamalarının etkisi

Şekil 6.9(a) ve Şekil 6.9(b)'den de görüldüğü gibi, ön işlem uygulaması her osmotik maddede farklı etkiye sebep olmuştur. Maltoz ve maltodekstrin çözeltilisinde osmotik dehidrasyona bırakılan sarı erikte EO+K₂CO₃ ön işlemi difüzyon katsayısını azaltırken, NaOH ile ön işleme tabi tutulan sarı eriklerde difüzyon katsayısını arttırmıştır. Sakaroz ve glikoz çözeltilerinde ise EO+K₂CO₃ ön işlemi difüzyon katsayısını arttıran değerler vermiştir. Genel olarak osmotik ortamın farklılığına göre, farklı ön işlemler sarı erikte difüzyon katsayılarını artırmıştır. Sarı erikte meydana gelen çap değişiminin dikkate alındığı durumlarda ise daha düşük difüzyon katsayıları elde edilmiştir.

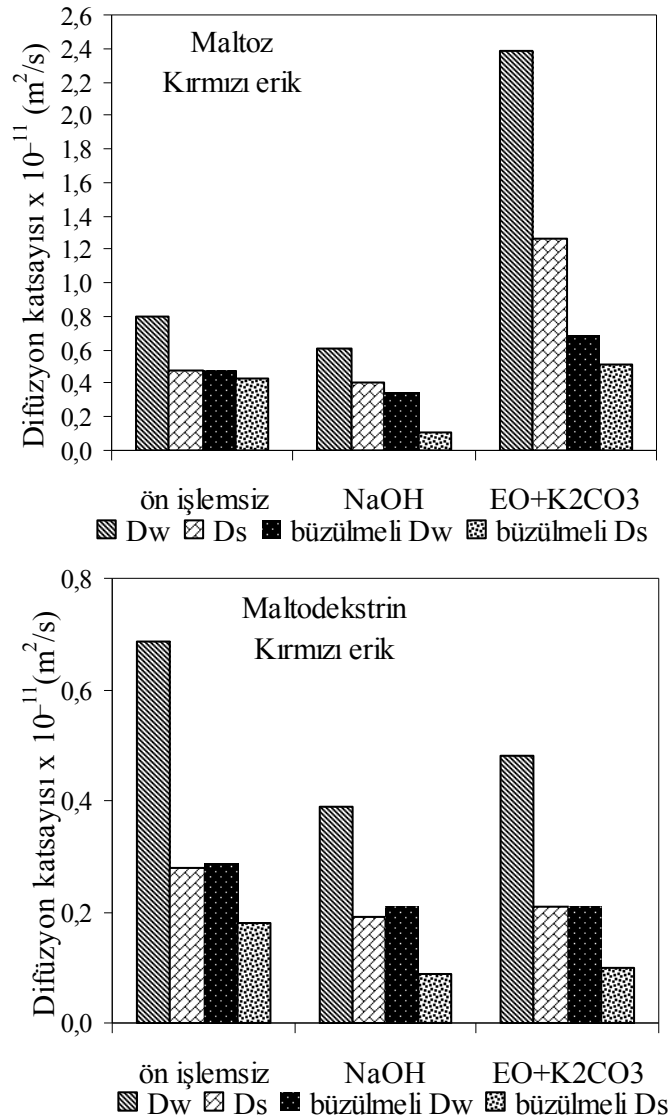
Kırmızı eriğin sakaroz ve glikoz çözeltisindeki osmotik dehidrasyonunda su ve katı madde için difüzyon katsayıları (büzülmeli ve büzülmesiz durumda) Şekil 6.9(c)'de, maltoz ve maltodekstrin çözeltisindeki difüzyon katsayıları ise, Şekil 6.9(d)'de verilmiştir.



Şekil 6.9(c) Kırmızı eriğin sakaroz ve glikoz çözeltilerinde osmotik dehidrasyonu sırasında difüzyon katsayılarına ön işlem uygulamalarının etkisi

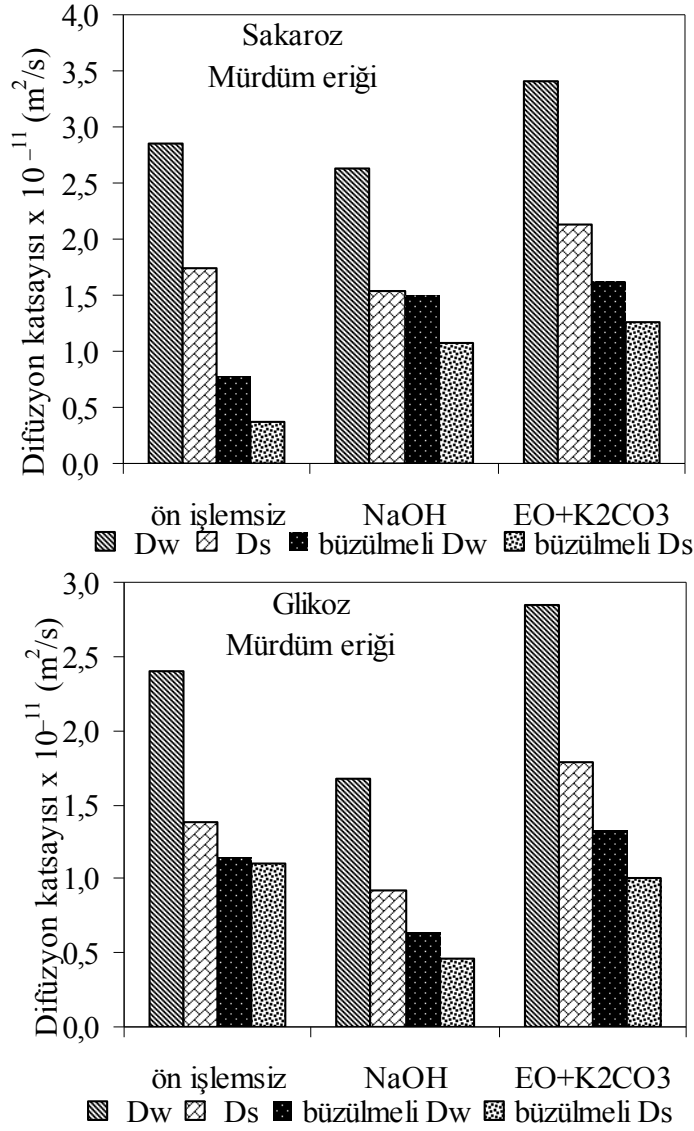
Kırmızı erikte difüzyon katsayılarının, sarı erikten farklı değerler verdiği gözlenmiştir. Şekillerden de görüldüğü gibi Ds değerlerinde sakaroz ve maltodekstrin çözeltilerinde ön işlemin bariz etkisi gözlenmemiş ve birbirine yakın değerler bulunmuştur.

Sakaroz ve glikoz çözeltisi dışında, maltoz ve maltodekstrinde NaOH ön işlemi katı madde difüzyon katsayısını azaltırken, EO+K₂CO₃ ön işlemi glikoz ve maltoz çözeltilerinde katı madde ve suyun difüzyon katsayısını arttırmıştır. Sakaroz çözeltisinde ise NaOH ön işlemi katı madde ve suyun difüzyon katsayısını arttırırken, EO+K₂CO₃ ön işlemi katı madde ve suyun difüzyon katsayısını azaltmıştır. Maltodekstrin çözeltisindeki kırmızı eriklerin osmotik dehidrasyonu incelendiğinde ise ön işlemin difüzyon katsayısına çok fazla etkisinin olmadığı gözlenmiştir.



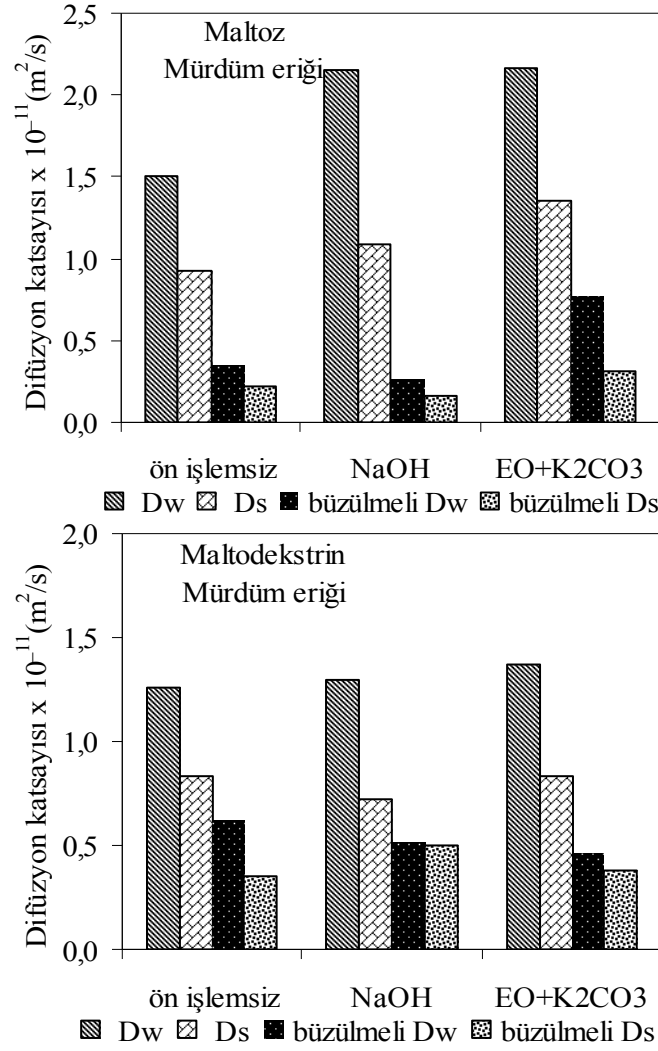
Şekil 6.9(d) Kırmızı eriğin maltoz ve maltodekstrin çözeltilerinde osmotik dehidrasyonu sırasında difüzyon katsayılarına ön işlem uygulamalarının etkisi

Mürdüm eriğinin ise, sakaroz ve glikoz çözeltisindeki osmotik dehidrasyonunda su ve katı madde için difüzyon katsayıları (büzülmeli ve büzülmesiz durumda) Şekil 6.9(e)'de, maltoz ve maltodekstrin çözeltisindeki difüzyon katsayıları ise, Şekil 6.9(f)'de verilmiştir.



Şekil 6.9(e) Mürdüm eriğinin sakaroz ve glikoz çözeltilerinde osmotik dehidrasyonu sırasında difüzyon katsayılarına ön işlem uygulamalarının etkisi

Sakaroz, glikoz, maltoz ve maltodekstrin çözeltilerinde osmotik dehidrasyona tabi tutulan mürdüm eriğinde ise, uygulanan EO+K₂CO₃ ön işlemi difüzyon katsayısını arttırmıştır. Diğer eriklerle kıyaslandığında ise, mürdüm eriğinde ön işlemin difüzyon katsayısına etkisinin daha fazla olduğu gözlenmiştir.



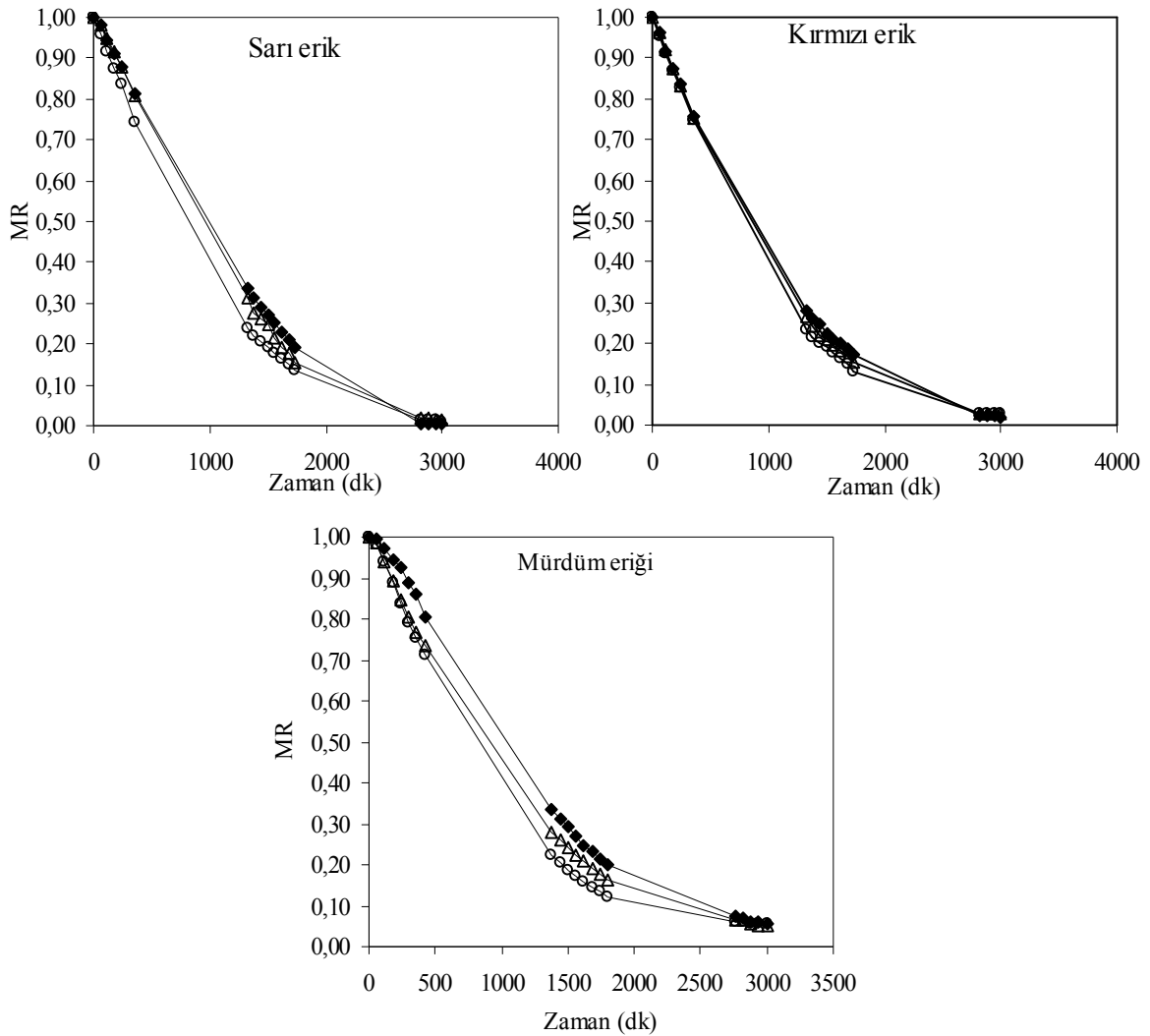
Şekil 6.9(f) Mürdüm eriğinin maltoz ve maltodekstrin çözeltilerinde osmotik dehidrasyonu sırasında difüzyon katsayılarına ön işlem uygulamalarının etkisi

6.8 Kurutma

Ön işlem olarak osmotik dehidrasyon uygulamanın, eriklerin kuruma davranışı üzerine etkisini görebilmek amacıyla yapılan bu çalışmada, erikler ön işlemsiz, kimyasal ön işlemlili, osmotik dehidrasyon ön işlemlili ve kimyasal ön işlem-osmotik dehidrasyonun

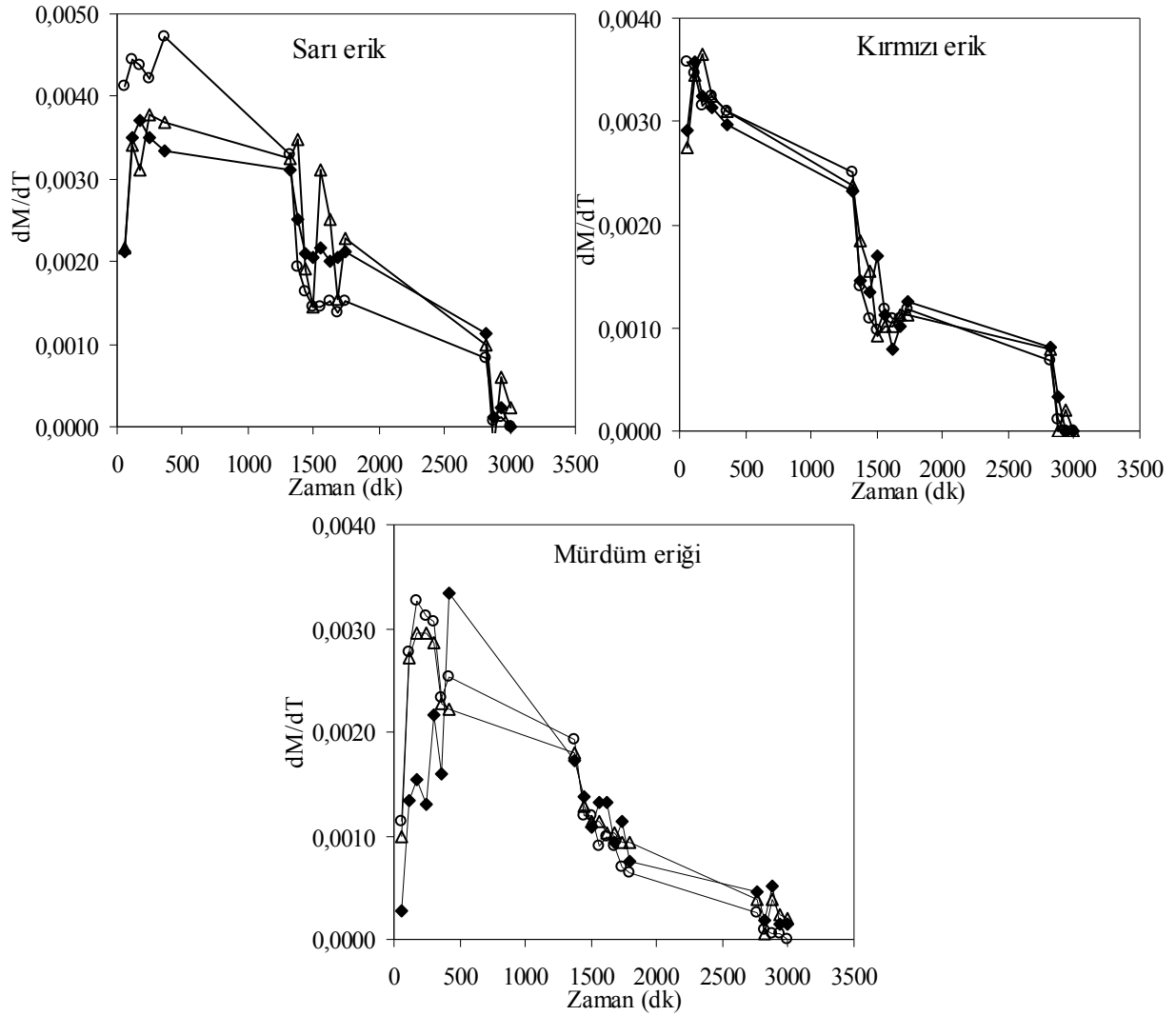
birlikte uygulandıktan sonra 75°C sabit sıcaklıktaki etüvde kurutulmuştur. Bir saatlik aralıklarla ağırlık kaybı değerleri ölçülerek kaydedilmiş, zamanla nem içeriği değerleri ve bunların zamana göre nümerik türevlerinin alınmasıyla kuruma hızları hesaplanmıştır. Ayrıca kuruma sırasında çap değişimi de incelendiğinden büzülme durumu ve büzülmesiz durum için difüzyon katsayıları hesaplanmıştır.

Eriğe uygulanan kimyasal ön işlemlerin kuruma davranışına etkisini ortaya koyabilmek amacıyla, öncelikle osmotik dehidrasyon uygulanmadan ön işlemsiz ve ön işlemlili olarak erikler kurutulmuştur. Osmotik dehidrasyon uygulanmadan ön işlemsiz ve ön işlemlili olarak kurutulan eriklerin kuruma davranışı Şekil 6.10(a)'da ve nem içeriğine göre kuruma hızındaki değişim Şekil 6.10(b)'de gösterilmiştir.



Şekil 6.10(a) Osmotik dehidrasyon uygulanmadan ön işlemsiz ve ön işlemlili olarak kurutulan eriklerin kuruma davranışı (♦ Ön işlemsiz, Δ NaOH, □ EO+K₂CO₃)

Şekil 6.10(a)'da görüldüğü gibi ön işlem uygulaması eriklerin daha çabuk kurumasına neden olmaktadır. En hızlı kuruma ise % 2 EO+% 5 K_2CO_3 ön işlem uygulamasında ve daha sonra NaOH ile ön işlem uygulanan ürünlerde gözlenmiştir.

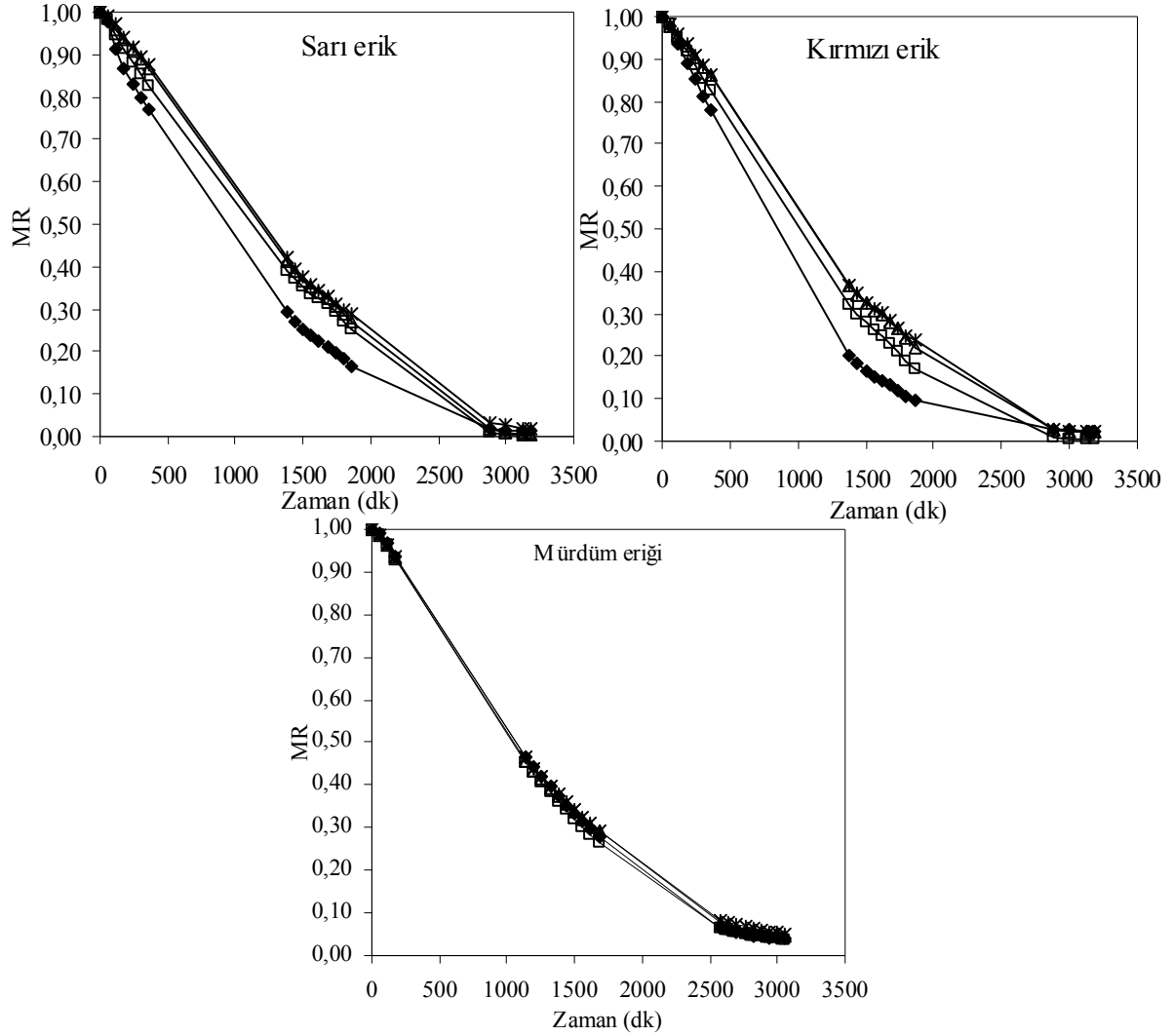


Şekil 6.10(b) Osmotik dehidrasyon uygulamadan ön işlemsiz ve ön işlemleri olarak kurutulan eriklerin nem içeriğine göre kuruma hızındaki değişim
(◆ Ön işlemsiz, Δ NaOH, □ EO+K₂CO₃)

Şekilden de görüldüğü gibi ön işlemleri kurutulan eriklerin, ön işlemsiz kurutulan eriklere göre kuruma hızındaki değişim daha hızlıdır. Ayrıca kuruma hızının artan zamanla azalma eğilimi göstermesi kuruma olayının azalan kuruma hızı döneminde gerçekleştiğinin göstergesidir.

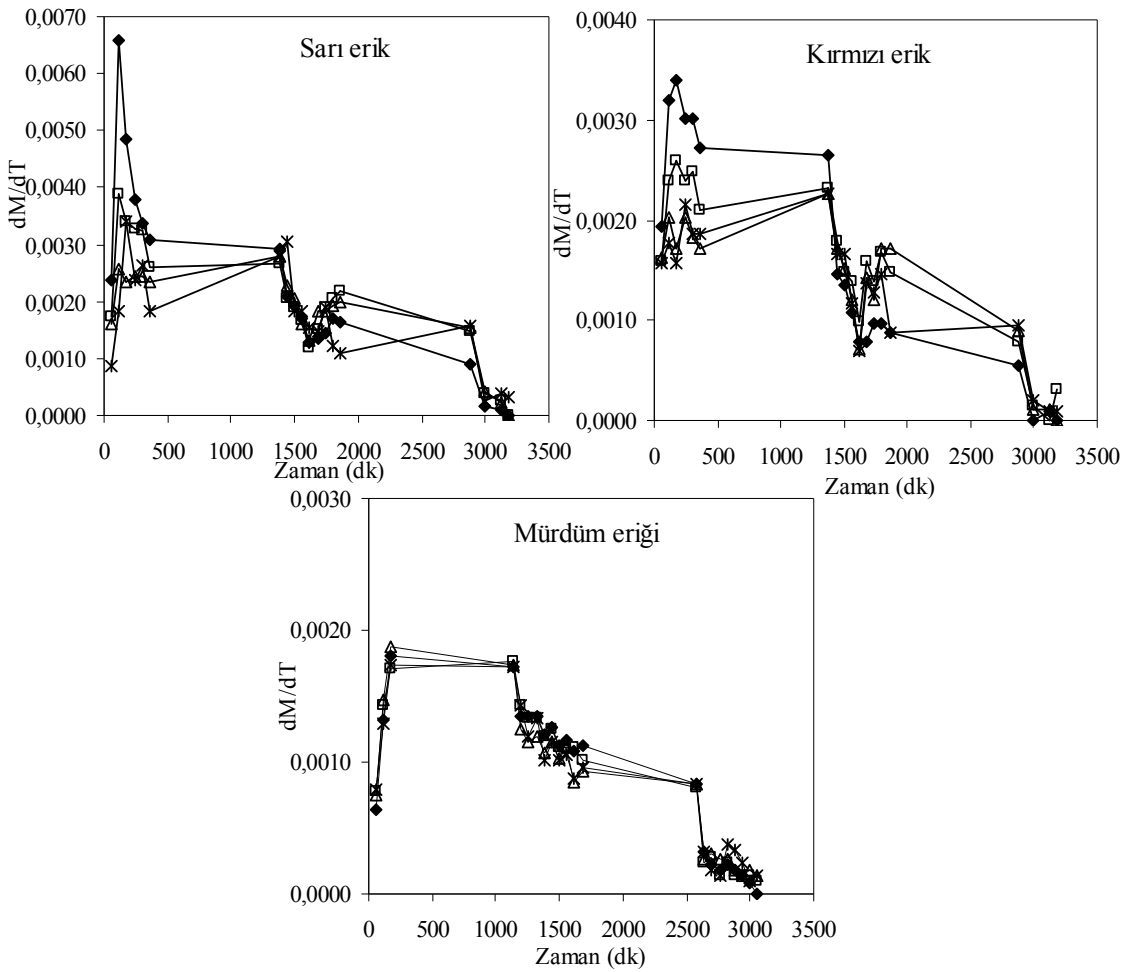
6.8.1 Kimyasal Ön İşlem Uygulanmadan Osmotik Dehidrasyona Tabi Tutulan Eriklerin Kurutulması

Kimyasal ön işlem uygulanmadan osmotik dehidrasyona 1 gün tabi tutulan eriklerin kuruma davranışı Şekil 6.11(a)'da ve kuruma hızındaki değişim Şekil 6.11(b)'de gösterilmiştir.



Şekil 6.11(a) Herhangi bir ön işlem uygulanmadan osmotik dehidrasyona 1 gün tabi tutulan sarı, kırmızı ve mürdüm eriğinin kuruma davranışı (♦ sakaroz, □ glikoz, Δ maltoz, * maltodekstrin)

Sarı ve kırmızı erik türünde en iyi kuruma davranışının sakaroz çözeltisinde, mürdüm eriğinde ise glikoz çözeltisinde osmotik dehidrasyona tabi tutulduktan sonra daha hızlı kuruduğu Şekil 6.11(a)'dan görülmektedir. Maltodekstrin ile osmotik dehidrasyondan sonra yapılan kurumanın daha yavaş seyrettiği gözlenmiştir. Osmotik dehidrasyon davranışının incelendiği deneylerde de maltodekstrin çözeltisi ile en düşük su kaybı değerleri elde edilmesi birbirini destekleyen sonuçlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

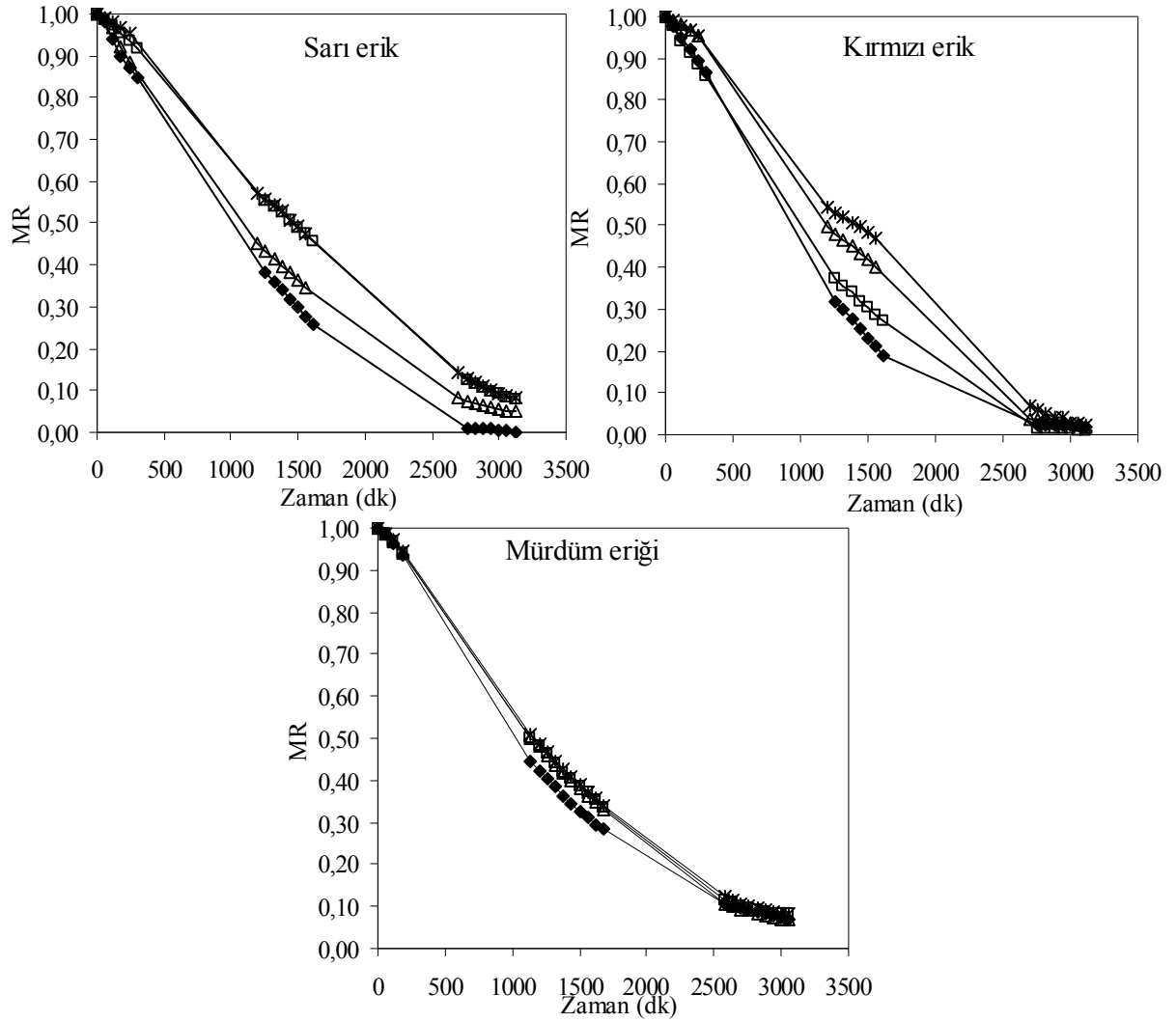


Şekil 6.11(b) Herhangi bir ön işlem uygulanmadan osmotik dehidrasyona 1 gün tabi tutulan eriklerin nem içeriğine göre kuruma hızındaki değişim
(♦ sakaroz, □ glikoz, Δ maltoz, * maltodekstrin)

Kuruma hızındaki değişim incelendiğinde ise hepsinin azalan oranda seyrettiği gözlenmiştir. Sarı erik ve kırmızı eriğin mürdüm eriğine kıyasla, 1. günün sonunda (yaklaşık 1500 dk.) biraz daha hızlı kuruma gösterdiği gözlenmiştir.

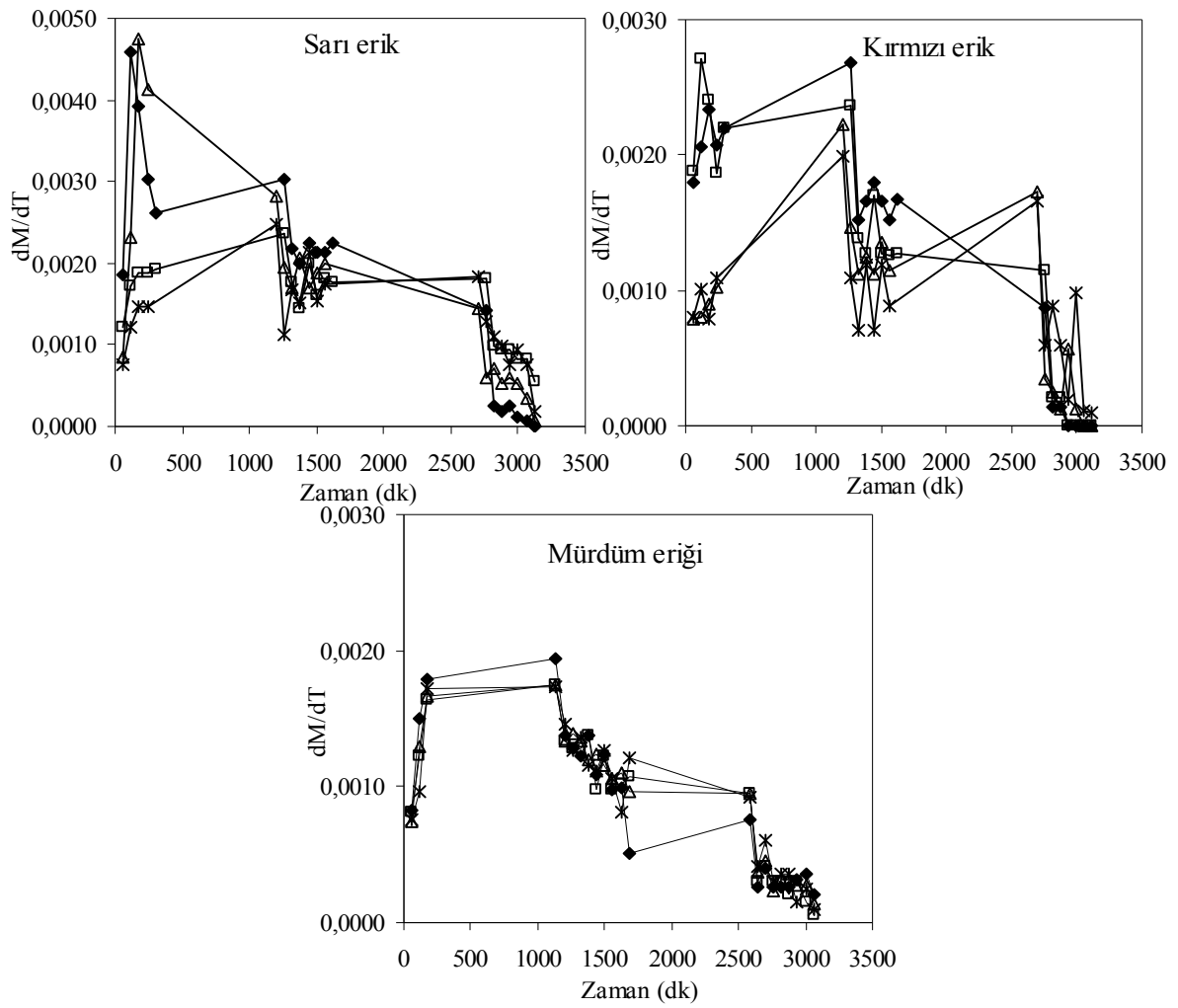
6.8.2 Kimyasal Ön işlem Uygulanarak Osmotik Dehidrasyona Tabi Tutulan Eriklerin Kurutulması

NaOH ön işlemi ile 5 dakika muamele edilen ve osmotik dehidrasyona 1 gün tabi tutulan eriklerin kuruma davranışı şekil 6.12(a)'da ve kuruma hızındaki değişim 6.12(b)'de gösterilirken; EO+K₂CO₃ ön işlemi ile 5 dakika muamele edilen ve osmotik dehidrasyona 1 gün tabi tutulan eriklerin kuruma davranışı Şekil 6.12(c)'de ve kuruma hızındaki değişim Şekil 6.12(d)'de gösterilmiştir.



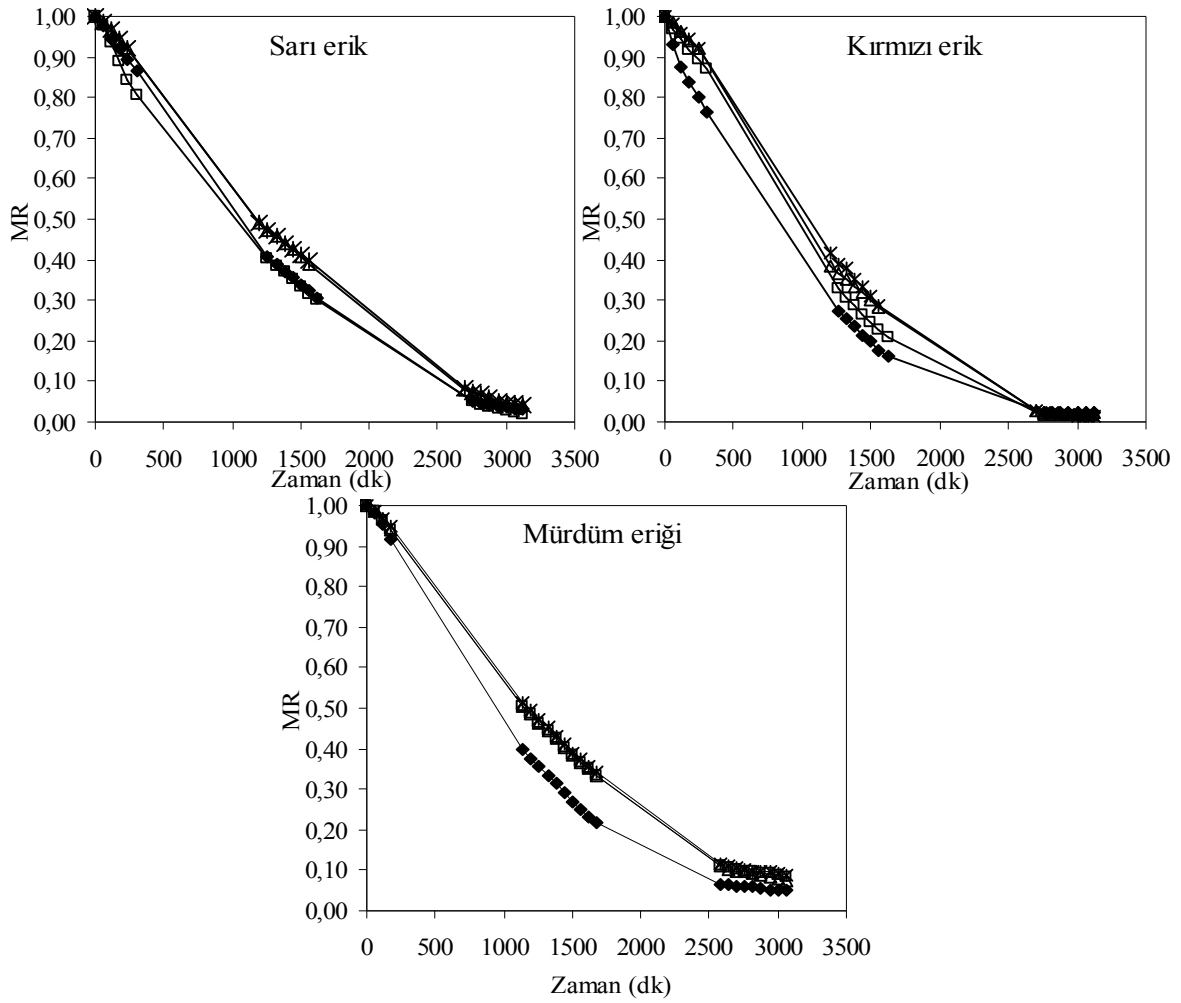
Şekil 6.12(a) NaOH ön işlemi ile 5 dakika muamele edilen ve osmotik dehidrasyona 1 gün tabi tutulan eriklerin kuruma davranışı
(♦ sakaroz, □ glikoz, Δ maltoz, ✱ maltodekstrin)

Şekilde, osmotik dehidrasyon öncesinde uygulanan NaOH ön işleminin osmotik dehidrasyon sonrası yapılan kurutmaya etkisi görülmektedir. Daha öncede değinildiği gibi ön işlem çözeltisi ve osmotik madde tipi ile kurutma arasında direkt bir ilişki kurmak zordur. Çünkü her bir ön işlem, her bir osmotik çözeltide farklı sonuç sergilemiştir. Sinerjistik etkinin buna neden olduğu söylenebilir. NaOH ön işlemi uygulanan her 3 erik türünün de en iyi kuruma davranışı gösterdiği çözelti, sakaroz çözeltisidir. Sakaroz çözeltisi ile birbirine çok yakın değerler veren çözeltiler ise, sarı erikte maltoz, mürdüm eriğinde maltoz ve kırmızı erikte ise glikoz çözeltisidir.



Şekil 6.12(b) NaOH ön işlemi ile 5 dakika muamele edilen ve osmotik dehidrasyona 1 gün tabi tutulan eriklerin nem içeriğine göre kuruma hızındaki değişim
(♦ sakaroz, □ glikoz, Δ maltoz, ✱ maltodekstrin)

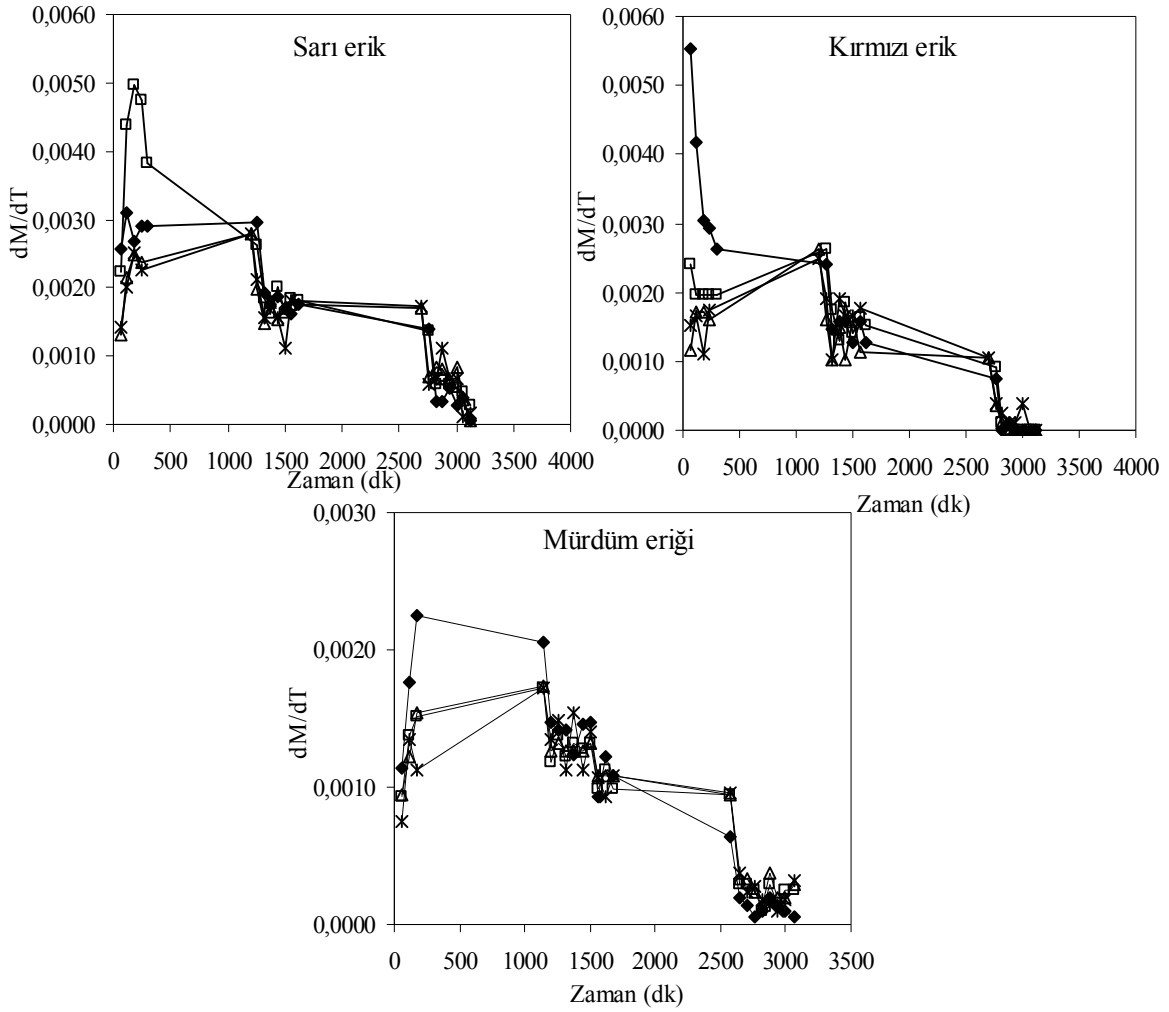
NaOH ile muamele edilmiş osmotik dehidrasyonun kuruma hızındaki değişim de zamanla azalan trend göstermiştir. Şekil 6.12(b)'den de görüldüğü NaOH'da en düşük kuruma hızı sırasıyla sarı, kırmızı ve mürdüm eriğinde görülmüştür. Sakaroz çözeltisinde her 3 erik türünde de görülen yüksek kuruma davranışı, kuruma hızındaki değişimin üzerinde de aynı etkiye sahiptir.



Şekil 6.12(c) EO+K₂CO₃ ön işlemi ile 5 dakika muamele edilen ve osmotik dehidrasyona 1 gün tabi tutulan eriklerin kuruma davranışı
(♦ sakaroz, □ glikoz, Δ maltoz, * maltodekstrin)

En iyi kuruma davranışı diğer eriklerde de olduğu gibi sakaroz çözeltisinde gözlenmiştir. Ayrıca sarı erikte glikoz çözeltisi, sakarozla çok yakın trend gösterdiğinden aynı derecede etkili olduğu söylenebilir.

Mürdüm eriğinin kuruma davranışına genel olarak bakıldığında ise, sarı ve kırmızı erik türlerinin yapısı itibariyle daha sulu bir meyve olması sonucu kurumaları daha hızlı ve tam anlamıyla gerçekleşirken, mürdüm eriğinde yavaş kuruma hızı gözlenmiştir. Bunun da mürdüm eriğinin biraz daha etli bir meyve olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 6.12(d). EO+K₂CO₃ ön işlemi ile 5 dakika muamele edilen ve osmotik dehidrasyona 1 gün tabi tutulan eriklerin nem içeriğine göre kuruma hızındaki değişim (♦ sakaroz, □ glikoz, Δ maltoz, ✱ maltodekstrin)

EO+K₂CO₃ ön işlemi ile 5 dakika muamele edilen ve osmotik dehidrasyona 1 gün tabi tutulan eriklerin nem içeriğine göre kuruma hızındaki değişim incelendiğinde her 3 erik türünde de azalan kuruma hızı gözlenirken, diğer ön işlemde olduğu gibi mürdüm eriğinde daha düşük kuruma hızı gözlenmiştir.

6.9 Kurutma Sırasında Etkin Difüzyon Katsayıları

Osmotik dehidrasyon sonrası uygulanan kurutma işleminde, eriklerin azalan kuruma hızı döneminde kuruduğu ve eriklerden suyun transferini kontrol eden mekanizmanın katı içi difüzyon olduğu görülmektedir. Dış direncin ve büzülmenin ihmal edilebildiği durum için Fick'in II. yasasının çözümünden eğim metodu ile etkin difüzyon katsayıları hesaplanmıştır ve hesaplanan değerler tablolar halinde sunulmuştur. Büzülmenin dikkate alındığı durum için difüzyon katsayıları ise, Fick'in II yasasının küre için çözümünü veren seriye açılım ifadesinin ve çap değişiminin dikkate alınmasıyla Statistica for Windows programı ile belirlenmiştir.

Osmotik dehidrasyon uygulanmadan sadece kimyasal ön işlem uygulanan eriklerin kuruma sırasında etkin difüzyon katsayılarını Çizelge 6.6'da, NaOH ve EO+K₂CO₃ ile ön işlem uygulanarak sakaroz, glikoz, maltoz ve maltodekstrin çözeltilerinde osmotik dehidrasyona tabi tutulan eriklerin kuruma sırasındaki etkin difüzyon katsayıları da Çizelge 6.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.6 Kimyasal ön işlem uygulanan eriklerin kuruma sırasında etkin difüzyon katsayıları

	Ön İşlem	$D_{eff} \times 10^{-10} (m^2/s)$	$D_{eff} \times 10^{-10} (m^2/s)$
		Büzülmesiz	Büzülmeli
Sarı Erik	Ön işlemsiz	7,2890	2,3140
	NaOH	8,3245	2,6200
	EO+K ₂ CO ₃	9,9234	3,0325
Kırmızı Erik	Ön işlemsiz	4,9761	1,5854
	NaOH	5,7348	1,6666
	EO+K ₂ CO ₃	5,1756	1,5697
Mürdüm Eriği	Ön işlemsiz	11,027	3,5787
	NaOH	11,614	4,0312
	EO+K ₂ CO ₃	12,317	4,9724

Çizelge 6.6'dan da görüldüğü gibi her 3 erik türünde de çapsal değişimin dikkate alındığı ve alınmadığı her iki durumda da difüzyon katsayısında ön işlem uygulamasının önemli bir etkisi olmuştur.

Kimyasal ön işlem uygulanan erikler ön işlemsiz eriklere göre daha hızlı kuruduğu için difüzyon katsayıları da ön işlemsizden daha yüksektir. Ön işlem uygulanmayan eriklerin yüzeylerinde bulunan mumsu tabaka uzaklaştırılmadığı için, bu tabaka erikteki suyun taşınımı için ilave bir direnç oluşturmaktadır. Ön işlemsiz örneklerde, suyun erik bünyesinden yüzeye taşınımı daha yavaş olduğundan difüzyon katsayısı da daha düşüktür.

Sarı erik ve mürdüm eriğinde EO+K₂CO₃ ön işlemi belirgin bir farklılık yaratmışken, kırmızı erikte her iki ön işlem birbirine yakın difüzyon katsayıları göstermesine rağmen çok az bir farkla NaOH ön işlemi ile kurumanın ve dolayısıyla suyun transferinin daha hızlı olduğu Çizelge 6.6'dan görülen bir sonuçtur. Difüzyon katsayısı için bulunan bu sonuçlar kuruma eğrileri ile paralellik göstermektedir.

Çizelge 6.7 Farklı osmotik ortamlarda osmotik dehidrasyona tabi tutulan eriklerin kuruma sırasındaki etkin difüzyon katsayıları

Erik Türleri	Çözelti	Ön işlemsiz Osmotik Deh.		NaOH ile 5 dk. + Osmotik Deh.		EO+K ₂ CO ₃ ile 5 dk. + Osmotik Deh.	
		D _{eff} x 10 ⁻¹⁰ (m ² /s)	D _{eff} x 10 ⁻¹⁰ (m ² /s)	D _{eff} x 10 ⁻¹⁰ (m ² /s)	D _{eff} x 10 ⁻¹⁰ (m ² /s)	D _{eff} x 10 ⁻¹⁰ (m ² /s)	D _{eff} x 10 ⁻¹⁰ (m ² /s)
		Büzülmesiz	Büzülmeli	Büzülmesiz	Büzülmeli	Büzülmesiz	Büzülmeli
Sarı Erik	Sakaroza	7,6186	2,1998	6,4825	2,4918	9,8618	2,3464
	Glikoz	6,1195	2,2140	4,0690	1,5253	10,010	2,8128
	Maltoz	5,8170	2,0428	5,9619	2,7824	9,5619	2,3284
	Maltodekstrin	5,0854	1,3948	3,5838	1,6889	8,8120	2,1566
Kırmızı Erik	Sakaroza	6,9983	1,8408	4,2829	1,3384	5,6510	1,8163
	Glikoz	5,1034	1,4630	4,1443	1,5594	4,7770	1,6039
	Maltoz	4,4110	1,3217	3,1819	1,4122	3,7486	1,4601
	Maltodekstrin	4,2318	1,2414	2,6628	1,2711	3,4747	1,3424
Mürdüm Eriği	Sakaroza	13,713	4,1609	11,522	4,2540	12,306	4,4331
	Glikoz	14,521	4,2990	10,191	3,2484	10,224	3,4395
	Maltoz	13,051	4,0877	11,769	3,7297	10,729	3,2532
	Maltodekstrin	12,409	3,7856	10,465	3,3373	11,060	3,4777

Çizelge 6.7'den görüldüğü üzere, her erik türü, her kimyasal ön işlem ve her osmotik madde için kuruma sırasında difüzyon katsayısı büzülmenin dikkate alındığı durumda daha düşük bulunmuştur. Meyvede meydana gelen yapısal deformasyonun nem transferini engelleyen bir etkiye sahip olduğu bu bölümdeki sonuçlar da görülmektedir

Çizelgeden görülen diğer bir genel sonuçta, mürdüm eriğinin diğer erik türlerine göre daha yüksek difüzyon katsayısı göstermesidir. Kuruma grafiklerinde de gözlenen bu sonuç meyve yapısı ile ilgili bir durumdur. Sarı ve kırmızı eriğe göre daha az sulu ve daha etli yapısı olan mürdüm eriği, suyun yoğun hücre dokusu içinde difüzyonunun daha yavaş olması nedeniyle, mürdüm erikleri diğer eriklere göre daha yavaş kuruma davranışı göstermişlerdir.

Kimyasal ön işlem uygulanmayan eriklerde, sarı ve kırmızı erikte sakaroz, mürdüm de glikoz çözeltisinde osmotik dehidrasyon işlemi daha hızlı kuruma ile daha yüksek difüzyon katsayısı göstermiştir.

Kimyasal ön işlemler mukayese edildiğinde, NaOH ön işleminden sonra yapılan osmotik dehidrasyonda sarı ve kırmızı erikte sakaroz çözeltisi, mürdüm eriğinde maltoz çözeltisinin daha hızlı su kaybına neden olduğu, bunun yanı sıra kırmızı erikte glikoz, mürdüm eriğinde ise sakaroz çözeltisinin yadsınamayacak kadar yüksek su kaybı sağladığı görülmektedir. Meyvede meydana gelen çapsal değişim dikkate alındığında ise, sarı erikte maltoz çözeltisinde, kırmızı erikte glikoz ve mürdüm eriğinde sakaroz çözeltisinde hızlı kuruma gözlenmiştir.

EO+K₂CO₃ ön işleminden sonra yapılan osmotik dehidrasyon sonucunda, büzülmesiz ve büzülmeli durumda sarı erikte glikoz ve sakarozun, kırmızı erik ve mürdüm eriğinde ise belirgin bir şekilde sakaroz çözeltisinin hızlı kuruma konusunda etkili olduğu Çizelge 6.7'den görülmektedir.

7. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Osmotik dehidrasyon, işletme maliyetini azaltması, tüketici ihtiyaç ve beğenisine cevap verebilecek niteliklerde ürün sağlaması sebebiyle birçok araştırmaya konu olmuştur. Tek başına bir işleme tekniği olmayıp, asıl işlem den önceki ön işlem basamağı olarak değ erlendirilen osmotik dehidrasyon, endüstriyel ç aplı üretimler için bir alternatiftir. Bu teknikle elde edilecek yarı iş lenmiş ve orta nem düzeyine sahip ürünler geniş yelpazede kullanım alanı bulacaktır.

Eriklerin osmotik dehidrasyonu ürünün yapısından suyun uzaklaşmasının yanı sıra her zaman bir miktar katı kazanımı ile sonuçlanmıştır. Ancak, tüm denemelerde su uzaklaşma hızı katı kazanımından çok daha yüksek seviyelerde gerçekleşmiştir.

Yapılan deney sonuçlarına göre bulunanlar aşağıda belirtilmiştir.

- Osmotik ortam olarak kullanılan ç özeltilerden, sakaroz ç özeltisi her 3 erik türünde de en fazla su kaybı ve katı kazanımına sebep olmuştur. Ayrıca, glikoz ç özeltisinin sarı ve mürdüm eriğinde, maltoz ç özeltisinin ise kırmızı erikte sakaroz ç özeltisinden sonra en fazla su kaybı ve katı kazanımı sağlaması nedeniyle eriklerin osmotik dehidrasyonunda etkin olarak kullanılabileceğı sonucuna varılmıştır. Maltodekstrinde su kaybı az olmakla birlikte katı kazanımı da az olduğundan eriklerin osmotik dehidrasyonu için uygun olmadığı görölmüştür.
- En hızlı su ve ağırlık kaybı ilk 4 gün içinde gözlenmekte, su içeriğindeki değ işme gibi, en önemli katı madde kazanımı da ilk 4 gün içinde meydana gelmekte, daha sonra transfer hızı yavaşlamakta ve erik-ç özelti arasında dinamik dengeye yaklaşılmaktadır.
- Ön işlem uygulaması, her 3 erik türünde ve her osmotik ortamda farklı etkiye neden olmuştur. Uygulanacak ön işlemin seçimi, eriğ in cinsine ve kullanılacak ç özeltiye bağı lı olarak değ işiklik göstermektedir.

⇒ Sarı eriklerde EO+K₂CO₃ ön işleminden sonra osmotik ortam olarak sakaroz ve glikoz çözeltileri kullanıldığında, osmotik dehidrasyon öncesi ön işlem uygulamanın su kaybı açısından etkili olduğu görülmüştür. Su kaybını artıran bu uygulamanın aynı zamanda katı kazanımını da artırması, ilk etapta olumsuzluk olarak görülse de katı kazanım değerlerinin su kaybı yanında çok küçük olduğu da göz ardı edilmemelidir. NaOH ile muamele edilen sarı eriklerin maltoz ve maltodekstrin çözeltilerinde osmotik dehidrasyonu ile daha fazla su kaybettiği ve katı kazandığı gözlenmiştir. Ayrıca NaOH ile ön işlem uygulanan sarı eriklerin maltoz çözeltisindeki osmotik dehidrasyonda su kaybı ve özellikle katı kazanımı diğer çözeltilere göre belirgin farklılık yaratmıştır.

⇒ Kırmızı eriklerin %65 konsantrasyondaki sakaroz, glikoz, maltoz ve maltodekstrin çözeltileri içinde su kaybı ve katı kazanımı değerlerine ön işlemin etkisi incelendiğinde ise; NaOH ile muamele edilen kırmızı eriklerin sakaroz çözeltisinde iyi sonuç verdiği gözlenirken, EO+K₂CO₃ ile muamele edilen kırmızı eriklerin glikoz ve özellikle maltoz çözeltisinde yüksek su kaybı sağladığı gözlenmiştir. Ancak maltoz çözeltisinde yüksek su kaybı yanında diğer ön işlemlerde görülmeyen oranda katı kazanımı gerçekleşmesi bu ön işlem ve çözelti çifti için bir olumsuzluk olarak söylenebilir. Ön işlemsiz ve ön işlem uygulanan eriklerin maltodekstrin çözeltisinde osmotik dehidrasyonu incelendiğinde uygulanan kimyasal ön işlem çözeltileri ile maltodekstrin arasında antagonistik etki nedeniyle beklenenden daha düşük düzeyde su kaybı ve katı kazanımı gerçekleşmiştir. Kırmızı eriklerin maltodekstrin çözeltisi ile osmotik olarak dehidre edileceği durumda ön işlem uygulamamanın daha uygun olacağı görülmüştür.

⇒ Ön işlem uygulanan mürdüm eriğinin osmotik dehidrasyonda, sakaroz ve glikoz osmotik ortamlarında ön işlemin nerdeyse aynı derece de etkili olduğu gözlenmiştir.

Bu osmotik ortamlarda $\text{EO}+\text{K}_2\text{CO}_3$ ön işlemi yüksek su kaybı yanında yüksek katı kazanımına yol açarken, NaOH ön işlemi çoğu zaman ön işlemsizden daha düşük su kaybı ve katı kazanımı sağlamıştır. Mürdüm eriğinin NaOH ön işleminden sonra maltoz ve maltodekstrin çözeltileri ile osmotik dehidrasyon yapıldığında $\text{EO}+\text{K}_2\text{CO}_3$ ile aynı düzeyde su kaybı gözlenirken, $\text{EO}+\text{K}_2\text{CO}_3$ 'dan daha düşük katı kazanımına neden olması bakımından önerilebilecek ideal karışım ve uygulamalardan biri olduğu düşünülmektedir. Ancak genel olarak maltodekstrin çözeltisinde düşük su kaybı gözlenmesi de olumsuzluk olarak değerlendirilebilir.

- Sıcaklık artışı, hem su kaybını hem de katı kazanımını önemli ölçüde arttırmaktadır. Yüksek sıcaklıklar, işlemin daha hızlı gerçekleşmesini sağlamakta dolayısıyla denge koşullarına daha kısa sürede ulaşılabilir. Osmotik dehidrasyonun, kurutmadan önce, ön işlem olarak kısa süreli uygulanacağı sistemlerde yüksek sıcaklık uygulaması önerilmektedir. Ancak 45°C 'nin üzerindeki sıcaklıklarda meyvede renk değişimleri (enzimatik esmerleşme) ve aromanın bozulması da meydana geleceğinden bu sıcaklığın üzerine çıkılması tavsiye edilmemektedir. Bununla birlikte, 60°C 'nin üzerindeki yüksek sıcaklıklar, doku karakteristiklerinin değişmesi nedeniyle katı kazanımına yardımcı olmaktadır. $80-85^\circ\text{C}$ 'lerdeki 1-3 dakikalık yüksek sıcaklıkta kısa süreli uygulamalar, haşlamanın etkisini de içererek enzimatik inaktivasyonu sağlamaktadır.
- Osmotik çözelti konsantrasyonunun işlem üzerine etkileri incelendiğinde, her bir çözelti konsantrasyonu ile su kaybı-katı kazanımı arasında doğru orantı olduğu görüldü. Bulunan sonuçların literatürlerle uyum içinde olduğu gözlenmektedir. (Moy et al. 1978, Garrote and Bertone 1989, Rahman and Lamb 1990, Mastrocola et al. 1998, Panagiotou et al. 1998a,b, Reppa et al. 1998, Kaymak-Ertekin ve Sultanoğlu 2000, Sereno et al. 2001).
- Osmotik dehidrasyon hızını etkileyen bir diğer faktör de kullanılan örnek miktarının osmotik çözeltiye (örnek/çözelti) oranıdır. Su kaybı ve katı kazanımı,

örneğin çözelti içindeki oranının azalması ile artmaktadır. Yüksek örnek/çözelti oranında sistem dengeye hızlı ulaşmakta ve dehidrasyon istenilen düzeyde gerçekleştirilememektedir. Ayrıca azalan örnek/çözelti oranında çözelti seyrelmediği için kütle transferine dış direncin etkisi ortadan kalkmakta ve böylece işlem süresi uzamaktadır.

- Osmotik dehidrasyon sırasında su hücreden dışarı taşındığından suyun sağladığı gerilim ve turgor basıncı azalır, bu ise üründe büzölmelere yol açar. Bu bakımdan osmotik dehidrasyon sırasında oluşan büzölmeler geleneksel kurutma yöntemlerine göre ihmal edilecek oranda meydana gelmektedir. Değerlerin birbirine çok yakın bulunması ve grafiklerin net anlaşılabilmesi üzerine çizilen grafiklerden eğim ve kayma değerleri hesaplanmıştır.

⇒ Ön işlemler olarak sakaroz, glikoz, maltoz ve maltodekstrin çözeltilerinde osmotik dehidrasyona maruz bırakılan sarı eriklerin, ön işlemlere kıyasla daha fazla oranda büzölme gösterdiği gözlenmektedir. Ön işlemin sarı erikte ve mürdüm eriğinde pek fazla etkisi olmadığı görülürken, kırmızı erikte ise ön işlemin ve farklı çözelti uygulanmasının büzölme üzerindeki etkilerinin farklı olduğu gözlenmiştir.

⇒ Büzölmeye karşı ortam sıcaklığının etkisi incelendiğinde, tüm çözeltilerde osmotik ortam sıcaklığının artmasıyla oda sıcaklığında yapılan osmotik dehidrasyona göre daha az büzölme meydana gelmiştir.

⇒ Osmotik ortam konsantrasyonunun artmasıyla eğim değerlerinde azalma paralelinde kayma değerlerinde artış gözlenmesiyle büzölme azalma yönünde bir trend göstermektedir. Büzölmenin minimum olduğu optimum konsantrasyon olarak %75 önerilmektedir.

⇒ Tüm osmotik ortamlarda örnek/çözelti oranının azalması ile daha az büzölme gözlenmiştir.

- Osmotik dehidrasyon kinetik sonuçlarına bakıldığında ise, su ve çözünen için hesaplanan difüzyon katsayılarının yüksek sıcaklık, yüksek osmotik çözelti konsantrasyonu, düşük örnek/çözelti oranı ile arttığı görüldü. Ayrıca farklı osmotik ortam ve ön işlem uygulamalarının da etkisi incelendi. Mürdüm eriğinde ön işlemin, difüzyon katsayısına etkisinin; diğer eriklere göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir.
- Osmotik dehidrasyon uygulanmadan kimyasal ön işlem uygulanan erikler ön işlemsizlere göre daha çabuk kuruduğu görülmektedir. Meyve yüzeyinde bulunan mumsu tabakayı çözerek uzaklaştırma özelliği olan bazı kimyasal ön işlemler kuruma hızını artırıcı yönde etki etmektedir. Kuruma hızındaki değişim incelendiğinde ise tüm deney şartlarında kurumanın azalan kuruma hızı periyodunda gerçekleştiği görüldü. Bu periyot, kuruma sırasında nem transferinde difüzyon mekanizmasının etkin olduğunun göstergesidir. Sarı erik ve kırmızı eriğin mürdüm eriğine kıyasla, 1. günün sonunda biraz daha hızlı kuruma gösterdiği gözlenmiştir.
- Kuruma sırasında meyvede meydana gelen büzülmenin dikkate alındığı ve alınmadığı durumlar için difüzyon katsayısı hesaplandığında, her erik/osmotik ortam/kimyasal ön işlem için, büzülme durumunda difüzyon katsayısının büzülmenin dikkate alınmadığı duruma göre daha düşük çıktığı görülmüştür. Büzülme olarak değerlendirilen olgu meyvenin yapısındaki deformasyondur. Dehidrasyon sırasında sıcaklığı da etkisiyle yoğun bir şekilde gözlenen bu olgu meyve içinde hücreler arasında yer alan kapillerin kırılması ile yüzeyde meydana gelen kuvvet dengesizlikleri nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Büzülme ve dolayısıyla çapta meydana gelen küçülme nedeniyle meyve içindeki suyun yüzeye doğru kat etmek zorunda kaldığı mesafenin azaldığı ve suyun bu kısa mesafeden daha hızlı transfer olabileceği düşünülse de transfer olduğu hücreler arası boşluğu düzgün yapıda olmamasının ve kuruma sırasında birbirine yaklaşmasının, meyve içindeki nemin yüzeye difüzyonunu sınırlayan en önemli etken olduğu düşünülmektedir.

- Ön işlemsiz ve ön işlemlı osmotik dehidrasyondan sonra uygulanan kurutma işleminde ise;
 - Direkt olarak osmotik dehidrasyon uygulandıktan sonra kurutulan eriklerde, sarı ve kırmızı erikte sakaroz, mürdüm eriğinde ise glikoz çözeltisinde osmotik dehidrasyonun kurumayı diğerlerine göre daha fazla artırdığı ve difüzyon katsayılarının daha yüksek çıktığı görüldü.
 - NaOH ön işleminden sonra yapılan osmotik dehidrasyon ve akabinde yapılan kurutma işleminde, sarı ve kırmızı eriğın sakaroz, mürdüm eriğının ise maltoz ile kısmi osmotik dehidrasyona tabi tutulmasının kurumayı hızlandırdırğı ve daha yüksek difüzyon katsayıları elde edildiğı görüldü.
 - EO+K₂CO₃ ön işleml ve osmotik dehidrasyon sonrası yapılan kurutma da ise sarı erikte glikoz, kırmızı erik ve mürdüm eriğinde ise sakaroz çözeltileri ile kısmen osmotik dehidre etmenin kurumayı hızlandırıcı etkisi olduğı görülmüşür.
- Kuruma davranışı bakımından erikler birbiriyle mukayese edildiğinde daha sulu olan sarı ve kırmızı eriğın mürdüm eriğine göre daha hızlı kuruduğı görülmüşür. Mürdüm eriğindeki meyve eti dokusunun kırmızı ve sarı erikten daha sıkı ve geçirimsiz olması daha yavaş kurumasına etken olarak düşünülebilir.

8. KAYNAKLAR

- Abbas El-Aouar, Â., Azoubel, P. M., Barbosa Jr., J. L., Murr, F. E. X. 2006. "Influence of the osmotic agent on the osmotic dehydration of papaya (*Carica papaya* L.)", *Journal of Food Engineering A.*, 78(2), 267-274.
- Abud-Archila, M., Vázquez-Mandujano, D.G., Ruiz-Cabrera, M.A., Grajales-Lagunes, A., Moscota-Santillán, M., Ventura-Canseco, L.M.C., Gutiérrez-Miceli, F.A., Dendooven, L. 2007. "Optimization of osmotic dehydration of yam bean (*Pachyrhizus erosus*) using an orthogonal experimental design", *Journal of Food Engineering A.*, 84(3), 413-419.
- Ade-Omowaye, B. I. O., Rastogi, N. K., Angersbach, A., Knorr, D. 2002. "Osmotic dehydration behavior of red paprika (*Capsicum annuum* L.)", *Journal of Food Science A.*, 67(5), 1790-1796.
- Ade-Omowaye, B. I. O., Talens, P., Angersbach, A., Knorr, D. 2003. "Combined effects of pulsed electric field pre-treatment and partial osmotic dehydration on air drying behaviour of red bell pepper", *Journal of Food Engineering A.*, 60(1), 89-98.
- Ağaoğlu, Y. S. 1987. *Bahçe Bitkileri*, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayın No:1009, Ankara, s.22.
- Anonymous, 1980. "Official Methods of Analysis", 13th ed. Association of Official Chemist, Washtion, D.C.
- Anonim, 1995. "Zirai Mücadele Teknik Talimatları", Cilt-3, T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, 156-157, Ankara.
- Anonim, 2002. "Erikte En Çok Rastlanan Hastalık ve Zararlılar ile Bunlarla Mücadele Metodları", T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2006. *Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarım İl Müdürlüğü Kayıtları*, Aydın.
- Antonio, G. C. and Murr, F. E. X. 2002. "Microscopic Analysis of Papaya (*Carica papaya* L.) Osmotically Dehydrated", *Drying' 2002-Proceedings of The 13th International Drying Symposium (IDS' 2002)*, Beijing, China, 27-30 August, B, p.960.

- Antonio, G. C., Alves, D. G., Azoubel, P. M., Murr, F. E. X., Park K. J. 2008a. "Influence of osmotic dehydration and high temperature short time processes on dried sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.)", *Journal of Food Engineering A.*, 84(3), 375-382.
- Antonio, G. C., Azoubel, P. M., Murr F. E. X., Park, K. J. 2008b. "Osmotic dehydration of sweet potato (*Ipomoea batatas*) in ternary solutions", *Ciênc. Tecnol., Campinas July/Sept., Aliment.* 28(3).
- Atarés, L., Chiralt, A., González-Martínez, C. 2008. "Effect of solute on osmotic dehydration and rehydration of vacuum impregnated apple cylinders (cv. Granny Smith)", *Journal of Food Engineering A.*, 89(1), 49-56.
- Azuara, E., Cortes, R., Garcia, H. S., Beristain, C, I. 1992. "Kinetic model for osmotic dehydration and its relationship with Fick's second law", *International Journal of Food Science and Technology*, 27, 409-418.
- Barat, J. M., Alvarruiz, A., Chiralt, A., Fito, P. 1997. "A Mass Transfer Modelling Approach in Osmotic Dehydration", *Engineering and Food at ICEF 7*, Jowitt, R.(Ed.), Sheffield Academic Press Ltd., United Kingdom, 81-84.
- Barat, J. M. E., Chiralt, A., Fito, P. 1998. "Equilibrium in Cellular Food Osmotic Solution Systems as Related to Structure", *Journal of Food Science*, 63(5), 836-840.
- Barbanti, D., Mastroca, D., Pinnavaia, G., Severini, C., Dalla Rosa, M. 1991. "Air Drying of Fruit: Effect of Different Pretreatments on Drying Rate and Product Quality", in *Drying'91*, Mujumbar, A.S. and Filkova, I., Elsevier Science Pub., Amsterdam, 471-482.
- Barrera, C., Betoret, N., Fito, P. 2004. " Ca^{2+} and Fe^{2+} influence on the osmotic dehydration kinetics of apple slices (var. Granny Smith)", *Journal of Food Engineering A.*, 65(1), 9-14.
- Barrera, C., Betoret, N., Heredia, A., Fito, P. 2007. "Application of Safes (Systematic Approach to Food to Food Engineering Systems) Methodology to Apple Candyng", *Journal of Food Engineering*, 83, 193-200.
- Baysal, A. 1999. *Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Teknoloji Yüksekokulu, Hatiboğlu Yayınevi-Ankara*, s.494.

- Beristain, C. I., Azuara, E., Cortes, R., Garcia, H. S. 1990. "Mass Transfer During Osmotic Dehydration of Pineapple Rings", *Int. J. Food Sci. Technol.*, 25, 576-582.
- Bird, R. B., Stewart, W. E., Lightfoot, E. N. 1960. *Transport Phenomena*, Wiley, New York.
- Biswal, R. N., Bozorgmehr, K., Tompkins, F. D., Liu, X. 1991. "Osmotic Concentration of Beans Prior to Freezing", *Journal of Food Science*, 56, 1008-1012.
- Bolin, H. R., Huxsoll, C. C., Jackson, R. 1983. "Effect of Osmotic Agents and Concentration on Fruit Quality", *Journal of Food Science*, 48, 202-205.
- Cao, H., Zhang, M., Mujumbar, A. S. 2006. "Optimization of Osmotic Dehydration of Kiwifruit", *Drying Technology A*, 24(1-3), 89-94.
- Cárcel, J. A., Golás, Y., Benedito, J., Mulet, A. 2002. "Influence of Power Ultrasound in Osmotic Dehydration of Apple Slices", *Drying' 2002-Proceedings of The 13th International Drying Symposium (IDS' 2002)*, Beijing, China, 27-30 August, B, 936.
- Castello, M. L., Fito, P. J., Chiralt, A. 2010. "Changes in Respiration Rate and Physical Properties of Strawberries Due to Osmotic Dehydration and Storage", *Journal of Food Engineering*, Issue 1, March, 97, 64-71.
- Cemeroğlu, B., Karadeniz, F., Özkan, M. 2003. *Meyve Sebze İşleme Teknolojisi, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:28, Ankara*, s.690.
- Chafer, M., Gonzalez-Martinez, C., Ortola, M. D., Chiralt, A., Fito, P. 2001. "Kinetics of osmotic dehydration in orange and mandarin peels", *Journal of Food Process Engineering A*, 24(4), 273-289.
- Chandrasekaran, S. K., King, J. C. 1972. "Multi-Component Diffusion and Vapor-Liquid Equilibria of Dilute Organic Components in Aqueous Sugar Solutions", *Am. Inst. Chem. Eng. J.*, 18(3), 513-519.
- Chang, M. J., Han, M. R., Kim, M. H. 2003. "Effects of Salt Addition in Sugar Based Osmotic Dehydration on Mass Transfer and Browning Reaction of Green Pumpkin" *Agric. Chem. Biotechnol.*, Korea, 46(3), 92-96.
- Changrue, V., Orsat, V., Raghavan, G. S. V., Lyew, D. 2008. "Effect of Osmotic Dehydration on the Dielectric Properties of Carrots and Strawberries", *Journal of food Engineering A*, 88(2), 280-286.

- Chenlo, F., Moreira, R., Fernández-Herrero, C., Vázquez, G. 2006a. "Experimental Results and Modeling of the Osmotic Dehydration Kinetics of Chestnut with Glucose Solutions", *Journal of Food Engineering A.*, 74(3), 324-334.
- Chenlo, F., Moreira, R., Fernández-Herrero, C., Vázquez, G. 2006b. "Mass Transfer During Osmotic Dehydration of Chestnut Using Sodium Chloride Solutions", *Journal of Food Engineering A.*, 73(2), 164-173.
- Collignan, A., Raoult-Wack, A. L., Themelin, A. 1992. "Energy Study of Food Processing by Osmotic Dehydration and Air Drying", *International Agricultural Engineering Journal*, 1(3), 125-135.
- Contreras, J. E., Smyrl, T. G. 1981. "An Evaluation of Osmotic Concentration of Apple Rings Using Corn Syrup Solids Solutions", *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.*, 14(4), 310-314.
- Conway, J., Castaigne, F., Picord, G., Vovan, X. 1983. "Mass Transfer Considerations in the Osmotic Dehydration of Apples", *Can Inst. Food Science Technology J.*, 16(1), 25-29.
- Corzo, O. and Gomez, E. R. 2004. "Optimization of Osmotic Dehydration of Cantaloupe Using Desired Function Methodology", *Journal of Food Engineering, Venezuela*, Issue 2, September, 64, 213-219.
- Corzo, O. and Bracho, N. 2008. "Application of Weibull Distribution Model to Describe the Vacuum Pulse Osmotic Dehydration of Sardine Sheets", *Lebensmittel - Wissenschaft + Technologie A.*, 41(6), 1108-1115.
- Crank, J. 1975. "The Mathematics of Diffusion", Clarendon Press, Second Edition Oxford.
- Çınar, İ. 2009. "Osmotik Dehidrasyon, Mekanizması ve Uygulamaları", *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, GIDA (2009)*, 34(5), 325-329.
- Damarlı, E. 1997. "Kurutulmuş Gıdalarda Kalite", *Kurutulmuş Meyve Ticareti*, 1, 3-5.
- De-Los Reyes, R., Heredia, A., Fito, P., De-Los Reyes, E., Andres, A. 2007. "Dielectric Spectroscopy of Osmotic Solutions and Osmotically Dehydrated Tomato Products", *Journal of Food Engineering A.*, 80(4), 1218-1225.

- Del Valle, J. M., Cuadros, T. R. M., Aguilera, J. M. 1998. "Glass Transitions and Shrinkage During Drying and Storage of Osmosed Apple Pieces", *Food Research International*, 31(3), 191-204.
- Demirsoy, A. 1992. Yaşamın Temel Kuralları (Omurgasızlar/Böcekler) Entomoloji Cilt-II/Kısım-II, 3. Baskı, Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi, 616-618, Ankara.
- Dermesonlouoglou, E. K., Pourgouri, S., Taoukis, P. S. 2008. "Kinetic Study of the Effect of the Osmotic Dehydration Pre-treatment to the Shelf Life of Frozen Cucumber", *Innovative Food Science & Emerging Technologies A.*, 9(4), 542-549.
- Derossi, A., De-Pilli, T., Severini, C., Mc-Carthy, M. J. 2008. "Mass transfer during osmotic dehydration of apples", *Journal of Food Engineering A.*, 86(4), 519-528.
- Dixon, G. M., Jen, J. J., Paynter, V. A. 1976. "Tarty Apple Slices Result from Combined Osmotic-Dehydration and Vacion-Drying Process", *Food Prod. Devel.*, 10, 634-638.
- Dixon, G. M. and Jen, J. J. 1977. "Changes of Sugars and Acids of Osmovac Dried Apple Slices", *Journal of Food Science*, 42, 1126-1127.
- Dokuzoğuz, M. 1997. "Türkiye'de Bahçe Ürünleri Muhafazasındaki Gelişmeler", Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu, Atatürk Bahçe Kùltürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, 21-24 Ekim, Yalova, s.9.
- Erba, M. L., Forni, E., Colonello, A. 1994. "Influence of Sugar Composition and Air Dehydration Levels on the Chemical-Physical Characteristics of Osmodehydrofrozen Fruit", *Food Chemistry*, 50, 69-73.
- Erden, F. 1988. "Erzincan Bölgesi Yumuşak Çekirdekli Meyve Ağaçlarının Böcek Kökenli Zararlıları, Tanınmaları ve Önemlilerinin Zararlılık Durumları Üzerine Araştırmalar", Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Yayın No: 4, s.96, Ankara.
- Eren, İ. ve Kaymak-Ertekin, F. 2007. "Optimization of Osmotic Dehydration of Potato Using Response Surface Methodology", *Journal of Food Engineering*, Bornova, İzmir, Issue 1, March, 79, 344-352.
- Eseriche, I., Garcia-Pinchi, R., Andres, A., Fito, P. 2000. "Osmotic Dehydration of Kiwifruit (*Actinidia Chinensis*): Fluxes and Mass Transfer Kinetics", *Journal of Food Process Engineering A*, 23(3), 191-205.

- Falade, K. O., Igbeka, J. C., Ayanwuyi, F. A. 2007. "Kinetics of mass transfer, and colour changes during osmotic dehydration of watermelon", *Journal of Food Engineering A.*, 80(3), 979-985.
- Farkas, D.F., Lazar, M.E. 1969. "Osmotic Dehydration of Apple Pieces Effect of Temperature and Syrup Concentration on Rates", *Food Technology*, 23(5), 688-690.
- Favetto, G., Chirife, J., Bartholomai, G. B. 1981. "A Study of Water Activity Lowering in Meat During Immersion Cooking in Sodium Chloride-Glycerol Solutions, I. Equilibrium Considerations and Diffusional Analysis of Solute Uptake", *Journal of Food Technology*, 609-619.
- Fernandes, F. A. N., Rodrigues, S. 2007. "Ultrasound as Pre-treatment for Drying of Fruits : Dehydration of Banana", *Journal of Food Engineering A.*, 82(2), 261-267.
- Fernandes, F. A. N., Izabel Gallão, M., Rodrigues, S. 2008. "Effect of Osmotic Dehydration and Ultrasound Pre-treatment on Cell Structure : Melon Dehydration", *Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie A.*, 41(4), 604-610.
- Fito, P. 1994. "Modelling of Vacuum Osmotic Dehydration of Food", *Journal of Food Engineering*, 49, 115-127.
- Fito, P., Andres, A., Chiralt, A., Pardo, P. 1996. "Coupling of Hydrodynamic Mechanism and Deformation-Relaxation Phenomena During Vacuum Treatment in Solid Porous Food-Liquid Systems, *Journal of Food Engineering*, 27, 229-240.
- Fito, P., Chiralt, A., Barat, J.M., Martinez-Monzo, J. 2000. "Vacuum Impregnation in Fruit Processing", In *Trends in Food Engineering*, J.E. Lozano, G.V. Barbosa-Canovas, E. Parada-Arias and M.C. Anon (eds), Aspen Publishers, Gaithersburg, MD., 149-163.
- Flink, J. M. 1980. "Dehydrated Carrot Slices: Influence of Osmotic Concentration on Drying Behaviour and Product Quality", In: *Food Process Engineering*, London, 1, 412-418.
- Garcia, C. C., Mauro, M. A., Kimura, M. 2008. "Corrigendum to "Kinetics of Osmotic Dehydration and Air-Drying of Pumpkins (*Cucurbita Moschata*)"", *Journal of Food Engineering A.* 2008, 87(3), 445.

- Garrote, R.L. and Bertone, R.A. 1989. "Osmotic Concantration at Low Temperature of Frozen Strawberry Halves, Effect of Glicerol, Glucose and Sucrose Solutions on Exudate Loss during Thawing", *Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie*, 22(5), 264-267.
- Gerelt, B., Ikeuchi, Y., Nishiumi, T., Suzuki, A. 2002. "Meat Tenderization by Calcium Chloride After Osmotic Dehydration", *Meat Science A.*, 60(3), 237-244.
- Gomes Alves, D., Lucena Barbosa, J. Jr., Colato Antonio, G., Xidieh Murr, F. E. 2005. "Osmotic Dehydration of Acerola Fruit (*Malpighia Punicifolia* L.)", *Journal of Food Engineering A.*, 68(1), 99-103.
- Hawkes, J., Flink, J. M. 1978. "Osmotic Concentration of Fruit Slices Prior to Freze Dehydration", *Journal Food Process, Preserv.*, 2, 265-284.
- Holdsworth, S.M. 1986. "Advances in the Dehydration of Fruits and Vegetables", *Concentration and Drying of Foods*(D. Mac Carthy ed.), Elsevier App. Sci. Pub. Ltd., London, 293-303.
- İren, Z. 1977. "Önemli Meyve Zararlıları, Tanınmaları, Zararları, Yayılışları ve Mücadele Metotları", *Ankara Bölge Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü Yayınları Mesleki Eserler Serisi*, Ankara, No:36, s.84-85.
- İslam, M. N., Flink, J. M. 1982. "I. Dehydration of Potato, II. Osmotic Concentration and its Effect on Air Drying Behaviour", *Journal Food Technology*, 17, 387-403.
- İspir A. 2006. "Kayısının Osmotik Dehidrasyonu ve Kurutmaya Etkisi", *Yüksek Lisans Tezi*, Fırat Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Jamet, A. A., Larios, O. M. C. 2001. "Chitosan Film Effects on Papaya Osmotic Dehydration", In *Preceedings of the International Congress on Engineering and Food*, ICEF 8, J. Welte-Chanes, G.V. Barbosa-Canovas and J.M. Aguilera (eds), Technomic Publisher, Lanchester, PA. 2, 1330- 1331.
- Jarayaman, K. S. and Das Gupta, D.K. 1995. *Drying of Fruits and Vegetables, Handbook of Industrial Drying*, Marcel Decker, Inc.2nd Edition, New York, 643-690.
- Kamińska, A., Lewicki, P. P., Malczyk, P. 2008. "Mass Transfer in Osmotically Dehydrated Apple Stored at Temperatures Above Zero", *Journal of Food Engineering*, Issue 1, May, 86, 140-149.

- Karel, M. 1973. "Recent Research and Development in the Field of Low Moisture and Intermediate Moisture Foods", CRC Crit. Rev. Food Technology, 4(2), 329-373.
- Kaygısız, H. 1999. "Bitkisel Üretimde Zararlı Böcekler", Hasat Yayıncılık, Rebel Ofset, İstanbul, s.260.
- Kaymak-Ertekin, F. ve Çakaloğlu, T. 1996. "Osmotic Dehydration of Peas: I. Influence of Process Variables on Mass Transfer", Journal of Food Processing and Preservation, 20, 87-104.
- Kaymak-Ertekin, F. ve Sultanoğlu, M. 1997. "Gıdaların Osmotik Dehidrasyonunda Son Gelişmeler", Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 15(1-2), 243-261.
- Kaymak-Ertekin, F. ve Sultanoğlu, M. 2000. "Modelling of Mass Transfer During Osmotic Dehydration of Apples", Journal of Food Engineering, 46, 243-250.
- Khan, M. A. M., Ahrné, L., Oliveira, J. C., Oliveira, F. A. R. 2008. "Prediction of Water and Soluble Solids Concentration During Osmotic Dehydration of Mango", Food and Bioprocess Technology, 1, 7-13.
- Khin, M. M., Zhou, W., Perera, C. O. 2006. "A Study of the Mass Transfer in Osmotic Dehydration of Coated Potato Cubes", Journal of Food Engineering, 77(1), 84-95.
- Khin, M. M., Zhou, W., Yeo, S. Y. 2007. "Mass Transfer in the Osmotic Dehydration of Coated Apple Cubes by Using Maltodextrin as the Coating Material and their Textural Properties", Journal of Food Engineering, 81(3), 514-522.
- Khoyi, M. R. and Hesari, J. 2007. "Osmotic Dehydration Kinetics of Apricot Using Sucrose Solution", Journal of Food Engineering, 78(4), 1355-1360.
- Kim, M.H. 1989. "Mass Transfer During Osmotic Dehydration of Carrots and its Effect on Browning Reaction", Korean Journal Food Science Technology, 21(2), 307-312.
- Kowalska, H., Lenart, A. 2001. "Mass Exchange During Osmotic Pretreatment of Vegetables", Journal of Food Engineering, 49, 137-140.
- Kowalska, H., Lenart, A., Leszczyk, D. 2008. "The Effect of Blanching and Freezing on Osmotic Dehydration of Pumpkin", Journal of Food Engineering, 86(1), 30-38.

- Krokida, M.K. and Maroulis, Z.B. 2000. "The Effect of Drying Methods on Viscoelastic Behaviour of Dehydrate Fruits and Vegetables", *International Journal of Food Science and Technology*, 35, 391-400.
- Krokida, M. K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z. B. and Marinos-Kouris, D. 2001. "Effect of Osmotic Dehydration Pretreatment on Quality of French Fries", *Journal of Food Engineering*, 49, 339-345.
- Labuza, T. P. 1972. "Nutrient Losses During Drying and Storage of Dehydrated Foods", *CRC Crit. Rev. Food Technology*, 3(9), 217-240.
- Lazarides, H. N., Katsanidis, E., Nickolaidis, A. 1995. "Mass Transfer During Osmotic Preconcentration Aiming at Minimal Solid Uptake", *Journal of Food Engineering*, 25, 151-166.
- Lazarides, H. N., Mitrakas, G. E., Matsos, K. I. 2007. "Edible Coating and Counter-Current Product/Solution Contacting: A Novel Approach to Monitoring Solids Uptake During Osmotic Dehydration of a Model Food System", *Journal of Food Engineering*, 82, 171-177.
- Lee, B. W., Shin, G. L., Kim, M. H., Choi, C. U. 1989. "Effect of Pretreatment Before Air Drying on the Quality of Carrot Flake", *Korean Journal Food Science Technology*, 21(3), 430-434.
- Le Maguer, M., Yao, Z. 1995. "Mass Transfer During Osmotic Dehydration at Cellular Level", In *Food Preservation by Moisture Control: Fundamentals and Applications*, Technomic Publisher, Lancaster, PA., 325-350.
- Lenart, A. and Flink, J. M. 1984a. "Osmotic Dehydration of Potato. I. Criteria for the End Point of the Osmosis Process", *Journal of Food Technology*, 19, 45-63.
- Lenart, A. and Flink, J. M. 1984b. "Osmotic Dehydration of Potato. II. Spatial Distribution of the Osmotic Agent", *Journal of Food Technology*, 19, 65-89.
- Lenart, A. and Lewicki P. P. 1988. "Energy consumption during osmotic and convective drying of plant tissue", *Acta Alimentaria Polonica*, 14, 65-72.
- Lenart, A. and Lewicki, P. P. 1990. "Osmotic Dehydration of Carrots at High Temperature", In "Engineering and Food Preservation Processes and Related Techniques", London, (W. E. L. Spiess, H. Schubert, Eds.), 2, 731-740.
- Lenart, A. 1996. "Osmo-Convective Drying of Fruits and Vegetables Technology and Application", *Drying Technology*, 14(2), 391-413.

- Lenart, A., Dabrowska, R. 1997. "Osmotic Dehydration of Apples with Polysaccharide Coatings", *Polish Journal Food Nutr. Science*, 47(6), 105-112.
- Lenart, A. and Dabrowska, R. 1998. "Mass Transfer During Osmotic Dehydration of Apple with Pectin Coatings", *Drying'98-Processing of the 11th International Drying Symposium (IDS'98)*, Greece, A, 903-910.
- Lerici, C. R., Pinnavaia, G., Dalla Rosa, M., Bertolucci, L. 1985. "Osmotic Dehydration of Fruit: Influence of Osmotic Agents on Drying Behaviour and Product Quality", *Journal Food Science*, 50, 1217-1219/1226.
- Lerici, C. R., Mastrocola, D., Nicoli, M. C. 1988. "Use of Direct Osmosis as Fruit and Vegetables Dehydration", *Acta Alimentaria Polonica*, 14(1), 35-40.
- Lewicki, P. P. and Lenart, A. 1995. "Osmotic Dehydration of Fruits and Vegetables", *Handbook of Industrial Drying*, Mujumdar, A.S. (Ed.), Marcel Dekker, Inc., New York, 691-713.
- Lewicki, P. P. and Lukaszuk, A. 2000. "Effect of Osmotic Dewatering on Rheological Properties of Apple Subjected to Convective Drying", *Journal of Food Engineering*, 45, 119-126.
- Lombard, G. E., Oliveira, J. C., Fito, P., Andres, A. 2008. "Osmotic Dehydration of Pineapple as a Pre-treatment for Further Drying", *Journal of Food Engineering A.*, 85(2), 277-284.
- Madaeni, S. S. and Khodabakhshi, A. 2008. "Dehydration of Alcohols Using Osmotic Concentration-Dehydration of Aqueous Glycerol Solution", *Journal of Food Engineering A.*, 86(1), 49-54.
- Magee, T. R. A., Hassaballah, A. A., Murphy, W. R. 1983. "Internal Mass Transfer During Osmotic Dehydration of Apple Slices in Sugar Solutions", *International Journal of Food Science and Technology*, 1, 177-178.
- Maltini, E., Torreggiani, D., Forni, E., Lattuada, R. 1990. "Osmotic Properties of Fruit Juice Concentrates", *Engineering and Food, Physical Properties and Process Control*, London, I, 565-573.
- Marcotte, M. and Le Maguer, M. 1992. "Mass Transfer in Cellular Tissues Part II: Computer Simulation vs Experimental Data", *Journal of Food Engineering*, 17,177-179.

- Marouzé, C., Giroux, F., Collignan, A., Rivier, M. 2001. "Equipment Desing for Osmotic Treatments", *Journal of Food Engineering*, 49, 207-221.
- Martin-Esparza, E. and Gonzalez-Martinez, C. 2008. "Osmotic Dehydration – Vacuum Impregnation of Fruit", Part 1 of Experiments in Unit Operations and Processing of Foods, 5, 47-51.
- Martínez, V. Y., Nieto, A. B., Castro, M. A., Salvatori, D., Alzamora, S. M. 2007. "Viscoelastic Characteristics of Granny Smith Apple During Glucose Osmotic Dehydration", *Journal of Food Engineering A.*, 83(3), 394-403.
- Mastrocola, D., Barbanti, D., Dalla Rosa, D., Pittia, P. 1998. "Physicochemical Characteristics of Dehydrated Apple Cubes Reconstituted in Sugar Solutions", *Journal of Food Science*, 63(3), 495-498.
- Matusek, A. and Merész, P. 2002. "Modelling of Sugar Transfer During Osmotic Dehydration of Carrots", *Periodica Polytechnica, Chemical Engineering (Print)A.*, 46(1-2), 83-92.
- Mayor, L., Moreira, R., Chenlo, F., Sereno, A. M. 2006. "Kinetics of Osmotic Dehydration of Pumpkin With Sodium Chloride Solutions", *Journal of Food Engineering A.*, 74(2), 253-262.
- Mayor, L., Cunha, R. L., Sereno, A. M. 2007. "Relation Between Mechanical Properties and Structural Changes During Osmotic Dehydration of Pumpkin", *Food Research International A.*, 40(4), 448-460.
- Mayor, L., Pissarra, J., Sereno, A.M. 2008. "Microstructural Changes During Osmotic Dehydration of Parenchymatic Pumpkin Tissue", *Journal of Food Engineering A.*, 85(3), 326-339.
- Moreira-Azoubel, P. and Xidieh-Murr, F. E. 2004. "Mass Transfer Kinetics of Osmotic Dehydration of Cherry Tomato", *Journal of Food Engineering A.*, 61(3), 291-295.
- Moreira, R., Chenlo, F., Torres, M. D., Vazquez, G. 2007. "Effect of Stirring in the Osmotic Dehydration of Chestnut Using Glycerol Solutions", *Journal of Food Engineering A.*, 40(9), 1507-1514.
- Moreno, J., Chiralt, A., Escriche, I., Serra, J. A. 2000. "Effect of Blanching/Osmotic Dehydration Combined Methods on Quality and Stability of Minimally Processed Strawberries", *Food Research International A.*, 33(7), 609-616.

- Moy, J. H., Lau, N. B. H., Dolar, A. M. 1978. "Osmovac-Dehydration of Tropical Fruits", *Journal of Food Processing and Preservation*, 2, 131-135.
- Mújica-Paz, H., Valdez-Fragoso, A., López-Malo, A., Palou, E., Welte-Chanes, J. 2003. "Impregnation and Osmotic Dehydration of Some Fruits: Effect of the Vacuum Pressure and Syrup Concentration", *Journal of Food Engineering A.*, 57(4), 305-314.
- Oladele, A. K. and Odedeji, J. O. 2008. "Osmotic Dehydration of Catfish (*Hemisynodontis membranaceus*): Effect of Temperature and Time", *Pakistan, Journal of Nutrition A.*, 7(1), 57-61.
- Osorio, C., Franco, M. S., Castano, M. P., Gonzalez-Miret, M. L., Heredia, F. J., Morales, A. L. 2007. "Colour and Flavour Changes During Osmotic Dehydration of Fruits", *Innovative Food Science and Emerging Technologies A.*, 8(3), 353-359.
- Özçağiran, R., Ünal, A., Özeker, E., İsfendiyoğlu, M. 2003. "İlman İklim Meyve Türleri: Sert Çekirdekli Meyveler, Ege Üniversitesi Ziraat Fakülte Yayınları, İzmir, Cilt 1., No:553, s.229.
- Özdemir, M., Ozen, B. F., Dock, L. L., Floros, J. D. 2008a. "Processing Factors Affecting the Osmotic Dehydration of Diced Green Peppers", *International Journal of Food Science and Technology A.*, 37(5), 497-502.
- Özdemir, M., Ozen, B. F., Dock, L. L., Floros, J. D. 2008b. "Optimization of Osmotic Dehydration of Diced Green Peppers by Response Surface Methodology", *Lebensmittel-Wissenschaft+Technologie A.*, 41(10), 2044-2050.
- Özeren, M. H. 1970. "Ankara Bölgesi'nde Bazı Meyve ve Orman Ağaçları ile Süs Bitkilerine Zarar Veren Hymenoptera Türleri, Yayılışı ve Taksonomileri Üzerinde Ön Araştırmalar", *Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara, No:96, s.73.*
- Özgüven, A. I., Küden, A., Yılmaz, C. 2000. "Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Erik Yetiştiriciliği", *Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, Türkiye Tarımsal Araştırma Projesi Yayınları, Adana, s.22.*
- Özvardar, S. ve Önal, K. 1990. "Erik Yetiştiriciliği", *TAV Tarımsal Araştırmaları Destekleme ve Geliştirme Vakfı, Yalova, Yayın No:23, s.64.*

- Palou, E., Lopez-Malo, A., Argai, A., Welti, J. 1994. "The Use of Peleg's Equation to Model Osmotic Concentration of Papaya", *Drying Technology*, 12(4), 965-978.
- Panades, G., Castro, D., Chiralt, A., Fito, P., Nunez, M., Jimenez, R. 2008. "Mass Transfer Mechanisms Occurring in Osmotic Dehydration of Guava", *Journal Food Engineering*, 87(3), 386-390.
- Pani, P., Avitabile-Leva, A., Riva, M., Maestrelli, A., Torreggiani, D. 2008. "Influence of an Osmotic Pre-treatment on Structure-Property Relationships of Air-dehydrated Tomato Slices", *Journal of Food Engineering A.*, 86(1), 105-112.
- Panagiotou, N. M., Karathanos, V. T., Maoulis, Z. B. 1998a. "Modelling of the Osmotic Dehydration of Fruits", *Drying'98-Processing of the 11 th International Drying Symposium (IDS'98)*, Greece, A, 954-961.
- Panagiotou, N.M., Karathanos, V.T., Maoulis, Z.B. 1998b. "Mass Transfer Modelling of Some Fruits", *International Journal of Food Science and Technology*, 33, 267-284.
- Park, K. J., Bin, A., Brod, F. P. R., Park, T. H. K. B. 2002. "Osmotic Dehydration Kinetics of Pear D'anjou (*Pyrus communis* L.)", *Journal of Food Engineering*, 52(3), 293-298.
- Paso-Tsamo, C. V., Bilame, A. F., Ndjouenkeu, R., Jiokap-Nono, Y. 2005. "Study of Material Transfer During Osmotic Dehydration of Onion Slices (*Album cepa*) and Tomato Fruits (*Lycopersicon esculentum*)", *Lebensmittel-Wissenschaft+ Technologie A.*, 38(5), 495-500.
- Peiró, R., Dias, V. M. C., Camacho, M. M., Martínez-Navarrete, N. 2006. "Micronutrient Flow to the Osmotic Solution During Grapefruit Osmotic Dehydration", *Journal of Food Engineering A.*, 74(3), 299-307.
- Perry, R. H., Chilton, C. H. 1973. "Chemical Engineer's Handbook", 5 th Ed., Mc Graw Hill Book Comp., New York.
- Pinnavaia, G., Dalla-Rosa, M., Lerici, C. R. 1988. "Dehydrofreezing of Fruit Using Direct Osmosis as Concentration Process", *Acta Alimentaria Polonica*.14(1), 51-57.
- Ponting, J. D., Watters, G. G., Forrey, R. R., Jackson, R., Stanley, W. L. 1966. "Osmotic Dehydration of Fruits", *Food Technology*, 20(10), 125-128.

- Ponting, J. D. 1973. "Osmotic Dehydration of Fruits-Recent Modifications and Applications", *Process Biochemistry*, December, 18-20.
- Prothon, F., Ahrne, L. M. 2004. "Application of Guggenheim, Anderson and De Boer Model to Correlate Water Activity and Moisture Content During Osmotic Dehydration of Apples", *Journal of Food Engineering*, 61, 467-470.
- Rahman, M. S., Lamb, J. 1990. "Osmotic Dehydration of Pine Apple", *Journal Food Science Technology*, 27(3), 150-152.
- Raoult-Wack, A. L. 1994. "Recent Advances in the Osmotic Dehydration of Foods", *Trends Food Science Technology*, 255-259.
- Rapaille, A., De-Cock, P. 1994. "The Incredible Bulk-Starch Derived Sweeteners", *Indian Sugar*, 43(11), 859-864.
- Rastogi, N. K. and Raghavarao, K. S. M. S. 1994. "Effect of Temperature and Concentration of Osmotic Dehydration of Coconut", *Lebensm. Wiss. Technology*, 27, 264-267.
- Rastogi, N. K. and Raghavarao, K. S. M. S. 1995. "Kinetics of Osmotic Dehydration of Coconut", *Central Food Technological Res. Inst., Dep. Food Eng., Mysore, Journal of Food Process Engineering*, 18(2), 187-197.
- Rastogi, N. K. and Raghavarao, K. S. M. S. 1997. "Mass Transfer During Osmotic Dehydration of Carrot: Comparison of Different Methods for the Estimation of Effective Diffusivities", *Engineering and Food at ICEF 7*, Jowitt, R. (Ed.), Sheffield Academic Press Ltd., United Kingdom, G73-76.
- Rastogi, N. K. and Niranjana, K. 1998. "Enhanced Mass Transfer During Osmotic Dehydration of High Pressure Treated Pineapple", *Journal of Food Science A*, 63(3), 508-511.
- Rastogi, N. K., Eshtiaghi, M. N., Knorr, D. 1999. "Accelerated Mass Transfer During Osmotic Dehydration of High Intensity Electrical Field Pulse Pretreated Carrots", *Journal of Food Science A*, 64(6), 1020-1023.
- Rastogi, N. K., Angersbach, A., Knorr, D. 2000a. "Evaluation of Mass Transfer Mechanisms During Osmotic Treatment of Plant Materials", *Journal of Food Science*, 65(6), 1016-1019.

- Rastogi, N. K., Angersbach, A., Knorr, D. 2000b. "Synergistic Effect of High Hydrostatic Pressure Pretreatment and Osmotic Stress on Mass Transfer During Osmotic Dehydration", *Journal Food Engineering*, 45, 25-31.
- Rastogi, N. K., Raghavarao, K. S. M. S., Niranjana, K. 2004. "Mass Transfer During Osmotic Dehydration: Determination of Moisture and Solute Diffusion Coefficients from Concentration Profiles", *Food and Bioprocess Technology*, 82(1), 44-48.
- Reppa, A., Mandala, J., Konstantopoulos, A. E., Saravacos, G. D. 1998. "Influence of Solute Temperature and Concentration on the Combined Osmotic and Air Drying", *Drying'98- Processing of the 11 th International Drying Symposium (IDS'98)*, Greece, A, 860-867.
- Riva, M., Masi, P. 1990. "Osmodehydration of Grapes", In: *Engineering and Food*, Vol 2. Preservation Processes and Related Techniques (W.E.L. Spiess and H. Schubert, eds.), Elsevier App. Sci., London, 711-721.
- Rodriguez, T. V., Rojas, A. M., Campos, C. A., Gerschenson, L. N. 2003. "Effect of Osmotic Dehydration on the Quality of Air-dried Porphyra", *Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie*, 36(4), 415-422.
- Sagar, V. R. and Kumar, P. S. 2009. "Involvement of Some Process Variables in Mass Transfer Kinetics of Osmotic Dehydration of Mango Slices and Storage Stability", *Journal of Scientific and Industrial Research*, 68(12), 1043-1048.
- Salvadori, D., Andres, A., Albors, A., Chiralt, A., Fito, P. 1998. "Structural and Compositional Profiles in Osmotically Dehydrated Apple", *Journal of Food Science*, 63, No:4.
- Sankat, C. K., Castaigne, F., Maharaj, R. 1996. "The Air Drying Behaviour of Fresh and Osmotically Dehydrated Banana Slices", *International Journal of Food Science and Technology*, 31, 123-135.
- Saxena, S., Mishra, B. B., Chanderand, R., Sharma A. 2009. "Shelf Stable Intermediate Moisture Pineapple (*Ananas comosus*) Slices Using Hurdle Technology", *Lebensmittel-Wissenschaft+Technologie*, 42(10), 1681-1687.
- Sereno, A. M., Hubinger, M. D., Comesana, J. F., Correa, A. 2001. "Prediction of Water Activity of Osmotic Solutions", *Journal of Food Engineering*, 49, 103-114.

- Sharma K. D., Lal-Kaushal B. B. 1999. "Mass Transfer During Osmotic Dehydration and its influence on quality of canned plum", *Journal of Scientific and Industrial Research A.*, 58(9), 711-716.
- Shi, J., Le-Maguer, M. 2002. "Mass Transfer in Cellular Material at Solid-Liquid Contacting Interface", *Food Science Technology*, 367-372.
- Singh, B., Panesar, S. P., Nanda, V. 2007. "Optimisation of Osmotic Dehydration of Carrot Cubes in Sucrose-Salt Solutions Using Response Surface Methodology", *European Food Research and Technology*, A., 225(2), 157-165.
- Speck, P., Escher, F., Solms, J. 1977. "Effect of Salt Pretreatment on Quality and Storage Stability of Air-Dried Carrots", *Lebensm-Wiss. U-Technology*, 10(6), 308-313.
- Sutar, P. P., Gupta, D. K. 2007. "Mathematical Modeling of Mass Transfer in Osmotic Dehydration of Onion Slices", *Journal of Food Engineering*, 78(1), 90-97.
- Szymczak, J. A., Plocharski, W. J., Konopacka, D. 1998. "The Influence of Repeated Use of Syrup on the Quality of Osmo-convectively Dried Sour Cherries", *Drying'98-Processing of the 11th International Drying Symposium (IDS'98)*, Greece, A, 895-902.
- Tomasicchio, M., Andreotti, R., De-Giorgi, A. 1986. "Disidratazione Parziale Della Frutta Per Osmosi, II-Ananas", *Frogle e susine, Ind. Conserve*, 61, 108-114.
- Torreggiani, D. 1993. "Osmotic Dehydration in Fruit and Vegetable Processing", *Food Research International*, 59-68.
- Torreggiani, D. 1995. "Technological Aspects of Osmotic Dehydration in Foods, In Food Preservation by Moisture Control: Fundamentals and Applications", Technomic Publisher, Lanchester, PA., 281-304.
- Torreggiani, D., Bertolo, G., Wolf, W. 2001. "Osmotic Pre-Treatments in Fruit Processing: Chemical, Physical and Structural Effects", *Journal of Food Engineering*, 49(2-3), 247-253.
- Torreggiani, D., Bertolo, G. 2004. "Present and Future in Process Control and Optimization of Osmotic Dehydration", *Adv. Food Nutr. Res.*, 48, 174-238.
- Torres, J. D., Talens, P., Carot, J. M., Chiralt, A., Escriche, I. 2007. "Volatile Profile of Mango (*Mangifera indica* L.), as Affected by Osmotic Dehydration", *Food Chemistry A.*, 101(1), 219-228.

- Torrington, H. M., Urle, U., Bartels, P. V., Schubert, H. 1998. "Microwave-Vacuum Drying of Osmotically Pre-treated Fruit", Drying'98-Processing of the 11th International Drying Symposium (IDS'98), Greece, A, 922-929.
- Tortoe, C., Orchard, J., Beezer, A., O'Neil, M. 2007. "Potential of Calorimetry to Study Osmotic Dehydration of Food Materials", Journal of Food Engineering, Issue 3, February, 78, 933-940.
- Toupin, C. J., Marcotte, M., Le-Maguer, M. 1989. "Osmotically Induced Mass Transfer in Plant Storage Tissues", A Mathematical Model-Part I, Journal of Food Engineering, 10, 13-38.
- Türk-Toğrul, İ. ve İspir, A. 2007. "Effect on Effective Diffusion Coefficients and Investigation of Shrinkage During Osmotic Dehydration of Apricot", Energy Conversion and Management, A., 48(10), 2611-2621.
- Türk-Toğrul, İ. ve İspir, A. 2008. "Equilibrium Distribution Coefficients During Osmotic Dehydration of Apricot", Food and Bioprocess Processing, A., 86(4), 254-267.
- Türk-Toğrul, İ. ve İspir, A. 2009a. "The Influence of Application of Pretreatment on the Osmotic Dehydration of Apricot", Journal of Food Processing and Preservation, 33, 58-74.
- Türk-Toğrul, İ. ve İspir, A. 2009b. "Osmotic Dehydration of Apricot: Kinetics and The Effect of Process Parameters", Chemical Engineering Research and Design, A., 87(2), 166-180.
- Van Arsdel, W. B., Copley, M. J., Morgan, A. I. Jr. 1973. "Food Dehydration", vol.1. Drying Methods and Phenomena, 2nd ed. The Avi Pub. Comp., Inc., Westport, Conn.
- Vijayanand, P., Chand, N., Eipeson, W. E. 1995. "Optimization of Osmotic Dehydration of Cauliflower", Journal of Food Processing and Preservation A. 1995, 19(4), 229-242.
- Yang, D. C., Le Maguer, M. 1992. "Mass Transfer Kinetics of Osmotic Dehydration of Mushrooms", Journal of Food Processing and Preservation A., 16(3), 215-231.
- Yao, Z. and Le Maguer, M. 1996. "Mathematical Modelling and Simulation of Mass Transfer in Osmotic Dehydration Processes, Part I: Conceptual and Mathematical Model", Journal of Food Engineering, 29, 349-360.

Warczok, J., Gierszewska, M., Kujawski, W., Güell, C. 2007. "Application of Osmotic Membrane Distillation for Reconcentration of Sugar Solutions from Osmotic Dehydration", Separation and Purification Technology A., 57(3), 425-429.

8.1 İnternet Kaynakları

Erişim Tarihi

1. http://www.lezzet.com.tr/puf_noktalari/00990/ (18.08.2009)
2. <http://www.gap.gov.tr/Turkish/Tarim/Meyveyt/erik.html> (20.11.2009)
3. http://www.ziraatci.com/yetistir/sayfa.asp?konuid=15&manual=off&sitedeara=erik_yetistirciligi (20.11.2009)
4. <http://www.akib.org.tr/akib/UserFiles/File/arastirma/sertcekirdekli.doc> (22.07.2009)
5. www.iib.org.tr/iib_portal/dokuman/aylikrap/200912/2009_Yili_Kuru_Meyve_Ihracat_Degerlendirme.pdf (20.11.2009)
6. <http://www.lezzetvadisi.com/lezzet/erik-saglik-kupu-faydalari.html> (15.01.2010)
7. <http://www.gidasanayii.com/modules.php?name=News&file=article&sid=2250> (15.01.2010)

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Sabire ERÜNAL
Doğum Yeri : AFYONKARAHİSAR
Doğum Tarihi : 18.11.1983
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Afyon Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi (Süper Lise) (2002)
Lisans : Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği (2007)
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı (2010)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Oruçoğlu Yağ San. Tic. A.Ş. 2006
Sofra Hazır Yemek Üretim Hizmet A.Ş. 2007
Mirimoğlu Helva ve Şekerleme San. Tic. Ltd. Şti. 2008-Halen devam etmekteyim

Yayınları (SCI ve diğer)

Erüenal, S., Türk-Toğrul, İ., ‘Sarı ve Kırmızı Eriğin Farklı Şeker Çözeltilerinde Osmotik Dehidrasyonu’, 1. Uluslararası Adriyatikten Kafkaslara Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 15 -17 Nisan 2010, 640-642, Tekirdağ.

Diğer konular