

**T.C.**  
**TUNCELİ ve ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ**  
**ORTAK FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELMA, AYVA VE MUZ MEYVELERİNE UYGULANAN OZMOTİK  
DEHİDRASYON ÖN-İŞLEMİNİN BU MEYVELERİN KALİTE  
PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİ VE KİNETİK MODELLEMESİ**

**DOKTORA TEZİ**  
**Ferit AK**

**Anabilim Dalı: Gıda Mühendisliği**

**1. DANIŞMAN**  
**Yrd. Doç. Dr. Alper GÜVEN**  
**2. DANIŞMAN**  
**Prof.Dr. Mükerrerem KAYA**

**TEMMUZ – 2016**

**T.C.**  
**TUNCELİ ve ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ**  
**ORTAK FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELMA, AYVA VE MUZ MEYVELERİNE UYGULANAN OZMOTİK  
DEHİDRASYON ÖN-İŞLEMİNİN BU MEYVELERİN KALİTE  
PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİ VE KİNETİK MODELLEMESİ**

**DOKTORA TEZİ**

**Ferit AK**  
**(141108201)**

**Anabilim Dalı: Gıda Mühendisliği**

**I. DANIŞMAN**

**Yrd. Doç. Dr. Alper GÜVEN**

**II. DANIŞMAN**

**Prof. Dr. Mükerrerem KAYA**

**TEMMUZ – 2016**

**T.C.**  
**TUNCELİ ve ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ**  
**ORTAK FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELMA, AYVA VE MUZ MEYVELERİNE UYGULANAN OZMOTİK  
DEHİDRASYON ÖN-İŞLEMİNİN BU MEYVELERİN KALİTE  
PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİ VE KİNETİK MODELLEMESİ**

**Gıda Yüksek Müh. Ferit AK**  
**DOKTORA TEZİ**  
**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu tez 29/07/2016 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **oybirliği/ oyçokluğu** ile kabul edilmiştir.

**İmza:.....**

Yrd. Doç. Dr. Alper  
GÜVEN  
(T.Ü)

**DANIŞMAN**

**İmza:.....**

Doç. Dr. Olcay K. İNCE  
(T.Ü)

**ÜYE**

**İmza:.....**

Prof. Dr. Gülsün  
AKDEMİR EVRENDİLEK  
(A.İ.B.Ü)

**ÜYE**

**İmza:.....**

Prof.Dr. Ali ARSLAN  
(F.Ü)

**ÜYE**

**İmza:.....**

Yrd. Doç.Dr. Yeliz ÇAKIR  
(T.Ü)

**ÜYE**

Bu tez, Enstitümüz Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Doç. Dr. Durali DANABAŞ  
Enstitü Müdürü  
İmza ve Mühür

Bu çalışma, Tunceli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

**Proje No: DRTUB015-03**

**NOT:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı "Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu"ndaki hükümlere tabidir.

## ÖZET

Bu çalışmada, bazı meyvelere uygulanan ozmotik dehidrasyon ön-işleminin bu meyvelerin kalite parametreleri üzerine etkisinin ve kinetik modellemesinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla belirlenen 8 saatlik daldırma süresinin 0, 60, 120, 240, 360 ve 480 dakikalık zaman periyotları sonunda; %25, %45, %55 ve %65 sakkaroz konsantrasyonlarının ve 25°C, 35°C ve 45°C daldırma sıcaklıklarının elma ve ayva küpleri ile muz dilimleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Örneklerin su kaybı, katı kazanımı ve ağırlık azalışı gibi kinetik parametreleri hesaplanarak kütle transfer mekanizmaları modellenmiştir. Ayrıca su aktivite değeri analizi, renk analizi, tekstür profil analizi, rehidrasyon oranı analizi ve polifenoloksidaz-peroksidaz enzimatik aktivite analizleri ile mikroskobik yapı değişikliklerini tespit etmek için taramalı elektron mikroskobu incelemeleri yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

Ozmotik dehidrasyon işlemi boyunca su kaybı ve katı kazanımı parametreleri ile ilişkili olarak; meyve örneklerinin tekstür profil analizinde sertlik, dış yapışkanlık ve çignenebilirlik gibi tekstürel değerlerinde azalış görülürken; iç yapışkanlık ve elastikiyet değerlerinde ise artış görülmüştür. Ayrıca muz dilimlerine ait dış yapışkanlık değerlerinin elma ve ayva küplerininkilere göre çok yüksek olduğu göze çarpmıştır. Meyvelerin L\* renk değerlerinin taze örneklerle kıyasla düştüğü; ancak bu düşüşün yüksek sakkaroz konsantrasyonlarında daha az olduğu tespit edilmiştir. Meyvelerin b\* renk değerlerinin ise ozmotik işlem boyunca arttığı dikkati çekmiştir. Ozmotik işlem görmüş meyve örneklerinin işlem görmemiş örneklerle göre daha düşük rehidrasyon oranına sahip olduğu saptanırken bu oran elmada 4.84, muzda 2.39 olarak hesaplanmıştır. Farklı sakkaroz konsantrasyonlarına daldırılan meyvelerin yapısındaki polifenoloksidaz ve peroksidaz enzim aktivitelerinin ozmotik işlem esnasında düştüğü; fakat enzimlerin termal stabiliteilerinin yüksek olmasından dolayı enzimatik inhibisyonun sınırlı kaldığı görülmüştür. Taramalı elektron mikroskobu ile ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan meyve örneklerinin mikroskobik yapısı incelendiğinde; genel olarak hücrelerde çökme ve büzülme, hücre içi boşluklarda daralma, hücre duvarlarında deformasyon ve hücreler arası boşluklarda genişleme gibi ultrastrüktürel değişikliklerin görüldüğü tespit edilmiştir.

Denge su kaybı ve denge katı kazanımı değerlerini belirlemek için, Azuara ve ark. (1992) ile Hawkes ve Flink (1978) kütle transfer modelleri incelendiğinde; örneklerin %25 sakkaroz konsantrasyonları dışında %P değerlerinin düşük olduğu ve deneysel sonuçların modele çok uygun olduğu saptanmıştır. 45°C'de %65 sakkaroz konsantrasyonunda denge su kaybı değerleri elma, ayva ve muz örnekleri için sırasıyla %75.18, %62.89 ve %37.88 olarak belirlenmiştir. %25 sakkaroz konsantrasyonlarında muz dilimlerinin denge su kaybı değerlerinin %-16.86 olduğu tespit edilmiştir. Su moleküllerinin düşük kinetik enerjisinden kaynaklanan bu durumun sonucunda muz dilimlerinden su kaybı yerine su kazanımının gerçekleştiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Ozmotik dehidrasyon, kütle transferi, modelleme, tekstür, mikroskobik yapı

## ABSTRACT

### **The Effect of Osmotic Dehydration Pretreatment Applied to Apples, Quinces and Bananas on the Quality Parameters of This Fruits and Kinetic Modeling**

The aim of present study is to analyse the effect of osmotic dehydration pretreatment applied to some fruits on the quality parameters of this fruits and kinetic modeling. For this purpose, at the end of time periods as 0, 60, 120, 240, 360 and 480 minutes of 8 hours immersion time, the effect of 25%, 45%, 55% and 65% sucrose concentrations and 25°C, 35°C and 45°C immersion temperatures on apple and quince cubes with banana slices has been studied. Mass transfer mechanisms have been modeled by calculating kinetic parameters such as water loss, solid gain and weight decrease of samples. Besides, the results have been evaluated by analyzing on scanning electron microscope with the aim of determining microscopic structure changes and the analyses of water activity value, colour, texture profile analysis, rehydration rate and polyphenoloxidase-peroxidase enzymatic activities.

During the osmotic dehydration process as associated with water loss and solid gain parameters, the increase in cohesiveness and elasticity values has been determined while there has been the decrease in textural values such as firmness, adhesiveness and chewiness in texture profile analyse of fruit samples. Furthermore it has stood out that adhesiveness values of banana slices are very much higher than apple and quince cubes.  $L^*$  colour values of fruits have decreased compared to fresh samples, however this decrease has less in high sucrose concentrations. It has been remarked  $b^*$  colour values of fruits have increased during osmotic process. When It has determined that fruit samples with osmotic process have had less rehydration rate than non-processed samples, this rate has been measured as 4.84 in apple and as 2.39 in banana. It has been observed that polyphenoloxidase and peroxidase enzyme activities in the structure of fruits that are put into different sucrose concentrations have decreased during osmotic process however enzymatic inhibition are limited because thermal stabilities of enzymes are high. It has been determined that there are ultrastructural changes generally such as collapse and shrinkage in the cells, contraction in the intracellular spaces, deformation in the cell's walls and largening in intercellular spaces when microscopic structure of fruit samples having osmotic dehydration process by scanning electron microscope has been examined.

It has been determined that P% values of samples except 25% sucrose concentrations are low and emprical results are very suitable to the model when Azuara et al. (1992) and Hawkes and Flink (1978) mass transfer models have been analysed in order to carry out the equilibrium water loss and equilibrium solid gain values. Equilibrium water loss values of apple, quince and banana samples have been obtained at 45°C in %65 sucrose concentration sequently as 75.18%, 62.89% and 37.88%. It has been determined that the equilibrium water loss values of banana slices are -16.86% in 25% sucrose concentrations. At the end of this event caused by low kinetic energy of water molecules, it has been found that there has been water gain in banana slices instead of water loss. . At the end of this event caused by low kinetic energy of water molecules, it has been found that there has been water gain in banana slices instead of water loss.

**Key Words:** Osmotic dehydration, mass transfer, modeling, texture, microscopic structure

## TEŞEKKÜR

Doktora tez çalışmam süresince danışmanlığımı üstlenerek değerli fikirleri ve bilgi birikimiyle beni yönlendiren, ilgi ve desteğini benden esirgemeyen ve her şeyin ötesinde insani yönünün ve hoşgörüsünün ağır bastığı çok kıymetli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Alper GÜVEN'e

Tez izleme komitesinde yer alan Sayın Doç. Dr. Olcay KAPLAN İNCE'ye ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Yeliz ÇAKIR'a, Tez jürimde yer alan Sayın Prof. Dr. Gülsün AKDEMİR EVRENDİLEK'e ve Prof. Dr. Ali ARSLAN'a, deney çalışmasının modellenmesinde yol gösteren Sayın Yrd. Doç. Dr. Hakan YOĞURTÇU'ya, istatistiksel değerlerin yorumlanmasında desteğini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Murat ÇİMEN'e, enzimatik aktivite analizlerinin gerçekleştirilmesinde bilgi birikimini paylaşan Sayın Doç. Dr. Mehmet BAŞLAR'a, çalışmam boyunca her türlü desteğini esirgemeyen arkadaşım Arş. Gör. Osman SERDAR'a, arkadaşım Arş. Gör. Emrah KARAKAVUK'a ve arkadaşım Öğr. Gör. Vedat TÜMEN'e, maddi desteklerinden dolayı Tunceli Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Projeler Birimi'ne,

Doktora tez sürecimde yaşadığım sıkıntılarda ve tüm çalışmalarımda hem bilimsel hem de manevi açıdan destek olan hayat arkadaşım Yrd. Doç. Dr. Tuba PARLAK AK'a ve kızım Neva'ya

Çok teşekkür eder, gönül dolusu sevgi ve şükranlarımı sunarım.

Ferit AK  
TUNCELİ- 2016

<b>ÖZET</b> .....	<b>I</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>II</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>III</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>IV</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>VII</b>
<b>TABLOLAR LİSTESİ</b> .....	<b>XI</b>
<b>RESİMLER LİSTESİ</b> .....	<b>XIV</b>
<b>SEMBOLLER LİSTESİ</b> .....	<b>XV</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1. Kuramsal Temeller .....	4
1.1.1. Ozmotik Dehidrasyon .....	4
1.1.1.1.Ozmotik Dehidrasyon Sırasında Kütle Transfer Mekanizması .....	6
1.1.1.2.Ozmotik Dehidrasyon Sırasında Kütle Transferinin Hızını Etkileyen Faktörler ...	11
1.1.1.2.1. Ozmotik Ajanın Tipi ve Konsantrasyonu .....	11
1.1.1.2.2. İşlem Süresi .....	13
1.1.1.2.3. Sıcaklık .....	14
1.1.1.2.4. Örnek-Çözelti Oranı .....	16
1.1.1.2.5. Örnek Özellikleri .....	16
1.1.1.3. Ozmotik Dehidrasyon Sırasında Gerçekleşen Kütle Transferinin Modellenmesi..	17
1.1.1.4. Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Gıdaların Fiziksel, Kimyasal Ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi .....	21
1.1.1.4.1. Ozmotik Dehidrasyonun Fiziksel Özellikler Üzerine Etkisi .....	21
1.1.1.4.2. Ozmotik Dehidrasyonun Kimyasal Özellikler Üzerine Etkisi .....	23
1.1.1.4.3. Ozmotik Dehidrasyonun Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi .....	25
1.2. Elma.....	28
1.3. Ayva .....	31
1.4. Muz.....	34
1.5. Çalışmanın Amacı .....	39
<b>2. MATERYAL ve METOT</b> .....	<b>41</b>
2.1. Materyal.....	41
2.2. Metot.....	41
2.2.1. Ozmotik Çözeltilerin Hazırlanması .....	41
2.2.2. Ozmotik Dehidrasyon İşlemi .....	41
2.2.3. Uygulanan Analiz Metotları .....	42
2.2.3.1. Toplam Kuru Madde Analizi ve Nem Tayini .....	42
2.2.3.2. Suda Çözünen Kuru Madde Tayini .....	43
2.2.3.3. Mineral Madde İçeriği Analizi .....	43
2.2.3.4. pH ve Titrasyon Asitliği Analizi .....	44
2.2.3.5. Renk Analizi .....	44
2.2.3.6. Tekstür Profil Analizi .....	45
2.2.3.7. Polifenoloksidaz ve Peroksidaz Enzim Aktivitelerinin Tayini .....	47
2.2.3.8. Su Aktivite Değeri Analizi .....	48
2.2.3.9. Rehidrasyon Oranı Analizi .....	48
2.2.3.10. Taramalı Elektron Mikroskobu Analizi.....	49

2.2.4.	Ozmotik Dehidrasyon İşleminde Kinetik Parametrelerin Hesaplanması .....	49
2.2.4.1.	Ozmotik Dehidrasyon İşleminde Gerçekleşen Kütle Transferinin Matematiksel Modellere Uygunluğunun Belirlenmesi .....	50
2.2.4.1.1.	Azuara ve Ark. (1992) Modeli .....	50
2.2.4.1.2.	Hawkes ve Flink (1978) Modeli .....	52
2.2.5.	İstatistiksel Değerlendirmeler .....	53
<b>3.</b>	<b>BULGULAR</b> .....	<b>55</b>
3.1.	Taze Amasya Elmasının Bazı Fiziksel Parametreleri ve Besinsel Bileşimi .....	55
3.2.	Amasya Elmasının Ozmotik Dehidrasyonu.....	55
3.2.1.	Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Amasya Elmasının Kütle Transferi Üzerine Etkisi .....	55
3.2.2.	Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Amasya Elmasının Su Aktivite Değeri Üzerine Etkisi .....	63
3.2.3.	Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Amasya Elmasının Tekstürel Değerleri Üzerine Etkisi .....	65
3.2.3.1.	Sertlik .....	67
3.2.3.2.	Dış Yapışkanlık .....	68
3.2.3.3.	Esneklik .....	69
3.2.3.4.	İç Yapışkanlık .....	70
3.2.3.5.	Sakızlımsılık .....	71
3.2.3.6.	Çiğnenebilirlik .....	72
3.2.3.7.	Elastikiyet .....	73
3.2.4.	Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Amasya Elmasının Renk Değerleri ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ) Üzerine Etkisi .....	74
3.2.5.	Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Amasya Elmasının Rehidrasyon Oranı Üzerine Etkisi .....	80
3.2.6.	Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Amasya Elmasının Yapısındaki POF ve POD Aktivitesi Üzerine Etkisi.....	83
3.2.7.	Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Amasya Elmasının Mikroskopik Yapısı Üzerindeki Etkisi .....	85
3.3.	Taze Limon Ayvasının Bazı Fiziksel Parametreleri ve Besinsel Bileşimi .....	86
3.4.	Limon Ayvasının Ozmotik Dehidrasyonu.....	86
3.4.1.	Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Limon Ayvasının Kütle Transferi Üzerine Etkisi .....	86
3.4.2.	Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Limon Ayvasının Su Aktivite Değeri Üzerine Etkisi .....	94
3.4.3.	Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Limon Ayvasının Tekstürel Değerleri Üzerine Etkisi .....	96
3.4.3.1.	Sertlik .....	98
3.4.3.2.	Dış Yapışkanlık .....	99
3.4.3.3.	Esneklik .....	100
3.4.3.4.	İç Yapışkanlık.....	101
3.4.3.5.	Sakızlımsılık .....	102
3.4.3.6.	Çiğnenebilirlik .....	103
3.4.3.7.	Elastikiyet .....	104
3.4.4.	Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Limon Ayvasının Renk Değerleri ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ) Üzerine Etkisi .....	105
3.4.5.	Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Limon Ayvasının Rehidrasyon Oranı Üzerine Etkisi .....	111



3.4.6.	Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Limon Ayvasının Yapısındaki PFO ve POD Aktivitesi Üzerine Etkisi.....	114
3.4.7.	Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Limon Ayvasının Mikroskopik Yapısı Üzerindeki Etkisi .....	116
3.5.	Taze Grand Nain Tipi Muzun Bazı Fiziksel Parametreleri ve Besinsel Bileşimi .	117
3.6.	Grand Nain Tipi Muzun Ozmotik Dehidrasyonu .....	117
3.6.1.	Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Grand Nain Tipi Muzun Kütle Transferi Üzerine Etkisi .....	117
3.6.2.	Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Grand Nain Tipi Muzun Su Aktivite Değeri Üzerine Etkisi .....	125
3.6.3.	Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Grand Nain Tipi Muzun Tekstürel Değerleri Üzerine Etkisi .....	127
3.6.3.1.	Sertlik .....	129
3.6.3.2.	Dış Yapışkanlık .....	130
3.6.3.3.	Esneklik .....	131
3.6.3.4.	İç Yapışkanlık.....	132
3.6.3.5.	Sakızimsılık .....	133
3.6.3.6.	Çiğnenebilirlik .....	134
3.6.3.7.	Elastikiyet .....	135
3.6.4.	Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Grand Nain Tipi Muzun Renk Değerleri ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ) Üzerine Etkisi.....	136
3.6.5.	Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Grand Nain Tipi Muzun Rehidrasyon Oranı Üzerine Etkisi .....	142
3.6.6.	Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Grand Nain Tipi Muzun Yapısındaki PFO ve POD Aktivitesi Üzerine Etkisi .....	145
3.6.7.	Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Grand Nain Tipi Muzun Mikroskopik Yapısı Üzerine Etkisi .....	147
3.7.	Kütle Transfer Parametrelerinin Matematik Modellere Uygunluğu .....	149
3.7.1.	Amasya Elmasının Ozmotik Dehidrasyon İşlemi Sonrası Kütle Transfer Değerlerinin Bazı Modellere Uygunluğunun İncelenmesi.....	149
3.7.2.	Limon Ayvasının Ozmotik Dehidrasyon İşlemi Sonrası Kütle Transfer Değerlerinin Bazı Modellere Uygunluğunun İncelenmesi.....	153
3.7.3.	Grand Nain Tipi Muzun Ozmotik Dehidrasyon İşlemi Sonrası Kütle Transfer Değerlerinin Bazı Modellere Uygunluğunun İncelenmesi .....	157
<b>4.</b>	<b>TARTIŞMA VE SONUÇLAR</b> .....	<b>163</b>
<b>5.</b>	<b>ÖNERİLER</b> .....	<b>179</b>
<b>6.</b>	<b>KAYNAKLAR</b> .....	<b>181</b>
<b>7.</b>	<b>EKLER</b> .....	<b>203</b>
	<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>216</b>

## SEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Ozmotik dehidrasyon işlemi sırasında şematik hüresel materyal gösterimi ve kütle transfer modeli .....	8
Şekil 1.2. Çeşitli ülkelerde FAO 2013 yılı toplam elma üretim (%) oranları .....	29
Şekil 1.3. Çeşitli ülkelerde FAO 2013 yılı toplam ayva üretim (%) oranları .....	32
Şekil 1.4. Çeşitli ülkelerde FAO 2013 yılı toplam muz üretim (%) oranları .....	35
Şekil 2.1. L*, a*, b* renk modeli .....	45
Şekil 2.2. Tekstür profil parametrelerinin elde edildiği diyagram .....	46
Şekil.3.1. %25 çözelti konsantrasyonuna daldırılan elma küplerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası kinetik parametrelerinin % değişimi a) 25°C, b) 35°C, c) 45°C ..	59
Şekil 3.2. %45 çözelti konsantrasyonuna daldırılan elma küplerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası kinetik parametrelerinin % değişimi a) 25°C, b) 35°C, c) 45°C...	60
Şekil 3.3. %55 çözelti konsantrasyonuna daldırılan elma küplerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası kinetik parametrelerinin % değişimi a) 25°C, b) 35°C, c) 45°C...	61
Şekil 3.4. %65 çözelti konsantrasyonuna daldırılan elma küplerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası kinetik parametrelerinin % değişimi a) 25°C, b) 35°C, c) 45°C ..	62
Şeki 3.5. Farklı konsantrasyonlarda ozmotik dehidrasyona tabi tutulan elma küplerinin su aktivite değerleri a) %25, b) %45, c) %55, d) %65 .....	64
Şekil 3.6. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin sertlik değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) %55, d) %65 .....	67
Şekil 3.7. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin dış yapışkanlık değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) %55, d) %65 .....	68
Şekil 3.8. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin esneklik değerindeki değişimler a) %25, b) %45, c) %55, d) %65 .....	69
Şekil 3.9. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin iç yapışkanlık değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) %55, d) %65.....	70
Şekil 3.10. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin sakızimsılık değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) %55, d) %65 .....	71
Şekil 3.11. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerin çiğnenebilirlik değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) %55, d) %65 .....	72
Şekil 3.12. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin elastikiyet değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) %55, d) %65 .....	73
Şekil 3.13. Farklı çözelti konsantrasyonu ve sıcaklıklarda ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin L* değerlerindeki değişimler a) %25, b) %45, c) %55, d) %65 .....	77
Şekil 3.14. Farklı çözelti konsantrasyonu ve sıcaklıklarda ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin a* değerlerindeki değişimler a) %25, b) %45, c) %55, d) %65 .....	78
Şekil 3.15. Farklı çözelti konsantrasyonu ve sıcaklıklarda ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin b* değerlerindeki değişimler a) %25, b) %45, c)%55, d)%65 .....	79
Şekil 3.16. %25 çözelti konsantrasyonu ile dehidre edildikten sonra kurutulan elma küplerinin rehidrasyon oranları.....	82
Şekil 3.17. %45 çözelti konsantrasyonu ile dehidre edildikten sonra kurutulan elma küplerinin rehidrasyon oranları.....	82
Şekil 3.18. %55 çözelti konsantrasyonu ile dehidre edildikten sonra kurutulan elma	

küplerinin rehidrasyon oranları.....	83
Şekil 3.19. %65 çözelti konsantrasyonu ile dehidre edildikten sonra kurutulan elma küplerinin rehidrasyon oranları.....	83
Şekil 3.20. Elma küplerine farklı çözelti konsantrasyonlarında uygulanan ozmotik dehidrasyon işleminin PFO enzimi aktivitesi üzerine etkisi.....	84
Şekil 3.21. Elma küplerine farklı çözelti konsantrasyonlarında uygulanan ozmotik dehidrasyon işleminin POD enzimi aktivitesi üzerine etkisi.....	84
Şekil 3.22. %25 çözelti konsantrasyonuna daldırılan ayva küplerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası kinetik parametrelerinin % değişimi a)25°C, b)35°C, c)45°C ...	90
Şekil 3.23. %45 çözelti konsantrasyonuna daldırılan ayva küplerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası kinetik parametrelerinin % değişimi a)25°C, b)35°C, c)45°C ...	91
Şekil 3.24. %55 çözelti konsantrasyonuna daldırılan ayva küplerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası kinetik parametrelerinin % değişimi a)25°C, b)35°C, c)45°C ...	92
Şekil 3.25. % 65 çözelti konsantrasyonuna daldırılan ayva küplerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası kinetik parametrelerinin % değişimi a)25°C, b)35°C, c)45°C ...	93
Şekil 3.26. Farklı konsantrasyonlarda ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin su aktivite değerleri a) %25, b) %45, c) %55, d) %65 .....	95
Şekil 3.27. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin sertlik değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) %55, d) %65.....	98
Şekil 3.28. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin dış yapışkanlık değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) % 55, d) % 65.....	99
Şekil 3.29. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin esneklik değerindeki değişim grafiği a) %25 b) %45, c) %55, d) %65.....	100
Şekil 3.30. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin iç yapışkanlık değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) %55, d) %65.....	101
Şekil 3.31. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin sakızimsılık değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) %55, d) %65.....	102
Şekil 3.32. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin çiğnenebilirlik değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) %55, d) % 65.....	103
Şekil 3.33. Ozmotik dehidrasyon işleminde tabi tutulan ayva küplerinin elastikiyet değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) %55, d) %65.....	104
Şekil 3.34. Farklı çözelti konsantrasyonu ve sıcaklıklarda ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin L* değerlerindeki değişimler a) %25, b) %45, c) %55, d) %65 .....	108
Şekil 3.35. Farklı çözelti konsantrasyonu ve sıcaklıklarda ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin a* değerlerindeki değişimler a) %25, b) %45, c) %55, d) %65 .....	109
Şekil 3.36. Farklı çözelti konsantrasyonu ve sıcaklıklarda ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin b* değerlerindeki değişimler a) %25, b) %45, c) %55, d) %65 .....	11
Şekil 3.37. %25 çözelti konsantrasyonu ile dehidre edildikten sonra kurutulan ayva küplerinin rehidrasyon oranları.....	115
Şekil 3.38. %45 çözelti konsantrasyonu ile dehidre edildikten sonra kurutulan ayva küplerinin rehidrasyon oranları.....	116
Şekil 3.39. %55 çözelti konsantrasyonu ile dehidre edildikten sonra kurutulan ayva küplerinin rehidrasyon oranları.....	116
Şekil 3.40. %65 çözelti konsantrasyonu ile dehidre edildikten sonra kurutulan ayva küplerinin rehidrasyon oranları.....	117
Şekil 3.41. Ayva küplerine farklı çözelti konsantrasyonlarında uygulanan ozmotik	

	dehidrasyon işleminin PFO enzim aktivitesi üzerine etkisi.....	118
Şekil 3.42.	Ayva küplerinin farklı çözelti konsantrasyonlarında uygulanan ozmotik dehidrasyon işleminin POD enzim aktivitesi üzerine etkisi.....	118
Şekil 3.43.	%25 çözelti konsantrasyonuna daldırılan muz dilimlerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası kinetik parametrelerinin % değişimi a)25°C, b)35°C, c)45°C .	121
Şekil 3.44.	%45 çözelti konsantrasyonuna daldırılan muz dilimlerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası kinetik parametrelerinin % değişimi a)25°C, b)35°C, c)45°C .	122
Şekil 3.45.	%55 çözelti konsantrasyonuna daldırılan muz dilimlerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası kinetik parametrelerinin % değişimi a)25°C, b)35°C, c)45°C .	123
Şekil 3.46.	%65 çözelti konsantrasyonuna daldırılan muz dilimlerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası kinetik parametrelerinin % değişimi a)25°C, b)35°C, c)45°C .	124
Şekil 3.47.	Farklı konsantrasyonlarda ozmotik dehidrasyona tabi tutulan muz dilimlerinin su aktivite değerleri a) %25, b) %45, c) %55, d) %65 .....	126
Şekil 3.48.	Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin sertlik değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) %55, d) %65.....	129
Şekil 3.49.	Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin dış yapışkanlık değerindeki değişim grafiği a)%25, b)%45, c)%55, d)%65 .....	130
Şekil 3.50.	Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin esneklik değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) %55, d) %65.....	131
Şekil 3.51.	Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin iç yapışkanlık değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) %55, d) %65.....	132
Şekil 3.52.	Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin sakızimsılık değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) %55, d) %65.....	133
Şekil 3.53.	Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin çiğnenebilirlik değerindeki değişimler a) %25, b) %45, c) %55, d) %65 .....	134
Şekil 3.54.	Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin elastikiyet değerindeki değişimler a) %25, b) %45, c) %55, d) %65 .....	135
Şekil 3.55.	Farklı çözelti konsantrasyonu ve sıcaklıklarda ozmotik dehidrasyon işleminin tabi tutulan muz dilimlerinin L* değerlerindeki değişimler a) %25, b) %45, c) %55, d) %65.....	139
Şekil 3.56.	Farklı çözelti konsantrasyonu ve sıcaklıklarda ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin a* değerlerindeki değişimler a) %25, b) %45, c) %55, d) %65 .....	140
Şekil 3.57.	Farklı çözelti konsantrasyonu ve sıcaklıklarda ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin b* değerlerindeki değişimler a) %25, b) %45, c) %55, d) %65 .....	141
Şekil 3.58.	%25 çözelti konsantrasyonu ile dehidre edildikten sonra kurutulan muz dilimlerinin rehidrasyon oranları .....	143
Şekil 3.59.	%45 çözelti konsantrasyonu ile dehidre edildikten sonra kurutulan muz dilimlerinin rehidrasyon oranları .....	144
Şekil 3.60.	%55 çözelti konsantrasyonu ile dehidre edildikten sonra kurutulan muz dilimlerinin rehidrasyon oranları .....	144
Şekil 3.61.	%65 çözelti konsantrasyonu ile dehidre edildikten sonra kurutulan muz dilimlerinin rehidrasyon oranları .....	145
Şekil 3.62.	Muz dilimlerine farklı çözelti konsantrasyonlarında uygulanan ozmotik dehidrasyon işleminin PFO enzimi aktivitesi üzerine etkisi.....	146
Şekil 3.63.	Muz dilimlerine farklı çözelti konsantrasyonlarında uygulanan ozmotik dehidrasyon işleminin PFO enzimi aktivitesi üzerine etkisi.....	146

Şekil 3.64. 45°C sıcaklıkta %65 çözelti konsantrasyonuna daldırılan elma küplerinin t/WL değişimi.....	150
Şekil 3.65. %65 çözelti konsantrasyonuna daldırılan elma küplerinin 45°C sıcaklıktaki su kaybının deneysel ve tahmini değişimi.....	150
Şekil 3.66. 45°C sıcaklıkta %65 çözelti konsantrasyonuna daldırılan elma küplerinin t/SG değişimi.....	151
Şekil 3.67. Elma küplerinin bazı sıcaklık ve konsantrasyonlardaki NSC değerinin t/2' ye göre değişim grafiği.....	151
Şekil 3.68. Elma küplerine farklı sıcaklıklarda uygulanan ozmotik kurutma işleminin hız parametresi (k) değerlerinin çözelti konsantrasyonuna göre değişimi .....	152
Şekil 3.69. 45°C sıcaklıkta %65 çözelti konsantrasyonuna daldırılan ayva küplerinin t/WL değişimi.....	154
Şekil 3.70. %65 çözelti konsantrasyonuna daldırılan ayva küplerinin 45°C sıcaklıktaki su kaybının deneysel ve tahmini değişimi.....	154
Şekil 3.71. 45°C sıcaklıkta %65 çözelti konsantrasyonuna daldırılan ayva küplerinin t/SG değişimi.....	155
Şekil 3.72. Ayva küplerinin bazı sıcaklık ve konsantrasyonlardaki NSC değerinin t/2 'ye göre değişim grafiği.....	156
Şekil 3.73. Ayva küplerine farklı sıcaklıklarda uygulanan ozmotik kurutma işleminin hız parametresi (k) değerlerinin çözelti konsantrasyonuna göre değişimi .....	156
Şekil 3.74. 45°C sıcaklıkta %65 çözelti konsantrasyonuna daldırılan muz dilimlerinin t/WL değişimi.....	158
Şekil 3.75. %65 çözelti konsantrasyonuna daldırılan muz dilimlerinin 45°C sıcaklıktaki su kaybının deneysel ve tahmini değişimi.....	158
Şekil 3.76. 45°C sıcaklıkta %65 çözelti konsantrasyonuna daldırılan muz dilimlerinin t/SG değişimi.....	159
Şekil 3.77. Muz dilimlerinin bazı sıcaklık ve konsantrasyonlardaki NSC değerinin t/2 'ye göre değişim grafiği.....	159
Şekil 3.78. Muz dilimlerine farklı sıcaklıklarda uygulanan ozmotik kurutma işleminin hız parametresi (k) değerlerinin çözelti konsantrasyonuna göre değişimi .....	160
Şekil 3.79. Ozmotik kurutma işleminde bazı meyvelerin teorik su kaybı değerlerinin işlem süresine göre değişimi .....	161
Şekil 3.80. Ozmotik kurutma işleminde bazı meyvelerin teorik katı kazanımı değerlerinin işlem süresine göre değişimi.....	161
Şekil 3.81. Ozmotik kurutma işleminde bazı meyvelerin NSC değerlerinin işlem süresinin kareköküne göre değişimi.....	162

## TABLolar LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1. Taze Amasya elmasına ait bazı fiziksel parametreler ve besinsel bileşimi .....	55
Tablo 3.2. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin işlem süresine göre kütle transfer değerleri.....	57
Tablo 3.3. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin işlem sıcaklığına göre kütle transfer değerleri.....	57
Tablo 3.4. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin küplerinin çözelti konsantrasyonuna göre kütle transfer değerleri.....	57
Tablo 3.5. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin işlem süresine göre su aktivite değerleri .....	63
Tablo 3.6. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin işlem sıcaklığına göre su aktivite değerleri .....	63
Tablo 3.7. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin çözelti konsantrasyonuna göre su aktivite değerleri .....	63
Tablo 3.8. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin işlem süresine göre tekstür değerleri .....	66
Tablo 3.9. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin işlem sıcaklığına göre tekstür değerleri .....	66
Tablo 3.10. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin çözelti konsantrasyonuna göre tekstür değerleri .....	66
Tablo 3.11. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin işlem süresine göre renk değerleri.....	75
Tablo 3.12. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin işlem sıcaklığına göre renk değerleri.....	75
Tablo 3.13. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin çözelti konsantrasyonuna göre renk değerleri.....	75
Tablo 3.14. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin işlem süresine göre rehidrasyon kapasitesi değerleri .....	81
Tablo 3.15. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin işlem sıcaklığına göre rehidrasyon kapasitesi değerleri .....	81
Tablo 3.16. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin çözelti konsantrasyonuna göre rehidrasyon kapasitesi değerleri .....	81
Tablo 3.17. Taze Eşme ayvasına ait bazı fiziksel parametreler ve besinsel bileşimi.....	86
Tablo 3.18. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin işlem süresine göre kütle transfer değerleri.....	88
Tablo 3.19. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin işlem sıcaklığına göre kütle transfer değerleri.....	91
Tablo 3.20. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin çözelti konsantrasyonuna göre kütle transfer değerleri.....	91
Tablo 3.21. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin işlem süresine göre su aktivite değerleri.....	94
Tablo 3.22. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin işlem sıcaklığına göre su aktivite değerleri .....	94
Tablo 3.23. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin çözelti konsantrasyonuna göre su aktivite değerleri.....	94

Tablo 3.24. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin işlem süresine göre tekstür değerleri .....	97
Tablo 3.25. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin işlem sıcaklığına göre tekstür değerleri .....	97
Tablo 3.26. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin çözelti konsantrasyonuna göre tekstür değerleri .....	97
Tablo 3.27. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin işlem süresine göre renk değerleri .....	106
Tablo 3.28. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin işlem sıcaklığına göre renk değerleri .....	106
Tablo 3.29. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin çözelti konsantrasyonuna göre renk değerleri .....	106
Tablo 3.30. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin işlem süresine göre rehidrasyon kapasitesi değerleri .....	111
Tablo 3.31. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin işlem sıcaklığına göre rehidrasyon kapasitesi değerleri .....	111
Tablo 3.32. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin çözelti konsantrasyonuna göre rehidrasyon kapasitesi değerleri .....	111
Tablo 3.33. Taze Grand Nain tipi muza ait bazı fiziksel parametreler ve besinsel bileşimi .....	117
Tablo 3.34. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin işlem süresine göre kütle transfer değerleri .....	119
Tablo 3.35. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin işlem sıcaklığına göre kütle transfer değerleri .....	119
Tablo 3.36. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin çözelti konsantrasyonuna göre kütle transfer değerleri .....	119
Tablo 3.37. Ozmotik dehidrasyona tabi tutulan muz dilimlerinin işlem süresine göre su aktivite değerleri .....	125
Tablo 3.38. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin işlem sıcaklığına göre su aktivite değerleri .....	125
Tablo 3.39. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin çözelti konsantrasyonuna göre su aktivite değerleri .....	125
Tablo 3.40. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin işlem süresine göre tekstür değerleri .....	128
Tablo 3.41. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin işlem sıcaklığına göre tekstür değerleri .....	128
Tablo 3.42. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin çözelti konsantrasyonuna göre tekstür değerleri .....	128
Tablo 3.43. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin işlem süresine göre renk değerleri .....	137
Tablo 3.44. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin işlem sıcaklığına göre renk değerleri .....	137
Tablo 3.45. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin çözelti konsantrasyonuna göre renk değerleri .....	137
Tablo 3.46. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin işlem süresine göre rehidrasyon kapasitesi değerleri .....	142
Tablo 3.47. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin işlem sıcaklığına göre rehidrasyon kapasitesi değerleri .....	142

Tablo 3.48. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin çözelti konsantrasyonuna göre rehidrasyon kapasitesi değerleri ..... 142





## RESİMLER LİSTESİ

Sayfa No

- Resim 3.1. Farklı sıcaklıklarda ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin SEM görüntüsü. a) Kontrol, b) 25°C, c) 35°C, d) 45°C..... 85
- Resim 3.2. Farklı sıcaklıklarda ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin SEM görüntüsü a) Kontrol, b)25 °C, c) 35°C, d) 45°C..... 116
- Resim 3.3. Farklı sıcaklıklarda ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin SEM görüntüsü a) Kontrol, b) 25°C,c) 35°C, d) 45°C..... 148



## SEMBOLLER LİSTESİ

<b>a*</b>	: Renk boyutsuzu (+kırmızılık-yeşillik)
<b>a<sub>w</sub></b>	: Su aktivitesi
<b>ANOVA</b>	: Varyans analizi
<b>b</b>	: t=0 iken NSC değerinin 1'e eşit olduğu durum için elde edilen doğru denkleminde ait kesim değeridir
<b>b*</b>	: Renk boyutsuzu (+sarılık-mavilik)
<b>C</b>	: katıdaki bileşen konsantrasyonu (kg/100 kg çözelti)
<b>Ca</b>	: Kalsiyum
<b>cm</b>	: Santimetre
<b>cm<sup>3</sup></b>	: Santimetre küp
<b>dk</b>	: dakika
<b>FAO</b>	: Gıda Tarım Örgütü
<b>Fe</b>	: Demir
<b>g</b>	: Gram
<b>g sn<sup>-1</sup></b>	: Gram/saniye
<b>h</b>	: saat
<b>K</b>	: Potasyum
<b>k</b>	: hız parametresi değeri (h <sup>-1/2</sup> )
<b>L*</b>	: renk boyutsuzu (+koyuluk-açıklık)
<b>Mg</b>	: Magnezyum
<b>mg</b>	: Miligram
<b>N</b>	: Gözlem sayısı
<b>n</b>	: Modeldeki sabit sayısı
<b>Na</b>	: Sodyum
<b>NSC</b>	: t süre sonundaki toplam kuru madde içeriğinin başlangıçtaki kuru madde içeriğine oranı
<b>PFO</b>	: Polifenoloksidaz
<b>POD</b>	: Peroksidaz
<b>ppm</b>	: Milyonda bir kısım
<b>R<sup>2</sup></b>	: Belirtme katsayısı
<b>RMSE</b>	: Hata kareler ortalamasının karekökü
<b>S<sub>0</sub></b>	: Meyvenin başlangıçtaki kuru madde miktarı (g)
<b>S<sub>t</sub></b>	: Ozmotik kurutma sonrası t (son) anındaki meyvenin kuru madde miktarı (g)
<b>S<sub>1</sub></b>	: zamanla su kaybını gösteren parametre (K) arasındaki ilişkiyi su kaybı için veren sabit (h <sup>-1</sup> )
<b>S<sub>2</sub></b>	: zamanla su kaybını gösteren parametre (K) arasındaki ilişkiyi katı madde kazanımı için veren sabit (h <sup>-1</sup> )
<b>SÇKM</b>	: Suda çözünen katı miktarı
<b>SEE</b>	: Tahminin standart hatası
<b>SEM</b>	: Taramalı elektron mikroskobu
<b>SG</b>	: Katı madde kazanımı (kg KM/100 kg taze meyve)
<b>SG<sub>∞</sub></b>	: Dengede (t=∞)'da kazanılan katı oranı (kg KM/100 kg taze meyve)
<b>SSE</b>	: Kalanların kareler toplamı
<b>T</b>	: süre (s)

$t^{1/2}$	: Zamanın karekökü
<b>TPA</b>	: Tekstür profil analizi
<b>TÜİK</b>	: Türkiye İstatistik Kurumu
<b>W<sub>0</sub></b>	: Meyvenin başlangıçtaki ağırlığı (g)
<b>W<sub>t</sub></b>	: Ozmotik kurutma sonrası t (son) anındaki meyvenin ağırlığı (g)
<b>WL</b>	: Su kaybı (kg su/100 kg taze meyve)
<b>WL<sub>∞</sub></b>	: Denge (t=∞)'da kaybedilen su oranı (kg su/100 kg taze meyve)
<b>WR</b>	: Ağırlık kaybı (kg/100 kg taze meyve)
<b>WS</b>	: Difüzlenebilecek ancak t anında üründe kalan su oranı
<b>XKM<sub>t</sub></b>	: t=t anındaki toplam kuru madde içeriği (%)
<b>XKM<sub>0</sub></b>	: Başlangıçtaki (t=0) toplam kuru madde içeriği (%)
<b>X<sub>w</sub></b>	: Ürünün su içeriği (kg su/kg ürün)
<b>X<sub>exp</sub></b>	: Deneysel değer
<b>X<sub>pre</sub></b>	: Tahmini değer
$\bar{X}_{exp}$	: Deneysel değerlerin ortalaması
<b>°C</b>	:santigrat
<b>%P</b>	: Göreli ortalama sapma
$\chi^2$	: Ki kare

## 1. GİRİŞ

Meyve ve sebze gibi biyolojik materyaller, yüksek orandaki nem içeriklerinden ötürü kimyasal ve mikrobiyolojik açıdan büyük ölçüde bozulabilen gıdalardır (Cemeroğlu, 2009). Dayanıklılık süresi çok kısa olan bu ürünlerin uzun süre kullanımının sağlanması ve raf ömrünün uzatılması amacıyla bu materyalleri işleme gerekliliği doğmaktadır. Bu nedenle ürünlerin muhafazasını sağlamak amacıyla bazı metodlar kullanılmaktadır. Bu muhafaza metodları; hava ile kurutma (air-drying) (İlter ve Çoban, 1996), dondurarak kurutma (dehydrofreezing) (İlcalı ve İçier, 2010), mikrodalga ile kurutma (microwave-drying) (Maskan, 2001), koruyucu madde ilavesi (protective additives) (Erkmen, 2010), ozmotik ön işlem (osmotic pre-treatment) (Khin ve ark., 2007), fermentasyon (fermentation) (Erkmen, 2010), haşlama (blanching) (Moreno ve ark., 2000), elektrik alan uygulaması (pulsed field treatment) ve yüksek basınç (high pressure) (Ahmed ve ark., 2016) gibi uygulamaları kapsamaktadır. Ancak bu uygulamaların bir kısmı tek başına kullanıldıklarında avantajlarının yanı sıra maliyet, süre ve son ürünün kabul edilebilirliği gibi durumlar açısından da bazı dezavantajlara sahiptir.

Gıda muhafazasında geçmişten günümüze kadar sıkça kullanılan, geleneksel ve önemli bir yöntem olan kurutma; buharlaşma ve süblimleşme yoluyla suyun uzaklaştırılması ile kimyasal, enzimatik ve mikrobiyolojik reaksiyonların minimize edildiği, gıda maddesinin su aktivitesinin azaltıldığı ve dayanıklılık süresinin ise uzatıldığı bir prosestir (Lewicki ve Jakubczyk, 2004; Louise ve ark., 2012). Fakat bu proses, gıda ürünlerinin raf ömrünü uzatırken son ürünün kalitesinde orijinal ürünün kalitesine göre belirgin bir şekilde düşüslere sebep olmaktadır (Ratti, 2001). Şöyle ki; yüksek sıcaklıkta hava ile kurutulmuş ürünlerin rehidrasyon yani yeniden su tutma kabiliyeti azalmakta, ısıl harabiyet sebebi ile renk, doku ve tat gibi önemli ürün özelliklerinde arzu edilmeyen değişimler meydana gelmekte ve bazı besin öğelerinde istenmeyen kayıplar yaşanmaktadır (Labuza, 1972; Van Arsdel ve ark., 1973; Karel, 1973). Bu sebeple oluşan bu olumsuz değişiklikleri en aza indirmek için farklı kurutma tekniklerinin geliştirilmesi üzerine geçmişte pek çok araştırma yapılmış ve günümüzde de bu çalışmalar halen devam etmektedir.

Günümüzde gıda tüketicileri; besin değerlerinin tümünü koruyan, renk ve tekstür değerlerini kaybetmemiş, doğal, taze, lezzetli, sağlıklı ve ayrıca daha az katkı maddesi içeren kaliteli gıda ürünlerine artan bir şekilde ilgi duymaktadırlar (Jongen, 2002). Gıda endüstrisinde yıllar içerisinde izlenen dinamik gelişmeler ile artan bu tüketici talepleri, mümkün olabilen en yüksek kalitedeki ürünleri imal eden bazı teknolojik proseslerin geliştirilmesini teşvik etmiştir (Jesionkowska ve ark., 2009; Konopacka ve ark., 2009).

Gıdalarda kurutma yöntemlerinin geliştirilmesi amacıyla yapılan araştırmalarda, son ürünün kalite özellikleri üzerine kurutma yöntemi öncesi uygulanan ön işlemlerin de önemli etkilerinin olduğu ortaya çıkmıştır (Moreno ve ark., 2000; Kowalska ve Lenart, 2001). Son zamanlarda bu yöntemler içerisinde çok önemli bir yere sahip olan ozmotik ön işlemin, kalite kriterleri ve kurutma değerleri açısından pek çok araştırmacının ilgisini çektiği; ozmotik ön işlemin uygulanması konusundaki çalışmalarda da önemli artışların meydana geldiği gözlenmiştir (Botha ve ark., 2011; Osorio ve ark., 2007). Meyve ve sebze teknolojisinde uzun süreli dayanıklılık için ön işlem olarak yaygın bir şekilde uygulanan bu prosesin aynı zamanda ürünlerin kalitesini korumaya yönelik özellikleri nedeniyle ve taze olanlarına benzer duyuşsal ve besinsel özellikleri sürdürme potansiyelinden dolayı da birçok gıda üreticisinin dikkatini çektiği; meyve ve sebze muhafazasında sıkça tercih edildiği bilinmektedir (Torreggiani ve Bertolo, 2001; Prothon ve ark., 2001; Singh ve ark., 2010).

İlk kez Ponting ve ark. (1966) tarafından ortaya atılan ve 90'lı yıllardan itibaren günümüze kadar artan bir şekilde ilgi görmeye başlayan ozmotik dehidrasyon işlemi, önemli bir gıda işleme tekniği olarak meyve, sebze ve et gibi yüksek nem içeriğine sahip gıdalarda muhafaza ve konsantrasyon sağlama amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Rastogi ve Niranjana, 1998; Pan ve ark., 2003; Emam-Djomeh ve ark., 2006). Bu yöntem kurutma ve dondurma gibi geleneksel proseslerin öncesinde yeni ürün formülasyonu ve enerji maliyetini düşürmek gibi amaçlara yönelik önerilen bir ön işlem olarak uygulanmasının yanı sıra minimal düzeyde işlenmiş ürünler elde etmek için de sıkça kullanılmaktadır. Konvektif kurutma, pastörizasyon veya dondurma gibi diğer gıda muhafaza tekniklerinin karakteristikleri olan yapısal hasar ve besinsel değerlerde düşüş gibi istenmeyen etkileri azaltabilen kısmi bir muhafaza metodu olan bu proses, hava ile kurutma metoduyla birlikte uygulandığında; raf ömrü uzun meyvelerin üretildiği ve dolayısıyla depolama ömrünün uzadığı bilinmektedir (Falade ve ark., 2007; Fasogbon ve ark., 2013). Ayrıca gıda ürünlerinde arzu edilen duyuşsal, besinsel ve kimyasal içeriği

sağlamak amacıyla antioksidan, koruyucu, vitamin, mineral ve su aktivitesini düşürücü maddelerin de ilavesi için taşıyıcı bir ortam oluşturmak amacıyla da kullanılmaktadır (Torreggiani ve Bertolo, 2001; Pan ve ark., 2003; Pereira ve ark., 2004; Falade ve ark., 2007; Lombard ve ark., 2008; Torres ve ark., 2008; Castello ve ark., 2009).

En basit şekli ile ozmotik dehidrasyon tekniği, gıda maddelerinin ozmotik (hipertonik) çözeltilere daldırılması veya tuz ya da şeker gibi ozmotik bir çözünenin doğrudan uygulanması ile gıdaların dokusundaki suyun belli bir miktarının uzaklaştırılması temeline dayanan bir ön işlem prosesidir (Derossi ve ark., 2008; Shi ve Xue, 2009; Tortoe, 2010).



## 1.1. Kuramsal Temeller

### 1.1.1. Ozmotik Dehidrasyon

Ozmotik dehidrasyon; özellikle yüksek nem içeriğine sahip olan meyve, sebze, et, balık ve peynir gibi hücre sel materyalden zengin gıdaların su aktivitesi düşük, ozmo-aktif aktiviteye sahip, derişimi yüksek çözünebilir maddelerin konsantre çözeltileri içerisine tüm veya parçalar halinde daldırılması ve yapılarındaki suyun ürün ve çözeltiler arasındaki konsantrasyon farkı nedeniyle oluşan sürüklenme kuvveti ile yarı seçici geçirgen hücre zarından osmoz yoluyla belli bir miktara kadar doğal ve kontrollü şekilde uzaklaştırılması yani difüzyonu işlemidir (Geankoplis, 2003; Us, 2006). Ozmotik dehidrasyon metodu, sadece gıdadan suyun uzaklaştırılarak kurutulması değil; aynı zamanda ozmotik çözeltideki katı maddelerin de hücre zarı sayesinde gıda içine difüze olması işlemidir (Rastogi ve ark., 2000). Gıda maddesi ve ozmotik solüsyon arasındaki ozmotik basınç farklılığından dolayı su çözeltilerine doğru uzaklaştırılarak gıdanın su aktivitesi azaldığı için kimyasal ve biyolojik bozulmalar için gerekli su kullanılabilirliği de azalmaktadır (Bernardi ve ark., 2009).

Bu yöntemde gıdaların içindeki su, faz değişikliğine uğramadan ayrıldığı için geleneksel yöntemlere kıyasla daha avantajlıdır. Çünkü kurutma yöntemlerinin birçoğunda olduğu gibi gıdalardaki nemin buharlaştırılması için sıcak havada kurutma işlemine gerek duyulmamakta ve dolayısıyla elde edilen son ürünün dokusu, rengi ve besleyicilik değerleri daha fazla düzeyde korunabilmektedir (Us, 2006; Bekele ve Ramaswamy, 2010). Bu proses ile üretilen son ürünlerin kalitelerinin düzelmesinde kurutma esnasında sıcaklık stresi olmadan suyun uzaklaştırılmasının yanı sıra gıda içerisine difüze olan hipertonic çözeltilerin de etkisi büyüktür. Bu çözeltilerin doğru olarak seçilmesi ürünün kararlılığını artırmakta ve kurutma veya dondurma gibi işlemler sırasında, hücre sel parçalanmaları ve çökmeleri sınırlandırarak gıdaların doğal dokusal yapılarını korumaktadır (Jayaraman ve ark., 1990; Bolin ve Huxsoil, 1993). Gıdalardan uzaklaştırılan su ile gıdalara geçen çözünür kuru madde oranının dengeli olması ise; meyve ürünlerinde doğal lezzetin gelişmesini ve rengin korunmasını mümkün kılmaktadır (Ponting ve ark., 1966; Torreggiani ve Bertolo, 2001).

Ozmotik dehidrasyon metodu, dondurma ve çözülme sonrası tarımsal ürünlerin tekstür kalitesini devam ettirmek için de etkili bir tekniktir. Öyle ki; taze haldeki bu ürünler

dondurma esnasında buz kristallerine dönüşebilen fazla miktarda su içerdiğinden dolayı çözülme sonrasında sonuç olarak hücre hasarı ile karşılaşmaktadır (Pearce, 2001). Bu proses, dondurulmuş ürünlerin dondurulabilir su içeriğini azaltarak buz kristali hasarından oluşan tekstür bozukluklarını azaltabilmektedir (Ohnishi ve Miyawaki, 2005; Lowithun ve Charoenrein, 2009).

Gıdaların renk, lezzet ve hücresel yapıları üzerindeki ısı hasarını en aza indirmesinin yanı sıra ozmotik dehidrasyon, enzimatik kahverengileşmeyi engelleme ve enerji gereksinimlerini azaltma gibi bazı avantajları da sunmasından dolayı kurutulmuş gıdaların işlenmesinde tamamlayıcı bir uygulama olmaktadır (; Alakali ve ark., 2006; Torres ve ark., 2006; Torres ve ark., 2007). Ayrıca, bu uygulama meyvelerdeki hasat sonrası kayıpları azaltmak için bir alternatif olmakta ve doğrudan tüketilebilen ya da kek ve pasta gibi diğer hamur işi ürünlerinde bileşen olarak kullanılan kurutulmuş gıdaların üretilmesi için yaygın bir proses olarak kabul edilmektedir (Mercali ve ark., 2011).



### 1.1.1.1. Ozmotik Dehidrasyon Sırasında Kütle Transfer Mekanizması

Taze meyve ve sebzelerin tüketilen kısımları daha çok ‘paranşimal hücre’ adı verilen yapılardan oluşmaktadır. Bu hücreler temel olarak hücre duvarı (membran) ve sitoplazmadan meydana gelmiştir. Bitkiler geliştikçe paranşimal hücrelerinin duvarları iç basıncın etkisiyle gerginleşmekte ve birbirleri üzerine sıkı bir şekilde yığılmaktadır. Fakat bu esnada hücreler arasında boşluklar kalmakta ve bu boşluklar çeşitli gazlar ve su buharı ile dolmaktadır. Hücre duvarı, dışta birinci duvar ve içte ikinci duvar olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Komşu iki hücre birbirlerine bir ana tabaka (orta lamella) ile bağlıdır. Hücre duvarını oluşturan bu üç elemanın yapısında selüloz, pektik maddeler ve diğer polisakkaritler ile birlikte su bulunmaktadır. Selülozik ve pektik maddelerden zengin olan hücre duvarının iç yüzeyini çevreleyen sitoplazmik zar, seçici geçirgen özellik göstermektedir (Cemeroğlu ve Acar, 1986).

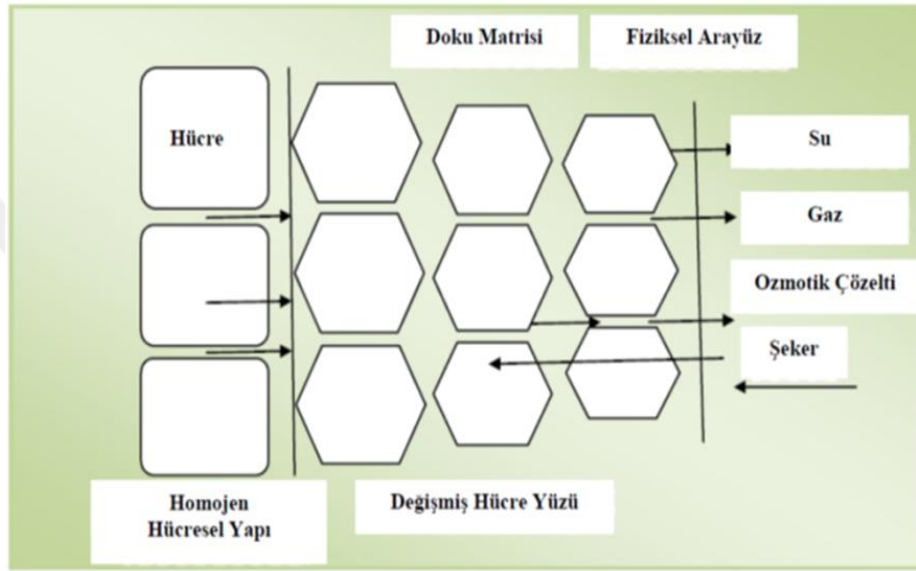
Ozmotik taşıma esnasında yarı geçirgen bir membran gibi davranan sitoplazmik zar, mükemmel bir yarı geçirgenlik özelliği gösterirse çözünen maddeler hücre içine transfer olamaz yalnızca hücre boşluğunda bulunan su ve düşük molekül ağırlıklı çözünen maddelerin üründen geçişine izin verir. Fakat, kompleks yapıya sahip olan doğal hücre membranları hem mükemmel bir seçiciliğe sahip olmadığından hem tamamen yarı geçirgen olmadığından hem de meyve-sebzeler ozmoz öncesi küçük parçalara kesilirken hücrelerin bir kısmı zarar gördüğünden çözüntüdeki çözünen maddelerin bir kısmı da işlem süresince suyu uzaklaşan ürüne doğru karşı akımda difüzyonlanmaktadır. Bu noktada ozmotik dehidrasyon işlemini, simultane yani eş zamanlı su ve çözünen madde difüzyonu olarak tanımlamak da mümkündür (Dixon ve ark., 1976; Hawkes ve Flink, 1978; Islam ve Flink, 1982; Adambounou ve ark., 1983; Lerici ve ark., 1985; Hough ve ark., 1993; Nsonzi, 1997; Sultanoğlu, 2000; Eren, 2004; İspir, 2006). Bu sebeple ozmotik dehidrasyon olarak isimlendirilen bu işlem ‘Su Uzaklaştırarak Doygun Hale Getirme İşlemi’ (Raoult-Wack, 1994) ya da ‘Ozmotik Konsantrasyon’ (Hough ve ark., 1993) olarak da tanımlanmaktadır. Ozmotik taşımada rol oynayan tam seçici olmayan yarı geçirgen hücre zarı ayrıca, gıdanın hücresel yapısında doğal olarak bulunan organik asit, indirgenmiş şeker, tuz, mineral, aroma ve renk bileşenleri gibi suda çözünen küçük moleküllü maddelerin de ozmotik çözelti içerisine geçmesine müsaade etmektedir (Saurel ve ark., 1994; Rastogi ve ark., 2000).

Ozmotik dehidrasyon boyunca aynı anda meydana gelen üç farklı temel kütle transferi şematik olarak Şekil 1.1'de gösterilmiştir (Khin ve ark., 2007). Gıdadaki suyun difüzyon yoluyla ozmotik çözeltiye taşınımı sayesinde gıda maddeleri 30-50°C arasındaki sıcaklıklarda ilk üç saat içinde su içeriklerinin %70 kadarını kaybetmektedirler. Ozmotik ajanın gıda içine taşınımı yoluyla ise ozmotik çözelti içindeki ajanın, çözeltiye ilave edilecek herhangi bir besin ögesinin veya duyu kalite geliştiricinin ürüne aktarımı mümkün olmaktadır. Son olarak gıdaya ait çözünenlerin ozmotik çözeltiye taşınımı yoluyla da ilk iki mekanizmaya göre nicelik bakımından ihmal edilebilirse de son ürünün bileşimi açısından önemli sonuçlar elde edildiği kabul edilmektedir. Ozmotik çözeltiye geçen miktarlarının oldukça düşük olması nedeniyle modelleme çalışmalarında genellikle dikkate alınmamakla birlikte bu kütle transferinde; büzülme ve madde kaybının yanı sıra, gıdanın besleyici ve duyu özellikleri özellikle şeker/asit oranı önemli ölçüde etkilenmektedir (Kaymak ve Kıncal, 1989; Heng ve ark., 1990; Agnelli ve ark., 2005; Us, 2006; İspir, 2006; Blanda ve ark., 2009).

Ozmotik dehidrasyon işleminde işleminde mekanizma tamamıyla bilinmediği gibi çoğunlukla adı geçen iki yaklaşım mevcuttur. Bunlar; makroskobik ve mikroskobik kütle transfer mekanizmalarıdır (Le Maguer ve Yao, 1995). Bu mekanizmalar, difüzyon ve kapillarite teorisi olarak tanımlanarak difüzyon; konsantrasyon farkına, kapillarite teorisi ise basınç farkına bağlı bir hidrodinamik mekanizma ile açıklanmıştır (Panades ve ark., 2008).

Meyve ve sebze gibi tarımsal gıdalar, yüksek ozmotik basınca ve dolayısıyla düşük su aktivitesine sahip olan hipertonic çözeltilerin içerisine daldırıldıkları zaman, çözelti ile ürün dokusundaki sıvı faz arasında konsantrasyon gradienti olduğundan dolayı suyun uzaklaşması için bir sürüklenme kuvveti doğmaktadır. Ozmotik basınç farkı sebebiyle üründeki su, hücre duvarından difüzyon yoluyla derişik ozmotik çözeltiye doğru geçmektedir. Yani difüzyonun itici gücü konsantrasyon ve basınç farkı olmaktadır. Dolayısıyla bu fark ne kadar büyük olursa geçiş de belli bir seviyeye kadar o oranda hızlı gerçekleşmektedir (Derossi ve ark., 2008). Suyun çözeltiye doğru difüzyonuna, aynı anda çözünenlerden de ürüne doğru ozmotik ajanın zıt difüzyonu eşlik etmektedir (Rastogi ve ark., 2000). Ortamdan suyun uzaklaşması, çözünen madde geçişinden daha büyüktür ve ürün ile çözelti arasındaki bu karşılıklı difüzyon işlemi, ozmotik çözelti ve hücre içindeki su aktivite değerleri yani her iki taraftaki su konsantrasyonları eşit olduğunda, her iki ortam

arasında net geçişin durduğu ve işlemin dengeye ulaştığı zamana kadar hücre duvarından suyun geçişi devam etmektedir (Lenart ve Flink, 1984). Hücre yapısı korunduğu sürece duvar yapısının yarı geçirgen özelliği sayesinde su ve çözünür maddelerin geçişlerini sağlayan ana mekanizma ozmoz ve geçiş direnci de hücre duvarı olmaktadır (Torreggiani ve Bertolo, 2004). İşte bu yaklaşım makroskobik kütle transfer mekanizması olarak değerlendirilmektedir.



**Şekil 1.1.** Ozmotik dehidrasyon işlemi sırasında şematik hüresel materyal gösterimi ve kütle transfer modeli (Shi ve Xue, 2009; Ahmed ve ark., 2016'dan uyarlanmıştır)

Ozmotik dehidrasyon işleminde, bitkisel gıda materyalinin yapısında meydana gelen su kaybı ve çözünen madde alınımı gibi kütle transfer parametrelerinin; dokuyu oluşturan hücrelerde çöküş, duvar yapılarında deformasyon ve bağlarında kopma gibi bitki dokusunun mikro yapılarını etkilediği bilinmektedir. Öyle ki, ozmotik basınç nedeniyle hücre duvarlarının kısmi geçirgenliğinin tam geçirgenliğe doğru değiştiği ve bunun da bitkisel doku yapılarında önemli değişikliklere sebep olduğu anlaşılmaktadır. (Deng ve Zhao, 2008). Bu süreçte, kütle transfer mekanizmasına direnç gösteren biyolojik materyallerin yarı seçici geçirgen hücre zarından geçmesiyle membran yapısında bozulmalar meydana gelmekte; hücre zarı ve hücre duvarı arasındaki temas azalırken, hücre boyutlarında da azalmalar görülmektedir (Rastogi ve ark., 2005; İspir, 2006; Lenz ve ark., 2006; Us, 2006; Çınar, 2009). Meyve ve sebzelerin tekstür davranışları ölçüldüğünde, hücre duvarı bütünlüğü ve doku basıncı kombinasyonu sıklığı verdikleri

görülmektedir. Ozmotik dehidrasyon boyunca, meyve sıklığının etkin faktörü olan hücre duvarı yapısının; su kaybı veya ozmotik çözünen ile orta katman yani pektin etkileşmesi nedeniyle kısmen değiştiği gözlenmektedir. Ayrıca hücre duvar yapısının yanında, turgor basıncının da doku sertliği ve makroskopik meyve sıklığı üzerinde büyük etkiye sahip olduğu bilinmektedir (Deng ve Zhao, 2008).

Mikroskobik yaklaşımda gıdaların hücresel düzeydeki kütle transfer mekanizmaları; transmembran (hücre içi ve dışı arasında hücre duvarından transfer), simplazmatik (yakın iki hücre arasındaki kanallarla gerçekleşen transfer) ve apoplazmatik (hücreler arası boşluktaki transfer) akışlar gibi farklı şekillerde gerçekleşmektedir. Bu yaklaşımda, gıdanın hipertonic çözelti ile etkileşiminde, ozmotik maddenin hücre içi ve hücreler arasındaki transferi; gıdanın ve çözeltinin özelliklerine, su ve ajan arasındaki kimyasal potansiyel farkına ve kurutma parametrelerine göre oluşmaktadır. Diğer bir mikroskopik kütle transferi yaklaşımı olan hidrodinamik mekanizmaya göre ise aynı ozmotik dehidrasyon şartları altında; farklı gıdaların, farklı aktif su difüzyon katsayılarını vermeleri, gıdanın bünyesindeki gözenekler içinde oluşan kapillar basıncın farklı olması ile açıklanmakta ve bu basınç ozmotik dehidrasyonun itici gücünü oluşturmaktadır (Derossi ve ark., 2008).

Ozmotik dehidrasyonda; ozmotik çözelti içerisine yerleştirilen meyve ve sebze materyallerinden suyun difüzyonu gibi kütle transferi oranları bazı değişkenlerin etkisi altındadır. En önemli parametrelerden birisi bitkisel doku materyalinin özellikleridir. Nitekim gözenekli yapıdaki katı materyallerde kılcal hareket meydana gelirken, genellikle gözenekli olmayan katı maddelerde sıvı difüzyonu gerçekleşmektedir. Sıvı çözelti ve jel yapısındaki materyallerde ise su transferi sadece moleküler difüzyon ile meydana gelmektedir. Biyolojik materyallerde gaz dolu boşluklar, kılcal sistemler, hücre duvarları ve hücreler arası boşlukların tamamı kütle transferine etki etmektedir. Ayrıca materyalin boyutu, geometrik yapısı, doku yoğunluğu ve sıklığı, suda çözünen ve çözünmeyen kuru madde içeriği, olgunlaşma derecesi, başlangıç nem ve çözünür madde içeriği, nem tutma özelliği gibi faktörler de kütle transfer mekanizmasını etkilemektedir. Diğer faktörler ise hipertonic çözeltinin çeşidi ve konsantrasyonu, materyal/çözelti oranı, sıcaklık, süre ve kılcal sistemlerdeki basınca bağlı olan çeşitli taşınım mekanizmalarıdır. Gıdalarda kompleks halinde bulunan yapılar sebebiyle bu mekanizmaların bir kombinasyonu

meydana gelmektedir (Rastogi ve ark., 2005; İspir, 2006; Lenz ve ark., 2006; Us, 2006; Çınar, 2009).

Ozmotik dehidrasyon prosesi; kütle transfer mekanizmalarına dayanan dinamik periyottan sonra, su ve hipertonic çözelti arasındaki denge prensibi ile karakterize edilmektedir. Özetle, ozmotik dehidrasyon işlemi boyunca suyun gıda materyalinin dokusundan uzaklaştırılması ve çözünen maddenin gıda materyalinin yapısına girişi sağlanırken her iki komponent arasında su aktivitesi dengesinin (net transferin sıfır olduğu denge durumu) oluşmasıyla ozmotik dehidrasyon işlemin son bulmaktadır (Şahbaz, 1998).



### **1.1.1.2. Ozmotik Dehidrasyon Sırasında Kütle Transferinin Hızını Etkileyen Faktörler**

#### **1.1.1.2.1. Ozmotik Ajanın Tipi ve Konsantrasyonu**

Ozmotik dehidrasyon işlemi; çözünen maddenin fizikokimyasal özellikleri, moleküler ağırlığı, çözünebilirliği ve iyonik durumu gibi bazı parametrelerden büyük ölçüde etkilenmektedir (Lenart, 1992; Lazarides, 1994). Bu parametreler, son ürünün organoleptik özelliklerini önemli düzeyde etkileyerek ürün kalitesi üzerine son derece etkindir (Nsonzi, 1997; Şahbaz, 1998; Tortoe, 2010). Bu sebeple ozmotik dehidrasyon prosesi için uygun ozmotik ajanın ve konsantrasyonun tercihi, meyve ve sebze gibi yüksek nem içeriğine sahip biyolojik materyallerin ozmotik yolla başarılı bir şekilde kurutulmasında büyük bir öneme sahiptir. Gıda maddelerinin ozmotik çözeltilere daldırılması veya ozmotik çözünenin doğrudan gıdalara uygulanması temeline dayanan bu işlemde su gıdadan çözeltiye doğru diffüze olurken, ozmotik çözeltideki çözünen maddeler de gıdaya doğru geçiş yapmaktadır (Derossi ve ark., 2008; Shi ve Xue, 2009; Tortoe, 2010). Dolayısıyla ozmotik ajan, gıdanın içerisine doğrudan nüfuz ettiğinden dolayı bu maddenin seçiminde dikkat edilmesi gereken bazı noktalar bulunmaktadır. Öncelikle, ozmotik dehidrasyon işleminde kullanılan çözeltiler, ozmoz itici gücünü oluşturabilecek seviyede düşük su aktivitesine ve yüksek çözünürlüğe sahip olmalıdırlar. Ayrıca toksik nitelik göstermemelerinin yanı sıra bu çözeltilerin gıda dokusunun hücrel membranlarından az oranda geçerek, ozmotik dehidrasyon işlemi boyunca dayanıklı bir yapıya sahip olmaları gerekmektedir. Gıdaların duyu kalite özellikleri üzerinde olumsuz etkilere sahip olmaması gereken ozmotik ajanların düşük maliyetli, yenilebilir ve kolay çözünebilir özellikte olmaları da istenmektedir (Kaymak, 1993; Lewicki ve Lukaszuk, 2000; Sereno ve ark., 2001; İspir, 2006; Erüenal, 2010).

Gıda maddelerinin ozmotik olarak kurutulmasında çok sayıda farklı ozmotik çözeltiler kullanılmaktadır. Bunlar; glukoz, sakkaroz, gliserol, sorbitol, tuz, maltoz, bal, etanol, sodyum klorür, mısır şurubu, glukoz şurubu, yüksek fruktoz mısır şurubu (HFCS), akçağaç şurubu, malto dekstrin ve frukto-oligosakkaritler olmak üzere geniş bir yelpazeden oluşmaktadır. Ozmotik dehidrasyon prosesinde tek veya kombine olarak kullanılan şeker ve tuz gibi hipertonic solüsyonlar; gıda maddeleri üzerindeki etkinlik, uygunluk ve tat gibi olumlu özellikleri nedeniyle sıkça tercih edilmektedirler (Tortoe,

2010). Seçilen ozmotik çözeltinin bileşimi ürünün kompozisyonunu önemli ölçüde etkilediğinden, çalışılan meyve ve sebzelerin bileşimine uygun ozmotik çözeltiler kullanılmalıdır. Bu ozmotik ajanlar içerisinde genellikle sebze, et, balık ve peynir gibi gıdalarda sodyum klorür çözeltileri kullanılırken (Azoubel ve Murr, 2004; İnanç ve Ak, 2010; Tadesse ve ark., 2015); meyvelerde ise sakkaroz çözeltileri tercih edilmektedir (Ferrando ve Spiess, 2001; İspir ve Togrul, 2009; Pattanapa ve ark., 2010).

Ozmotik dehidrasyonda kullanılan çözelti tipinin, ozmotik dehidrasyonun etki hızı ve gıdaya katı alınımı gibi kütle transfer mekanizması parametreleri üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğu belirtilmektedir (Marani ve ark., 2007). Çözünen maddenin özelliklerinin; işlem başlangıcındaki su kaybını, denge nem içeriğini ve dengeye ulaşmak için gerekli olan süreyi de önemli ölçüde etkilediği bildirilmektedir (Kaymak-Ertekin ve Sultanoğlu, 2000). Sakkaroz gibi yüksek molekül ağırlığına sahip ozmotik ajanlar, düşük molekül ağırlıklı olanlara göre meyve ve sebze dokularını oluşturan hücrelere daha zor penetre olabildikleri için (Phisut, 2012) çözünür kuru madde kazanımında azalmaya, su kaybında ise artışa neden olmaktadır. Fakat düşük molekül ağırlığına sahip ozmotik ajanlar ise kuru madde kazanımını artırırken su kaybını azaltmaktadır (Kaymak-Ertekin ve Sultanoğlu, 2000).

Bazı araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda; sakkaroz çözeltilerinin, ozmotik olarak kurutulmuş gıda materyalleri üzerindeki uygunluk, etkinlik ve lezzet gibi parametrelere dayanan olumlu özellikleri nedeniyle ozmotik dehidrasyon için en iyi ajanlardan biri olarak kendini kanıtladığını ifade etmektedirler. Gıda maddesinin yapısına oksijen girişini önleyerek esmerleşme reaksiyonlarını azalttığını, doğal olarak bulunan pigmentlerin stabilitesini sağladığını ve ozmotik dehidrasyon esnasında materyalden uçucu bileşenlerin kaybedilmesine engel olduğunu belirtmektedirler (Ferrando ve Spiess, 2001; Pattanapa ve ark., 2010). Kurutma işlemindeki etkinliğinin yanı sıra, son ürünün duyu özellikleri üzerindeki olumlu etkisi nedeniyle özellikle meyvelerde konsantre sakkaroz çözeltileri yaygın olarak kullanılmaktadır. Farklı meyvelerin ozmotik olarak kuruma karakteri üzerine konsantre şeker çözeltilerinin etkileri araştırılmış ve konsantre sakkarozun meyvede yaklaşık %50 kütle kaybı sağlamanın yanı sıra meyve renginin ve aromasının daha iyi korunduğu belirlenmiştir (Ponting ve ark., 1966; Farkas ve Lazar, 1969; Ponting, 1973; Dixon ve ark., 1976; Moy ve ark., 1978; Conway ve ark., 1983).

Ozmotik dehidrasyon işlemi esnasında kullanılan ozmotik ajanın konsantrasyonu da kütle transfer kinetiklerini etkilemektedir (Rahman ve Lamb, 1990; Phisut, 2012). Ozmotik çözelti konsantrasyonu, gıda materyalinden uzaklaştırılması hedeflenen su miktarına göre belirlenmelidir (Nsonzi, 1997). Ozmotik çözeltinin cinsinden bağımsız olarak, çözelti konsantrasyonunun artmasıyla su kaybı ile kuru madde kazanımının da arttığı ve bu kurutma parametreleri ile ozmotik çözelti konsantrasyonu arasında doğrudan bir ilişkinin var olduğu bilinmektedir (Lenart, 1992; Azoubel ve Murr, 2004; Tortoe, 2010; Phisut, 2012). Düşük konsantrasyondaki sakkaroz çözeltisinin minimum düzeyde su kaybı ve katı kazanımı oranlarına yol açtığı tespit edilmiştir (Tortoe, 2010).

Falade ve ark. (2007); 40 °Briks, 50 °Briks ve 60 °Briks olmak üzere üç farklı sakkaroz çözeltisi konsantrasyonlarını kullanarak karpuz dilimlerinin ozmotik kütle transfer fenomenini çalışmışlardır. Yüksek konsantrasyonda uygulanan ozmotik çözeltilerin karpuz dilimlerinin su kaybı ve katı kazanımı oranları daha yüksek bulunmuştur. Benzer şekilde İspir ve Toğrul (2009), ozmotik dehidrasyon esnasında kayısı örneklerinin kütle transfer oranını değerlendirmişlerdir. Kayısı örnekleri, %40, %50 ve %60 olmak üzere üç farklı sakkaroz konsantrasyonuna daldırılmıştır. Daha yüksek sakkaroz konsantrasyonu daha büyük ozmotik basınç gradiyentlerine yol açmıştır. Dolayısıyla ozmotik uygulama periyodu boyunca daha yüksek katı kazanımı ve su kaybına sebep olmuştur. Yine Mundada ve ark. (2011), ozmotik dehidrasyon boyunca nar tanelerinin kütle transfer oranı üzerine çeşitli sakkaroz konsantrasyonlarının (40 °Briks, 50 °Briks ve 60 °Briks) etkisini araştırmışlardır. 60 °Briks'lik sakkaroz solüsyonuna batırılmış nar taneleri 40 °Briks ve 50 °Briks'lik ozmotik solüsyonlarına batırılmış örneklere oranla daha yüksek katı kazanımı ve su kaybı oranı sergilemiştir.

#### **1.1.1.2.2. İşlem Süresi**

Ozmotik dehidrasyon mekanizması üzerine etkili olan diğer bir faktör de gıda maddesi ile ozmotik çözeltilere daldırma süresidir. Ozmotik dehidrasyon prosesi boyunca örnek materyalinin farklı konsantrasyonlardaki çözeltilere daldırılma süresindeki artışın gıda materyalinin yapısında daha yüksek nem kaybına sebep olduğu belirlenmiştir (İspir ve Toğrul, 2009; Mundada ve ark., 2011). Yani işlem süresindeki artış ile sistemdeki su kaybı ile ürünün kuru madde kazanımı ve ağırlık kaybının da artış gösterdiği görülmektedir



(Robbers ve ark., 1997; İspir ve Toğrul, 2009; Phisut, 2012). Kullanılan ozmotik çözelti tipine ve konsantrasyonuna bakılmaksızın, ozmotik dehidrasyona ait kütle transfer mekanizmalarının en önemli kısmı kurutma prosesinin ilk saatlerinde (ilk 2-4 saat) en hızlı olarak meydana gelmektedir. Lazarides ve Mavroudis (1995) yaptıkları çalışmada; elma dilimlerinin, %45-60 çözelti konsantrasyonu ve 20-50 °C sıcaklık aralığında, ozmotik işlemin birinci saatinde yaklaşık %25 su kaybı ve üçüncü saatinden sonra da %40 kayıp gösterdiğini tespit etmişlerdir. Kütle transfer fenomenlerinin hızlı olmasından ve ozmotik sürecin daha fazla ilerlemesi üzerine önemli bir etkiye sahip olduklarından ilk zaman periyodunun kritik olduğu belirtilmiştir (Tortoe, 2010).

İlerleyen zamanlarda kuru madde kazanım hızı çok yavaşlayarak, gıda maddesi ve ozmotik çözelti arasında su konsantrasyonu bakımından eşitlik sağlanınca yani işlem dengeye ulaştığında ozmotik dehidrasyon işlemi son bulmaktadır. Bu denge durumu oluşuncaya kadar da kazanım devam etmektedir. Fakat ozmotik dehidrasyon işleminde denge durumuna oldukça uzun işlem sürelerinde ulaşılmaktadır ve bu süre zarfında yüksek oranda kuru madde kazanımı olması sebebiyle çözelti ve ürün arasındaki sürüklenme kuvveti azalmaktadır ve buna bağlı olarak da su uzaklaştırma hızı da çok yavaşlamaktadır. (Ramaswamy, 2005; Erünel, 2010). Denge anına ulaşmadan kısa süreli olarak gerçekleştirilen ozmotik dehidrasyon işleminde, çok yüksek miktarda kuru madde kazanımı olmadan önemli oranda suyu uzaklaştırmanın mümkün olduğu belirtilmiştir (Barat ve ark., 1998).

Ozmotik dehidrasyonun uygulama süresi; gıda materyalinin yapı ve boyutlarının yanı sıra işlem koşullarına bağlı olarak da değişmektedir. Yüzey geçirgenliği düşük bazı meyveler için daha uzun işlem sürelerinin, örneğin sakkaroz çözeltisi içinde ozmoz edilen üzümlerden içerdiği suyun %30'unu uzaklaştırmak için 48 saat, %60'ını uzaklaştırmak için ise 144 saat gerektiği belirtilmektedir (Riva ve Masi, 1990). Daha uzun işlem sürelerinin ise ürünlerin duyuşal özellikleri ve depolama stabilitesi açısından önemli bir avantaj sağlamadığı da bilinmektedir (Lenart, 1996).

### **1.1.1.2.3. Sıcaklık**

Sıcaklık, ozmotik kütle transfer oranını etkileyen en önemli faktörlerden birisidir (Tortoe, 2010). Nitekim gıda materyalinin duyuşal nitelikleri üzerinde belirgin bir etkiye

sahip olmasının yanı sıra ozmoz kinetiği esnasında gözlenen kimyasal ve fizikokimyasal değişikliklerin hızını ve difüzyonu da arttırdığı bilinmektedir (Ponting ve ark., 1966; Beristain ve ark., 1990; Raoult-Wack ve ark., 1991; Biswal ve Bozorgmehr, 1992). İşlem sıcaklığının yükselmesi, ozmotik dehidrasyon hızını artırmakta ve katı kazanımı daha az etkilenirken su kaybını hızlandırmaktadır (Tortoe, 2010; Khan, 2012). Yapılan çalışmalar, yüksek konsantrasyonlarda artan viskozitenin sıcaklıktaki artış ile düşmesine ve kütle transferine karşı oluşan dış direncin azalmasına bağlı olarak daha büyük bir kurutma etkisi görüldüğünü belirtmişlerdir (Kaymak, 1993; Parjoko ve ark., 1996). Çözelti sıcaklığının artmasıyla meydana gelen daha yüksek ve hızlı su kaybı, hücre membranlarının plastikleşme etkisine ve ayrıca ozmotik aracın daha düşük viskozitesine dayandırılabilir. Meyve ve sebzeler için, nem kaybının kinetiği üzerine sıcaklığın tesiri, katı kazanımına herhangi bir etki kazandırmaksızın 30°C ve 60°C sıcaklık değerleri arasında daha açıktır (Pokharkar, 2001).

Ozmotik dehidrasyon prosesinde, çalışılan gıda materyaline bağlı olmakla birlikte genellikle 20-70°C arasındaki sıcaklıklar kullanılmaktadır. Özellikle meyvelerde kalitenin korunması için 30°C ideal ve optimum sıcaklık olarak kabul edilmektedir (Maltini ve Torreggiani, 1981). Fakat, kütle transfer kinetiklerinin sıcaklıkta meydana gelen yükselmeye bağlı olarak artmasına karşın, 45°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda enzimatik kahverengileşme ve aromatik bozulmalar da oluşmaya başlamaktadır. Yüksek işlem sıcaklıklarında gıdalardan daha hızlı su ayrıldığı için genellikle tercih edilen bu sıcaklıklar hücre duvarları için oldukça tehlikeli ve zararlı olmasının yanı sıra gıdalardan vitamin gibi çözülebilir maddeleri uzaklaştırarak renk kayıplarına neden olabildiği gözlenmiştir (Brennan, 2006).

Lazarides (1994), oda sıcaklığı şartlarına kıyasla 30°C ve 50°C sıcaklık değerlerinde elma örneklerinin işlenmesinin daha yüksek şeker kazanımı (%55'e kadar) ile sonuçlandığını ifade etmiştir. Bu sonucun, hücre zarı geçirgenliğini arttıran membran şişmesi ve plastikleşme etkisinden dolayı meydana geldiği bilinmektedir. Fakat, 50°C'nin üzerindeki sıcaklık değerleri yaban mersini meyvelerinin ozmotik kurutulmasında esmerleşme ve lezzet bozulmaları gibi istenmeyen değişiklikleri doğurmaktadır (Shi ve Xue, 2009; Khan, 2012). 60°C'den daha yüksek sıcaklıklar ise bitki dokularına hasar verebilerek (Ramaswamy, 2005) doku karakteristiklerinin değişmesi nedeniyle katı kazanımına yardımcı olmaktadır. Bunun yanı sıra, 80-85 °C sıcaklık değerlerindeki 1-3

dakikalık uygulamalar, haşlamanın etkisini de içererek enzimatik inaktivasyonu sağlamaktadırlar (İspir, 2006).

#### **1.1.1.2.4. Örnek-Çözelti Oranı**

Örnek ağırlığının ozmotik çözelti oranı, meyve ve sebzelerin ozmotik işlemi boyunca bir ölçüye kadar kütle transfer kinetiklerini etkileyen, büyük öneme sahip bir faktördür. Örnek/çözelti oranı azaldığında su kaybı artmakta, kuru madde kazanımı ise önemli düzeyde etkilenmemektedir (Erünal, 2010). Düşük çözelti/örnek oranlarında sistem hızlı bir şekilde denge seviyesine ulaştığı için istenilen düzeyde kurutma gerçekleştirilememektedir. Yüksek çözelti/örnek oranlarında ise ozmotik çözeltinin tekrar kullanılmaması durumunda çözelti maliyeti artmakta ve ayrıca büyük miktardaki çözeltilerin karıştırılması da zorlaşmaktadır (Sultanoğlu, 2000). Birçok araştırmacı, kütle transfer kinetikleri üzerine farklı örnek/çözelti oranlarının (1:1 ve 1:5) etkisini araştırmışlardır. 1:10 ve 1:60'ın daha yüksek bir oranı, su kazancı ve çözünen kaybindan dolayı meydana gelebilen aracın dilüsyonunu önlemek için kullanılmıştır. Bundan dolayı ozmotik dehidrasyon gücünde azalmaya sebep olmaktadır. Pratik amaçlar için ozmotik dehidrasyon işleminde genellikle 1:2 veya 1:3 örnek/çözelti oranı en ideal değerlerdir (Karathanos ve ark., 1995; Tiwari, 2005).

#### **1.1.1.2.5. Örnek Özellikleri**

Gıda materyaline ait tipik özellikler, ozmotik kütle transfer kinetiklerini etkileyen en önemli parametrelerden birisidir. Materyalin; protein, yağ, karbonhidrat ve mineral maddeler açısından kimyasal kompozisyonu ile lif oryantasyonu, kabuk ve gözeneklilik gibi fiziksel özelliklerindeki farklılıkların bu kinetikleri etkileyen temel noktalar olduğu belirtilmektedir (Rahman, 2007). Çeşitli meyvelerin su kaybı ve katı madde kazanımı oranları arasında gözlenen büyük farklılıklara; meyvelerin yoğunluk ve sıklık gibi dokusal özellikleri (Giangiacomo ve ark., 1987), olgunlaşma derecesi, başlangıç nem içeriği (Mavroudis ve ark., 1998), başlangıçtaki suda çözünen ve çözünmeyen kuru madde içeriği (Raoult-Wack ve ark., 1991), hücrelerarası boşluklar ve gaz varlığı, suda çözünür pektin ve protopektin oranı (Forni ve ark., 1986), pektinin jelleşme derecesi (Moy ve ark., 1978)

ve meyvenin enzimatik aktivitesindeki değişimlerin neden olduğu ifade edilmiştir (Torregiani, 1993).

Ozmotik kütle transfer oranı, yüzey alanının örnek kalınlığına oranındaki değişiklikten dolayı ürünün boyut ve şeklinden de etkilenmektedir (Tortoe, 2010). Meyve ve sebze parçalarının yüzey alanındaki artışla birlikte su çıkış oranı artmaktadır. Yüzey alanı/örnek kalınlığı oranının artması katı madde kazanımını da arttırmaktadır (Lerici ve ark., 1985). Örnek boyutunun ve kalınlığının ozmotik dehidrasyon hızı üzerinde önemli bir faktör olduğu, dilim kalınlığının artmasıyla kütle kaybının azaldığı belirtilmektedir (Farkas ve Lazar, 1969; Contreras ve Smyrl, 1981). Gıdanın boyutunun ve geometrisinin özellikle kısa süreli ozmotik uygulamalarda daha çok öneme sahip olduğu bildirilmektedir (Islam ve Flink, 1982). Küçük gıda dilimlerinde büyük yüzey alanı sebebiyle işlem daha hızlı gerçekleşirken, örneklerin kesilerek hazırlanması sırasında daha fazla hücre zarar görmektedir; bu nedenle gıda materyalinden daha büyük miktarda çözünebilir katı madde kaybı gerçekleşmektedir (Brennan, 2006).

### **1.1.1.3. Ozmotik Dehidrasyon Sırasında Gerçekleşen Kütle Transferinin Modellenmesi**

Ozmotik dehidrasyon işlemi gibi kütle transferini kapsayan uygulamalarda farklı işlem şartlarının sebep olacağı konsantrasyon dağılımlarının ve su kaybının simüle edilmesi amacıyla geliştirilen matematiksel modellemeler oldukça önem taşımaktadır. Bu amaçla son zamanlarda hesaplamalı akışkanlar dinamiği ve genel taşınım işlemleri, çözümünün yapılabileceği paket programlar, farklı işlemlerin hem matematiksel modellenmesi hem de simülasyonu amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır (Tanaka ve ark., 2006; Salengke ve Sastry, 2007; Marra ve ark., 2009).

Matematiksel modelin tasarlanmasında ve çözümünde deneysel çalışma verilerinden de faydalandığı için, deneysel ozmotik dehidrasyon şartları ve örnek boyutları da oldukça önem taşımaktadır. Çoğu modelleme çalışmasında; ozmotik dehidrasyon işlem koşulları olarak, farklı sıcaklık ve farklı çözelti konsantrasyonlarının etkilerinin incelendiği, fakat örnek/çözelti oranının, kurutma süresinin ve çalkalama/karıştırma hızının genellikle sabit tutulduğu dikkati çekmektedir (Rastogi ve ark., 1997; Kaymak-Ertekin ve Sultanoğlu, 2000; Sereno ve ark., 2001; Rastogi ve Raghavarao, 2004; Amami ve ark., 2006; Khin ve ark., 2006).

Azuara ve ark. (1992), ozmotik dehidrasyon kinetiğini ve sonuç denge noktasını belirleyebilmek amacıyla kütle denklıklarından yararlanarak iki parametrelili kinetik bir model geliştirmişlerdir. Bu model, uzun işlem süreleri içinde deneysel verilere gereksinim olmaksızın, denge koşullarında geçerli katı kazanımı ve su kaybını belirlemekte ve işlemi karakterize eden kütle transfer katsayılarını saptamakta oldukça doğru sonuçlar vermektedir.

Azuara ve ark. (1992)'nin geliştirdikleri, ozmotik kütle transfer dinamiğine göre oldukça iyi uyum sağlayan bu modeline göre zamana bağlı su kaybı ve katı kazanımını belirlemede kullanılan eşitlikler Denklem (1.1) ve (1.2)'de verilmiştir.

$$WL = \frac{S_1 t \times WL_\infty}{1 + S_1 t} \quad (1.1)$$

$$SG = \frac{S_2 t \times SG_\infty}{1 + S_2 t} \quad (1.2)$$

Bu eşitlikteki bilinmeyenler;

WL : t = t anında kaybedilen su oranı, (kg su/100 kg ürün)

SG : t = t anında kazanılan katı madde oranı, (kg kuru madde/100 kg ürün)

WL $\infty$  : t =  $\infty$  denge durumunda kaybedilen su oranı, (kg su/100 kg ürün)

SG $\infty$  : t =  $\infty$  denge durumunda kazanılan katı madde oranı,  
(kg kuru madde/100 kg ürün)

S<sub>1</sub> : Süre ile k arasındaki ilişkiyi su kaybı için veren sabit (h<sup>-1</sup>)

S<sub>2</sub> : Süre ile k arasındaki ilişkiyi kuru madde kazanımı için veren sabit (h<sup>-1</sup>)

t : Süre (h)'dir.

Azuara ve ark. (1992) tarafından geliştirilen bu teorik modelde, deneysel veriler ile modelden elde edilen veriler arasında iyi bir korelasyon sağlanmıştır. Ancak modelin uygunluğunun araştırılabilmesi için daha değişik şartlarda yapılmış denemelere ve daha fazla verinin değerlendirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Ozmotik dehidrasyon prosesi karakterize edilirken klasik kurutma işlemlerinde olduğu gibi sadece kütle kaybı değerlerinin belirlenmesi yeterli olmamaktadır. Bu sebeple ozmotik işlem sırasında gerçekleşen su ve çözünür madde transferi; su kaybı (WL), katı kazanımı (SG) ve ağırlık azalışı (WR) değerlerinin saptanmasıyla belirlenmektedir. İşlem esnasında yalnızca WL değeri üzerinden hesaplama yapıldığı zaman bu değer, SG değerini dikkate almamaktadır. Fakat kazanılan çözünür kuru madde miktarına bağlı olarak suyun uzaklaşmasını etkileyecek sürüklenme gücü ve difüzyon hızı değişmektedir. Sadece kuru madde ağırlığındaki değişim değerleri kullanılarak da SG ile WL değerlerini birbirinden ayırmak mümkün olmamaktadır. Bundan dolayı ozmotik dehidrasyon işleminin teorik analizinde bu iki faktörün etkisi beraber incelenmiş ve ilk kez Hawkes ve Flink (1978) tarafından ozmotik ortamdan katıya çözünür madde geçişine bağlı kuru madde kazanımını ve suyun uzaklaşma hızını birlikte ifade eden bir faktör ortaya atılmıştır.

Bu teorik modelde, 100 g başlangıç elma örneklerindeki su kaybının çözelti alımına etkisi ihmal edilmiş ve değişik elma dilimlerinde başlangıç su içeriği farklılıkları hesaba katılmamıştır. Bu durum büyük ihtimalle suyun etkili bir şekilde diffüze olabilmesi ile ilgilidir; fakat çözelti alımına göre katı içeriğindeki değişim, su kayıpları için sürükleyici bir kuvvet olmaktadır. Elma örneklerinin başlangıç su içeriğindeki farklılıklar, kaybedilen başlangıç su fraksiyonunu oluşturmaktadır, fakat bu durum çözünen madde kazanımındaki katı değişimi ile ilgili değildir. Toplam katı içeriğindeki yüzde ağırlık değişimi kullanılarak çözültiden katıya geçen çözünür madde ve gıdadan çözültiye geçen suyun difüzyon hızlarını birlikte ifade eden bir 'kütle transfer katsayısı' (k) tanımlanmıştır. Kütle transfer katsayısı değerleri çalışılan çözelti konsantrasyonu ve sıcaklıklarda, ozmoz işlemi sonundaki toplam kuru madde içeriğinin başlangıçtaki toplam kuru madde içeriğine oranı (NSC) olarak ifade edilen bir değişken ile zamanın karekökü ( $t^{1/2}$ ) arasında elde edilen doğrunun eğiminden hesaplanmaktadır.

Hawkes ve Flink (1978)'in geliştirdikleri bu teorik modelde kullanılan eşitlikler Denklem (1.3)' te verilmiştir.

$$NSC = \frac{XKM_t}{XKM_0} = k(t)^{1/2} \quad (1.3)$$

Bu eşitlikteki bilinmeyenler;

$XKM_t$  : t = t anındaki toplam kuru madde içeriği (%)

$XKM_0$  : t = 0 anındaki toplam kuru madde içeriği (%)

k : Kütleye transfer katsayısı ( $h^{-1/2}$ )

t : Süre (h)'dir.

Hawkes ve Flink (1978), k değerinin çözümlü konsantrasyonu, sıcaklık ve karıştırma gibi faktörlerden etkilendiğini belirtmişlerdir. Bulunan k değeri sayesinde zamana bağlı olarak üründeki toplam kuru madde içeriğini belirlemek mümkün olmaktadır. Ancak uygulanan bu modelin geliştirilebilmesi için çok sayıda deneysel veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca katı kazanımının çok hızlı olduğu ilk iki saat bu değişimin doğrusallığını olumsuz yönde etkilemekte ve modelin güvenilirliğini azaltmaktadır.

#### **1.1.1.4. Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Gıdaların Fiziksel, Kimyasal ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi**

##### **1.1.1.4.1. Ozmotik Dehidrasyonun Fiziksel Özellikler Üzerine Etkisi**

Gıda materyallerinin fiziksel özelliklerinin, gıdaların dokusunda bulunan mikroskobik yapılar ile çok yakından ilişkili olduğu bilinmektedir. Hücrelerde ve hücreler arası boşluklarda şekil ve boyut değişiklikleri ile hücre duvarlarında deformasyon ve gevşeme gibi mikro yapısal özellikler bazı mikroskobik teknikler kullanılarak görüntülenebilmektedir (Aguilera ve Lillford, 1996; Alzamora ve ark., 1996). Taramalı elektron mikroskobu (SEM), gıda işleme sürecinde materyallere ait dokusal yapıları araştırmak için uzun yıllardan beri başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Fedec ve ark., 1977; Moledina ve ark., 1978; Huang ve ark., 1990; Marle ve ark., 1992; Aguilera ve ark., 2001). Işık mikroskobu ile karşılaştırıldığında SEM’de daha büyük büyütme oranı, daha geniş odaklanma yoğunluğu, daha yüksek çözünürlüğü ve örnek görüntüleme kolaylığı sayesinde gıda materyalleri üzerine yapılan hücresel araştırmalar için önemli bir yere sahip olmaktadır.

Kurutulmuş ürünlerin kalitesi kurutma işlemi koşullarına güçlü bir şekilde bağlıdır. Kurutma işlemi boyunca gıdaların birçok önemli özellikleri içyapıdan çevreleyen ortama kadar görülen nem kaybından dolayı değiştirmektedir. Meyve, sebze, tahıl ve diğer gıda materyallerinin kurutulması sürecini içeren mekanizmaların anlaşılmasında mikro yapının bilinmesi çok önemlidir. Kurutma işlemi boyunca gıdaların birçok fiziksel özelliklerindeki değişikliklerin ürünün mikro yapısındaki değişikliklerden kaynaklandığı bilinmektedir (Mercier ve ark., 2011). Birçok çalışmada gıda mikro yapısı üzerine ısıtma ve kurutma metodlarının etkisini görselleştirmek için mikroskobik analizler gerçekleştirilmiştir.

Genel olarak gıda işlemede ve özellikle ozmotik dehidrasyon prosesinde meydana gelen kütle transfer olgusunu anlamak ve kontrol altında tutmak için sürüklenme kuvveti ve gıda yapısının iki önemli faktör olduğu bilinmektedir. Gekas (1992)’a göre bir hücresel seviyede gıda maddesinin yapısal tipi, hem su hem de besin transferinin belirlemektedir. Dolayısıyla bu faktörler, depolanan ya da işlenen gıdalarda son ürünün kalitesini etkileyen, hücreden dışarıya veya hücreye doğru olan kütle transfer oranlarını etkilemektedir. Kütle ve ısı transfer işlemlerinin modellenmesi için gıda materyallerinin fiziksel yapısına ait özelliklerin bilinmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılan çalışmalar, gıda maddelerinde



kurutma amacıyla uygulanan ozmotik işlemin önemli düzeyde mikro yapısal değişiklikleri tetiklediğini göstermektedir (Aguilera ve Stanley, 1999). Islam ve Flink (1982) ile Lenart ve Flink (1984)'e göre gıda materyallerinin transfer özellikleri dokuda mevcut olan özellikle hücreler arası boşluklar gibi doku karakteristiklerine bağlıdır. Dolayısıyla herhangi bir gıda materyalindeki ozmotik dehidrasyon prosesine ait kütle ve ısı transfer mekanizmalarını anlayabilmek için gıda dokusunun mikro yapılarının bilinmesi gerekmektedir.

Castro-Giraldez ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada kivi örneklerinin ozmotik yolla kurutulması ile oluşan yapısal değişiklikleri analiz etmek için cryo-SEM kullanmışlardır. Taze ve ozmotik işlem görmüş örneklerin cryo-SEM resimleri karşılaştırıldığında taze örneklerin ekstrasellüler boşlukları hava ile doluyken ozmotik kurutulmuş örneklerin boşluklarının sıvı ile dolduğu tespit edilmiştir. Tylewicz ve ark. (2011) da ozmotik dehidrasyon işlemi ile %61.5 (w/w) sakkaroz çözeltisinde 0 dakikadan 300 dakikaya kadar kısa zaman aralıklarında kivi örneklerindeki değişiklikleri değerlendirmek için cryo-SEM kullanmışlardır. Örneklerin iç fazından su akışının olduğu ve ilave edilen sakkaroz çözeltisinin dış ve dolaşım fazında depolandığı görülmüştür. Ayrıca işlem süresince dokuda büzölmeler gözlenmiştir. Giraldo ve ark. (2003) tarafından ozmotik dehidrasyon boyunca mango silindirlerinin mikro yapısı üzerine sakkaroz çözelti konsantrasyonunun etkisi araştırılmıştır. Çalışmaya ait cryo-SEM resimlerine göre tüm olgularda ara fazda hücreler arası boşluklar ile birlikte çökmüş olarak görünen hücreleri ayırt etmenin zor olduğu gözlenmiştir. Hücre yapısının yoğunluk veya çökme derecesi ozmotik solüsyon konsantrasyonuna uygun olarak artmaktadır.

Askari ve ark. (2009) mikrodalga ile kurutmadan önce örneklerin ozmotik ön işleminin, kurutulmuş domateslerin mikro yapısı üzerine etkisini SEM ile incelemişlerdir. Örneklerin mikro yapısı, sıcak hava ile kurutmanın sonunda mikrodalga işleminden etkilenmiştir. Örneklerin iç kısımlarında mikrodalga enerjisinin ısıya hızlı dönüşümü, örnekleri geniş ölçüde etkileyebilen iç basıncın tetiklenmesine öncülük etmiştir. Kurutma işleminin sonunda yaklaşık tüm açık gözeneklerin sertleştiği tespit edilmiştir ve suyun buharlaşması yüzeysel tabakanın geçişi sırasında yüzeyi etkileyebilen mikrodalga enerjisi ile tetiklenmiştir. Bu yüzden örneklerin yüzeyinde çökme meydana geldiği tespit edilmiştir. Taze örnekler üzerine kurutma metodunun etkisinin güçlü olduğu ve ozmotik ön işlemin örnekleri istenmeyen yapısal değişikliklerden koruduğu gözlenmiştir. Ayrıca işlem

görmüş örneklerin yüzeyinin, sadece sıcak hava mikrodalga kurutma ile muamele edilen taze örneklerinkine göre daha yumuşak olduğu görülmüştür.

#### **1.1.1.4.2. Ozmotik Dehidrasyonun Kimyasal Özellikler Üzerine Etkisi**

Beslenmeye dayalı araştırmalar, meyve ve sebzelerin özellikle provitamin A ve C vitamini gibi vitaminler bakımından zengin, mükemmel bir lif kaynağı ve doğal olarak düşük yağ oranına sahip olmasından dolayı düzenli tüketimini tavsiye etmektedir. Dolayısıyla artan meyve ve sebze tüketimi, kanserin yanı sıra kalp-damar, beyin-damar, Tip-2 diyabet, astım, kronik obstrüktif akciğer hastalıkları gibi çeşitli hastalıklara karşı koruma sağlaması ile bağdaştırılmaktadır (Guthrie ve Kurowska, 2001; Boeing ve ark., 2012). Bu ilişki çoğunlukla meyve ve sebzelerde mevcut olan, serbest radikal hasarını önleyici C ve E vitaminleri ile fitokimyasal adı verilen karotenoidler, flavanoidler, izoflavanoidler ve fenolik asitler gibi antioksidanlara atfedilmektedir (Du ve ark., 2001). Literatürde tanımlanan 5000'den fazla, farklı fitokimyasalın çeşitli kronik hastalıklara karşı koruma sağlayabilen aktivitelere sahip olduğu bilinmektedir (Liu, 2003; Boyer ve Liu, 2004).

Fitokimyasal maddeler içerisinde yer alan fenolik bileşiklerin özellikle meyve ve sebzelerin hastalıklara karşı koruma özelliğini sağlayan başlıca biyoaktif bileşenler olduğu bildirilmektedir (Liu, 2003). Bu bileşiklerin, bitkilerin aromatik aminoasit metabolizması sırasında ve stres koşulları altında sentezlenen yan bileşiklerden oluşan ikincil metabolitler olduğu bilinmektedir (Karadeniz ve Ekşi, 2001; Naczki ve Shahidi, 2004). Yapılarında bir veya daha fazla hidroksil grubu içeren aromatik halka bulunan fenolik bileşikler (Bravo, 1998; Luthria, 2006) tek aromatik halkaya sahip olanları basit fenoller, yapılarında birden fazla fenol halkası bulunanları polifenoller, yapılarında üçlü halka sistemi bulunanları flavonoidler ve yüksek molekül ağırlıklı olanları da tanenler olmak üzere farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır (Waterhouse, 2002).

Meyvelerde sekonder metabolitlerin en önemli grubu olan polifenoller gibi fenolik bileşenlerin, kısmi olarak renk, burukluk ve besleyicilik gibi kalite kriterlerinden sorumlu olduğu (Macheix ve ark., 1990) ve bu bileşenlerin genç meyvelerde çok yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu; daha sonra meyve olgunlaşması boyunca ise hızlı bir şekilde azalarak düşük konsantrasyonlarda görüldüğü ortaya koyulmaktadır (Zocca ve

Ryugo, 1975; Coseteng ve Lee, 1987). Enzimatik kahverengileşmeden sorumlu olan enzim grubunun genel adı olan polifenoloksidaz (PFO) enziminin (Barthet, 1997) ilk olarak 1856 yılında Schoenbein tarafından bir mantardan elde edildiği, oksidoredüktaz grubundan olduğu ve bakır içerdiği bildirilmektedir (Janovitz-Klapp ve ark., 1990; Kermasha ve ark., 1993). Taze ve sağlam meyvelerde yoğun bir şekilde bulunan doğal fenolik substratların, PFO enziminden hücresel bölümlendirmeler sayesinde ayrıldığı ve bu sebeple kahverengileşme reaksiyonlarının çok yavaş bir şekilde meydana geldiği bilinmektedir. Meyve parçalara bölündüğünde ise PFO enzim aktivitesinin çok hızlanarak kahverengileşme reaksiyonlarını da arttırdığı görülmektedir. Kısacası meyvelerdeki fenolik bileşenlerin, hücreler arası bölümlendirmeler bozulduğu zaman hem enzimatik hem de enzimatik olmayan kahverengileşme reaksiyonlarına dahil olduğu gözlenmektedir. Enzimatik kahverengileşme reaksiyonlarında, fenolik bileşiklerin oksijen varlığında PFO enzimi tarafından oksidasyonunun hızlandırılması ve meydana gelen quinonların da koyu renk pigmentli ikincil ürünlerin oluşumunu sağlayarak sekonder reaksiyonlara katılması söz konusu olmaktadır (Cestaria ve ark., 2002; Van Loey ve ark., 2002). Meyve ve sebzelerde PFO enzim aktivitesi ile oluşan bu enzimatik kahverengileşme reaksiyonu gıda endüstrisi için çok büyük bir problemdir ve işleme ile depolama esnasında karşılaşılan bozulmaların ana sebeplerinden biri olmaktadır (Burdurlu ve Karadeniz, 2003). Meyvelerde PFO enzimi gibi temel oksidatif reaksiyonlara yani enzimatik kahverengileşmeye sebep olan oksidoredüktaz karakterindeki enzimlerden ikinci ise peroksidaz (POD) enzimidir. Aslında bu oksidatif reaksiyonlar, gıda bozulmalarına sebep olan mikrobiyolojik kontaminasyondan sonra ikinci en önemli bozulma sebebi olarak gelmektedir (Ioannou ve Ghoul, 2013).

Meyvelerde gözlenen enzimatik kahverengileşme reaksiyonları askorbik asit, sülfidler, sodyum klorür, sistein, kojik asit ve sinamik asit gibi kimyasal ajanlar veya ısı uygulamaları ile önlenmektedir (Kim ve ark., 2005; Queiroz ve ark., 2008). Fakat kimyasal gıda katkı maddelerinin kullanımını azaltmak için küresel bir eğilim ile gıda tüketicileri tarafından koruyucu içermeyen gıdalar çoğunlukla tercih edilmektedir. Termal işlemede kullanılan ısı uygulamaları ise meyvelerin lezzetini negatif yönde etkilemekte (Silva ve ark., 2000) ve meyvelerin yapısında bulunan besleyici bileşenleri tahrip etmektedir. Dolayısıyla koruyucu içermeyen, taze ve minimum düzeyde işlenmiş meyve

ürünlerinin talep edilmesi nedeniyle ozmotik dehidrasyonun gibi ısı olmayan gıda işleme yöntemleri araştırılmakta ve yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Waliszewski ve ark. (2007), 50°C'de 60 °Briks'lik, 60°C'de 60 °Briks'lik ve 50°C'de 70 °Briks'lik sakkaroz çözeltilerine 4 saat süreyle yerleştirdikleri muz dilimlerinin ozmotik dehidrasyon işlemi boyunca sodyum metabisülfite veya 4-hekzilrezorsinol gibi kahverengileşmeyi engelleyen ajanların katılmasıyla PFO enzimatik aktivitesinin engellendiğini ve meyve örneklerinin kahverengileşmesinin önlendiğini tespit etmişlerdir. Quiles ve ark. (2005), 65 °Briks'lik sakkaroz çözeltisine 2 veya 8 saat süreyle daldırılan elma halkası örneklerindeki PFO enzim aktivitesi üzerine ozmotik işlemin inhibe edici bir etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir. İnhibe edici etkinin bir sonucu olarak daha düşük PFO enzim aktivitesi ve daha uzun kurutma zamanı belirlemişlerdir.

#### **1.1.1.4.3. Ozmotik Dehidrasyonun Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi**

Bir gıda maddesinin yapısal elemanlarından kaynaklanan fiziksel karakteristiklerinin öncü grubu olan tekstürel özellikler, öncelikle dokunma hissi ile algılanmaktadır. Herhangi bir kuvvet altında gıdanın deformasyonu, parçalanması ve akışı ile ilişkili olan bu özellikler kütle, zaman ve mesafe fonksiyonları ile de nesnel olarak ölçülmektedir (Bourne, 2002). Gıdalara ait tekstür özellikleri temel olarak üç kategoride sınıflandırılmaktadır, bunlardan ilki stres faktörüne karşı gıdanın gösterdiği reaksiyon ile ilişkili olan mekanik özelliklerdir. İkincisi gıda materyali içerisindeki partiküllerin şekli, boyutu ve düzeni ile alakalı olan geometrik özellikler ve son olarak da nem ve yağ içeriği ile ilişkili olan diğer özelliklerdir (Szczeniak, 1963). Meyvelerin tekstür özellikleri üzerine yapılan çalışmalar, öncelikle meyve dokusunun sertlik, çiğnenebilirlik, sakızimsılık, esneklik, elastikiyet, viskozite, yapışkanlık, yumuşaklık, çatlama, gevreklik, sululuk, canlılık, unluluk, nişastalılık, tanelilik, yağlılık ve liflilik gibi mekanik özellikleri (Brandt ve ark., 1963; Szczeniak, 1963; Harker ve ark., 1997) üzerine odaklanmışlardır. Armut örneklerindeki kumluluk gibi meyve dokularının geometrik özellikleri üzerine birkaç çalışma, meyve yetiştiricileri tarafından (Bell ve Janick, 1990) veya duyuşal çalışmalar kapsamında yönetilmiştir (Diehl ve Hamann, 1979; Stec ve ark., 1989).

Tekstürel ve organoleptik özellikler; ürünlerin tüketici tarafından beğenirliği ve raf ömrü gibi önemli kriterler ile çok yakından ilişkilidir. Dolayısıyla bu özellikler gıdaların uygun şekilde taşınması, işlenmesi ve depolanması açısından da büyük öneme sahiptirler (Chuang ve Yeh, 2006). Tekstür, taze ve işlenmiş gıda endüstrisinde ürünün nitelik ve kabul edilebilirliğini değerlendirmek için kullanılan bir kalite özellik anahtarıdır (Konopacka ve Plochanski, 2004). Özellikle tam ve kısmen kurutulmuş gıdaların mekanik ve mikro yapısal niteliklerini yansıtan en önemli kalite özelliklerinden birisidir (Aguilera ve Stanley, 1999; Bourne, 2002). Bir çok meyvenin mikro yapısı özellikle konvektif yani havayla kurutma bakımından kurutma şartları ile güçlü bir şekilde etkilenmektedir (Krokida ve ark., 2000; Lewicki ve Lukaszuk, 2000; Telis ve ark., 2005). Hava ile kurutma sırasında, istenmeyen yapısal bozulma açısından önemli bir risk oluşturan geriye dönüşümsüz tekstürel değişiklikler çok hızlı bir şekilde meydana gelebilmektedir (Smewing, 1997; Lewicki ve Jakubczyk, 2004; Ferreira ve ark., 2008). Bu riskleri azaltmak için kurutma esnasında tekstür gelişimini izlemek ve kontrol etmek oldukça faydalı olmaktadır.

Kurutulmuş meyve ve sebzelerin viskoelastik davranışını tanımlamak için birçok girişim yapılmaktadır. Çoğunlukla stres gevşemesi ya da sıkıştırması ile elde edilen fiziksel parametreler, Maxwell's veya sıkıştırma modelleri kullanılarak tekstürel özellikler ile ilişkilendirilmektedir (Krokida ve ark., 1998; Krokida ve ark., 2000; Lewicki ve Lukaszuk, 2000; Lewicki ve Jakubczyk, 2004; Nicoletti ve ark., 2005; Telis ve ark., 2005). Fakat, bu temel yaklaşım homojen yapıdaki izotropik materyallere sınırlandırılmaktadır (Telis ve ark., 2005). Aksine tekstür profil analizleri (TPA), heterojen yapıli biyolojik ve gıda materyallerinin tekstür profillerini tanımlamak için daha uygundur (Rao, 1992; Fiszman ve Damasio, 2000; Rosenthal, 2010).

Tekstürel özellikler arasında yer alan sıklık yani sertlik, meyve ve sebzelerde gıda tazeliğini belirlemek için sıkça kullanılan en önemli parametrelerden birisidir (Konopacka ve Plochanski, 2004). Farklı nem içeriklerinde elma dilimlerinin tekstür değişiklikleri Bourne (1986), Lewicki ve Lukaszuk (2000) ve Krokida ve ark. (2000) tarafından araştırılmıştır. Bourne (1986), tekstür gelişiminde 8'den 0.5 g/g'a kadar sertlikte orta bir yükselişi takiben 0.3 g/g'da 1,000'den 6,000N'e kadar sertlikte çarpıcı bir yükselişi ve daha düşük nem içeriğinde hızlı bir düşüş ile üç periyodu rapor etmiştir. Bourne (1986)'nın aksine Krokida ve ark. (2000), kurutmanın başlangıcında sertlikte azalış ve 1.8 g/g nem

içeriğinin altında artış ile iki periyot rapor etmişlerdir. Bu sonuçlar, 1.1 g/g nem içeriğinde patates hücrelerinin mikro yapısında geri dönüşümsüz değişiklikler ile yumuşama ve sertleşme olmak üzere iki faz ayırt eden Moyano ve ark. (2007) ile uyumludur. Guine ve Barroca (2011), sıcaklığa bakılmaksızın bazı kritik kurutma içeriklerinde hava ile konvektif kurumanın sertlikte önemli bir artışa öncülük ettiğini tespit etmişlerdir. Belirtilen sonuçlardaki bu önemli tutarsızlık metodolojideki farklılıklar ve farklı basınç zorlanmaları ile açıklanabilmektedir.

Önemli bir diğer tekstürel parametre, stres altında tekstürel bütünlüğü devam ettirme yeteneğini yansıtan iç yapışkanlıktır. Ferreira ve ark. (2008) SEM kullanarak; kurutulmuş bitki dokusunun artmış iç yapışkanlık ile sonuçlanan hücrelerarası yapışmada bir azalmaya yol açtığını işaret etmişlerdir. Enstrümental ölçümler iç yapışkanlıkta 8.0'dan 1.8 g/g'a kadarki aralıkta bir artış ve 0.75 g/g'ın altında ise bir azalış olduğunu göstermektedir (Bourne, 1986). Taze meyvelere kıyasla kurutulmuş meyvelerin iç yapışkanlığındaki artış belirgin büzülmenin bir sonucu olarak açıklanmıştır (Guine ve Barroca, 2011; Guine, 2013).

Esneklik, sıkıştırılmış bir örneğin üzerindeki basınç kalktıktan sonra orijinal şekline geri dönme kabiliyetini yansıtmaktadır. Bu tekstürel parametre; belirli bir nem içeriğine yükseltme eğilimi ile kurutulmuş veya yarı kurutulmuş ürünlerin elastik durumu için iyi bir indikatör olarak tanımlanmıştır (Rahman ve Al-Farsi, 2005; Ferreira ve ark., 2008). Bourne (1986)'a göre esneklik kurutmanın başlangıcında artarken 0.75 g/g'ın altındaki nem içeriğinde ise azalmıştır. Rahman ve Al-Farsi (2005) kurutma zamanları için aynı eğilimi belirlemiştir. Fakat, Guine ve Barroca (2011) ile Guine (2013) dolmalık biber, balkabağı ve armut örneklerindeki esneklik değerlerinde bu çalışmalarda kullanılan nem içeriklerinin sınırlanmış alanı ile açıklanabilen önemli değişikliklerin olmadığını rapor etmiştir.

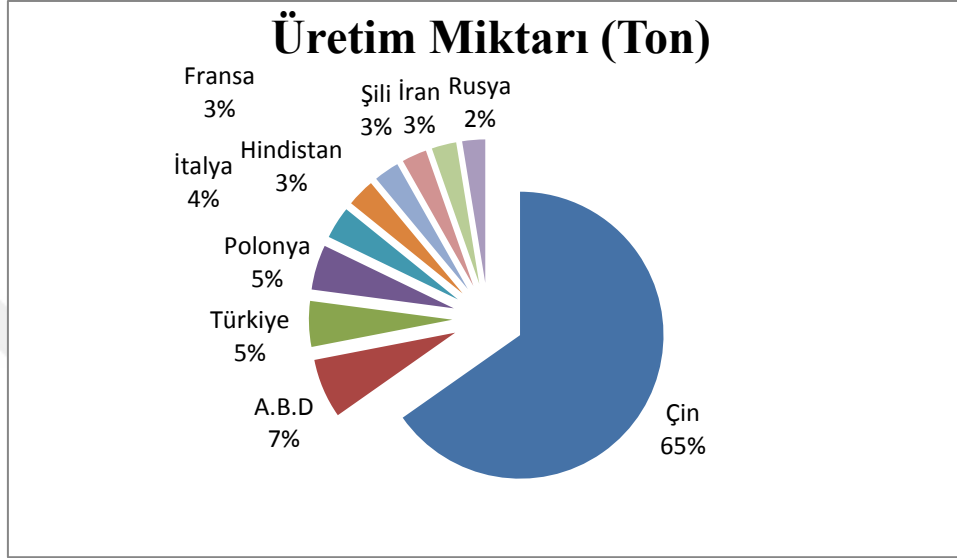
## 1.2. Elma

Kanser, hipertansiyon, kalp-damar ve obezite gibi kronik hastalıklarda hastalanma ve ölüm oranları ile ilişkili olduğundan dolayı diyet insan sağlığı için büyük önem arz etmektedir. Bazı araştırmalar tüm kanser vakalarının üçte biri ile kalp-damar ve hipertansiyon hastalıklarının üçte ikisinin diyetle bağlı olabileceğini belirtmektedir (Wolfe ve ark., 2003; Redy ve Martijn, 2004). Son yıllarda yapılan çalışmalar ise sağlık açısından potansiyel yararların, birçok meyve ve sebze bakımından zengin bir diyet ile doğrudan ilişkili olduğunu ortaya çıkarmıştır (Du ve ark., 2001). Tüm dünyada yaygın bir şekilde tüketilen ve insan beslenmesinde önemli yeri olan meyvelerin başında gelen elma, ayva ve muz gibi meyvelerin (Scalbert ve Williamson, 2000; Meechaona ve ark., 2007; URL-1, 2010), oksidatif stres tarafından oluşturulan dejeneratif hastalıklardan korunmaya katkı sağlayan birçok farklı bitkisel beslenme diyetini içerdiği görülmektedir (Kaur ve Kapoor, 2001).

Elma, hoş kokulu ve ferahlık verici etkiye sahip olmasının yanı sıra besin değeri de oldukça yüksek olan bir meyvedir. Kanser, kalp ve bağırsak hastalıklarına karşı koruyucu etkisi bulunan bu meyve ayrıca kan şekeri düzeyi ve yüksek tansiyonu da olumlu şekilde etkilemektedir. Elma yüksek oranda (%1.9) gıda lifi içermesinden dolayı kalorisi düşüktür ve uzun süre tokluk hissi vermektedir (Gorinstein ve ark., 2001). Fernández-Ginés ve ark. (2003) ile Wolfe ve ark. (2003)'a göre elma posası büyük ölçüde flavanoidler, polifenoller ve karotenler gibi antioksidan özelliğe sahip biyoaktif bileşen içerdiğinden dolayı diğer gıda liflerinden daha kalitelidir. Fenolik bileşiklerin ve antioksidanların önemli bir kaynağını oluşturan elmanın (Vinson ve ark., 2001; Yang ve Lui, 2009) yapısında bulunan toplam fenolik madde miktarının %65-80'ini kateşinlerin oluşturduğu (El Gharras, 2009) ve tüketimi ile çeşitli hastalıkların oluşma riskini azalttığı rapor edilmektedir (Boyer ve Liu, 2004).

Elma (*Malus domestica*), *Rosaceae* (gülgiller) familyasına ait kültürü yapılan çok yıllık bir meyve türüdür (URL-2, 2004). Genellikle bütün iklim koşullarında yetiştiriciliği yapılan ve anavatanına Anadolu'nun da dahil olduğu bir meyve türü olan elmanın kültürü milattan öncelere kadar dayanmaktadır. Tüm ekolojik yaşam koşullarında yüksek uyum kabiliyeti olan bu meyve türü, dünya üzerinde geniş bir yayılım göstermektedir (Karamürsel, 2009).

Gıda Tarım Örgütü'nün (FAO) 2013 yılı ortalama verilerine göre dünyada en fazla elma üretimi yapan ilk 4 ülkenin sırasıyla Çin, ABD, Türkiye ve Polonya olduğu rapor edilmiştir. Şekil 1.2'de gösterildiği üzere, ülkemizin 2013 yılında 3.128.450 ton elma üretimi ile dünya sıralamasında 3. sırada yer aldığı görülmüştür (URL-3, 2016).



Şekil 1.2. Çeşitli ülkelerde FAO 2013 yılı toplam elma üretim (%) oranları (URL-3, 2016).

Üretim alanlarında ve verimlilikte yaşanan pozitif gelişmeler sonucunda son 50 yıllık dönemde elma üretiminde yaklaşık 3 katlık bir artış gerçekleştiği belirlenmiştir (Özçatalbaşı ve ark., 2009). Türkiye’de elma dikili alanlarda son 10 yıllık dönem boyunca üretim, ihracat ve kişi başına tüketim verilerindeki gelişmeler değerlendirildiğinde; elma üretimi ve ihracatında devamlı olmamakla beraber önemli bir artışın olduğu anlaşılmıştır (URL-4, 2009). Ülkemizde en fazla yetiştirilen meyve türlerinden birisi olan elmanın (Özçatalbaşı ve ark., 2009) kültür elması (*Malus communis Lam.*) yetiştiriciliği ülke genelinde yapılmaktadır. Türkiye’deki en uygun kültür merkezleri, yabansininin yayılma alanlarına paralel olarak Kuzey Anadolu’da bulunmaktadır. Kuzey Anadolu, Karadeniz Kıyı Bölgesi ile İç Anadolu ve Doğu Anadolu yaylaları arasındaki geçit bölgeleri ve son yıllarda güneyde Göller Bölgesi (Isparta, Eğirdir ve Karaman) elmanın önemli yetiştiricilik alanlarını oluşturmaktadır.



Dünya çapında üretilen elma çeşiti sayısı 6500 civarında iken; Türkiye’de bu sayının 460 dolaylarında olduğu bilinmektedir. Ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen elma çeşitleri Golden Delicious, Starking Delicious, Red Delicious, Granny Smith, Starkrimson ve Amasya elmalarıdır. Fuji, Red Chief, Gala, Jonagold ve Braeburn gibi elmalar da son zamanlarda talep gören ve üretimi teşvik edilen diğer çeşitleri oluşturmaktadır (URL-5, 2011).

Elma, tek başına önemli bir besin olmasının yanı sıra tatlı; kek, bebek maması, yoğurt, süt, meyve suyu, şarap ve sirke gibi birçok gıdanın içerisinde önemli bir hammadde olma özelliği göstermesi sebebiyle insan beslenmesinde çok önemli bir yere sahiptir. Dünya çapında birçok ülkede yetiştirilerek taze olarak tüketilebildiği gibi reçel, marmelat, meyve suyu ve konserve yapılarak ya da kurutma gibi bazı işlemlerden geçirilerek sıkça kullanılmaktadır. Türkiye’de üretilen elmaların %65’i sofralık olarak değerlendirilirken sofralık olarak tüketilmeyen elmalar, meyve suyu ve konsantre gibi ürünlere işlenmektedir. Sofralık olarak tüketilecek elmalar, Türk Standartları’na göre ekstra, birinci ve ikinci sınıf olarak sınıflandırılmakta ve soğuk hava depolarında muhafaza edilmektedir. Elmayı diğer birçok meyveden ayıran en önemli özelliği hasat sonrası uzun süre muhafaza edilebilmesi ve dolayısıyla yıl boyunca piyasada bulunabilmesidir. Ancak ülkemizde hasat ve depolama sırasında karşılaşılan bazı sorunlar sebebiyle çok miktarda ürün tüketiciye ulaşmadan bozulmakta ve önemli ekonomik kayıplarla karşılaşmaktadır. Üretim açısından dünyada önemli bir yere sahip olan elmanın ülkemizde taze olarak pazarlanmasında da bazı sorunlar yaşanmaktadır. Şöyle ki; yetiştirilen elmaların yalnızca %1’i ihraç edilmekte bu miktar toplam dünya ithalatının %0.4’ünü oluşturmaktadır (Karamürsel, 2009; Budak ve ark., 2011). İhracat rakamları incelendiğinde elma suyu ve konsantresi ihracatı 23.565 ton iken, taze elma ihracatının 19.972 tonda kaldığı görülmektedir (URL-6, 2011). Bu sebeplerden dolayı günümüzde arzu edilen özelliklerde ürün elde edilmesi için kullanılan kurutma yöntemlerinin tüketici talepleri doğrultusunda geliştirilmesi ve bu amaca yönelik tekniklerin araştırılması çabaları hız kazanmaktadır. Ayrıca, sofralık kalitede olmayan meyvelerin alternatif ürünlere dönüştürülme imkanları da araştırılmaktadır.

### 1.3. Ayva

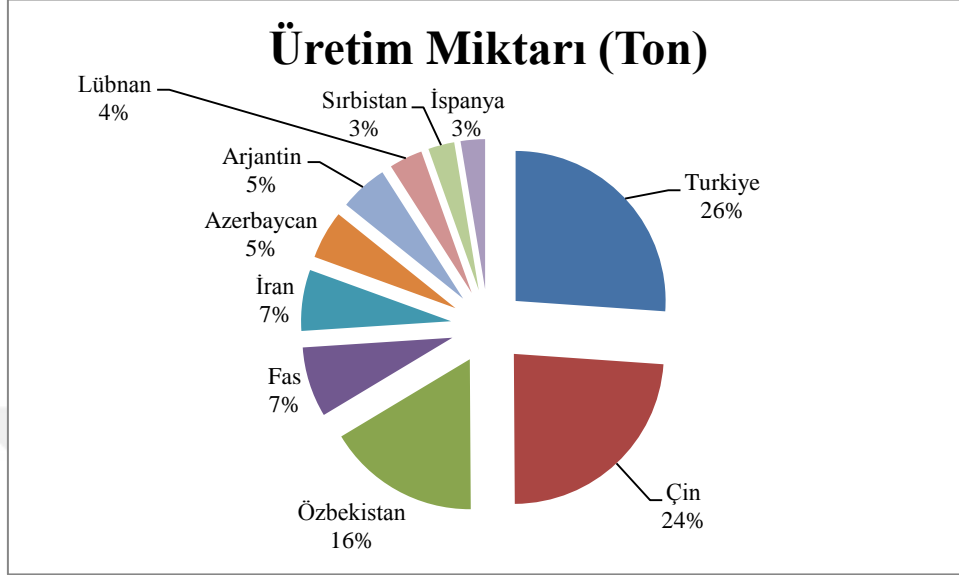
Antioksidan, antimikrobiyal ve antiülseratif özelliklere sahip olan bazı biyoaktif bileşenleri içerdiği bilinen ayvanın insan sağlığını destekleyen, ekonomik ve önemli bir besin kaynağı olduğu düşünülmektedir (Olivera ve ark., 2008). Özellikle flavanoidler ve hidroksisünamik fenolik asitleri kapsayan polifenoller açısından ayvanın oldukça zengin olduğu ve bu antioksidan bileşenler arasında, meyvelerin renginden sorumlu olan flavonoller ve güçlü antioksidan aktivitesinden dolayı proantiyosiyanidinlerin üzerinde özellikle durulduğu ifade edilmektedir (Silva ve ark., 2004; Wojdylo ve ark., 2013).

Ayva ferahlatıcı bir tat ve aromaya sahip olmasının yanı sıra (Özçağırın ve ark., 2005) vitamin, mineral madde ve şeker açısından da zengin ve besleyici bir meyvedir. Ayrıca lif, potasyum ve C vitamini açısından oldukça iyi bir kaynak olduğu düşünülen ayva (Moreira, 2008), yüksek oranda pektin içermesinden ötürü çok iyi jel oluşturabilme yeteneğine sahiptir. Yumuşak çekirdekli bir meyve türü olan ayvanın meyvesi içerdiği yüksek tanenden dolayı buruk bir tada sahipken ayrıca oldukça asitli ve serttir. Bu özellikler meyvenin taze olarak tüketilmesini olumsuz yönde etkileyebildiğinden genellikle reçel veya jöle yapılarak tüketilmektedir (Silva ve ark., 2003; Özçağırın ve ark., 2005). Son zamanlarda meyve suyu sanayisinde de kullanılmaya başlayan ayva nektar olarak da işlem görmektedir.

Ayva (*Cydonia vulgaris* L.), insanlığın keşfettiği en eski meyvelerden birisi olup anavatanı Kuzey-Batı İran, Kuzey Kafkasya, Hazar Denizi kıyıları ve Kuzey Anadolu'dur. M.Ö. 650 yıllarında Yunanistan'da yetiştirildiği bilinen bu meyve sonradan Orta ve Doğu Avrupa'ya kadar yayılmıştır. Ayva '*Cydonia*' ismini Girit Adası'nda bulunan Cydon şehrinde, şimdiki adıyla Canea'dan almıştır (Özçağırın ve ark., 2005; Gerçekçioğlu ve ark., 2014). Yabani türleri doğuda Türkistan'a kadar uzandığı gibi batıda da Avrupa'nın Güney bölgelerine ve Kuzey Afrika'ya kadar genişlemiş olan ayvanın bugün ise Avustralya hariç diğer ülkelerin tamamında yetiştirildiği bilinmektedir (Özkan, 1995; Özçağırın ve ark., 2005).

Dünya ayva üretiminde 139.311 ton ile Türkiye birinci sırayı, 127.000 tonluk üretimle Çin ikinci sırayı ve 88.000 ton ile Özbekistan üçüncü sırayı almaktadır. Şekil 1.3'te görüldüğü gibi bu ülkeleri sırasıyla Fas ve İran izlemektedir. Türkiye'nin, dünya

ayva üretiminde % 26'lık bir paya sahip olduğu (URL-7, 2016) ve son 20 yıl içerisinde ayva üretiminde % 87.5'lik bir artış olduğu aktarılmaktadır (Özçağırın ve ark., 2005).



Şekil 1.3. Çeşitli ülkelerde FAO 2013 yılı toplam ayva üretim (%) oranları (URL-7, 2016).

Ülkemizin 10 ile 1000 metre arasındaki yüksekliğe sahip olan hemen her bölgesinde yetiştirilebilen ayvanın özellikle kumlu-tınlı, sıcak ve geçirgen topraklarda daha yüksek düzeyde verim gösterdiği bildirilmektedir (Ercan, 2009). Fakat, ayvanın kültürü yapılan diğer meyve türlerine göre sofralık değerinin pek fazla olmaması nedeniyle çok rağbet görmeyerek üretimi sınırlı kalmış ve dolayısıyla kültürü yakın zamana kadar fazla yapılmamıştır (Özkan, 1995; Özçağırın ve ark. 2005). Çoğunlukla sınır ağacı veya diğer meyve türleriyle karışık bahçeler halinde olan ayva yetiştiriciliği günümüzde büyük ölçüde kapama bahçeler haline dönüşmüştür. Özellikle Kocaeli, Sakarya, Bilecik illerinde ve ilçelerinde bu bahçelerin güzel örneklerini görmenin mümkün olduğu bildirilmektedir (Açıkgöz ve Poyraz, 2006).

Kültürü yapılan ayva çeşitlerinin sayısının kültürünün yeterince önem kazanmamış olması sebebiyle, aynı grupta yer alan elma ve armut kadar fazla olmadığı görülmektedir (Pektaş, 2011). Standart olarak kabul edilen ve Türkiye’de çoğaltılması önerilen başlıca ayva çeşitlerinin; Eşme, Limon, Turgutlu, Midilli, Şeker Gevrek, Tekkeş, İstanbul, Kara Ali, Bardak, Havan, Demir, Bencikli, Çukur Göbek, Gördes, Söbü ve Kirli olduğu bildirilmektedir (Özçağırın ve ark., 2005). Ticari olarak yetiştiriciliği yapılan ayva çeşitleri

arasında ‘Bardak ayvası’, ‘Demir ayvası’, ‘Limon ayvası’ ve ‘Eşme (ekmek) ayvası’ sayılabilmektedir (Soylu, 1997). Ülkemizde özellikle Marmara bölgesinin en çok ayva yetiştirilen bölge olduğu ve buradaki ‘Eşme’ çeşidi ayvanın ulusal ve uluslararası üne sahip olduğu rapor edilmiştir (Kuzucu ve Sakaldaş, 2008).

Kurutulmuş ayvalar, ayva pudinginin yanı sıra reçel, marmelat ve jöle yapmak için sıkça kullanılmaktadırlar. Ayrıca ayva khoresh gibi geleneksel bir İran yiyeceğinin, balık türüsünün ve diğer gıdaların bileşenleri olarak kullanılabilirler (Noshad ve ark., 2011). Ozmotik olarak kurutulmuş ayvalar ise kahvaltılık gevreklerde bir içerik olarak kullanılmaktadır (Roble-Manzanares ve ark., 2004).



#### 1.4. Muz

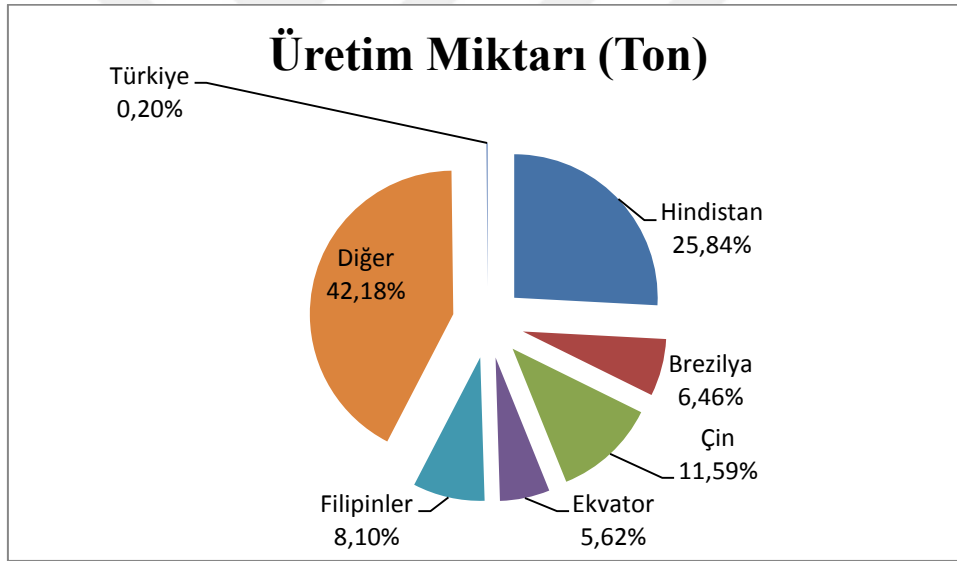
Besin değeri oldukça yüksek olan muz, tropik ve subtropik iklim kuşağına ait önemli bir meyvedir. Muzun hem pulp hem de kabuk kısımlarının A, B, C ve E vitaminleri ile  $\beta$ -karoten ve kateşin flavanollar, epikateşin flavanollar, lignin, tanin antiyosiyantinler gibi fenolik bileşenler olmak üzere çeşitli antioksidanları büyük oranda ihtiva ettiği görülmektedir (Someya ve ark., 2002; Wall, 2006; Lim ve ark., 2007). Soyulup dilimlenmiş taze meyvesinin 100 gramında; 92 kkalori enerji, 23.43 g karbonhidrat, 1.03 g protein, 0.315 g yağ, 6 mg kalsiyum, 0.31 mg demir, 1 mg sodyum, 396 mg potasyum, 81 IU A vitamini, 0.045 mg B1 vitamini (tiyamin), 0.1 mg B2 vitamini (riboflavin), 0.540 mg B3 vitamini (niacin), 9.1 mg C vitamini bulunmaktadır (URL-8, 2007). Muzun aynı zamanda öncelikle potasyum ve fosfor olmak üzere kalsiyum, magnezyum ve kükürt gibi mineraller ile zenginleştirilmiş bir yapıya sahip olduğu da bilinen bir gerçektir (Robinson, 1996; Hardisson ve ark., 2001; Leterme ve ark., 2006; Wall, 2006).

Muz hem sofralık hem de pasta, kurutulmuş ve dondurma gibi gıda sanayisine yönelik çok fazla kullanım olanaklarının olması sebebiyle sevilerek tüketilen ve son yıllarda milyonlarca insanın diyetine girmiş olan önemli bir meyve türüdür. İhracat ve ithalat hacmi oldukça yüksek olan ticari ürünlerin başında gelen muzun çok geniş kullanım alanları bulmasının en önemli sebebi ise kendine özgü hoş aromasından kaynaklanmaktadır. Üretimin yapıldığı birçok gelişmekte olan ülkede ise karbonhidrat içeriğinin yüksek olması sebebiyle pişirilerek de tüketilmekte ve insan beslenmesine önemli katkı sağlamaktadır (URL-9, 2006).

*Musaceae* familyasına ait egzotik bir meyve olan muzun (*Musa spp.*) anavatanı Güney Çin, Hindistan ve Hindistan ile Avustralya arasında kalan adalardır (Mendilcioğlu ve Karaçalı, 1980; Pua, 2007). Hindistan, Çin, Brezilya, Filipinler, Ekvator, Endonezya, Honduras, Kolombiya ve Kostarika gibi tropik iklim koşullarına sahip ülkelerin yanı sıra Mısır, Fas, İspanya (Kanarya Adaları), Avustralya, Portekiz, Güney Afrika, İsrail, Lübnan, Ürdün ve Türkiye gibi subtropik iklim koşullarına sahip ülkelerde ve mikro klima özelliği gösteren bazı lokasyonlarda uzun yıllardan bu yana ekonomik olarak yetiştirilmektedir (Gübbük, 1990; Pekmezci ve ark., 2000). Ülkemizde muz yetiştiriciliği Mersin, Antalya kıyı şeridinde denize paralel olarak sıralanmış dağların güney bölgelerine kurulmuş olup, soğuk kuzey rüzgarlarından korunan bölgelerde yapılmaktadır. Toros Dağları'nın

koruduğu mikro klima alanlarına sahip Anamur, Bozyazı, Alanya, Gazipaşa ve çevresinin yanı sıra Çukurova, İskenderun, Dört Yol, Erdemli, Serik, Manavgat ve Antalya'nın değişik bölgeleri gibi kontrollü yetiştirme ortamlarında da yetiştirilmeye başlanmıştır. Son yıllarda ise hızlı bir şekilde örtü altı yetiştiriciliğine geçiş yapılarak üretim ve kalitede önemli oranlarda artış sağlanmıştır (Pınar ve ark., 2011).

Dünyadaki muz üretiminin %98'lik gibi büyük bir kısmı gelişmekte olan ülkeler tarafından gerçekleştirilmekte ve bu ülkeler içerisinde Hindistan, Brezilya, Çin ve Ekvator dünya toplam muz üretiminin %50'sini karşılamaktadır (Pua, 2007). Gıda Tarım Örgütü'nün 2013 yılı ortalama verilerine göre dünyada en fazla muz üretimi yapan ilk 4 ülkenin sırasıyla Hindistan, Çin, Brezilya ve Ekvator olduğu rapor edilmiştir. şekil 1.4'te gösterildiği üzere, ülkemizin 2013 yılında 215.472 ton ile toplam dünya muz üretim miktarında %0.2 gibi düşük bir paya sahip olduğu görölmüştür (URL-10, 2016).



**şekil 1.4.** eşitli ülkelerde FAO 2013 yılı toplam muz üretim (%) oranları (URL-10, 2016).

Türkiye'de muzun yetiştiricilik alanlarının ve hektar başına düşen verim oranlarının yıllar içerisinde arttığı gözlenmiştir. 1995 yılında 31.000 ton olan muz üretimimiz, 2000 yılında 64.000 ton iken, 2007 yılında 189.107 tona yükselirken, 2010 yılında 210.178 tona ulaşmıştır. Ülkemizin yıllık muz tüketimi ise 2000 yılında 118.203 ton iken, 2007 yılında 320.000 tona yükselirken, 2010 yılında 399.002 tona ulaşmıştır. Bu sonuçlardan da anlaşıldığı üzere toplam üretimimiz halen toplam tüketimimizi karşılayacak düzeyde

bulunmamaktadır. Bu nedenle meydana gelen açık, her yıl Latin Amerika ülkeleri başta olmak üzere Afrika ve uzak doğu ülkelerinden ithalat yoluyla üretimimize yakın miktarda karşılanmaktadır (Pekmezci ve ark., 2000; URL-11, 2007; URL-12, 2012). Muz ithalat oranımız 2000 yılında 66.313 ton iken 2010 yılında 229.409 ton olarak gerçekleşmiştir (URL-12, 2012). Kabaca bir hesap yapıldığı zaman ithalatımızla beraber toplam muz üretimimiz 440.000 ton civarında iken toplam tüketimimizin 400.000 ton civarında olduğu görülmektedir. Taze meyve ve sebzelerin tümünde olduğu gibi muzda da hasat ve sonrası yapılan uygulamalardaki yetersizlik veya yanlışlıklardan dolayı 40.000 ton civarındaki üründe tüketiciye ulaşmadan hem miktar olarak hem de pazar değerini kaybettirecek kalite kayıp ve kusurları meydana gelmektedir. Ülkemizde muz üretimi sırasında meydana gelen kayıplar %2.8 olarak hesaplanırken, hasat sonrasında bu değer %16.5 olarak hesaplanmıştır. Hasat sonrası meydana gelen kayıplar, 2000 yılında 10.279 ton iken 2010 yılında artarak 34.696 ton olarak gerçekleşmiştir. Gerçekte bu rakamdan çok yüksek olmakla birlikte resmi olarak verilen %16.5 meyve kaybının bile ne kadar önemli olduğu ve ülke ekonomisi açısından küçümsenmeyecek mali külfetler doğurduğu görülmektedir (URL-12, 2012; URL-13, 2012).

Elma, ayva ve muz gibi yüksek nem içeriğine sahip olan ve dolayısıyla kimyasal ve mikrobiyolojik açıdan kolaylıkla bozulabilen meyvelerde (Cemeroğlu ve Özkan, 2009), hasat sonrası optimal sıcaklık ve nem ile soğuk zincirin korunması en önemli muhafaza kriterleridir. Sıcaklık ve nispi nem optimum seviyede tutulduktan sonra dayanma süresi çok kısa olan bu ürünlerin, uzun süre kullanımının sağlanması ve raf ömrünün uzatılması amacıyla bazı ek uygulamalar devreye girmektedir. Muhafaza süresinin uzatılması, kayıpların azaltılması ve kalitenin korunması amacıyla uygulanan bu işlemlerde temel hedef raf ömrünü, minimum düzeyde kalite ve miktar kayıpları ile uzatmaktır (Kader, 2003). Bu uygulamalar içerisinde gıdaların geleneksel şekilde kurutularak korunması sıkça kullanılan önemli bir gıda muhafaza yöntemidir (Lewicki ve Jakubczyk, 2004; Louise ve ark., 2012) fakat orijinal ürünün kalitesine göre son ürünün kalitesinde ciddi kayıplara sebep olması gibi bazı dezavantajlara da sahiptir (Ratti, 2001). Bu nedenle oluşan bu olumsuz değişiklikleri en aza indirmek için farklı kurutma tekniklerinin geliştirilmesi üzerine geçmişte pek çok araştırma yapılmış ve ozmotik dehidrasyon prosesi göze çarpmıştır. Meyve muhafazası üzerindeki olumlu etkileri sebebiyle dikkatleri üzerine çeken bu işlemin, geliştirilmesine dair günümüzde de çalışmalar halen devam etmektedir.

Sharma ve ark. (1991), yaptıkları bir çalışmada elma halkalarını konserveleme işleminden önce yarım saat 50°C sıcaklıkta, %70 şeker solüsyonunda ön işleme tabi tuttıkları çalışmada ozmotik ön işlem ile muamele edilen örneklerin fiziko-kimyasal, duysal ve ekonomik açıdan en iyi durumda olduklarını ifade etmişlerdir. Bunun, geleneksel olarak konserve edilen ürünlere oranla son üründe istenilen ağırlık kaybı, görünüm, tekstür, renk ve şeker-asit karışımına yol açtığını belirtmişlerdir.

Nieto ve ark. (2013), atmosferik basıncı altında 20°C'de, elma örneklerini %37.3 w/w veya %51.0 w/w maltoz ile %42.0 w/w veya %56.0 w/w maltoz şurubuna daldırdıkları çalışmalarında ozmotik dehidrasyonun; elma dokularındaki reolojik parametreleri etkileyen yapısal değişiklikleri tetiklediğini tespit etmişlerdir. Ozmotik olarak kurutulan elmaların, gevreklik ve sertlik gibi tekstür değerlerinde kayıplar ile yumuşak ve genişleyebilir yapıda olduklarını göstermişlerdir.

Wais ve ark. (2004), farklı daldırma zamanları için 30°C'de elma küplerini 47 °Briks ve muz dilimlerini 69 °Briks'lik sakkaroz çözeltisine yerleştirdikleri çalışmalarında tek başına ozmotik dehidrasyonun ve ozmotik dehidrasyon ile sıcak hava yoluyla kurutmanın kombine etkisini incelemişlerdir. Çalışmadan elde edilen sonuçların, farklı işlemlerin son ürünün kullanım amacına göre seçilmesi gerekliliğini gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Alakali ve ark. (2008), yaptıkları bir çalışmada plantain tipi muz dilimlerinin ozmotik dehidrasyon boyunca kütle transferini belirlemek için 29 °Briks, 33 °Briks ve 41 °Briks olmak üzere üç farklı sakkaroz solüsyonu ile 40°C, 50°C, 60°C ve 80°C olmak üzere dört farklı sıcaklık değerini kullanmışlardır. Çözelti konsantrasyonu ve sıcaklığın örneklerin su kaybı üzerinde istatistiksel açıdan oldukça önemli bir etkiye sahip olduğunu ve su kaybı oranı artışının hem sıcaklık hem de çözelti konsantrasyonu artışı ile doğru orantılı olduğunu tespit etmişlerdir. Plantain tipi muzların ozmotik olarak kurutulması için 41 °Briks konsantrasyon ile 80°C sıcaklığın optimum koşullar olduğunu belirtmişlerdir.

Ali ve ark. (2010); ozmotik ajan olarak sakkaroz çözeltisi %100 oranında kullanıldığında, ozmotik olarak kurutulmuş muz örneklerinin ağırlığında gerçek bir azalmaya sebep olduğunu ve arzu edilen fonksiyonel özelliklerin elde edilebileceğini ifade etmişlerdir.



Roble-Manzanares ve ark. (2004) yaptıkları bir çalışmada; ayva parçalarını 30°C, 40°C ve 50°C olmak üzere üç farklı sıcaklık derecesinde 45 °Briks, 55 °Briks ve 60 °Briks'lik konsantrasyona sahip üç farklı fruktoz çözeltisine daldırmıştır. 30°C sıcaklıkta 45 °Briks ve 55 °Briks'lik çözelti konsantrasyonlarının belirgin bir şekilde son ürünün renk, su aktivitesi, vitamin C ve tekstür değerlerini etkilediğini tespit etmiştir.

Noshad ve ark. (2014), 50°C'de 40 °Briks, 50 °Briks ve 60 °Briks'lik sakkaroz çözelti konsantrasyona yerleştirdikleri kalın ayva dilimlerini 1, 1.5 veya 2 saat süreyle ozmotik ön kurutmanın yanı sıra ultrasonik ön işleme de tabi tutmuşlardır. Ozmotik ultrasonik kurutma ön işleminin suyun difüzyon katsayısında azalmaya sebep olduğunu tespit etmişlerdir. Bu ön işlemlerin örneklerin sertliğini, renk değişikliklerini ve büzülmeyi azaltırken esneklik ve çiğnenebilirliği arttırdığı görülmüştür.

## 1.5. Çalışmanın Amacı

Dünyadaki iklimsel farklılıklardan dolayı tarımsal üretimlerin de değişiklik gösterdiği bilinmektedir. Yeryüzünün belirli bölgelerinde yetiştirilebilen ve dayanma süresi kısa olan bazı meyvelerin, üretiminin yapılamadığı bölgelerde de tüketimini sağlama çabaları değişik muhafaza yöntemlerini ortaya çıkarmıştır. Bu yöntemlerin ortak amacı, gıda maddelerinin depolanma süresince bozulmalarına neden olan fiziksel, kimyasal, enzimatik ve mikrobiyolojik reaksiyonların hızını en aza indirerek, olabildiğince uzun bir süre gıda kalitesinin korunmasını sağlamaktır. Geleneksel olarak uygulanan kurutma yöntemlerinin son ürünün raf ömrünü uzattığı ancak kalite parametrelerini olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir. Dolayısıyla kurutulmuş ürünlerdeki tekstür, besin, renk ve lezzet kayıpları ise çok sık karşılaşılan kalite kusurları olmaktadır.

Ozmotik dehidrasyon gıda endüstrisinde özellikle taze meyve ve sebzelerin muhafazasında kullanılan bir işlemdir. Bu işlemde daha yüksek konsantrasyona sahip çözeltilere daldırılan örneklerin yapısındaki su uzaklaştırılarak, ürünün enzimatik ve mikrobiyal aktivitesi ile kalite parametreleri olumlu yönde etkilenmektedir. Yapılan literatür araştırmaları sonucunda ozmotik dehidrasyon işleminin meyvelerde kalite parametrelerini arttırdığı ve dolayısıyla bu meyvelerin raf ömrünün uzadığı görülmüştür. Konu ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmış olup özellikle su kaybı, katı kazanımı ve renk değerleri gibi parametreler birçok çalışmada incelenmiştir. Fakat, ozmotik dehidrasyon işleminin, meyvelerde fenolik bileşikler parçalayan ve kahverengileşmeye sebep olan PFOve POD enzim aktivitelerini nasıl etkilediğini tespit etmeye ve aynı şekilde bu yöntemin ve tekstürel değerlerde ne gibi değişikliklere neden olduğunu detaylı olarak belirlemeye yönelik çalışmalar yetersizdir.

Ülkemizde birçok meyve ve sebzelerin üretildiği ve bunların da hasat döneminde taze olarak tüketildiği bilinmektedir. Fakat, bu ürünlerden katma değeri yüksek ürünlerin elde edilemediği görülmüştür. Bu bakımdan ülkemizde yaygın olarak üretilen tarım ürünlerinin, ozmotik dehidrasyon işlemiyle kalitesinde ne gibi değişiklikler olduğu incelenmeye çalışılacaktır. Yapılan literatür incelemeleri neticesinde bazı elma çeşitlerinin ozmotik dehidrasyon işleminde defalarca kullanıldığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla çalışmada daha önce bu konuda çalışılmamış olması nedeniyle Amasya elması tercih edilmiştir. Bu amaçla belirlenen daldırma süresinin farklı zaman periyotları sonunda,

Çözelti konsantrasyonunun ve daldırma sıcaklığının elma ve ayva küpleri ile muz dilimleri üzerindeki etkisi araştırılarak örneklerin tekstür, maksimum su kaybı, minimum katı kazanımı ve renk kaybı ile diğer kalite parametreleri açısından optimum deney şartları tespit edilecektir. Çalışma sonunda ozmotik dehidrasyon işleminin bu meyvelerin enzim aktivitesi ve tekstür değerleri üzerine etkileri bakımından literatüre yeni bilgiler kazandırılması ve konu ile ilgili gelecekte yapılacak çalışmalara öncülük edilmesi hedeflenmektedir.



## **2. MATERYAL ve METOT**

### **2.1. Materyal**

Çalışma kapsamında materyal olarak kullanılan Amasya tipi (*Malus domestica*) elma Amasya İlinden, Grand Nain tipi muz (*Musa Parasidica*) Mersin İlının Erdemli İlçesi Üzümlü Köyünden ve Limon ayvası (*Cydonia vulgaris* L.) ise Sakarya İlinden temin edildi. Meyveler analizler yapılana kadar +4 °C’de muhafaza bekletildi. Ozmotik ortamın hazırlanması için kullanılan sakkaroz yerel bir hipermarketten satın alınmış ve farklı konsantrasyonlardaki ozmotik çözeltiler hazırlandı.

### **2.2. Metot**

#### **2.2.1. Ozmotik Çözeltilerin Hazırlanması**

Ozmotik dehidrasyon işleminde kullanılmak üzere %25, %45, %55, ve %65 (w/w) olmak üzere dört farklı derişimde sakkaroz çözeltisi hazırlandı. Ozmotik çözeltilerin hazırlanması için gereken miktarlarda sakkaroz tartılarak, istenilen konsantrasyonlara ulaşmak için yeterli miktarda distile su ile seyreltildi. Meydana gelen karışım sıcaklık kontrollü manyetik karıştırıcı yardımıyla karıştırılarak çözünme işlemi kolaylaştırıldı.

#### **2.2.2. Ozmotik Dehidrasyon İşlemi**

Meyveler, ozmotik dehidrasyon öncesi bazı ön işlemlere tabi tutuldu. Öncelikle zarar görmemiş sağlam olanları seçilmiş ve işlemeye uygun olmayan veya bozulmuş olanları ise ayrıldı. Seçilen elma ve ayva meyveleri yıkanarak kabukları soyulmadan Sinbo marka pratik meyve-sebze dilimleyici içerisine yerleştirildi ve 1 cm<sup>3</sup>’lük (1x1x1 cm) küpler halinde doğrandı. Tüm denemeler için meyve küpü örnekleri, çekirdek evi bölgesinin dışındaki aynı bölgeden alındı. Elma küpü örneklerinin ortalama ağırlığı 0.80-0.90 gram arasında, ayva küpü örneklerinin ortalama ağırlığı 0.90-1.00 gram arasında ölçüldü. Seçilen muz meyveleri ise yıkanıp kabukları soyulduktan sonra özel muz

dilimleyici aparat ile 1 cm'lik halkalar şeklinde kesildi. Muz dilimi örneklerinin ortalama ağırlığı ise 4.0-5.5 gram arasında tartıldı. Ozmotik dehidrasyon işlemi için kullanılacak elma ve ayva küpü örnekleri ile muz dilimi örnekleri tartıldıktan sonra bir gün önceden hazırlanan ozmotik çözeltiler içerisine meyve/çözelti oranı 1/10 (w/w) olacak şekilde daldırıldı. Meyveler parçalandıktan sonra örneklerin bileşiminde fazla değişiklik olmaması için tüm analizler ivedilikle gerçekleştirildi. Ozmotik dehidrasyon işlemi, sıcaklığın etkisini incelemek amacıyla 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklık değerlerinde durgun bir sistem içerisinde gerçekleştirildi.

Çalışılan bütün ozmotik işlem şartlarında, ozmotik dehidrasyon işlemi 8 saat olarak gerçekleştirildi. Ozmotik işlem süresince; 0, 60, 120, 240, 360 ve 480. dakikalarda, meyve örnekleri ozmotik çözeltilerden alınıp kinetik parametre değerlerini belirlemek üzere distile suda yıkandı. Distile sudan çıkarılan örneklerin dış yüzeyindeki fazla çözelti ve su kalıntıları, absorbant özellikteki bir kurutma kağıdı ile uzaklaştırıldıktan sonra tartılarak örneklerin ağırlık değişimleri kaydedildi. Ozmotik dehidrasyon işlemi her deneme için üç paralelli olarak gerçekleştirildi.

### **2.2.3. Uygulanan Analiz Metotları**

Taze ve ozmotik olarak kurutulmuş elma, ayva ve muz meyve örneklerine ait bazı özelliklerdeki değişimleri belirlenmek amacıyla bazı analizler yapıldı. Bunlar; toplam kuru madde analizi, nem tayini, suda çözünen kuru madde tayini, mineral madde içeriği analizi, pH ve titrasyon asitliği analizi, renk analizi, tekstür profil analizi, enzimatik aktivite tayini, SEM analizi ile su aktivite değerleri ve rehidrasyon oranları gibi yöntemlerini içermektedir. Ozmotik işlem boyunca belirli aralıklarla alınan örneklerde ayrıca su kaybı, kuru madde kazanımı ve ağırlık azalışı hesaplanmış ve kütle transferinin modellenmesi amacıyla Azuara ve ark. (1992)'nin modeli ile Hawkes ve Flink (1978)'in modelinden yararlanıldı.

#### **2.2.3.1. Toplam Kuru Madde Analizi ve Nem Tayini**

Taze ve ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulmuş meyve örneklerinin toplam kuru madde ve nem miktarlarını belirlemek için darası alınmış alüminyum kuru madde

kaplarına küçük parçalara ayrılmış haldeki örnekler bırakılarak, ozmotik dehidrasyon işleminin öncesi ve sonrasında hassas terazi yardımıyla ağırlıkları ölçülüp kaydedildi. Tartım işleminden sonra, etüvde 65°C' de 24 saat süreyle meyve örneklerinin ağırlıkları sabit tartıma ulaşınca kadar suyu belli oranda uçurularak kurutma işlemi yapıldı. Kurutmadan önceki ve sonraki değerler kullanılarak toplam kuru madde miktarı belirlendi. Toplam kuru madde miktarının 100'den çıkarılması ile nem miktarı bulundu. Gerekli denklemlerle yüzde olarak hesaplama işlemi yapılmış ve sonuçlar elde edildi (AOAC, 1995; James, 1995). Bu işlem, her bir meyve örneği için üç paralelli olarak gerçekleştirildi.

### **2.2.3.2. Suda Çözünen Kuru Madde Tayini**

Taze meyve örneklerinin suda çözünür kuru madde miktarları dijital masa tipi Abbe Refraktometresi (SOIEC Co. Ltd., Shanghai, Çin) kullanılarak belirlendi. Ölçüm sıcaklığı olarak 20°C esas alınarak gerekli sıcaklık düzeltmeleri yapıldı. Bu amaçla örnekler, 4 katlı tülbent arasına konup tülbentin kıvrılmasıyla sularının çıkması sağlandı. Çıkan ilk damlalar refraktometre prizmasına damlatılıp elma, ayva ve muz örneklerine ait °Briks değerleri kaydedildi. Sonuçlar hesaplanarak yüzde olarak ifade edildi (Cemeroğlu, 2010).

### **2.2.3.3. Mineral Madde İçeriği Analizi**

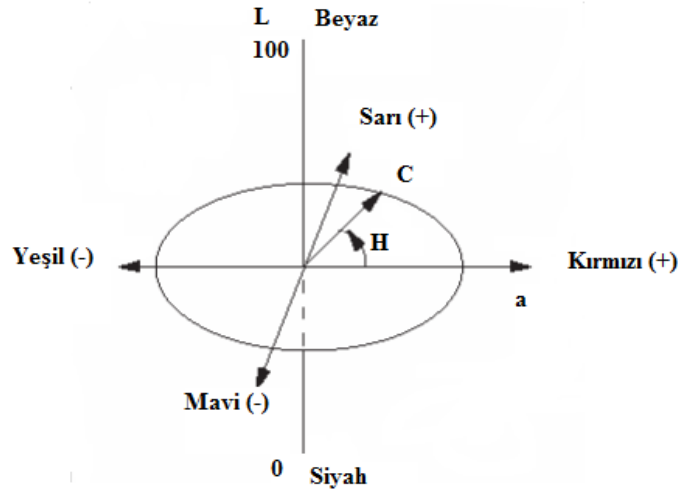
Taze elma, ayva ve muz örneklerinin bazı mineral madde içerikleri hizmet alımı yoluyla Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (TAUM) Laboratuvarı'nda incelenerek sonuçlar değerlendirildi. Takip edilen prosedüre göre; meyvelerin yenilebilir kısımlarından örnekler hazırlanarak 24 saat boyunca kurutuldu. Akabinde kurutulmuş örneklerden 0.15 g ağırlığındaki örnekler tartıldıktan sonra 10 mL HNO<sub>3</sub> eklenerek gaz çıkışı için 15 dakika beklendi. Daha sonra Berghorf speedwave-4 mikrodalga (Berghorf GmbH, Eningen, Almanya) cihazında yakma işlemi gerçekleştirildi. Yakma işlemi sonrası elde edilen çözeltideki Na, Mg, K, Ca ve Fe gibi elementlerin tespiti için, ICP-MS Agilent 7500A series (Santa Clara, CA, A.B.D) otomatik örnekleyicisine yerleştirildi. ICP-MS cihazından elde edilen kör ve meyve örneklerinin konsantrasyonları kaydedildi. Gerekli hesaplamalar neticesinde sonuçlar ppm cinsinden hesaplandı.

#### 2.2.3.4. pH ve Titrasyon Asitliği Analizi

Taze meyve örneklerinin pH ve titrasyon asitliği değerlerini tespit etmek üzere örneklerden 5 gram alınıp üzerine 100 mL deiyonize su ilave edilerek homojenize edildi. Daha sonra elde edilen karışım filtre kağıdı ile süzöldü. Elde edilen örneğin pH değeri, Thermo Scientific Orion 5 Star marka pH metre (Massachusetts, A.B.D) yardımıyla belirlendikten sonra 3-4 damla fenolfitalein ilave edilerek 0.1 N NaOH ile titre edilip yüzde malik asit (malik asit g 100 g<sup>-1</sup> meyve) olarak belirlendi (AOAC, 1995).

#### 2.2.3.5. Renk Analizi

Taze ve ozmotik olarak kurutulmuş elma, ayva ve muz meyve örneklerinin renk değerlerindeki değişim, üç boyutlu renk ölçümü esasına dayanan Konica Minolta Chroma Meter CR-400 (Konica Minolta, Ramsey, NJ) renk ölçüm cihazı kullanılarak ölçöldü. Ekipman her ölçüm öncesi siyah ve beyaz levhaların kullanımı ile kalibre edildi (X: 79.09, Y: 83.98, Z: 88.69, L: 93.44, a: -1.12 ve b: 1.02). Cihaza yerleştiren örneklerin L\*, a\* ve b\* renk değerleri okundu. Her bir örneğin renk değerleri için 5 kez okuma işlemi yapılmıştır ve ortalamaları alınarak sonuçlar elde edildi. Bu değerlerden CIE (L\*, a\*, b\*) renk sisteminde, 'L\*' parlaklığı yani siyahlık/beyazlık (0'dan 100'e), 'a\*' yeşillik/kırmızılığı (-60'dan +60'a) ve 'b\*' ise mavilik/sarılığı (-60'dan +60'a) simgelemektedir (Özdemir, 2001). Şekil 2.1'de göröldüğü gibi kırmızı, sarı, yeşil ve mavi 0°, 90°, 180° ve 270° açılarda konumlanmıştır. L\*, a\* ve b\* değerleri x ve y eksenlerinde gösterilirken, rengin bir başka ifadesi olan renk bileşeni (H°) x ve y eksenlerini çevreleyen 360° lik açı ile somutlaştırılmaktadır (Luo, 2006).

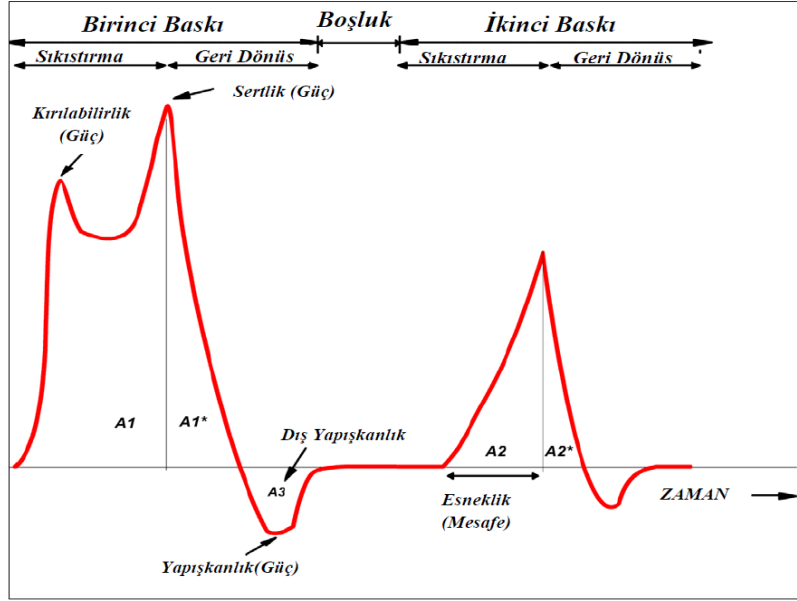


Şekil 2.1. L\*, a\*, b\* renk modeli (Luo, 2006).

### 2.2.3.6. Tekstür Profil Analizi

Taze ve ozmotik olarak kurutulmuş meyve örneklerinin tekstür profil analizi (TPA), Texture Analyser (TA-XT Plus Stable Micro Systems, Surrey, İngiltere) cihazı ile belirlendi. Örneklerin seçiminde çok hassas davranılmış ve aynı özelliği gösterecek elma ve ayva küpleri ile muz dilimleri tercih edildi. Seçilen örnekler cihaz platformunun merkezine yatay olarak yerleştirildi ve silindirik paslanmaz çelik prob (P/36N) yardımıyla baskılanmıştır. Tekstür analiz şartları; test öncesi hız 2.00 mm/s, test hızı 0.5 mm/s, test sonrası hız 2 mm/s olarak tespit edildi. Yapılan ön denemelerde baskı oranı %50 ve %60 olarak seçilmiş ancak örneğin bu oranlarda deforme olduğu görüldü. Bu sebeple meyve örnekleri için en uygun baskı oranı %40 olarak belirlendi. Meyve örneklerinin sertlik, dış yapışkanlık, esneklik, iç yapışkanlık, sakızimsılık, çiğnenebilirlik ve elastikiyet gibi mekanik parametreleri Texture Analyser Software Macro (TEE 32 Stable Micro System, İngiltere) yazılımı kullanılarak TPA eğrisinden hesaplandı (Kek ve ark., 2013). Bu işlem, her bir örnek için yedi paralelli olarak gerçekleştirildi.





Şekil 2.2. Tekstür profil parametrelerinin elde edildiği diyagram (Banjongsinsırı, 2003'ten uyarlanmıştır)

Şekil 2.2'den yola çıkarak meyve örneklerinin tekstür profil parametreleri hesaplandı. Bu parametreler;

- i. Sertlik (Hardness, g): Örneğe birinci sıkıştırmada uygulanan maksimum kuvvettir (Katsiari ve ark., 2002; URL-14, 2012).
- ii. Dış yapışkanlık (Adhesiveness,  $g \cdot sn^{-1}$ ): Örneğin birinci sıkıştırma sonrasındaki negatif kuvvet alanıdır (Antoniou ve ark., 2000).
- iii. Esneklik (Springeness): Birinci sıkıştırma sonunda örneğin eski haline dönme oranıdır (URL-14, 2012).
- iv. İç yapışkanlık (Cohesiveness): Örneğin ikinci sıkıştırmaya gösterdiği mukavemet şeklinin, birinci sıkıştırmadaki davranışına oranıdır (URL-14, 2012).
- v. Sakızimsılık (Gumminess): Yarı katı bir gıdayı yutulmaya hazır hale getirmek için gerekli parçalama kuvvetidir (Raphielides ve ark., 1995).
- vi. Çiğnenebilirlik (Chewiness): Katı bir gıdanın yutulmaya hazır hale gelmesi için gerekli çiğneme kuvvetidir (Raphielides ve ark., 1995). Bu parametre, sertlik, iç yapışkanlık ve esneklik parametreleri kullanılarak hesaplanmaktadır (Gunesekekan ve Ak, 2003).
- vii. Elastikiyet (Resilience): Ürünün orijinal şekline, geri toparlanma oranıdır (Gunesekekan ve Ak, 2003).

### 2.2.3.7. Polifenoloksidaz ve Peroksidaz Enzim Aktivitelerinin Tayini

**Enzim ekstraksiyonunun elde edilmesi:** Islam ve ark. (2014)'nın enzim ekstraksiyonu eldesi için yaptıkları metoda bağlı kalınarak yapılan bazı modifikasyonlarla yöntem uygulandı. Taze ve ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulmuş meyve örneklerinin PFO ve POD aktivitelerini belirlemek üzere örneklerden 5 g alındı. Üzerine daha önce hazırlanmış pH 7.0'de soğuk 0.2 M fosfat tamponundan (%2 polivinil poliprolidon-PVPP (AppliChem GmbH, Darmstadt, Almanya) ve %0.5 Triton-X100 (Sigma- Aldrich, St Louis, MO, A.B.D)) 10 mL ilave edildi. Örnekler CAT undrive 1000 marka homojenizatörde (Mr. Zipperer GmbH, Staufen, Almanya) 2 dakika boyunca 16000x g'de homojen hale getirildi. Elde edilen homojenat +4°C'deki soğutmalı santrifüjde (Nüve, NF, 1200R, İstanbul, Türkiye) 20 dakika süreyle 4100 rpm'de santrifüj edildi. Santrifüj sonrası ekstraksiyon süzülerek elde edilen bu süzüntü enzimatik aktivite analizine kadar -22°C'de bekletildi.

**PFO enzim aktivitesinin ölçülmesi:** Soliva ve ark. (2000)'nın PFO enzim aktivitesi metoduna bağlı kalınarak yapılan bazı modifikasyonlar ile yöntem uygulandı. Örneklerin PFO aktivitesinin belirlenmesi için sırasıyla 1.9 mL 0.2 M fosfat tamponu (pH 7.0), 1 mL 0.1 M kateşol (%99, Alpha Aeser, Ward Hill MA, A.B.D) ve 0.1 mL enzim ekstraktı deney tüpüne ilave edildi. Deney tüpü içeriği karıştırılıp hızlı bir şekilde küvete aktararak GB-spektrofotometresinde (Shimadzu, UV-1800, Kyoto, Japonya) 420 nm dalga boyunda 3 dakika boyunca her 15 saniyede bir absorbans otomatik olarak ölçüldü. Elde edilen değerlerde lineer artışın görüldüğü kısım alınarak 'kalıntı PFO aktivitesi' aşağıdaki Denklem (2.1)'e göre gerçekleştirildi.

$$\text{Kalıntı PFO Aktivitesi} = \frac{\text{Ozmotik kurutma sonrası PFO aktivitesi}}{\text{Taze örneğin PFO aktivitesi}} \times 100 \quad (2.1)$$

**POD enzim aktivitesinin ölçülmesi:** Örneklerin POD enzim aktivitesinin belirlenmesi için substrat çözeltisinin hazırlandı. Güneş ve Bayındırlı (1993)'nın POD metoduna bağlı kalınarak yapılan bazı modifikasyonlar ile yöntem uygulandı. Substrat çözeltisi; 0.5 mL guaiacol (%99, Acros organics, Geel, Belçika), 0.5 mL hidrojen peroksit (%30, Carlo Erba, Chaussee du Vexin, Val-de Reuil, Fransa) ve 99 mL sodyum fosfat

tamponu (pH 7.0) ile hazırlandı. Deney tüpüne 3.4 mL substrat çözeltisi ve 0.1 mL enzim ekstraktı ilave edilerek derhal karıştırılmış ve GB-spektrofotometrede 470 nm’de 3 dakika boyunca her 15 saniyede bir absorban artışı otomatik olarak kaydedildi. Absorbanstaki her 0.001 artış bir enzim ünitesi olarak değerlendirildi. Elde edilen değerlerde lineer artışın görüldüğü kısım alınarak ‘kalıntı POD aktivitesi’ aşağıdaki Denklem (2.2)’e göre gerçekleştirildi.

$$\text{Kalıntı POD Aktivite} = \frac{\text{Ozmotik kurutma sonrası POD aktivitesi}}{\text{Taze örneğin POD aktivitesi}} \times 100 \quad (2.2)$$

#### **2.2.3.8. Su Aktivite Değeri Analizi**

Taze ve ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulmuş elma ve ayva küpleri ile muz dilimleri birkaç parçaya ayrıldıktan sonra su aktivite değerlerinin tespiti için sıcaklığa göre ayarlanabilen Novasina Aqualab AG CH-8863 (Lachen, İsviçre) su aktivitesi ölçüm cihazının paslanmaz çelikten yapılmış sızdırmaz haznesine yerleştirildi. Yaklaşık 5 dakikada hazne içindeki denge bağıl nemine yani sabit değere ulaşıldığı görüldüğünde okuma gerçekleştirilerek su aktivitesi değeri elde edildi. Cihaza verilen her örneğin su aktivite değerini yaklaşık 15 dakikada ölçüldü. Bu işlem, her bir örnek için üç paralelli olarak gerçekleştirildi.

#### **2.2.3.9. Rehidrasyon Oranı Analizi**

Ozmotik dehidrasyon işlemi ile kurutulmuş olan elma ve ayva küpleri ile muz dilimleri üzerine meyve/su oranı 1:30 (w/w) olacak şekilde saf su ilave edilmiş ve örnekler oda sıcaklığında 12 saat boyunca bekletildi. Süre sonunda yüzeydeki su kalıntıları absorbant özellikteki bir kurutma kağıdı ile uzaklaştırıldıktan sonra örnekler tartıldı. Tartım işleminin ardından örneklerin rehidrasyon oranı, ıslak ürün ağırlığının kuru ürün ağırlığına bölünmesiyle hesaplandı (Singh ve ark., 2008). Bu işlem, her bir örnek için üç paralelli olarak gerçekleştirildi.

### **2.2.3.10. Taramalı Elektron Mikroskobu Analizi**

Taze ve ozmotik dehidrasyon işlemi ile muamele edilen meyve örneklerinin hücresel yapı ve değişikliklerinin incelenmesi amacıyla SEM ile görüntüleri elde edildi. Elma ve ayva küpleri ile muz dilimleri, 480 dakikalık ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulduktan sonra daha önce hazırlanmış %3 glutaraldehit (%99 saflıkta %25 sulu çözeltisi, Merck, KGaA, Darmstadt, Almanya) çözeltisinde 2 saat bekletilmiştir. Süre sonunda 0.1 M pH 7.2 fosfat tamponunda 15 dakika yıkama işlemi gerçekleştirildi. Bu işlem üç kez tekrarlandı. Daha sonra meyve örnekleri bir gece önceden hazırlanan %1'lik ozmiyum tetraoksit (%99.5 saflıkta, EMS, Halfield, A.B.D) çözeltisi ile 4 saat fiksasyona (tespit) bırakıldı. Fiksasyon işlemi sonrası 0,1 M pH 7.2 fosfat tamponunda 15 dakika yıkamaya alınmıştır. Yıkama işlemi üç kez tekrarlanmıştır. Daha sonra örnekler, sırasıyla %30, %50, %70, %80, %90, %95 ve %100 etanol (Sigma-Aldrich, St Louis, MO, A.B.D) serilerinde 15 dakikalık zaman periyotları boyunca dehidrasyona tabi tutuldu. Dehidrasyon işlemi sonrası, Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (TAUM) Laboratuvarı'na gönderilen örnekler analiz öncesi Polaran E3000 cihazında (CPD, Euro Business Park, Newhaven East Sussex, İngiltere) kritik kontrol noktasına kadar kurutuldu. Daha sonra örnekler, Mini Sputter Coater SC7620 cihazında (Ashford Kent, İngiltere) çift taraflı bantla numune tutucuya yerleştirilerek altın/paladyum ile kaplama işlemi gerçekleştirildi. Kaplanan örneklerin elektron mikroskobik görüntüleri Carl Zeiss LEO 440 marka taramalı elektron mikroskobunda (Oberkochen, Almanya) elde edildi (Simpson ve ark., 2015).

### **2.2.4. Ozmotik Dehidrasyon İşleminde Kinetik Parametrelerin Hesaplanması**

Ozmotik dehidrasyon işlemi esnasında meyve örnekleri ile ozmotik çözelti arasında meydana gelen kütle transferi mekanizması, su kaybı (WL), katı kazanımı (SG) ve ağırlık azalışı (WR) parametreleri kullanılarak takip edildi (Garcia-Noguera ve ark., 2010). Her örnek için ağırlık ölçümleri, nem tayini ve suda çözünen kuru madde analizi ile hesaplanan bu değerler sırasıyla Denklem (2.3), (2.4) ve (2.5)'te verildi.

$$\text{Su kaybı (WL)} = \frac{[(W_0 - W_t) - (S_t - S_0)]}{W_0} \times 100 \text{ (g/100g taze örnek)} \quad (2.3)$$

$$\text{Katı Kazanımı (SG)} = \frac{(S_t - S_0)}{W_0} \times 100 \text{ (g/100g taze örnek)} \quad (2.4)$$

$$\text{Ağırlık Azalışı (WR)} = WL - SG \text{ (g/100g taze örnek)} \quad (2.5)$$

WL : Su kaybı (100 g taze meyve)

W<sub>0</sub> : Meyvenin başlangıçtaki ağırlığı (g)

W<sub>t</sub> : Ozmotik dehidrasyon sonrası t (son) anındaki meyvenin ağırlığı (g)

S<sub>0</sub> : Meyvenin başlangıçtaki kuru madde miktarı (g)

S<sub>t</sub> : Ozmotik dehidrasyon sonrası t (son) anındaki meyvenin kuru madde miktarı (g)

#### **2.2.4.1. Ozmotik Dehidrasyon İşleminde Gerçekleşen Kütle Transferinin Matematiksel Modellere Uygunluğunun Belirlenmesi**

Azuara ve ark. (1992) modeli ile Hawkes ve Flink (1978) matematiksel modeline göre elma ve ayva küpleri ile muz dilimlerinin ozmotik kurutulması esnasında meydana gelen kütle transfer mekanizmalarının deneysel verilere uygunluğunu tespit edildi. Teorik model öngörülleri ile deneysel veriler karşılaştırıldı. Verilerin modellere uygunluğunu araştırmak için gerekli hesaplamalar yapıldı.

##### **2.2.4.1.1. Azuara ve ark. (1992) Modeli**

Azuara ve ark. (1992), Fick denkleminin analitik çözümündeki tüm zorlukları gideren ozmotik kütle transfer dinamiğine oldukça iyi uyum sağlayan bir model önermişlerdir. Bu modele göre, su kaybı için kurulan kütle denkleğinden şu ifade yazılabilmektedir.

$$WL = WL_{\infty} - WS \quad (2.6)$$

Burada;

WL : t = t anında üründen ayrılan su oranı

WL $\infty$  : t =  $\infty$  denge anında üründen ayrılan su oranı

WS : Difüzlenebilecek ancak t anında üründe kalan su oranı.

Çözelti konsantrasyonunun ve sıcaklığın sabit olduğu durumda su kaybı sadece zamana bağlı olduğundan WL ve WS arasında şu şekilde bir bağıntı yazılabilmektedir.

$$WS = \frac{WL}{K} = \frac{WL}{S_1 t} \quad (2.7)$$

Burada;

K : Su kaybını gösteren bir parametre

S<sub>1</sub> : Su kaybı ile ilgili sabit parametre (h<sup>-1</sup>)

t : Süre (h).

K, S<sub>1</sub> ve t arasındaki ilişkinin 0. dereceden kimyasal bir reaksiyon olduğu düşünülerek lineer (doğrusal) olduğu varsayılmaktadır. Bu durumda denklem (2.6) ve denklem (2.7) birlikte yazılıp tekrar düzenlenirse;

$$WL = \frac{S_1 t \times WL_{\infty}}{1 + S_1 t} \quad \text{elde edilmektedir.} \quad (2.8)$$

Bu denklem şu şekilde lineerize edilebilmektedir.

$$\frac{t}{WL} = \frac{1}{S_1 WL_{\infty}} + \frac{t}{WL_{\infty}}$$

(2.9)

Bu durumda WL, WL $\infty$  ve S<sub>1</sub>'e bağlıdır. Denge durumunda su kaybı, WL $\infty$  ve model parametre sabiti, S<sub>1</sub> değeri t/WL'nin t'ye karşı çiziminden elde edilen doğrunun eğimi ve kesim noktası değerinden hesaplandı.

Aynı şekilde katı kazanımı için denklem şu şekilde yazılabilmektedir.

$$SG = \frac{S_2 t \times SG_\infty}{1 + S_2 t} \quad (2.10)$$

$$\frac{t}{SG} = \frac{1}{S_2 SG_\infty} + \frac{t}{SG_\infty} \quad (2.11)$$

Burada;

$S_2$  : Katı kazanımı ile ilgili parametre ( $h^{-1}$ ).

Bu denklemden,  $SG_\infty$  ve  $S_2$  değerleri hesaplanabilmektedir. Sırasıyla denge su kaybı,  $SG_\infty$  ve model parametre sabiti,  $S_2$  değeri  $t/SG$ 'nin  $t$ 'ye karşı çiziminin elde edilen doğrunun eğimi ve kesim noktasından bulunabilmektedir.

#### 2.2.4.1.2. Hawkes ve Flink (1978) Modeli

Hawkes ve Flink (1978) teorik modeli, ozmotik dehidrasyon işleminde ozmotik ortamdan ürüne katı kazanımı ile üründen ozmotik ortama su kaybını birlikte değerlendirmektedir. İşlem sonundaki toplam kuru madde içeriğinin başlangıçtaki toplam kuru madde içeriğine oranının (NSC), işlem zamanının karekökü ile olan doğrusal değişiminden ise  $k$  yani hız parametresi değeri belirlenebilmektedir. Model şu şekilde ifade edilebilmektedir.

$$NSC = \frac{XKM_t}{XKM_0} = k(t)^{1/2} + b \quad (2.12)$$

Eşitlikteki bilinmeyenler;

$XKM_t$  :  $t = t$  anındaki toplam kuru madde içeriği (%)

$XKM_0$  :  $t = 0$  anındaki toplam kuru madde içeriği (%)

$k$  : Hız parametresi değeri ( $h^{-1/2}$ )

b : t = 0 iken (NSC değerinin 1'e eşit olmasından kaynaklanan) elde edilen doğru denkleminde ait kesişme (intercept) değeri

t : Sũre (h).

K değeri çalışılan çözelti konsantrasyonu ve sıcaklıklarda NSC değeri ile t<sup>1/2</sup> değeri arasında çizilen doğrunun eğiminden hesaplandı.

### 2.2.5. İstatistiksel Değerlendirmeler

Farklı ozmotik çözelti konsantrasyonları, daldırma sıcaklıkları ve daldırma süreleri ile bunların etkileşimlerinin su aktivitesi, su kaybı, katı kazanımı, renk ve tekstũr değerleri üzerine etkilerinin istatistiki açıdan araştırılması için SPSS 21.0 istatistik paket programı (SPSS Inc., Chicago, IL, A.B.D) kullanılmıştır. Bulgular, üç yönlũ varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuş ve elde edilen veriler bağımsız değişkenlerin önemliliğini belirlemek için Duncan oklu karşılaştırma testine göre %95 güven aralığında değerlendirilmiştir (Bek ve Efe, 1988). Tekstũrel parametrelerin ve rehidrasyon kapasitelerinin su kaybı ile ilişkisini tespit etmek için Pearson korelasyon testi uygulanmıştır. Ayrıca kinetik parametrelerin modellenmesinde modelin deneysel veriler ile uygunluğunun incelenmesi için bazı istatistiksel değerler regresyon katsayısı (R<sup>2</sup>), hata kareleri toplamı (SSE), ortalama yüzde sapma (%P), hata karelerin ortalama karekõkũ (RMSE) ve indirgenmiş ki-kare (χ<sup>2</sup>,reduced ki-square) değerlerine göre belirlenmiştir (Corzo ve Bracho, 2004; Togrul ve İspir, 2008; Ganjloo ve ark., 2011). p<0.05 değeri istatistiksel olarak anlamlı farklılık olarak kabul edilmiştir.

$$P(\%) = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^n \frac{|X_{exp} - X_{pre}|}{X_{exp}} \quad (2.13)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (X_{exp} - X_{pre})^2} \quad (2.14)$$



$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_{\text{exp}} - X_{\text{pre}})^2}{N - n} \quad (2.15)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (X_{\text{exp}} - X_{\text{pre}})^2}{\sum_{i=1}^n (X_{\text{exp}} - \bar{X}_{\text{exp}})^2} \quad (2.16)$$

$$SSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (X_{\text{exp}} - X_{\text{pre}})^2 \quad (2.17)$$

Burada;

$X_{\text{exp}}$  : Deneysel değer

$X_{\text{pre}}$  : Tahmini değer

$\bar{X}_{\text{exp}}$  : Deneysel değerlerin ortalaması

$N$  : Gözlem sayısı

$n$  : Modeldeki sabit sayısı

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Taze Amasya Elmasının Bazı Fiziksel Parametreleri ve Besinsel Bileşimi

Tablo 3.1 incelendiğinde Amasya elma örneklerinin yenilebilir kısmının kuru madde içeriğinin %13.54, suda çözünen kuru madde miktarının ise 12.02 olduğu tespit edilmiştir. Kuru maddedeki mineral içeriğine göre Na 164.53 ppm konsantrasyonunda iken K'un 309.18 ppm konsantrasyonunda bulunduğu hesaplanmıştır. Elma örneklerinin L\* renk değeri 80.88 iken Chroma değeri 15.45 olarak ölçülmüştür.

**Tablo 3.1.** Taze Amasya elmasına ait bazı fiziksel parametreler ve besinsel bileşimi

Parametreler <sup>1</sup>	Değerler
Kuru madde (%)	13.54 ± 0.67
S.Ç.K.M (Briks)	12.02 ± 0.31
pH	4.24 ± 0.03
Titrasyon Asitliği(%)	0.56 ± 0.01
a <sub>w</sub>	0.976 ± 0.01
<b>Mineral içeriği<sup>2</sup> (ppm)</b>	
Na	164.53± 31.16
Mg	75.60 ± 7.31
K	309.18 ± 14.07
Ca	51.38 ± 4.58
Fe	66.90 ± 11.96
<b>Renk Değerleri</b>	
L*	80.88 ± 0.60
a*	-2.77 ± 0.25
b*	14.93 ± 0.26
Chroma	15.45 ± 0.18

1: ölçümler meyvenin yenilebilir kısmından yapılmıştır. 2: kuru maddede tespit edilmiştir.

#### 3.2. Amasya Elmasının Ozmotik Dehidrasyonu

##### 3.2.1. Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Amasya Elmasının Kütle Transferi Üzerine Etkisi

Elma örneklerinin kütle transfer parametrelerine ait üç yönlü varyans analizi tabloları (Tablo 3.2, 3.3, 3.4) birlikte değerlendirildiğinde en yüksek su kaybı değerinin; 45°C'deki, %65 çözelti konsantrasyonunda, 480 dakikalık işlem sonunda gerçekleştiği görülmüştür. Bu tablolar incelendiğinde süre, sıcaklık ve çözelti konsantrasyonundaki artışların aynı zamanda katı kazanımı değerlerini de arttırdığı saptanmıştır.

İşlem süresinin su kaybı parametreleri üzerine etkisi incelendiğinde, en hızlı artışın gerçekleştiği 23.030'luk su kaybının 60 dakikalık daldırma süresinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Elma küplerine uygulanan ozmotik dehidrasyonda; işlem süresinin su kaybı, katı kazanımı ve ağırlık azalışı değerleri üzerindeki etkisi istatistiksel açıdan önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuştur. Sıcaklığın elma küpleri üzerindeki etkisinin gösterildiği Tablo 3.3 incelendiğinde, 25°C'deki su kaybı değerleri ortalamasının 29.340 olduğu 45°C'de ise bu değer 38.615'e çıktığı saptanmıştır. 25°C, 35°C ve 45°C'lerdeki katı kazanımı değerlerinin ise sırasıyla 4.886, 5.291 ve 5.733 olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.4 incelendiği zaman %25 çözelti konsantrasyonunda su kaybının 15.405, %55'te 40.622 ve %65'te ise 47.337 olduğu belirlenmiştir. Katı kazanımının en yüksek olduğu değer 7.322 ile %65 çözelti konsantrasyonunda ve en düşük değer ise 0.822 ile %25 çözelti konsantrasyonunda görüldüğü tespit edilmiştir. Tablo 3.4'te katı kazanımı değerlerinin Duncan çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre %55 ve %65 çözelti konsantrasyonları aynı grupta adlandırılırken diğer çözelti konsantrasyonlar farklı gruplarda adlandırılmıştır.

**Tablo 3.2.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin işlem süresine göre kütle transfer değerleri (n=216)

Kütle Transfer Parametreleri			
Süre (dk)	Su Kaybı (%)	Katı Kazanımı (%)	Ağırlık Kaybı (%)
60	23.030 <sup>e</sup> ±1.343	2.881 <sup>e</sup> ±0.275	20.1550 <sup>d</sup> ±1.138
120	30.143 <sup>d</sup> ±1.760	4.363 <sup>d</sup> ±0.369	25.781 <sup>c</sup> ±1.427
240	35.820 <sup>c</sup> ±2.290	5.858 <sup>c</sup> ±0.530	30.073 <sup>b</sup> ±1.882
360	39.976 <sup>b</sup> ±2.566	6.427 <sup>b</sup> ±0.572	33.463 <sup>a</sup> ±2.063
480	42.213 <sup>a</sup> ±2.777	6.941 <sup>a</sup> ±0.618	35.081 <sup>a</sup> ±2.194

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

**Tablo 3.3.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin işlem sıcaklığına göre kütle transfer değerleri (n=216)

Kütle Transfer Parametreleri			
Sıcaklık (°C)	Su Kaybı (%)	Katı Kazanımı (%)	Ağırlık Kaybı (%)
25	29.340 <sup>c</sup> ± 1.690	4.886 <sup>b</sup> ± 0.389	24.453 <sup>c</sup> ± 1.375
35	34.703 <sup>b</sup> ± 1.887	5.233 <sup>ab</sup> ± 0.449	28.953 <sup>b</sup> ± 1.454
45	38.615 <sup>a</sup> ± 1.998	5.791 <sup>a</sup> ± 0.427	33.322 <sup>a</sup> ± 1.579

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

**Tablo 3.4.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin çözelti konsantrasyonuna göre kütle transfer değerleri (n=216)

Kütle Transfer Parametreleri			
Konsantrasyon(% w/w)	Su Kaybı (%)	Katı Kazanımı (%)	Ağırlık Kaybı (%)
25	15.405 <sup>d</sup> ± 0.446	0.822 <sup>c</sup> ± 0.047	14.582 <sup>d</sup> ± 0.410
45	33.513 <sup>c</sup> ± 1.278	5.633 <sup>b</sup> ± 0.244	27.881 <sup>c</sup> ± 1.126
55	40.622 <sup>b</sup> ± 1.500	7.439 <sup>a</sup> ± 0.364	33.272 <sup>b</sup> ± 1.263
65	47.337 <sup>a</sup> ± 1.716	7.322 <sup>a</sup> ± 0.346	39.904 <sup>a</sup> ± 1.385

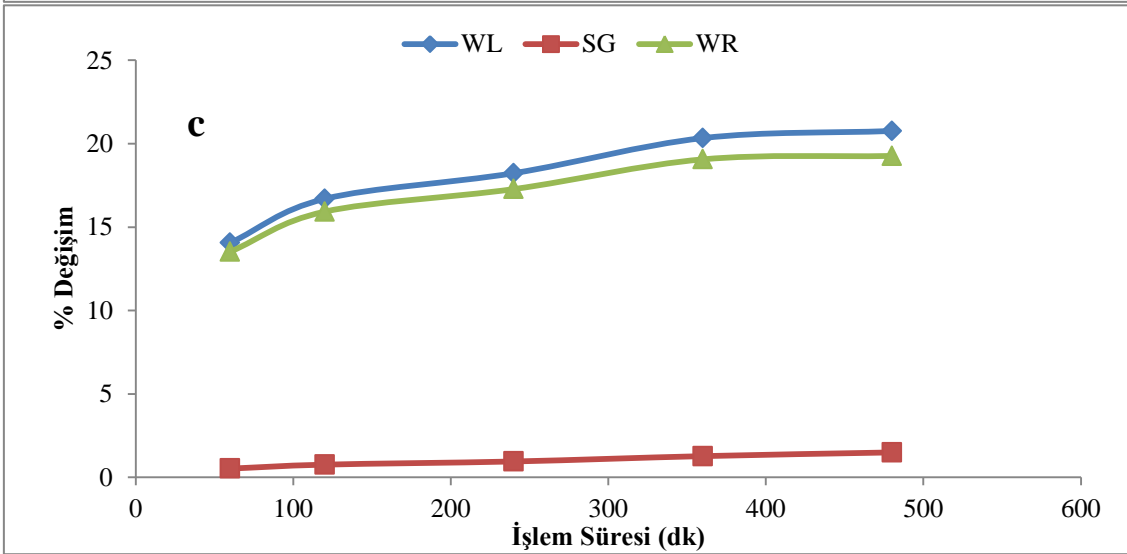
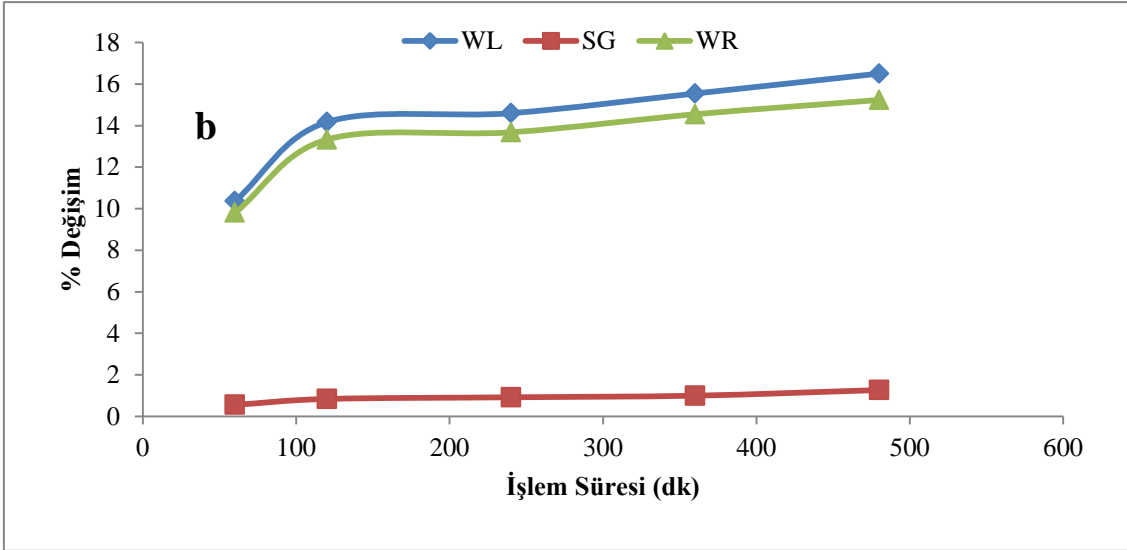
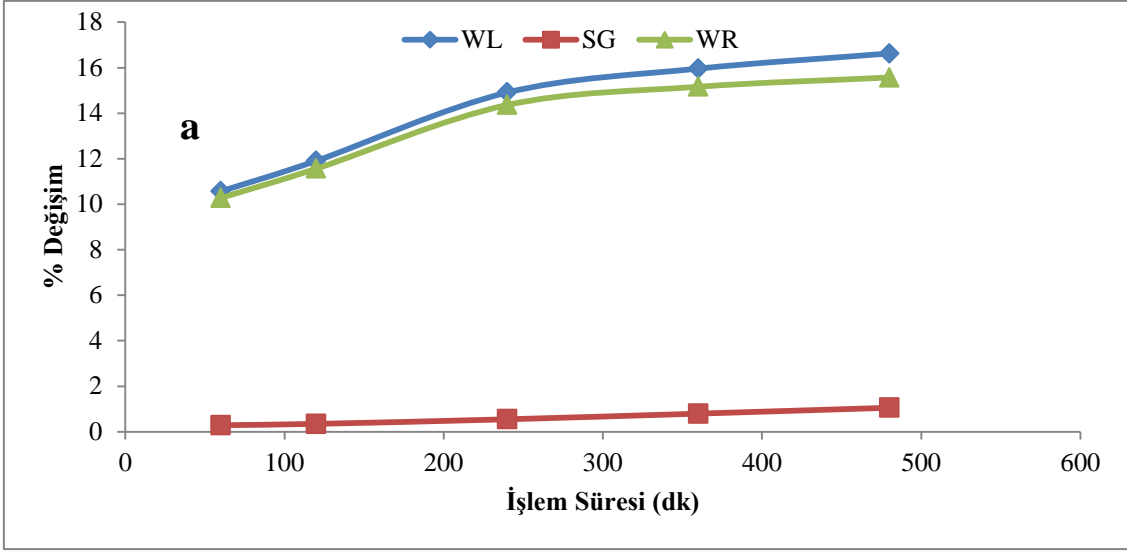
\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

Ozmotik dehidrasyon işleminin elma küplerinin kütle transfer parametreleri üzerine etkisi Şekil 3.1-3.4'de görülmektedir. Şekillere göre elma küplerinin su kaybı değerinin 10.56-65.39 arasında değiştiği tespit edilmiştir. %25 çözelti konsantrasyonunda (Şekil 3.1.a) su kaybı açısından bu oranların (10.56-16.62) düşük olduğu görülürken %65 çözelti konsantrasyonunda ise (34.89-65.39) yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.4.c). Çözelti konsantrasyonunun su kaybı değeri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuştur.

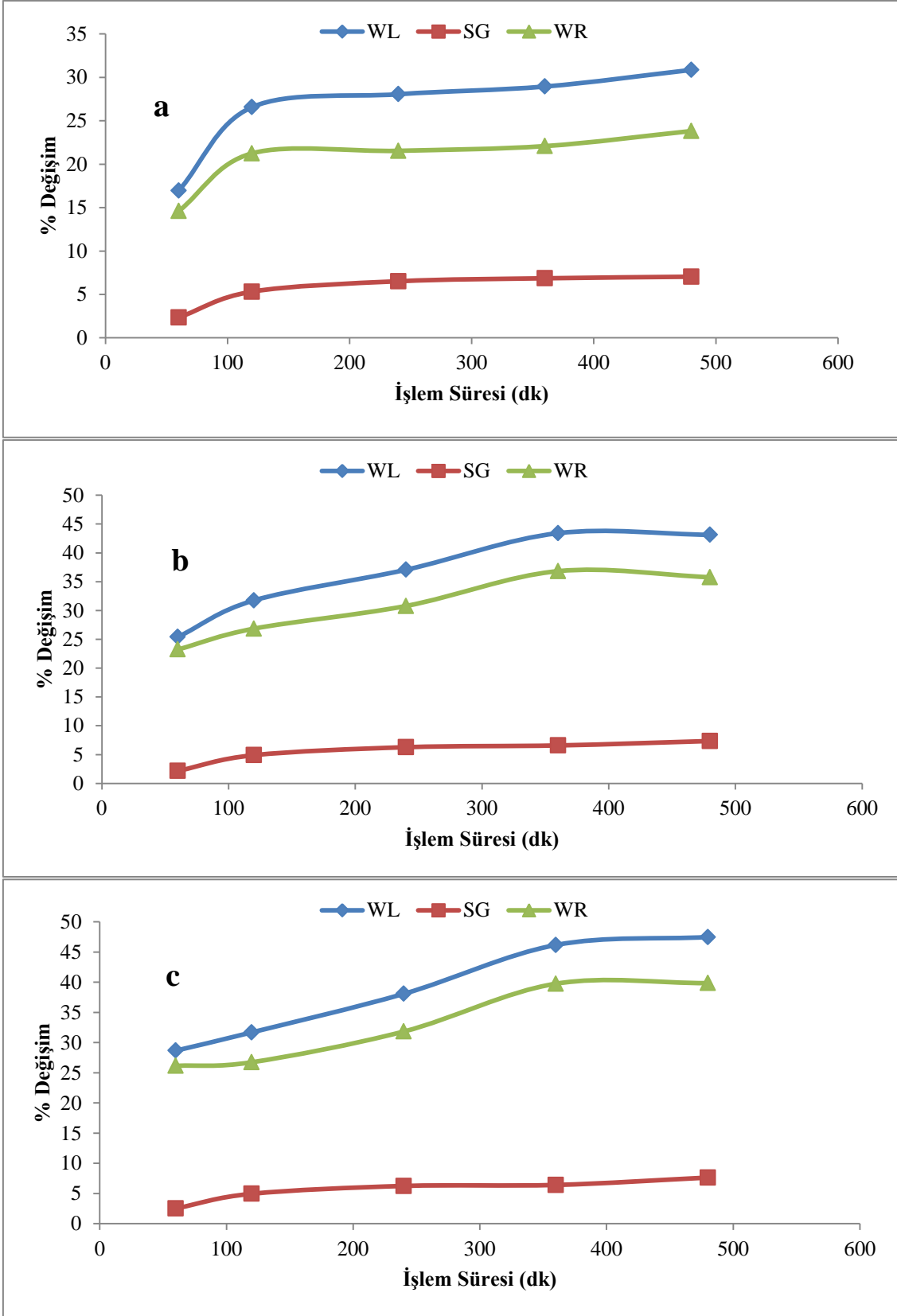
Şekil 3.2'ye göre, ozmotik dehidrasyon işlemi üzerinde etkili bir diğer faktör olan sıcaklık artışının su kaybı oranını arttırdığı görülmüştür. Elma küplerinin su kaybı değerleri incelendiğinde %45 çözelti konsantrasyonunda 480 dakikalık işlem sonunda 25°C'de 30.86 olduğu, 45°C'de ise 47.48'e yükseldiği tespit edilmiştir. Ozmotik işlem sonunda su kaybı değerleri sırasıyla 55.65, 58.96 ve 65.39 olarak belirlenmiştir (Şekil 3.4.a-c). Tüm çözelti konsantrasyonlarında sıcaklık artışının su kaybı üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu ( $p<0.05$ ) tespit edilmiştir.

Elma küplerinin ozmotik olarak kurutulmasında işlem sürelerindeki artışa bağlı olarak su kaybı oranlarının da arttığı saptanmıştır (Şekil 3.1-3.4). 45°C'deki %65 çözelti konsantrasyonunda 60 ve 480 dakikalık işlem sürelerinin sonunda su kaybı değerlerinin sırasıyla 34.89 ve 65.39 olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.4.c). Örneklerin su kaybı oranındaki en yüksek artış ilk 60 dakikada içerisinde gerçekleşmiştir.

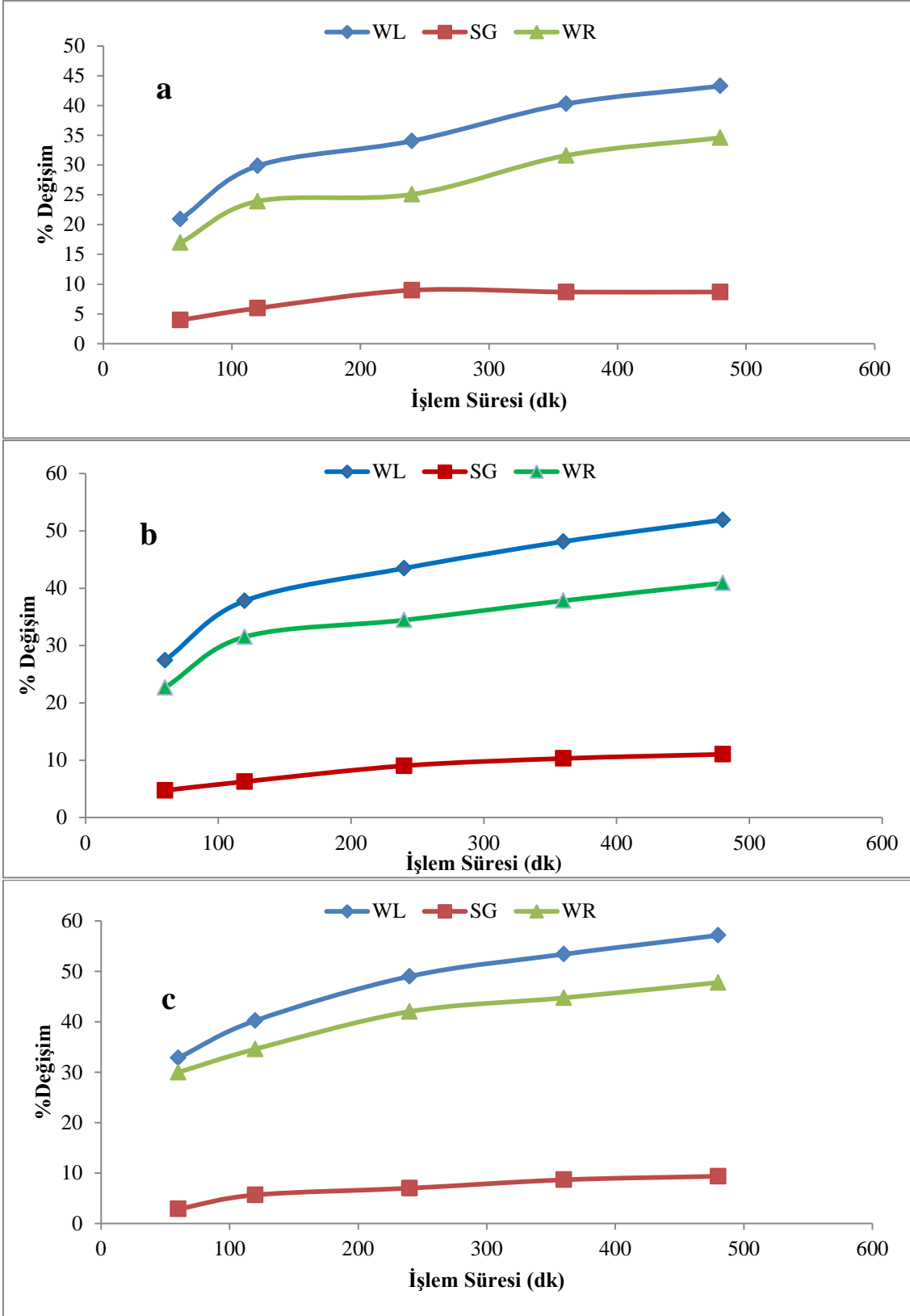
Çalışmadaki kütle transfer parametrelerinden bir diğeri olan katı kazanımı değerlerindeki değişimin süre, sıcaklık ve konsantrasyon artışı ile doğru orantılı olduğu belirlenmiştir. Deneysel veriler analiz edildiğinde katı kazanımının en düşük %25 çözelti konsantrasyonunda en yüksek %65 çözelti konsantrasyonunda gerçekleştiği görülmüştür. Şekil 3.2.a-c'ye göre katı kazanımı değerlerinin 480 dakikalık işlem sonunda sırasıyla 7.04, 7.35 ve 7.63 olduğu tespit edilmiştir. Şekil 3.4.a-c'de ise katı kazanımı değerlerinin aynı işlem süresinde uygulanan sıcaklık parametrelerine göre sırasıyla 7.80, 10.63 ve 11.25 olduğu saptanmıştır. Ozmotik dehidrasyon işleminin katı kazanımı değerleri üzerine etkisi incelendiğinde işlem süresi, işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonu gibi değişkenlerin istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) olduğu belirlenmiştir.



**Şekil.3.1.** %25 çözelti konsantrasyonuna daldırılan elma küplerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası kinetik parametrelerinin % değişimi a) 25°C, b) 35°C, c) 45°C

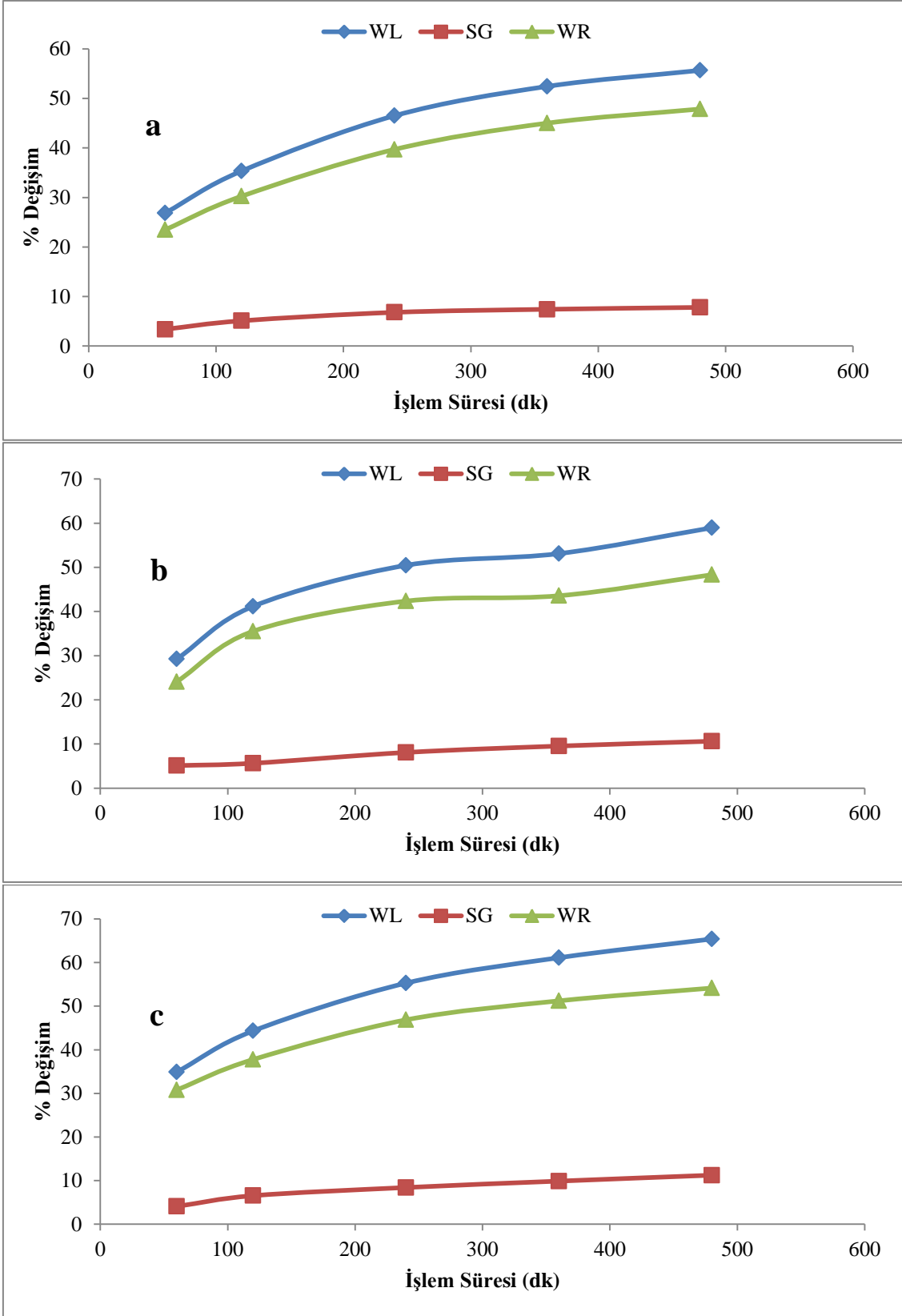


**Şekil 3.2.** %45 çözelti konsantrasyonuna daldırılan elma küplerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası kinetik parametrelerinin % değişimi a) 25°C, b) 35°C, c) 45°C



Şekil 3.3. %55 çözelti konsantrasyonuna daldırılan elma küplerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası kinetik parametrelerinin % değişimi a) 25°C, b) 35°C, c) 45°C





**Şekil 3.4.** %65 çözelti konsantrasyonuna daldırılan elma küplerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası kinetik parametrelerinin % değişimi a) 25°C, b) 35°C, c) 45°C

### 3.2.2. Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Amasya Elmasının Su Aktivite Değeri Üzerine Etkisi

Ozmotik dehidrasyon işleminin elma küplerinin su aktivitesi değeri üzerindeki değişiminin incelendiği (Tablo 3.5, 3.6, 3.7) üç yönlü varyans analizi sonuçlarına göre en düşük su aktivite değeri 8 saatlik işlem sonunda 45°C’de ve %65 çözelti konsantrasyonunda görüldüğü tespit edilmiştir. Tablo 3.5’e göre işlem süresinin başlangıcında su aktivitesi 0.976 iken 8 saatlik işlem sonunda bu değer 0.953’e kadar düşmüştür. Tablo 3.6’da en yüksek su aktivite değeri 25°C’deki işlem sıcaklığında belirlenmiştir.

**Tablo 3.5.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin işlem süresine göre su aktivite değerleri (n=216)

Süre (dk)	Su Aktivite Değeri
0	0.976 <sup>a</sup> ±0.001
60	0.966 <sup>b</sup> ±0.001
120	0.961 <sup>c</sup> ±0.001
240	0.957 <sup>d</sup> ±0.001
360	0.954 <sup>e</sup> ±0.001
480	0.953 <sup>e</sup> ±0.002

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

**Tablo 3.6.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin işlem sıcaklığına göre su aktivite değerleri (n=216)

	Sıcaklık (°C)		
	25	35	45
Su Aktivite Değeri	0.965 <sup>a</sup> ± 0.001	0.962 <sup>b</sup> ± 0.001	0.957 <sup>c</sup> ± 0.002

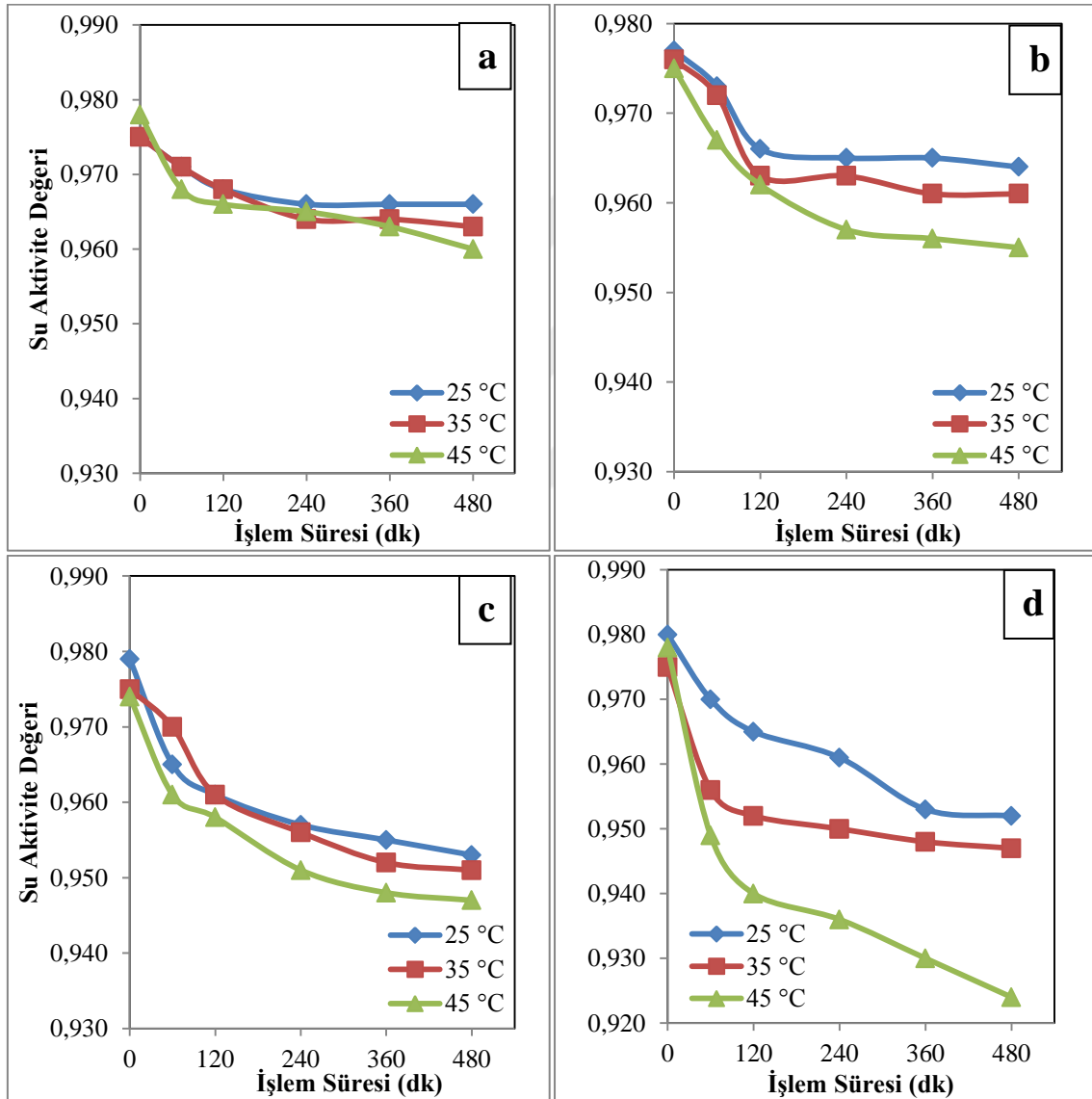
\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

**Tablo 3.7.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin çözelti konsantrasyonuna göre su aktivite değerleri (n=216)

	Konsantrasyon (% w/w)			
	25	45	55	65
Su Aktivite Değeri	0.967 <sup>a</sup> ±0.001	0.964 <sup>b</sup> ±0.001	0.959 <sup>c</sup> ±0.001	0.953 <sup>d</sup> ±0.002

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin su aktivite değerleri şekil 3.5'de verilmiştir. Şekil 3.5.a'da 25°C, 35°C ve 45°C'lerde uygulanan ozmotik işlemin sonunda su aktivite değerlerinin sırasıyla 0.966, 0.962 ve 0.960 iken şekil 3.5.d'de ise 0.952, 0.947 ve 0.924 olduğu görülmüştür. En yüksek su aktivite değerleri Şekil 3.5.a'da gözlenirken en düşük değerler ise Şekil 3.5.d'de tespit edilmiştir. İşlem süresi, işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonunun su aktivite değeri üzerine etkisinin istatistiksel açıdan önemli ( $p<0.01$ ) olduğu bulunmuştur.



Şeki 3.5. Farklı konsantrasyonlarda ozmotik dehidrasyona tabi tutulan elma küplerinin su aktivite değerleri a) %25, b) %45, c) %55, d) %65

### 3.2.3. Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Amasya Elmasının Tekstürel Değerleri Üzerine Etkisi

Ozmotik işlem süresi arttıkça elma örneklerinin tekstürel değerlerinden en önemlisi olan sertliğin azaldığı tespit edilmiştir. üç yönlü varyans analizi tablolarına göre (Tablo 3.8, 3.9, 3.10) en düşük sertlik değerlerinin 45°C’de %65 çözelti konsantrasyonunda 480 dakikalık ozmotik dehidrasyon işleminde gerçekleştiği belirlenmiştir.

Tablo 3.8 incelendiğinde işlem süresine bağlı olarak çiğnenebilirlik ve sakızimsılık gibi tekstürel değerlerin düştüğü, elastikiyet ve iç yapışkanlık değerlerinin ise yükseldiği görülmüştür. İşlem sıcaklığındaki artışın tekstürel değerlere etkisinin incelendiği Tablo 3.9’a göre sertlik ve dış yapışkanlık değerlerinin azaldığı, elastikiyet ve iç yapışkanlık değerlerinin ise arttığı saptanmıştır.

Tablo 3.10’da ise çözelti konsantrasyonunun etkisi incelendiğinde örneklerin sertlik değerinin azaldığı, dış yapışkanlık değerinin arttığı ve diğer tekstürel değerlerdeki değişimlerin ise işlem süresine benzer eğilimde olduğu belirlenmiştir.

**Tablo 3.8.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin işlem süresine göre tekstür değerleri (n=216)

Süre (dk)	Sertlik	Dış Yapışkanlık	Esneklik	Çiğnenebilirlik	Sakızimsılık	Elastikiyet	İç Yapışkanlık
0	4787.423 <sup>a</sup> ±115.15	-19.182 <sup>b</sup> ±1.78	0.651 <sup>a</sup> ±0.017	669.135 <sup>a</sup> ±31.446	1039.121 <sup>a</sup> ±47.76	0.094 <sup>d</sup> ±0.004	0.218 <sup>d</sup> ±0.008
60	3287.094 <sup>b</sup> ±117.87	-29.658 <sup>a</sup> ±1.95	0.564 <sup>c</sup> ±0.011	541.193 <sup>b</sup> ±25.540	964.939 <sup>ab</sup> ±43.96	0.153 <sup>c</sup> ±0.008	0.302 <sup>c</sup> ±0.014
120	2830.737 <sup>c</sup> ±152.93	-29.357 <sup>a</sup> ±2.14	0.567 <sup>c</sup> ±0.009	507.472 <sup>b</sup> ±29.308	888.922 <sup>bc</sup> ±41.03	0.170 <sup>c</sup> ±0.009	0.325 <sup>c</sup> ±0.015
240	2432.912 <sup>d</sup> ±210.50	-26.760 <sup>a</sup> ±1.81	0.584 <sup>bc</sup> ±0.007	549.456 <sup>b</sup> ±37.367	933.663 <sup>ab</sup> ±59.03	0.251 <sup>b</sup> ±0.015	0.436 <sup>b</sup> ±0.022
360	2075.817 <sup>e</sup> ±251.83	-22.121 <sup>b</sup> ±1.05	0.604 <sup>b</sup> ±0.012	482.492 <sup>bc</sup> ±38.247	786.220 <sup>cd</sup> ±57.50	0.276 <sup>ab</sup> ±0.017	0.79 <sup>ab</sup> ±0.026
480	1726.322 <sup>f</sup> ±240.33	-19.552 <sup>b</sup> ±0.82	0.608 <sup>b</sup> ±0.012	414.799 <sup>c</sup> ±44.240	672.398 <sup>d</sup> ±66.47	0.289 <sup>a</sup> ±0.016	0.505 <sup>a</sup> ±0.028

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

**Tablo 3.9.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin işlem sıcaklığına göre tekstür değerleri (n=216)

Sıcaklık (°C)	Sertlik	Dış Yapışkanlık	Esneklik	Çiğnenebilirlik	Sakızimsılık	Elastikiyet	İç Yapışkanlık
25	3045.245 <sup>a</sup> ± 151.353	-26.066 <sup>a</sup> ± 1.301	0.585 <sup>b</sup> ± 0.0083	553.876 <sup>a</sup> ± 26.714	937.993 <sup>a</sup> ± 40.554	0.186 <sup>b</sup> ± 0.009	0.346 <sup>b</sup> ± 0.015
35	2786.905 <sup>b</sup> ± 182.472	-23.907 <sup>a</sup> ± 1.314	0.615 <sup>a</sup> ± 0.0108	526.689 <sup>a</sup> ± 26.514	854.396 <sup>a</sup> ± 38.748	0.210 <sup>a</sup> ± 0.013	0.386 <sup>ab</sup> ± 0.020
45	2738.003 <sup>b</sup> ± 195.94	-23.342 <sup>a</sup> ± 1.200	0.589 <sup>b</sup> ± 0.0079	501.709 <sup>a</sup> ± 24.901	850.243 <sup>a</sup> ± 40.221	0.221 <sup>a</sup> ± 0.013	0.400 <sup>a</sup> ± 0.020

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

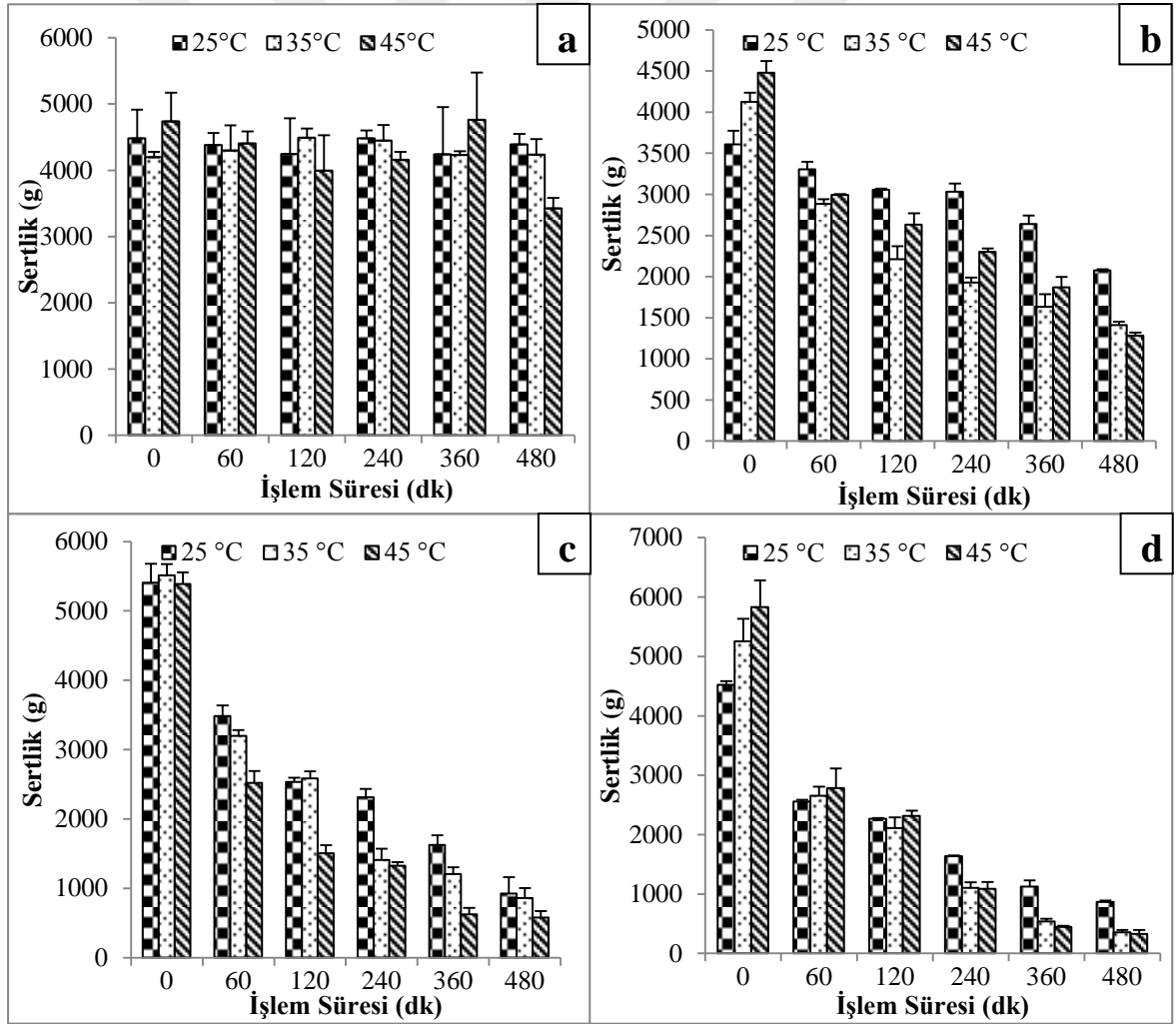
**Tablo 3.10.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin çözelti konsantrasyonuna göre tekstür değerleri (n=216)

Konsantrasyon(% w/w)	Sertlik	Dış Yapışkanlık	Esneklik	Çiğnenebilirlik	Sakızimsılık	Elastikiyet	İç Yapışkanlık
25	4306.133 <sup>a</sup> ± 53.933	-18.847 <sup>a</sup> ± 0.858	0.663 <sup>a</sup> ± 0.009	708.801 <sup>a</sup> ± 25.393	1083.923 <sup>a</sup> ± 44.130	0.124 <sup>b</sup> ± 0.006	0.252 <sup>a</sup> ± 0.009
45	2635.573 <sup>b</sup> ± 119.884	-24.757 <sup>b</sup> ± 1.279	0.576 <sup>b</sup> ± 0.007	527.890 <sup>b</sup> ± 21.302	910.613 <sup>b</sup> ± 31.768	0.223 <sup>a</sup> ± 0.015	0.378 <sup>a</sup> ± 0.018
55	2386.038 <sup>b</sup> ± 219.045	-24.945 <sup>b</sup> ± 1.481	0.570 <sup>b</sup> ± 0.009	460.157 <sup>c</sup> ± 28.321	802.353 <sup>bc</sup> ± 44.663	0.237 <sup>a</sup> ± 0.148	0.426 <sup>b</sup> ± 0.022
65	2099.127 <sup>b</sup> ± 222.503	-29.945 <sup>c</sup> ± 1.785	0.576 <sup>b</sup> ± 0.011	412.850 <sup>c</sup> ± 28.596	726.619 <sup>c</sup> ± 48.175	0.238 <sup>a</sup> ± 0.133	0.454 <sup>c</sup> ± 0.022

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

### 3.2.3.1. Sertlik

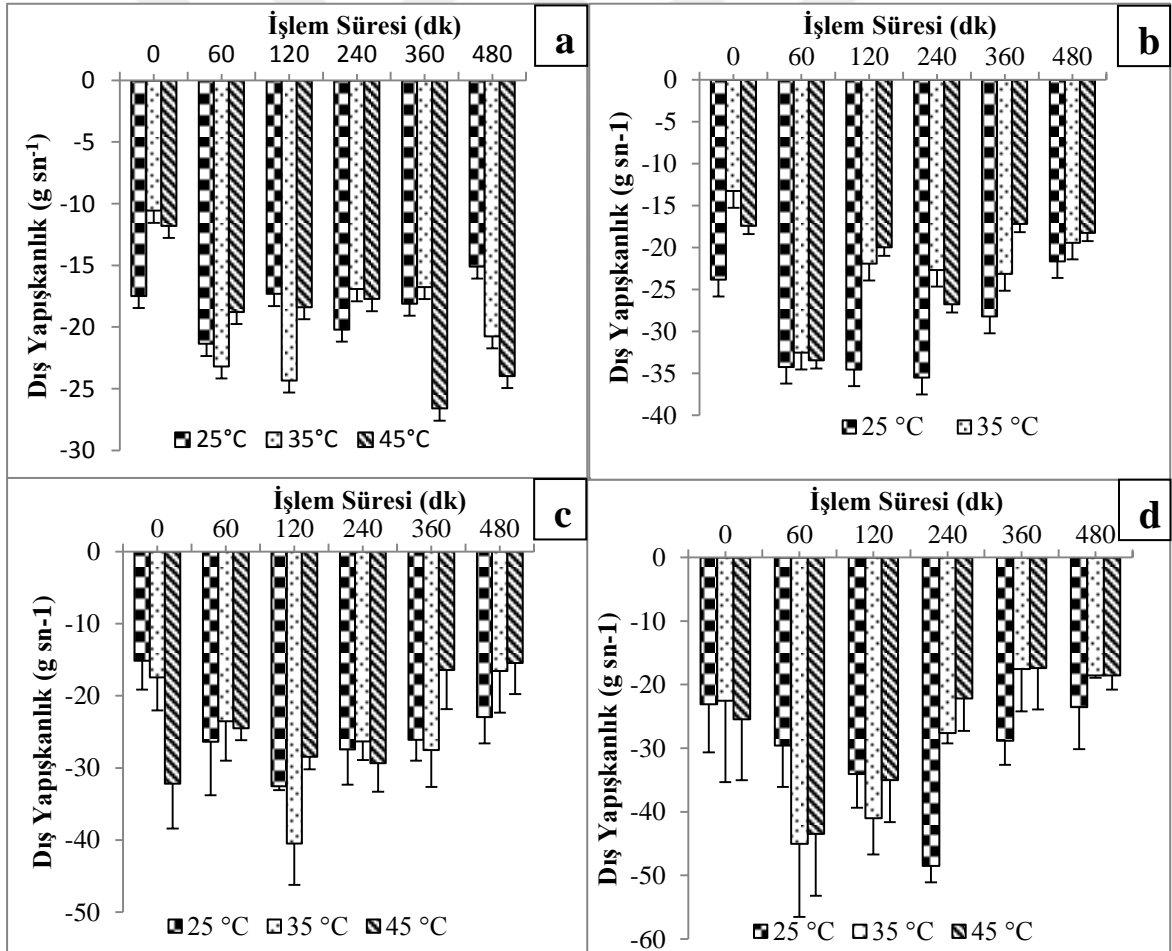
Sekiz saatlik ozmotik işlem süresi sonunda 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklıklardaki sertlik değerleri incelendiğinde sırasıyla 4388.572 g, 4235.878 g ve 3424.132 g olduğu saptanmıştır (Şekil 3.6.a). %65 çözelti konsantrasyonu değerlerinin incelendiği Şekil 3.6.d'de ise sırasıyla 866.434 g, 352.819 g ve 324.223 g olarak belirlenmiştir. Yüksek çözelti konsantrasyonu ve işlem sıcaklığının elmadaki sertlik değerini hızlı bir şekilde düşürdüğü gözlenmiştir. İşlem süresi, işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonunun sertlik değeri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.01$ ) bulunmuştur. Sertlik değerinin su kaybı ile ilişkisi, değerlere Pearson korelasyon testi uygulanarak belirlenmiştir. Buna göre sertliğin, su kaybı değeri ile 0.01 önem düzeyinde negatif yönde kuvvetli bir ( $r = -0.948$ ) ilişkisinin olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.6. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin sertlik değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) %55, d) %65

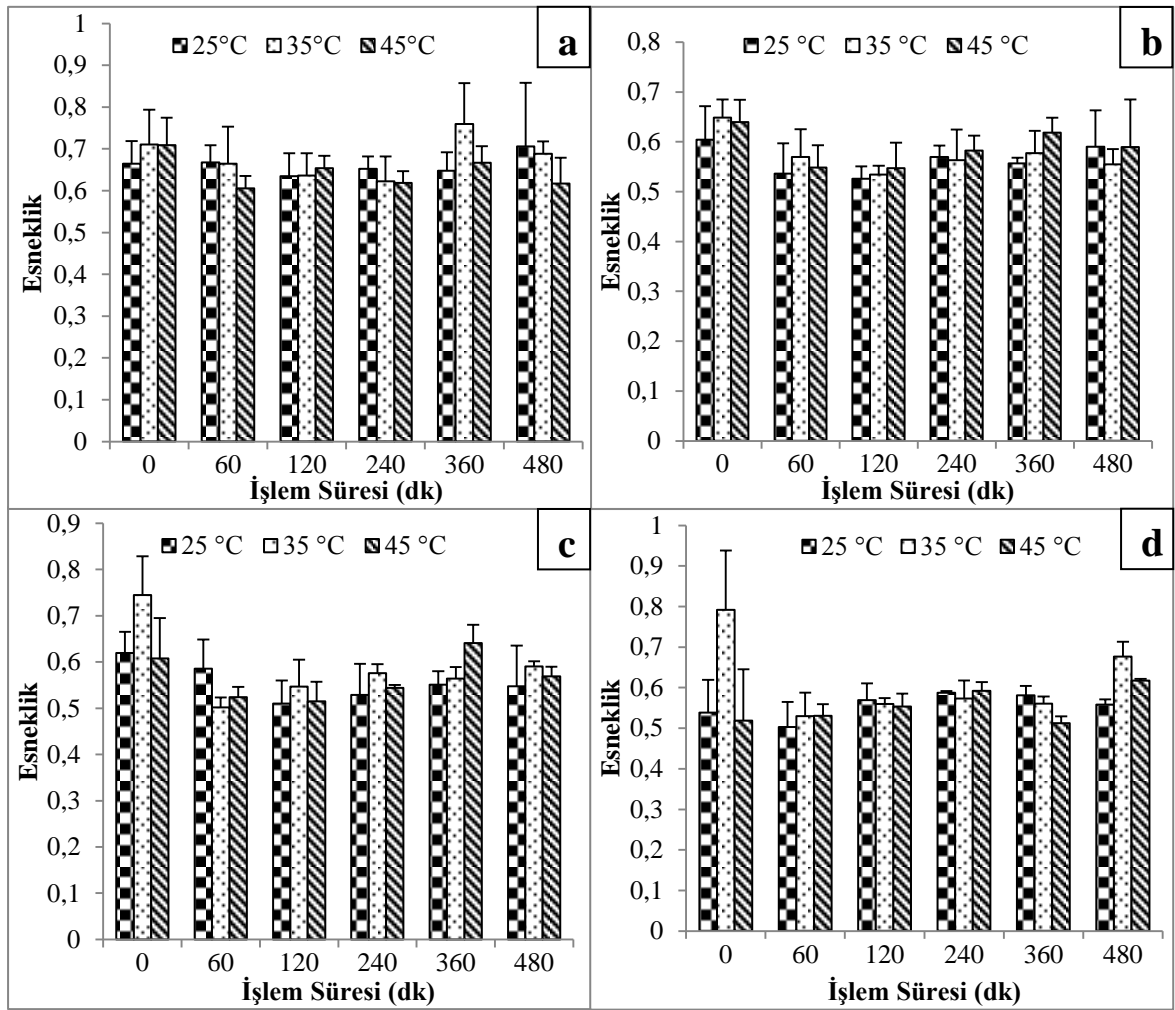
### 3.2.3.2. Dış Yapışkanlık

Ozmotik çözeltilere daldırılan elma örneklerinin dış yapışkanlık değeri Şekil 3.7.'de verilmiştir. Dış yapışkanlık değeri Şekil 3.7.d'ye göre 480 dakikalık işlem süresi sonunda 25°C'de  $-23.525 \text{ g sn}^{-1}$  iken 35°C'de  $-18.503 \text{ g sn}^{-1}$  ve 45°C'de ise  $-18.526 \text{ g sn}^{-1}$  olarak ölçülmüştür. Ozmotik işlem sonunda 45°C işlem sıcaklığı ile %25, %45, %55 ve %65 çözelti konsantrasyonlarında dış yapışkanlık değerlerinin sırasıyla  $-23.958 \text{ g sn}^{-1}$ ,  $-18.234 \text{ g sn}^{-1}$ ,  $-15.476 \text{ g sn}^{-1}$  ve  $-18.526 \text{ g sn}^{-1}$  olduğu belirlenmiştir. İşlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonunun dış yapışkanlık değeri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.01$ ) olduğu ancak işlem süresinin önemsiz ( $p > 0.05$ ) olduğu saptanmıştır. Bu değerlerin su kaybı ile 0.05 önem düzeyinde negatif yönde zayıf bir ( $r = -0.158$ ) ilişkisinin olduğu tespit edilmiştir.



### 3.2.3.3. Esneklik

Şekil 3.8 incelendiğinde; esneklik değerlerinin 25°C’de 480 dakikalık daldırma işlemi sonunda %25, %45, %55 ve %65 çözelti konsantrasyonlarında sırasıyla 0.616, 0.589, 0.568 ve 0.617 olduğu tespit edilmiştir. İşlem süresi, işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonunun esneklik değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.01$ ) olduğu belirlenmiştir. Bu değer su kaybı ile 0.01 önem düzeyinde negatif yönde zayıf bir ( $r = -0.377$ ) ilişkisinin varolduğu tespit edilmiştir.

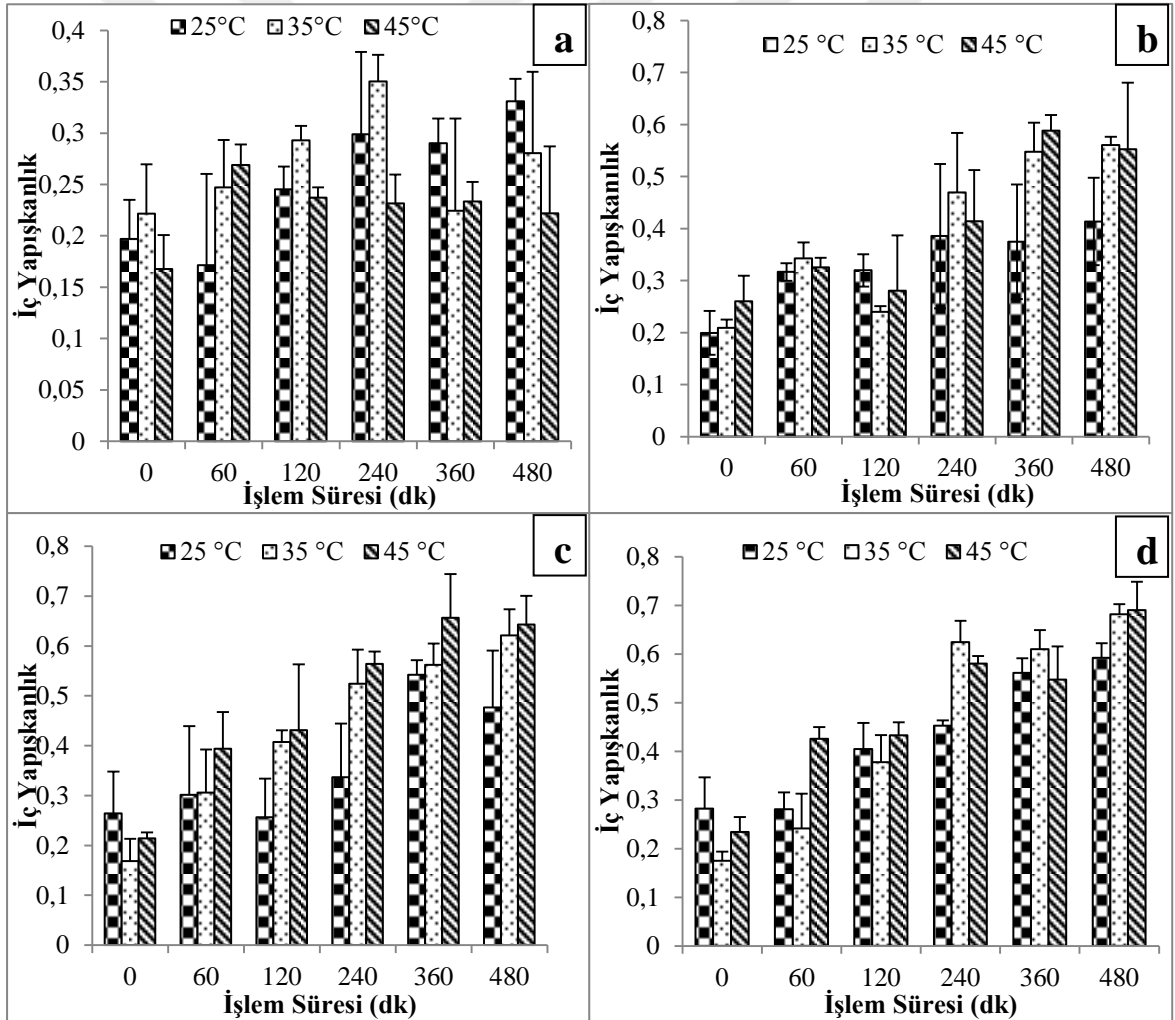


Şekil 3.8. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin esneklik değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) %55, d) %65



### 3.2.2.4. İç Yapışkanlık

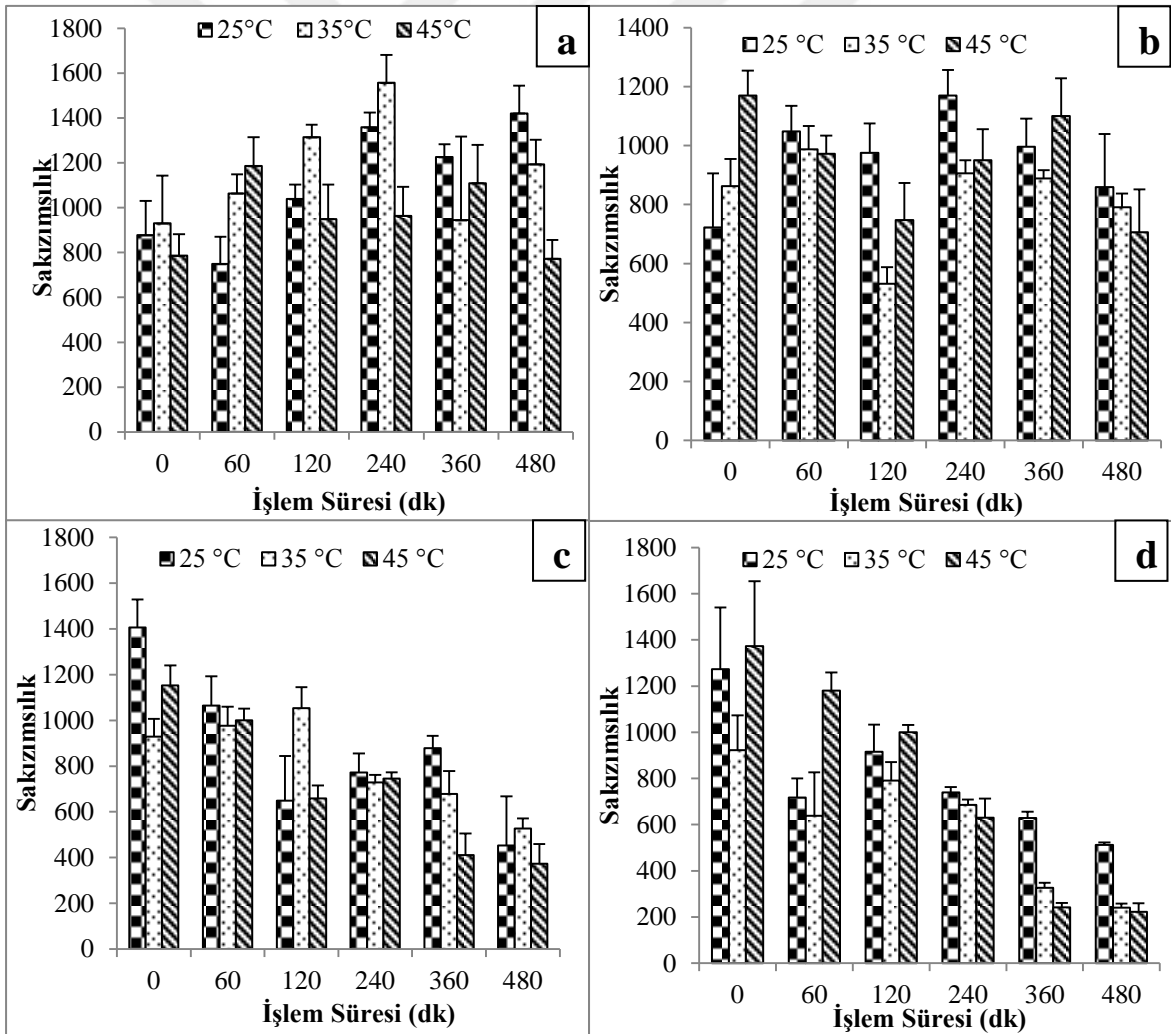
Aşağıda verilen grafikler incelendiğinde iç yapışkanlık değerlerinin zamanla arttığı görülmüştür (Şekil 3.9). %55 çözelti konsantrasyonu ile 25°C, 35°C ve 45°C’lerde uygulamalarda iç yapışkanlık değerlerinin sırasıyla 0.476, 0.620 ve 0.642 olduğu belirlenmiştir. Çözelti konsantrasyonunun iç yapışkanlık değerine etkisi incelendiğinde 45°C’de %25 çözelti konsantrasyonunda 0.222, %45’te 0.552, %55’te 0.642 ve %65’te ise 0.690 olduğu saptanmıştır. İşlem süresi, işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonunun iç yapışkanlık değeri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) olduğu belirlenmiştir. İç yapışkanlık değerinin su kaybı ile 0.01 önem düzeyinde pozitif yönde kuvvetli bir ( $r=0.851$ ) ilişkisi olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.9. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin iç yapışkanlık değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) %55, d) %65

### 3.2.3.5. Sakızımsılık

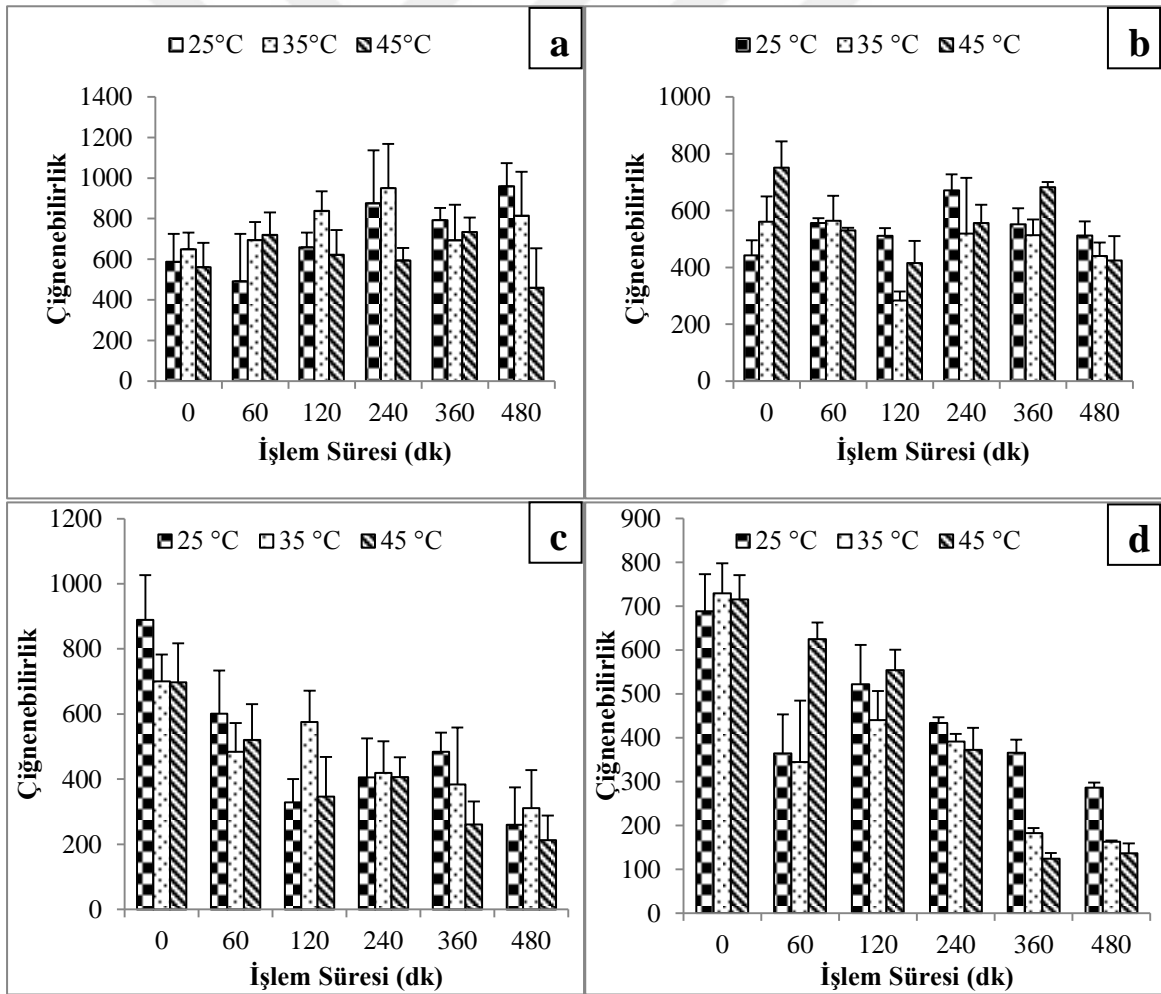
Şekil 3.10 incelendiğinde çözelti konsantrasyonu arttıkça sakızımsılık değerinin azaldığı görülmüştür. Şekil 3.10. d'ye göre ozmotik dehidrasyona tabi tutulan elma küplerinin 480 dakika işlem süresi sonunda sakızımsılık değerleri 25°C'de 512.395, 35°C'de 240.794 ve 45°C'de ise 221.712 olarak saptanmıştır. 45°C sıcaklıkta ve %25, %45, %55 ve %65 çözelti konsantrasyonlarında sakızımsılık değerlerinin sırasıyla 772.532, 705.534, 372.203 ve 221.712 ile düştüğü gözlenmiştir. İşlem süresi ve konsantrasyonunun sakızımsılık üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.05$ ) olduğu, işlem sıcaklığının ise önemsiz ( $p > 0.05$ ) olduğu belirlenmiştir. Sakızımsılığın, Pearson korelasyon testine göre su kaybı değeri ile 0.01 önem düzeyinde negatif yönde bir ( $r = -0.580$ ) ilişkisi tespit edilmiştir.



Şekil 3.10. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin sakızımsılık değerindeki değişim grafiği  
a) %25, b) %45, c) %55, d) % 65

### 3.2.3.6. Çiğnenebilirlik

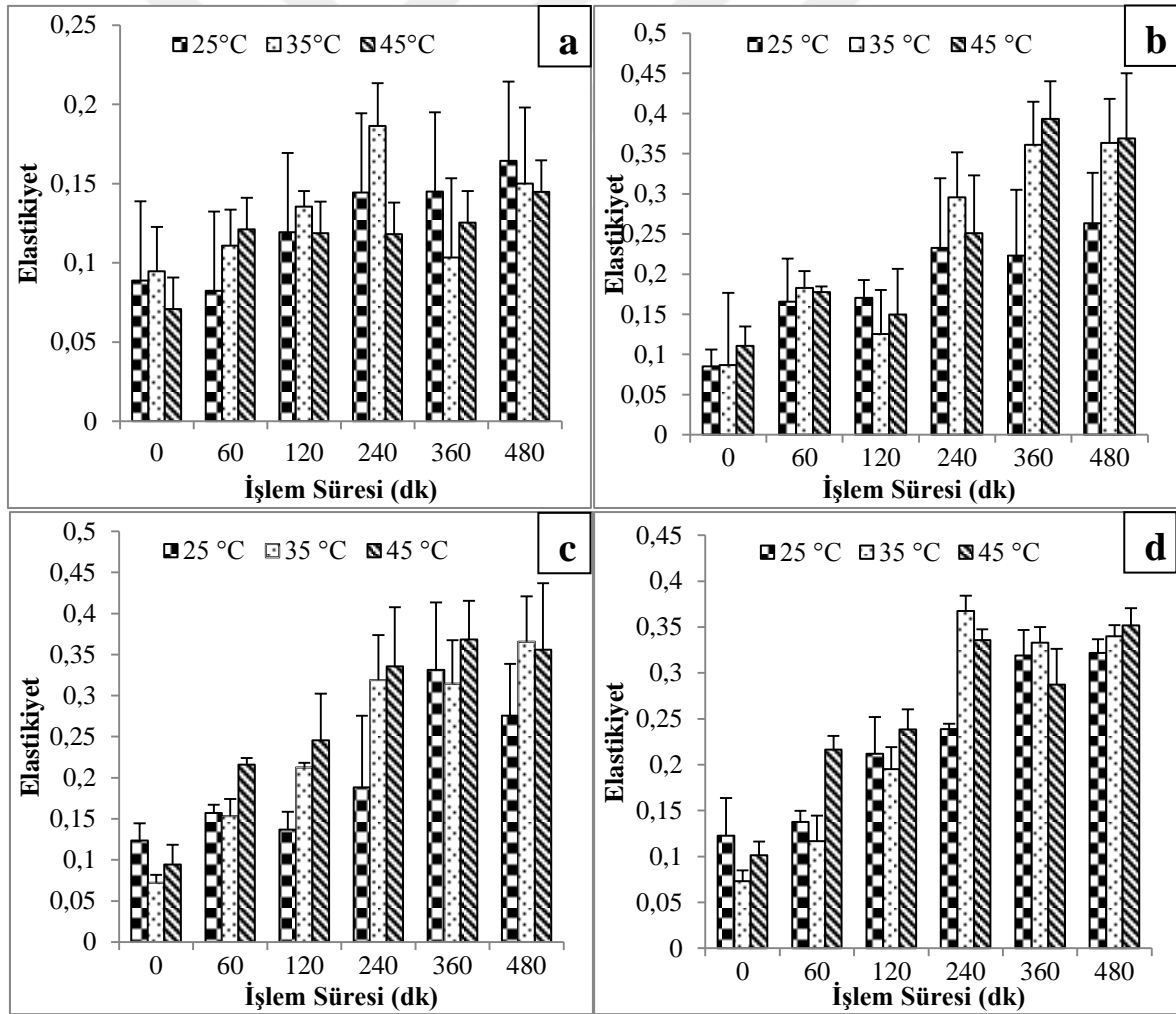
Tekstür parametrelerinden çiğnenebilirlik değerlerindeki değişimin verildiği Şekil 3.11 incelendiğinde %65 çözelti konsantrasyonuna daldırılan elma küplerinin 45°C’de 0, 60, 120, 240, 360 ve 480 dakikalık işlem süreleri sonunda çiğnenebilirlik değerleri sırasıyla 715.338, 624.699, 553.784, 372.374, 124.075 ve 136.679 olarak değişim göstermiştir. Şekil 3.11.b’ye göre ise 480 dakikalık ozmotik işlem sonunda 25°C’de 512.422, 35°C’de 439.563 ve 45°C’de ise 423.989 olduğu gözlenmiştir. İşlem süresinin ve çözelti konsantrasyonunun çiğnenebilirlik değeri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.05$ ) olduğu fakat işlem sıcaklığının önemsiz olduğu ( $p > 0.05$ ) belirlenmiştir. Çiğnenebilirlik değerlerinin su kaybı değerleri ile 0.05 önem düzeyinde negatif yönde bir ( $r = -0.647$ ) ilişkisi tespit edilmiştir.



Şekil 3.11. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin çiğnenebilirlik değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) %55, d) %65

### 3.2.3.7. Elastikiyet

Şekil 3.12’de ozmotik dehidrasyon işlemi süresince elma küplerinin elastikiyet değerlerinin %25’lik çözelti konsantrasyonunda en yüksek değeri 0.186 iken %65’lik konsantrasyonda 0.351 olarak belirlenmiştir. %65 çözelti konsantrasyonu ile 45°C’de elastikiyet değerleri taze örneklerde 0.101 iken 480 dakikalık süre sonunda 0.351 olarak ölçülmüştür. Şekil 3.12.b’ye göre 360 dakikalık ozmotik işlem sonunda 25°C, 35°C ve 45°C’larda elastikiyet değerleri sırasıyla 0.223, 0.360 ve 0.393 olarak saptanmıştır. İşlem süresi, işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonunun elastikiyet üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) olduğu belirlenmiştir. Ayrıca elastikiyet değerlerinin Pearson korelasyon testine göre su kaybı değerleri ile 0.01 önem düzeyinde pozitif yönde kuvvetli bir ( $r=0.834$ ) ilişkisinin var olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.12. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin elastikiyet değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) %55, d) %65

### 3.2.4. Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Amasya Elmasının Renk Değerleri (L\*, a\*, b\*) Üzerine Etkisi

Elma küplerinin ozmotik çözelti konsantrasyonlarına daldırılması sonucu elde edilen deneysel verilerin üç yönlü varyans analizi sonuçları Tablo 3.11, 3.12, 3.13’de verilmiştir. Örneklerin ‘parlaklık’ değerini temsil eden L\* değerinin; 0. dakikada, 25°C’de ve %55 çözelti konsantrasyonunda en yüksek seviyede olduğu görülmüştür. Tablo 3.11’de görüldüğü gibi, 120 dakikadan sonra parlaklık değeri istatistiksel olarak aynı grupta adlandırılmıştır. Ozmotik dehidrasyon işleminin uygulandığı elma küplerinin parlaklık değerleri üzerine işlem süresi ve çözelti konsantrasyonunun etkisi önemli ( $p < 0.01$ ) bulunurken işlem sıcaklığının parlaklık açısından etkisinin önemli olmadığı ( $p > 0.05$ ) tespit edilmiştir. Tablo 3.11-3.13’deki çalışma sonuçlarına bakıldığında elma örneklerinin ‘yeşillik/kırmızılık’ değerini ifade eden a\* değerleri görülmektedir. Duncan çoklu karşılaştırma testine göre; işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonunun elma küplerinin a\* değerinde önem seviyesinin aynı olduğu fakat işlem süresinin farklı olduğu tespit edilmiştir. Tablo 3.12’ye göre 25°C, 35°C ve 45°C’lerde ozmotik işlem koşullarında elde edilen deneysel verilerden ‘sarılık’ değerini simgeleyen b\* renk değerleri sırasıyla 16.204, 15.298 ve 13.918 olarak belirlenmiştir.

**Tablo 3.11.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin işlem süresine göre renk değerleri (n=216)

Renk Parametreleri			
Süre (dk)	L*	a*	b*
0	80.880 <sup>a</sup> ±0.143	-2.770 <sup>c</sup> ±0.059	15.099 <sup>ab</sup> ±0.026
60	74.844 <sup>b</sup> ±0.432	-2.066 <sup>a</sup> ±0.094	15.509 <sup>a</sup> ±0.378
120	73.223 <sup>c</sup> ±0.473	-2.415 <sup>b</sup> ±0.144	14.443 <sup>b</sup> ±0.396
240	74.634 <sup>b</sup> ±0.687	-2.066 <sup>a</sup> ±0.149	15.412 <sup>ab</sup> ±0.401
360	75.261 <sup>b</sup> ±0.517	-2.302 <sup>ab</sup> ±0.071	14.999 <sup>ab</sup> ±0.359
480	75.623 <sup>b</sup> ±0.674	-2.393 <sup>b</sup> ±0.065	15.370 <sup>ab</sup> ±0.428

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

**Tablo 3.12.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin işlem sıcaklığına göre renk değerleri (n=216)

Renk Parametreleri			
Sıcaklık (°C)	L*	a*	b*
25	75.802 <sup>a</sup> ± 0.505	-2.211 <sup>a</sup> ±0.092	16.204 <sup>a</sup> ± 0.240
35	75.764 <sup>a</sup> ± 0.459	-2.419 <sup>a</sup> ± 0.056	15.298 <sup>b</sup> ±0.224
45	75.667 <sup>a</sup> ±0.425	-2.377 <sup>a</sup> ± 0.080	13.912 <sup>c</sup> ± 0.225

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

**Tablo 3.13.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin çözelti konsantrasyonuna göre renk değerleri (n=216)

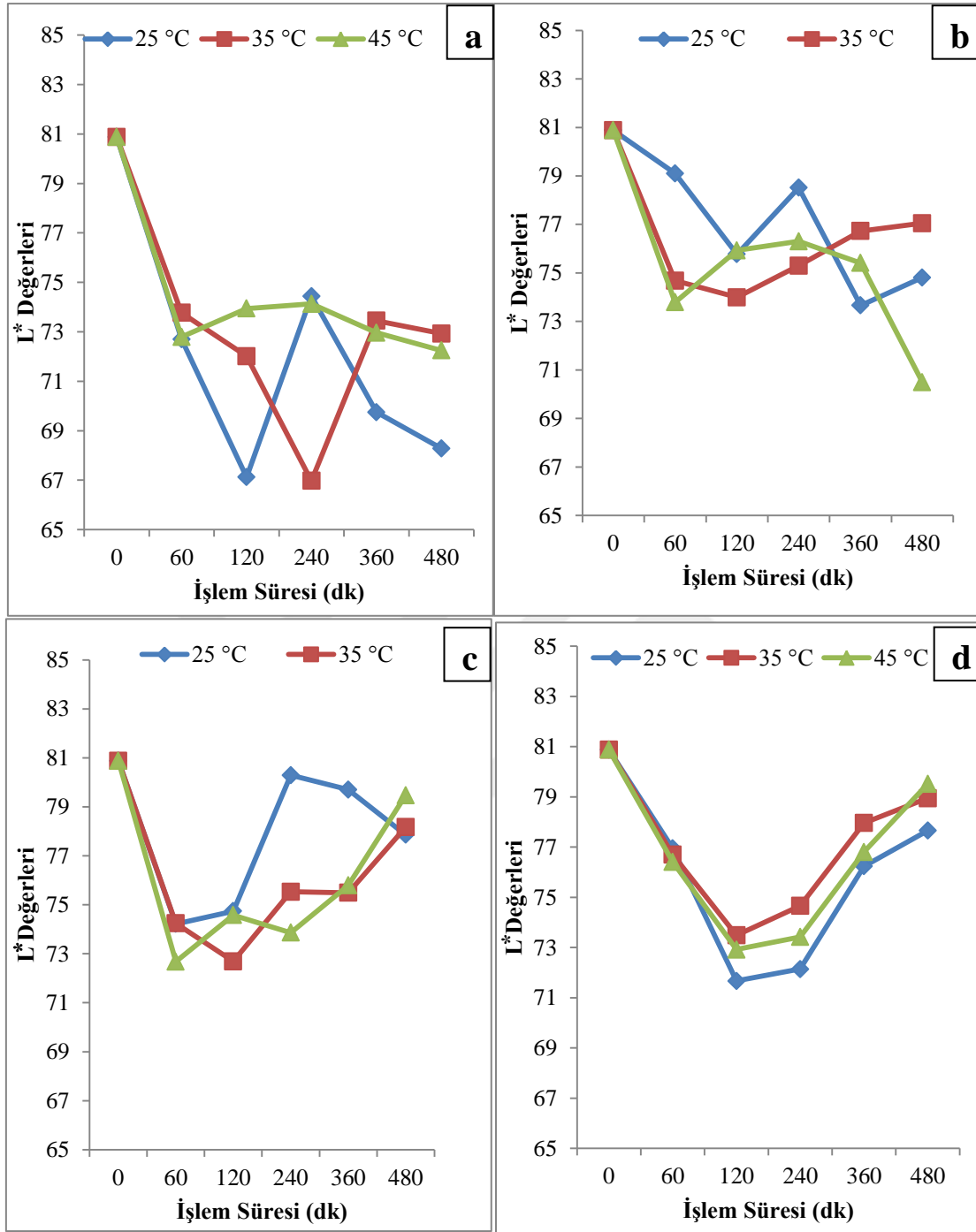
Renk Parametreleri			
Konsantrasyon (% w/w)	L*	a*	b*
25	73.332 <sup>b</sup> ± 0.599	-2.153 <sup>a</sup> ± 0.084	15.134 <sup>ab</sup> ± 0.304
45	76.344 <sup>a</sup> ± 0.423	-2.336 <sup>ab</sup> ± 0.102	14.772 <sup>b</sup> ± 0.338
55	76.777 <sup>a</sup> ± 0.448	-2.391 <sup>ab</sup> ± 0.106	15.037 <sup>ab</sup> ± 0.267
65	76.523 <sup>a</sup> ± 0.518	-2.461 <sup>b</sup> ± 0.056	15.699 <sup>a</sup> ± 0.263

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

Şekil 3.13.a'ya göre taze elma küplerinde en yüksek parlaklık L\* değeri 80.88 iken en düşük değerin 68,28 olduğu görülmüştür. Şekil 3.13.a'da 480 dakikalık ozmotik dehidrasyon işlemi sonunda 25°C, 35°C ve 45°C'lerde L değerleri sırasıyla 68.28, 72.93 ve 72.25 olarak tespit edilmiştir. Şekil 3.13 incelendiğinde 45°C sıcaklıkta 480 dakikalık işlem sonunda %25, %45, %55 ve %65'lik çözelti konsantrasyonlarındaki L\* değerleri sırasıyla 72.25, 70.49, 79.47 ve 79.52 olarak saptanmıştır. Çözelti konsantrasyonu ve işlem süresinin L\* değerleri üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.01$ ) olduğu fakat işlem sıcaklığının önemsiz ( $p > 0.05$ ) olduğu görülmüştür.

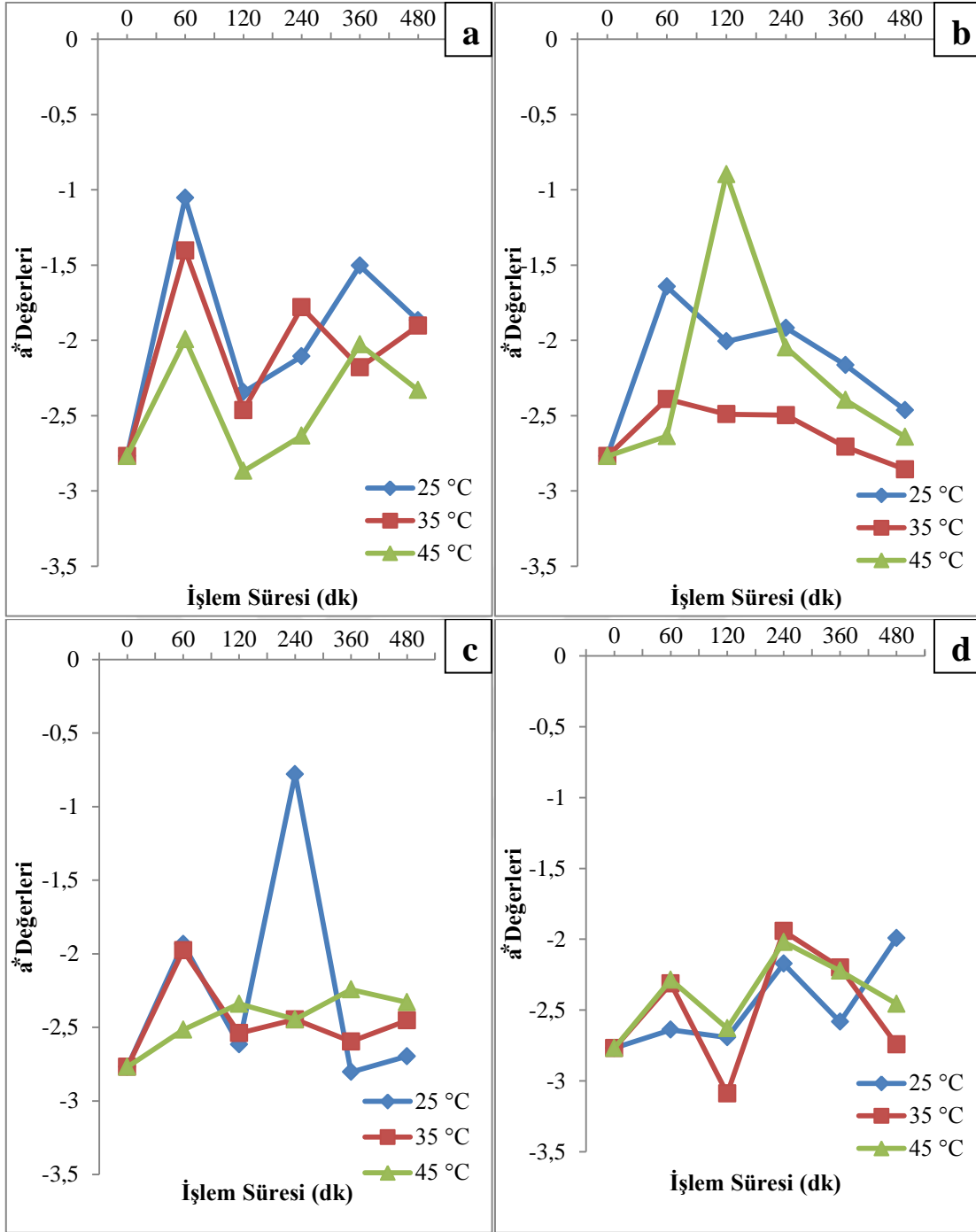
Elma küplerinin yeşillik/kırmızılık a\* değerlerindeki değişim şekil 3.14'te verilmiştir. Şekil 3.14.a'ya göre bu değer, taze örneklerde -2.76 iken 480 dakikalık işlem sonunda 25°C'de -1.86, 35°C'de -1.93 ve 45°C'de ise -2.33 olarak ölçülmüştür. İşlem sıcaklığının ve çözelti konsantrasyonunun etkisinin a\* değerleri üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemsiz ( $p > 0.05$ ) olduğu fakat işlem süresinin etkisinin önemli ( $p < 0.01$ ) olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmada elma örneklerinin sarılık değerini temsil eden b\* değerleri Şekil 3.15.a-d'de gösterilmiştir. Taze örneklerin b\* değeri 15.09 olarak belirlenmiştir. Şekil 3.15.a incelendiğinde 25°C, 35°C ve 45°C'lerde 480 dakikalık işlem sonunda b\* değerlerinin sırasıyla 16.47, 19.43 ve 19.43 olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre işlem görmemiş örnekler (15.09) ile kıyaslandığında b\* değerlerinin arttığı görülmüştür. Şekil 3.15.d'ye göre 45°C'de ozmotik işlem sonunda b\* değerlerinin taze örneklerle göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Dolayısıyla ozmotik dehidrasyon işleminin elma küplerinde b\* değerini yükselttiği tespit edilmiştir (Şekil 3.15). Elmadaki ozmotik dehidrasyon işleminde sadece işlem sıcaklığının etkisi istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.01$ ) bulunmuştur.

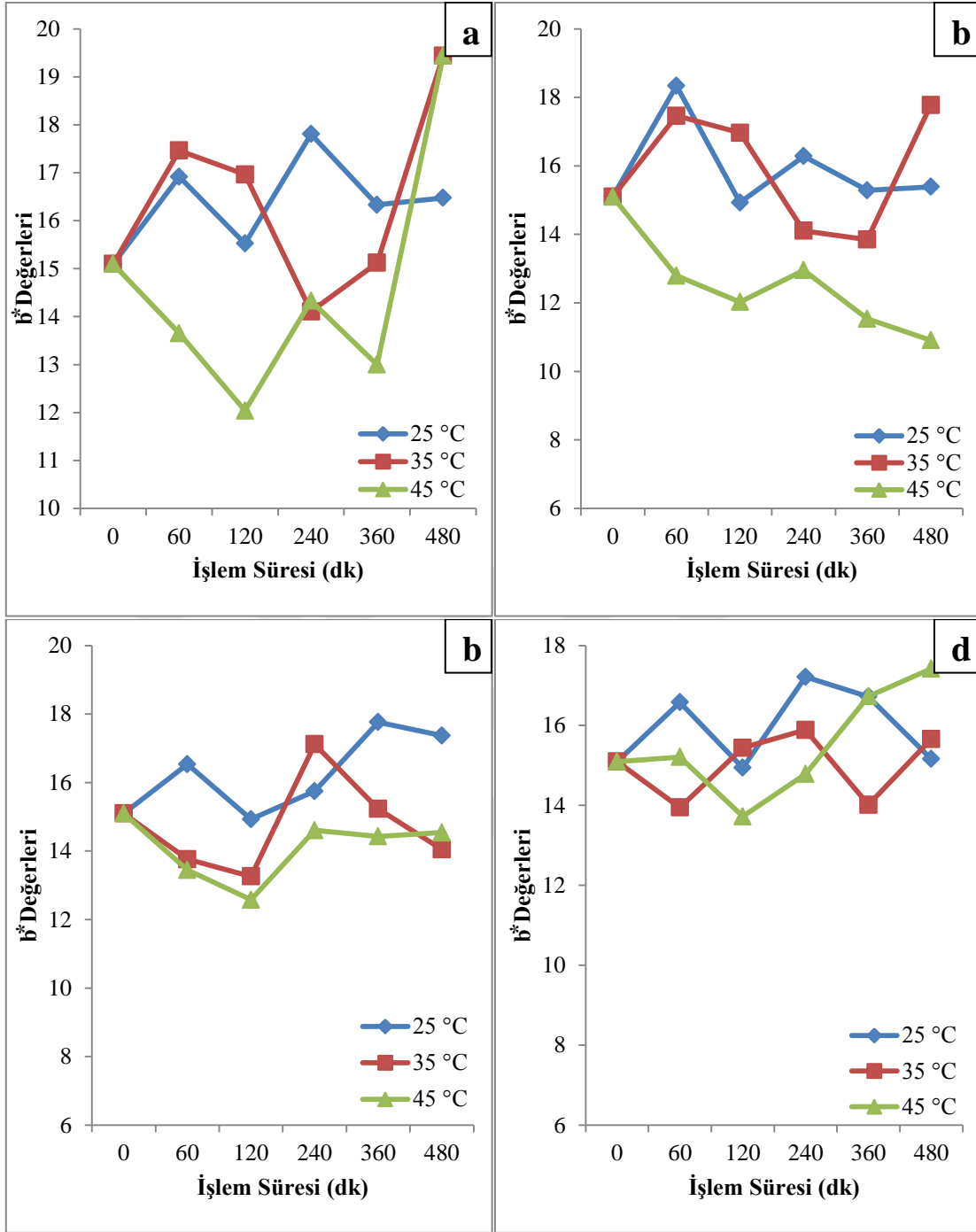


**Şekil 3.13.** Farklı çözelti konsantrasyonu ve sıcaklıklarda ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin L\* değerlerindeki değişimler a) %25, b) %45, c) %55, d) %65





**Şekil 3.14.** Farklı çözelti konsantrasyonu ve sıcaklıklarda ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin  $a^*$  değerlerindeki değişimler a) %25, b) %45, c) %55, d) %65



**Şekil 3.15.** Farklı çözelti konsantrasyonu ve sıcaklıklarda ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin b\* değerlerindeki değişimler a) %25, b) %45, c) %55, d) %65

### 3.2.5. Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Amasya Elmasının Rehidrasyon Oranı Üzerine Etkisi

Rehidrasyon (tekrar su alma) değerlerine ait üç yönlü varyans analizi sonuçları Tablo 3.14-3.16'da gösterilmiştir. Tablo 3.14'e göre 0. dakikada yani taze örneklerde rehidrasyon oranı 4.841 iken 480 dakikada 3.421 olarak belirlenmiştir. Rehidrasyon oranının en yüksek olduğu deney şartlarının; 0. dakika, 45°C'de ve %25 çözelti konsantrasyonunda taze örneklere ait olduğu tespit edilmiştir. Duncan çoklu karşılaştırma testine göre üç uygulama sıcaklığının önem seviyesinin aynı olduğu görülmüştür.

Şekil 3.16-3.19'da rehidrasyon oranının zamana bağlı olarak değişim grafikleri verilmiştir. Şekil 3.16 incelendiğinde kontrol grubunun 4.84 değeri ile en yüksek orana sahip olduğu diğer değerlerin ise 3.79 ile 4.61 arasında değiştiği görülmüştür. Şekil 3.17'ye bakıldığında kontrol değeri 4.841 iken diğer rehidrasyon değerleri 3.18 ile 3.42 olarak belirlenmiştir. Rehidrasyon oranının belirtildiği şekil 3.18'de ise kontrol grubuna ait değerler 4.84 iken diğer değerler 2.93-3.27 olarak ifade edilmiştir. Şekil 3.19'da gösterildiği gibi 45°C sıcaklık ile %25, %45, %55 ve %65'lik çözelti konsantrasyonlarındaki rehidrasyon kapasitelerinin sırasıyla 4.2, 3.32, 3.27 ve 3.09 olduğu ve özellikle konsantrasyon artışının elma küplerinin rehidrasyon değerlerini düşürdüğü görülmüştür.

Elma küplerinin rehidrasyon değerlerinin su kaybı ve katı kazanımı gibi kütle transfer parametreleri ile ilişkisi Pearson korelasyon testi uygulanarak tespit edilmiştir. Buna göre rehidrasyon kapasitelerinin su kaybı değerleri ile 0.01 önem düzeyinde negatif yönde kuvvetli bir ilişkisi ( $r=-0.840$ ), katı kazanımı ile 0.01 önem düzeyinde negatif yönde kuvvetli bir ( $r=-0.810$ ) ilişkisi tespit edilmiştir.

**Tablo 3.14.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin işlem süresine göre rehidrasyon kapasitesi değerleri

Süre (dk)	Rehidrasyon Oranı
0	4.841 <sup>a</sup> ±0.063
60	3.701 <sup>b</sup> ±0.058
120	3.573 <sup>bc</sup> ±0.068
240	3.378 <sup>cd</sup> ±0.067
360	3.484 <sup>cd</sup> ±0.080
480	3.421 <sup>d</sup> ±0.088

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

**Tablo 3.15.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin işlem sıcaklığına göre rehidrasyon kapasitesi değerleri (n=216)

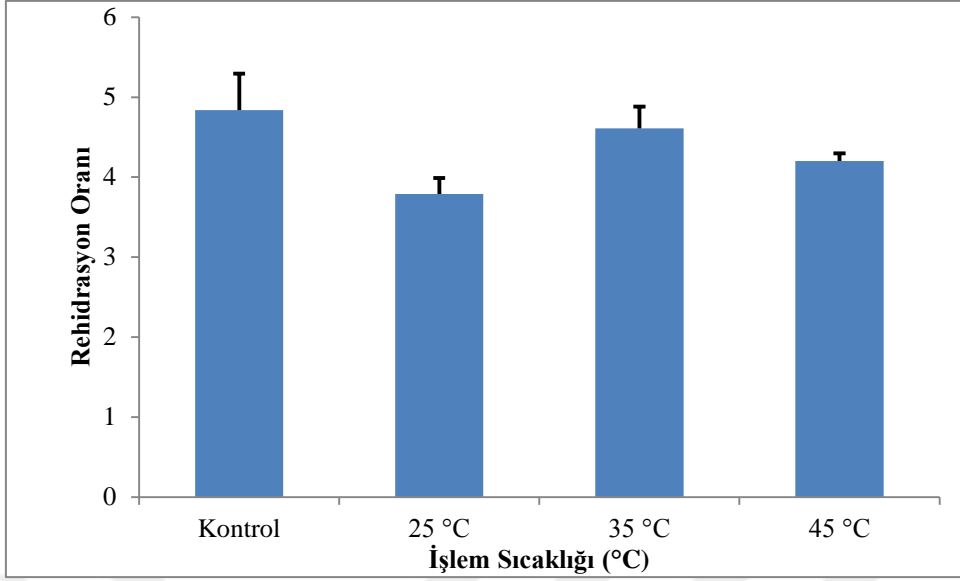
	Sıcaklık (°C)		
	25	35	45
Rehidrasyon Oranı	3.705 <sup>a</sup> ± 0.077	3.727 <sup>a</sup> ± 0.077	3.76 <sup>a</sup> ± 0.080

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

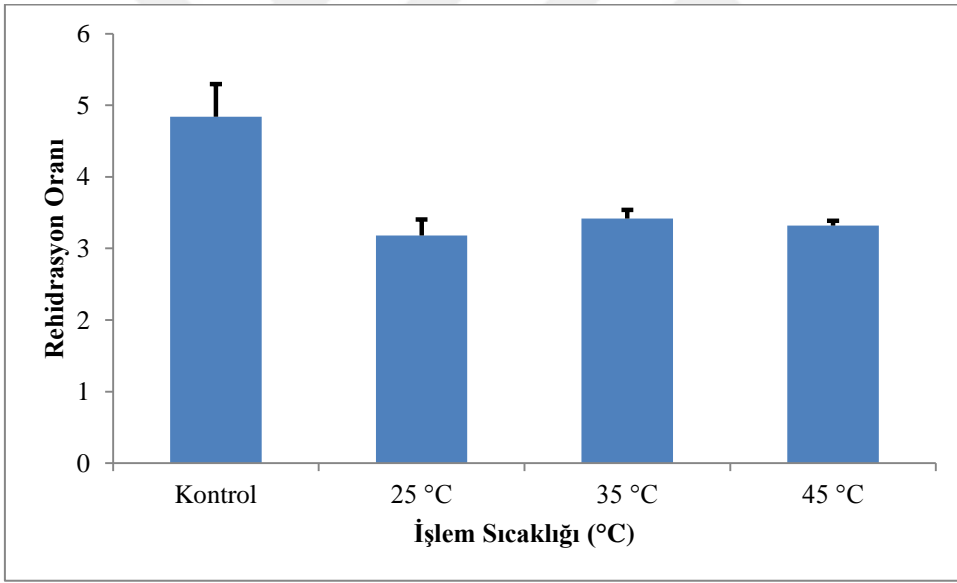
**Tablo 3.16.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin çözelti konsantrasyonuna göre rehidrasyon kapasitesi değerleri (n=216)

	Konsantrasyon (% w/w)			
	25	45	55	65
Rehidrasyon Oranı	4.22 <sup>a</sup> ±0.065	3.67 <sup>b</sup> ±0.079	3.50 <sup>c</sup> ±0.088	3.54 <sup>c</sup> ±0.091

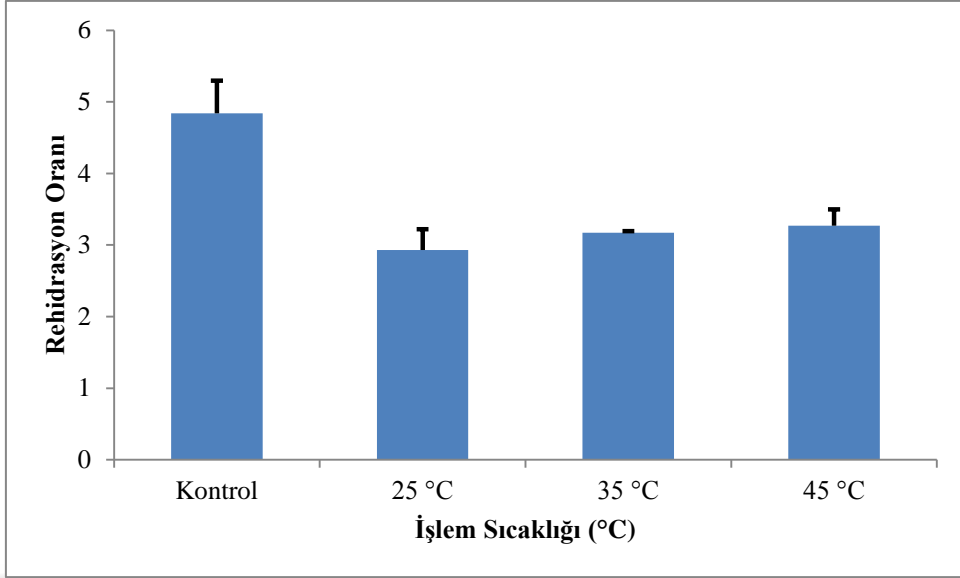
\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.



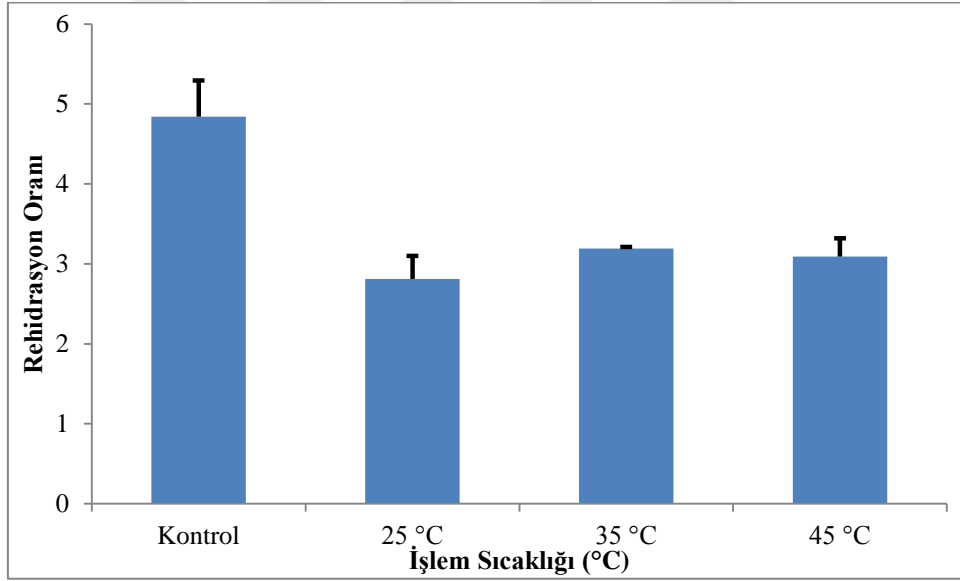
Şekil 3.16. %25 çözelti konsantrasyonu ile dehidre edildikten sonra kurutulan elma küplerinin rehidasyon oranları



Şekil 3.17. %45 çözelti konsantrasyonu ile dehidre edildikten sonra kurutulan elma küplerinin rehidasyon oranları



Şekil 3.18. %55 çözelti konsantrasyonu ile dehidre edildikten sonra kurutulan elma küplerinin rehidasyon oranları

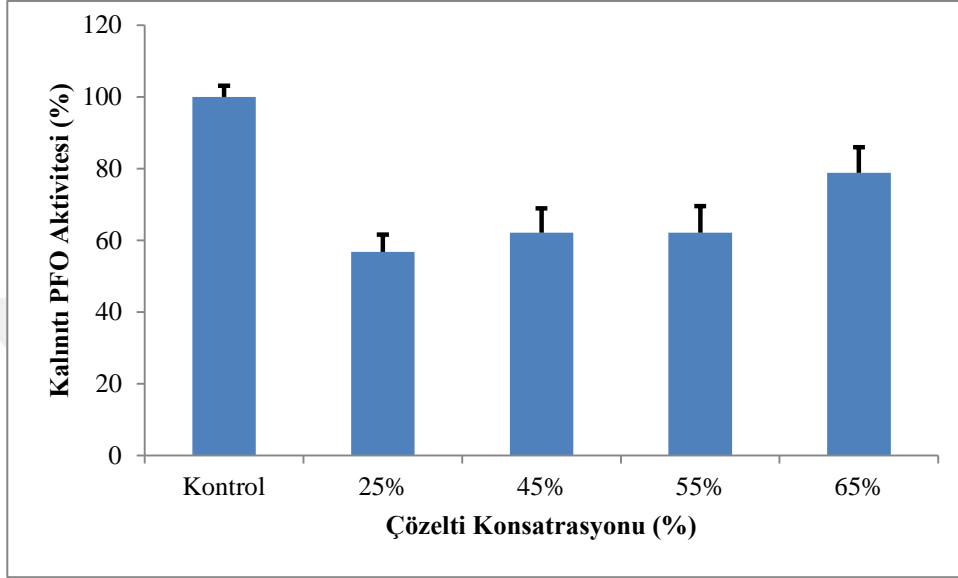


Şekil 3.19. %65 çözelti konsantrasyonu ile dehidre edildikten sonra kurutulan elma küplerinin rehidasyon oranları

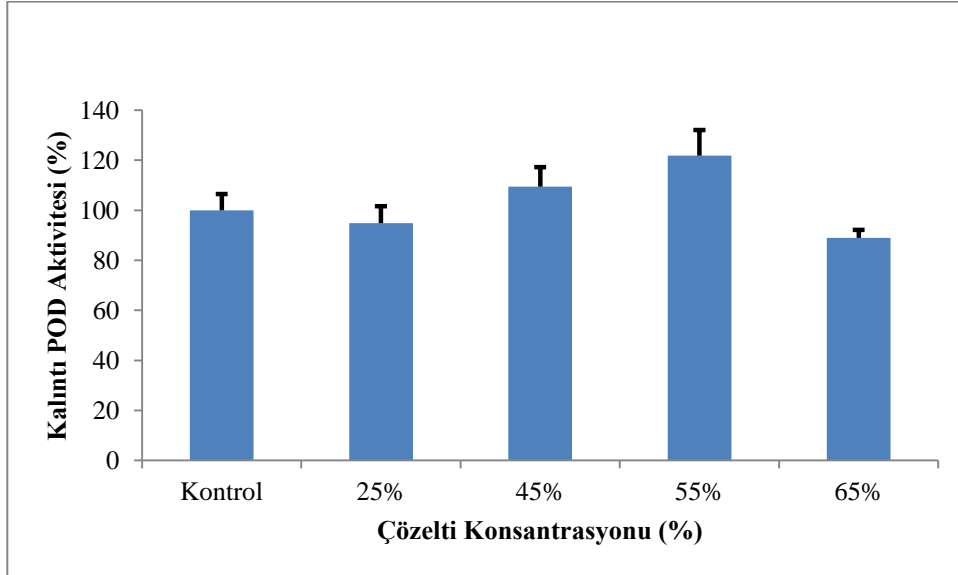
### 3.2.6. Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Amasya Elmasının Yapısındaki POF ve POD Aktivitesi Üzerine Etkisi

Elma küplerine uygulanan ozmotik dehidrasyon işleminin enzimatik aktivite değerleri üzerine etkisi incelenmiştir. Şekil 3.20’de kontrol grubuna göre, farklı çözelti konsantrasyonlarında kalıntı POF enzim aktivite değerleri verilmiştir. POF enzim aktivitesi %25 çözelti konsantrasyonunda %56.81 iken %65 çözelti konsantrasyonunda %78.78

olarak saptanmıştır. Şekil 3.21’de ise ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulmuş örneklerin kalıntı POD enzim aktivitesi, çözelti konsantrasyonu açısından incelenmiştir. Kalıntı POD enzim aktivitesi %25, %45, %55 ve %65 çözelti konsantrasyonlarında sırasıyla %94.79, %109.38, %121.87 ve %88.95 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 3.20. Elma küplerine farklı çözelti konsantrasyonlarında uygulanan ozmotik dehidrasyon işleminin PFO enzim aktivitesi üzerine etkisi

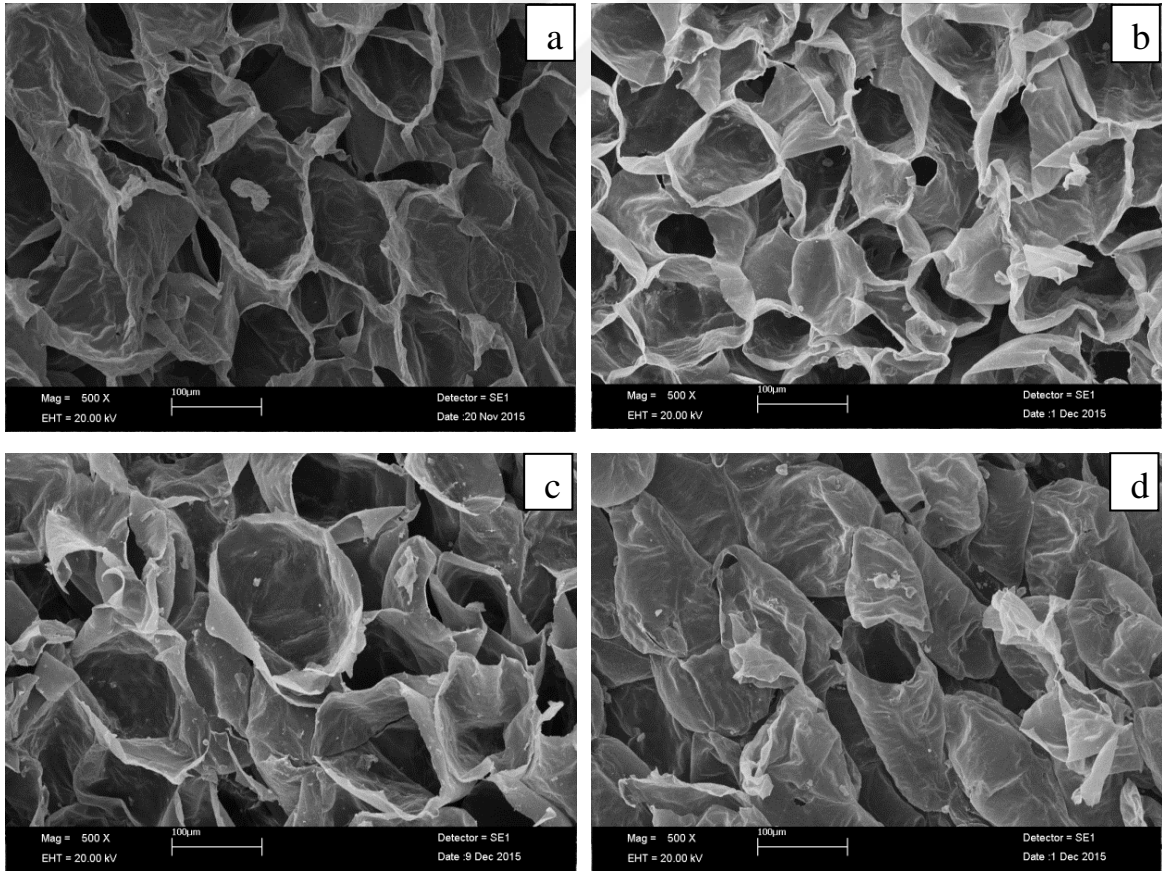


Şekil 3.21. Elma küplerine farklı çözelti konsantrasyonlarında uygulanan ozmotik dehidrasyon işleminin POD enzim aktivitesi üzerine etkisi

### 3.2.7. Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Amasya Elmasının Mikroskopik Yapısı Üzerindeki Etkisi

Ozmotik dehidrasyon işlemi sonrasında elma küplerinin mikro yapısındaki değişiklikleri Resim 3.1'de görüntülenmiştir. Taze veya ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış elma dokularının sitolojik incelemesinde sayısız hücre, çok sayıda hücre duvarı ile farklı boyut ve şekillerde hücreler arası boşluktan oluştuğu dikkati çekmiştir. Ayrıca bu dokuların yüksek derecede, sağlam hücre bölümlendirmesine sahip olduğu da görülmüştür (Resim 3.1.a).

Taze elma küpleri ile karşılaştırıldığında, işlem sıcaklığının giderek artmasıyla ozmotik dehidrasyona tabi tutulan elma örneklerinin dokularındaki hücrelerde çöküş ve büzülme ile hücre içi boşluklarda daralma ve hücreler arası boşluklarda ise genişleme göze çarpmıştır. Bunların yanı sıra hücre duvarlarında meydana gelen deformasyonlar ile hücre bölümlendirmelerinde gözlenen bozukluklar da diğer bulguları oluşturmuştur (Resim 3.1.b-d).



**Resim 3.1.** Farklı sıcaklıklarda %65 çözelti konsantrasyonunda ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan elma küplerinin SEM görüntüleri a) Kontrol, b) 25°C, c) 35°C, d) 45°C



### 3.3. Taze Limon Ayvasının Bazı Fiziksel Parametreleri ve Besinsel Bileşimi

Tablo 3.17 incelendiğinde Limon ayvası örneklerinin yenilebilir kısımlarına ait bazı fiziksel parametreler ve besinsel içerikleri verilmiştir. Kuru madde içeriği %17.04 olarak belirlenirken kuru maddedeki Na konsantrasyonunun 176.83 ppm, K konsantrasyonunun ise 627.87 ppm olduğu saptanmıştır. Ayrıca pH değeri 3.28 ve titrasyon asitliği değeri ise %0.95 olarak tespit edilmiştir. Ayva örneklerinin L\* renk değeri 85.04 iken Chroma değeri 25.78 olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 3.17.** Taze Limon ayvasına ait bazı fiziksel parametreler ve besinsel bileşimi

Parametreler <sup>1</sup>	Değerler
Kuru madde (%)	17.04 ± 0.98
S.Ç.K.M (Briks)	17.57 ± 0.26
pH	3.28 ± 0.01
Titrasyon Asitliği(%)	0.95 ± 0.06
a <sub>w</sub>	0.966 ± 0.01
<b>Mineral içeriği<sup>2</sup> (ppm)</b>	
Na	176.83 ± 32.01
Mg	231.22 ± 1.09
K	627.87 ± 0.89
Ca	142.42 ± 7.2
Fe	58.67 ± 9.79
<b>Renk Değerleri</b>	
L*	85.04 ± 3.08
a*	-4.18 ± 0.05
b*	25.40 ± 0.24
Chroma	25.78 ± 0.48

1: ölçümler meyvenin yenilebilir kısmından yapılmıştır. 2: kuru maddede tespit edilmiştir.

### 3.4. Limon Ayvasının Ozmotik Dehidrasyonu

#### 3.4.1. Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Limon Ayvasının Kütle Transferi Üzerine Etkisi

Ozmotik dehidrasyona tabi tutulan ayva küplerinin kütle transfer parametrelerine ait üç yönlü varyans analizi değerleri Tablo 3.18, 3.19 ve 3.20'de birlikte incelenmiştir. Varyans analizi tablolarına göre 480 dakikalık ozmotik dehidrasyon süresi sonundaki su kaybı, katı kazanımı ve ağırlık azalışı değerleri sırasıyla 32.443, 7.760 ve 24.683 olarak kaydedilmiştir. 45°C'deki işlem sıcaklığı ile %65 çözelti konsantrasyonunda 8 saatlik deney süresince su kaybı değerinin en yüksek olduğu tespit edilmiştir. Tablo 3.18'e ait

Duncan çoklu karşılaştırma testi incelendiğinde işlem süresinin kütle transfer parametreleri için önemli olduğu görülmüştür.

Tablo 3.19’da görüldüğü üzere işlem sıcaklığındaki artışın su kaybı değerlerini arttırdığı 25°C, 35°C ve 45°C’lerdeki su kaybının sırasıyla 19.377, 25.799 ve 28.156 olduğu görülmüştür. Tablo 3.20’de çözelti konsantrasyonlarının su kaybı değerleri üzerinde etkili olduğu, %25 çözelti konsantrasyonunda su kaybı değerinin 7.345 iken %65 çözelti konsantrasyonunda 35.304 olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.18-3.20’de katı kazanımı değerlerinin 60 dakikalık daldırma işlemi sonunda 3.706 iken; 480 dakikalık daldırma işlemi sonunda 7.760 olduğu belirlenmiştir. Farklı çözelti konsantrasyonlarındaki kütle transfer değerlerinin incelendiği Tablo 3.19’da %25 çözelti konsantrasyonunda katı kazanımı değeri 1.735 iken; %65’lik çözelti konsantrasyonundaki katı kazanımı değerinin ise 8.653 olduğu görülmüştür. Ayrıca Tablo 3.19 incelendiğinde her üç kütle transfer parametresinin işlem sıcaklığından etkilendiği ve bu değerler istatistiksel olarak önemli ( $p<0.01$ ) olduğu anlaşılmıştır. Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre %55 ve %65 çözelti konsantrasyonları arasında katı kazanımı değeri açısından istatistiksel olarak fark bulunmamıştır (Tablo 3.20).

Ağırlık azalışı değerleri incelendiğinde en yüksek değerin 480 dakikalık işlem süresinde, 45°C’de ve %65 çözelti konsantrasyonunda meydana geldiği saptanmıştır (Tablo 3.18, 3.19, 3.20). İşlem sıcaklığının, işlem süresinin ve çözelti konsantrasyonunun, ozmotik olarak kurutulmuş ayva küplerinin kütle transfer parametrelerine etkisinin istatistiksel olarak önemli ( $p<0.01$ ) olduğu belirlenmiştir.

**Tablo 3.18.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin işlem süresine göre kütle transfer değerleri (n=216)

Kütle Transfer Parametreleri			
Süre (dk)	Su Kaybı (%)	Katı Kazanımı (%)	Ağırlık Kaybı (%)
60	14.853 <sup>c</sup> ±1.160	3.706 <sup>c</sup> ±0.353	11.146 <sup>c</sup> ±0.836
120	20.118 <sup>d</sup> ±1.540	5.289 <sup>d</sup> ±0.467	14.830 <sup>d</sup> ±1.109
240	25.311 <sup>c</sup> ±1.981	6.197 <sup>c</sup> ±0.560	19.114 <sup>c</sup> ±1.509
360	29.496 <sup>b</sup> ±2.419	6.960 <sup>b</sup> ±0.594	22.536 <sup>b</sup> ±1.867
480	32.443 <sup>a</sup> ±2.540	7.760 <sup>a</sup> ±0.614	24.683 <sup>a</sup> ±1.954

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

**Tablo 3.19.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin işlem sıcaklığına göre kütle transfer değerleri (n=216)

Kütle Transfer Parametreleri			
Sıcaklık (°C)	Su Kaybı (%)	Katı Kazanımı (%)	Ağırlık Kaybı (%)
25	19.377 <sup>c</sup> ±1.614	4.906 <sup>c</sup> ±0.454	14.472 <sup>c</sup> ± 1.186
35	25.799 <sup>b</sup> ± 1.710	6.210 <sup>b</sup> ± 0.491	19.589 <sup>b</sup> ± 1.249
45	28.156 <sup>a</sup> ± 1.707	6.831 <sup>a</sup> ± 0.337	21.325 <sup>a</sup> ± 1.394

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

**Tablo 3.20.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin çözelti konsantrasyonuna göre kütle transfer değerleri (n=216)

Kütle Transfer Parametreleri			
Konsantrasyon (% w/w)	Su Kaybı (%)	Katı Kazanımı (%)	Ağırlık Kaybı (%)
25	7.345 <sup>d</sup> ±0.543	1.735 <sup>c</sup> ± 0.204	5.609 <sup>d</sup> ±0.378
45	24.394 <sup>c</sup> ±1.208	5.195 <sup>b</sup> ±0.322	19.199 <sup>c</sup> ±0.892
55	30.733 <sup>b</sup> ±1.395	8.346 <sup>a</sup> ±0.333	22.429 <sup>b</sup> ±1.125
65	35.304 <sup>a</sup> ±1.556	8.653 <sup>a</sup> ±0.302	26.651 <sup>a</sup> ±1.304

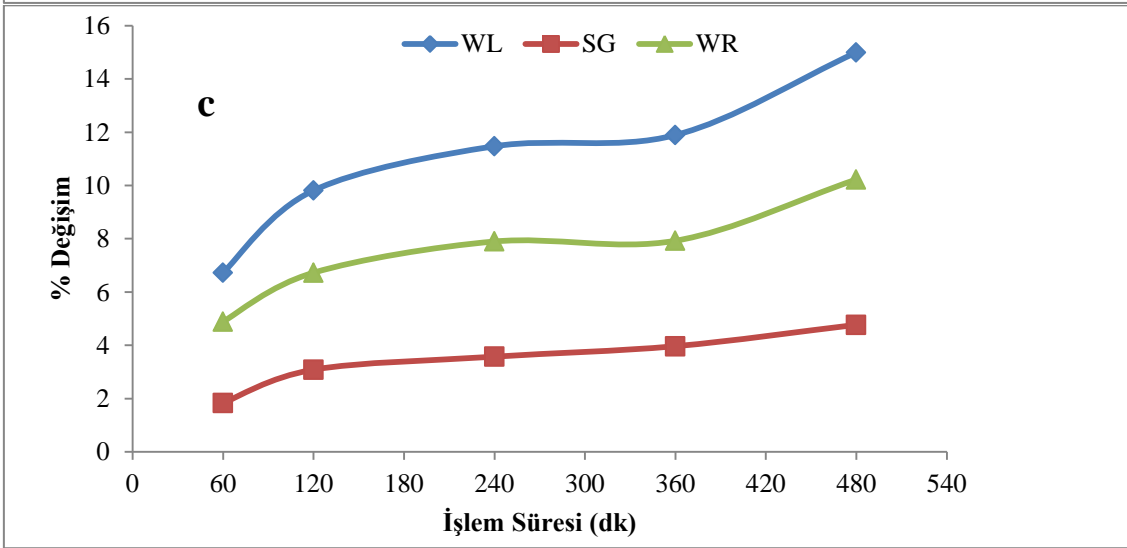
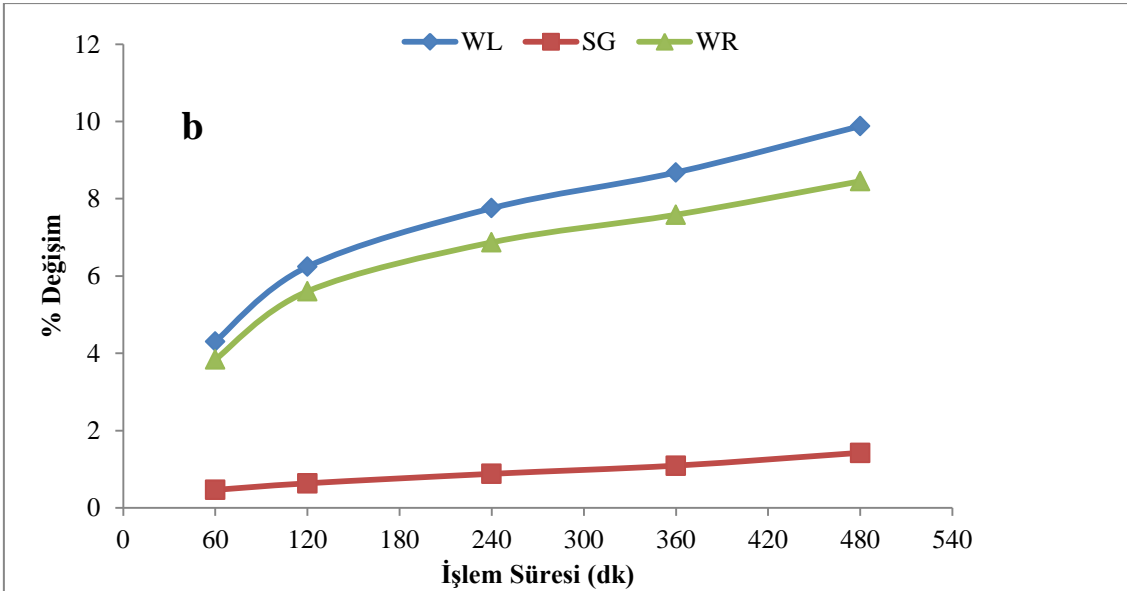
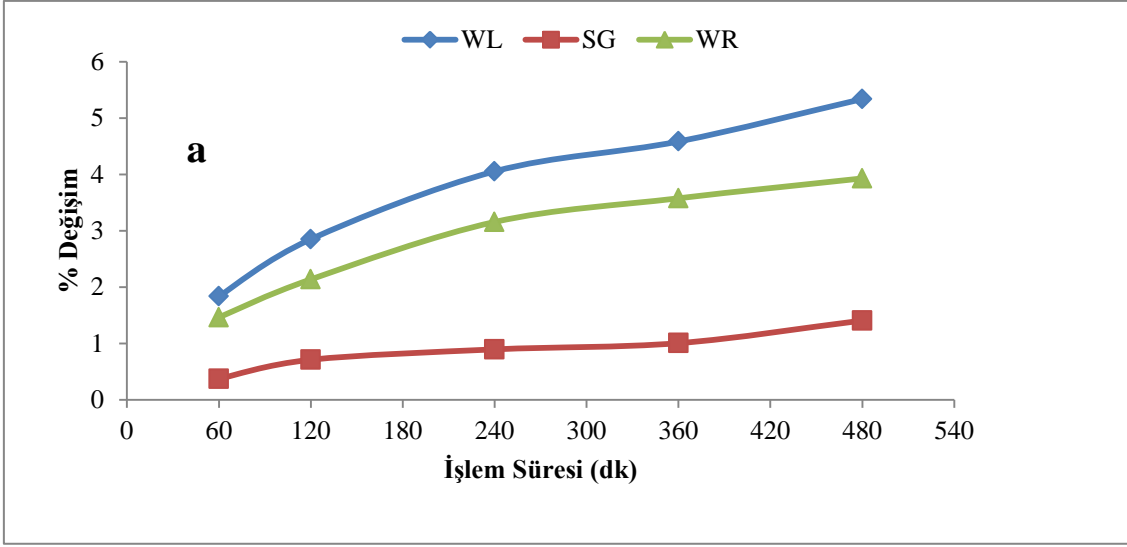
\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

Ozmotik dehidrasyon işleminin ayva küplerinin kütle transfer parametreleri üzerindeki değişimi Şekil 3.22-3.25'te verilmiştir. Ayva küplerinin su kaybı değerlerinin 1.83 ile 50.79 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Şekil 3.22.c'de 60 dakikalık ozmotik işlem sonunda su kaybı değeri 6.72 iken; 480 dakikalık işlem sonunda 14.99'a ulaştığı saptanmıştır. Ayva küplerinin %55 çözelti konsantrasyonundaki su kaybı değerlerinin

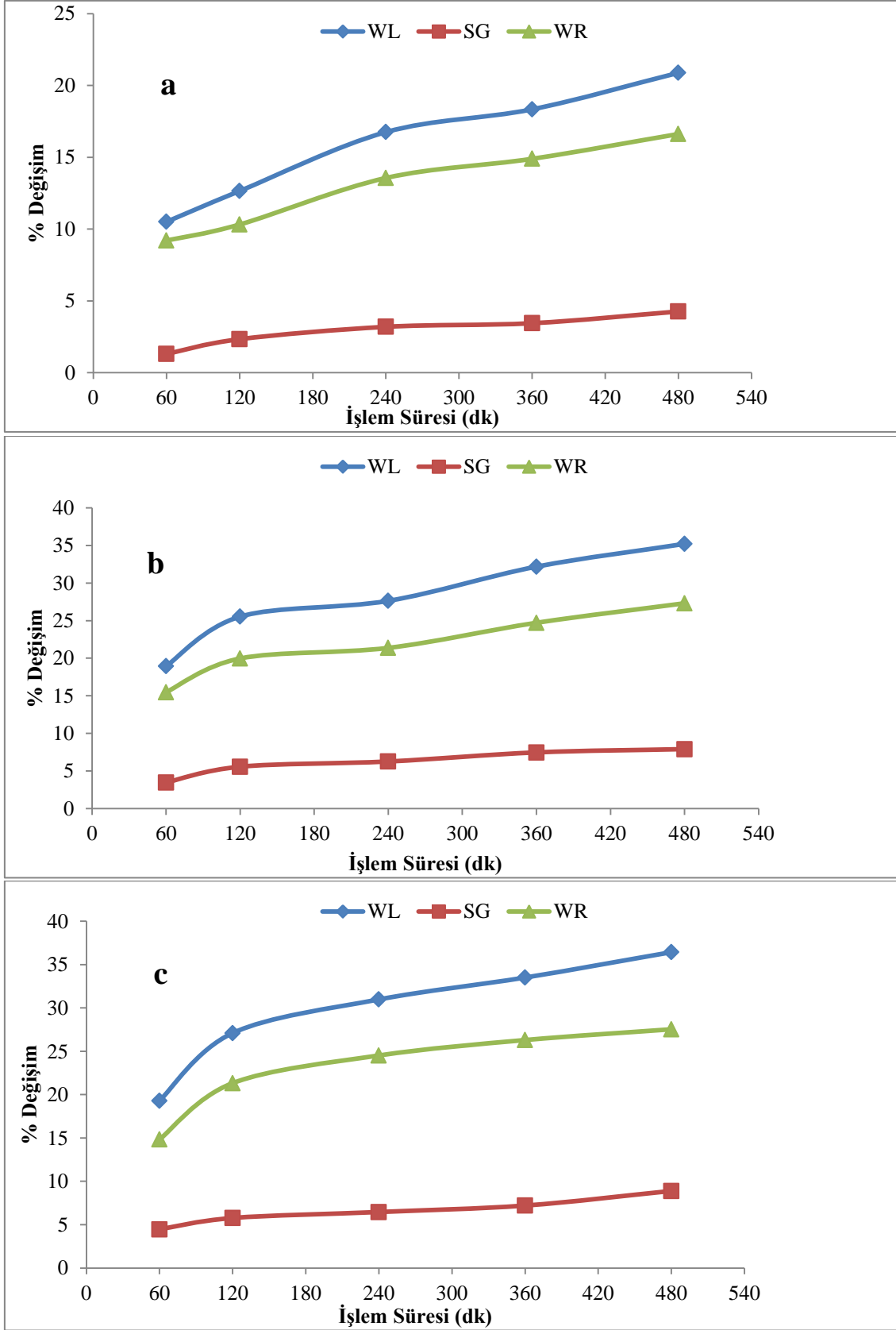
verildiği Şekil 3.24.c’de 25°C’deki işlem sonunda su kaybı değeri 35.19’a ulaşırken; 45°C’de bu değerin 45.58’e vardığı görülmüştür. Yüksek çözelti konsantrasyonunun 25°C, 35°C ve 45°C’deki etkisi Şekil 3.25’te incelendiğinde, ozmotik dehidrasyon işlemi sonunda su kaybı değerlerinin sırasıyla 43.57, 47.76 ve 50.79 olduğu belirlenmiştir.

Şekil 3.22-3.25 incelendiğinde ozmotik dehidrasyon işleminde katı kazanımı değerlerinin zamana bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir. Şekil 3.22.a’da 60 dakikalık daldırma işlemi sonunda katı kazanımı değeri 0.38; iken 480 dakika sonunda bu değer 1.40’ a yükselmiştir. Şekil 3.23.a-c’de ozmotik işlem sonunda elde edilen katı kazanımı değerleri sırasıyla 4.26, 7.90 ve 8.89 olduğu belirlenmiştir. Ayva küplerinin 25°C’de, 8 saatlik işlem sonunda ve %45 çözelti konsantrasyonda katı kazanımı değeri 10.00 iken aynı koşullardaki %65 çözelti konsantrasyonunda bu değer 10.55 olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla en yüksek katı kazanımı değerlerinin %65 çözelti konsantrasyonundaki işlem koşullarında gerçekleştiği görülmüştür.

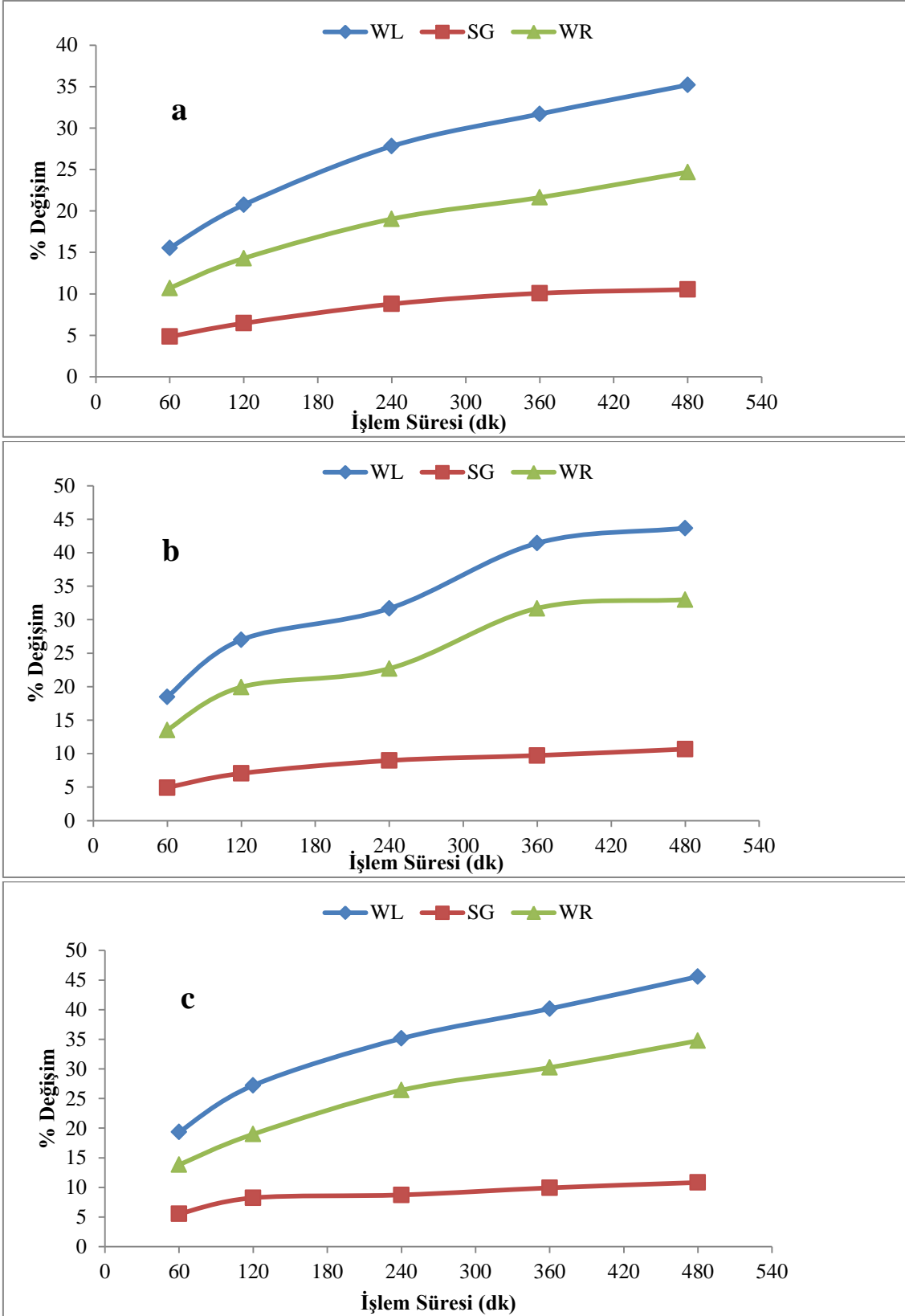
Ozmotik dehidrasyon işleminde dikkati çeken diğer bir kütle transfer parametresi olan ağırlık azalışı su kaybına benzer eğilim göstermiştir. Ağırlık azalışı değerlerinin verildiği Şekil 3.22-3.25’te en yüksek değerin 40.15 olduğu belirlenmiştir. Deneysel verilere göre Şekil 3.24.a-c’de 8 saatlik ozmotik dehidrasyon işlemi sonunda ağırlık azalışı değerlerinin sırasıyla 24.67, 33.00 ve 34.75 olduğu tespit edilmiştir.



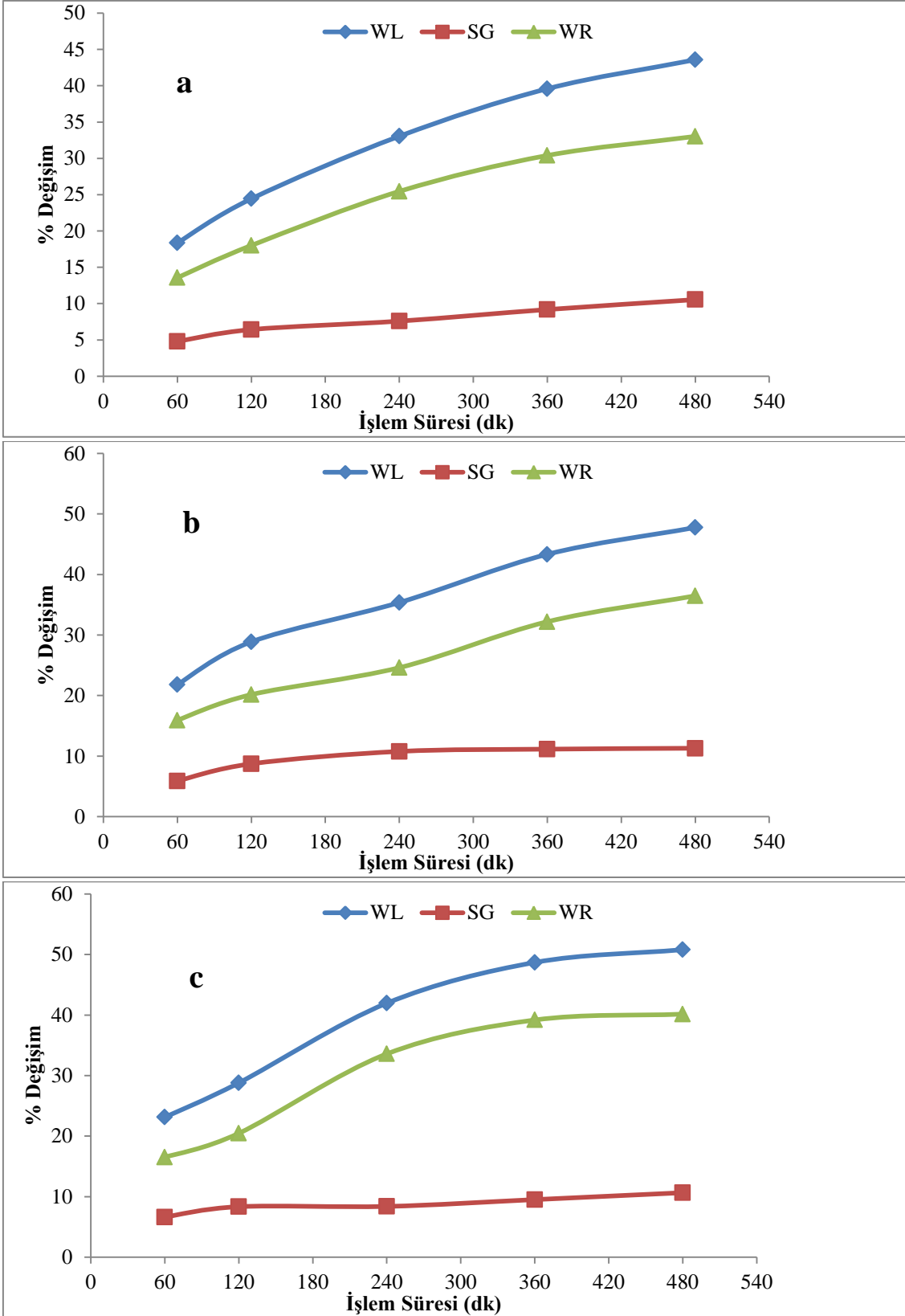
Şekil 3.22. %25 çözelti konsantrasyonuna daldırılan ayva küpelerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası kinetik parametrelerinin % değişimi a) 25°C, b) 35°C, c) 45°C



**Şekil 3.23.** %45 çözelti konsantrasyonuna daldırılan ayva küplerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası kinetik parametrelerinin % değişimi a) 25°C, b) 35°C, c) 45°C



**Şekil 3.24.** %55 çözelti konsantrasyonuna daldırılan ayva küplerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası kinetik parametrelerinin % değişimi a) 25°C, b) 35°C, c) 45°C



**Şekil 3.25.** %65 çözelti konsantrasyonuna daldırılan ayva küplerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası kinetik parametrelerinin % değişimi a) 25°C, b) 35°C, c) 45°C



### 3.4.2. Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Limon Ayvasının Su Aktivite Değeri Üzerine Etkisi

Ayva küplerinin su aktivite değerine ait üç yönlü varyans analizi tabloları (Tablo 3.21, 3.22, 3.23) birlikte değerlendirildiğinde en düşük su aktivite değerinin; 45°C’de, 480 dakikalık işlem sonunda, %65 çözelti konsantrasyonunda görüldüğü tespit edilmiştir. Ozmotik dehidrasyon işleminin su aktivite değerleri üzerine etkisinin gösterildiği Tablo 3.21, 3.22 ve 3.23 incelendiğinde; işlem sıcaklığı, çözelti konsantrasyonu ve işlem süresinin istatistiksel olarak önemli olduğu ( $p<0.01$ ) tespit edilmiştir. Tablo 3.22’de ise en düşük su aktivite değerleri 45°C’de saptanmıştır.

**Tablo 3.21.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin işlem süresine göre su aktivite değerleri (n=216)

Süre (dk)	Su Aktivite Değeri
0	0.966 <sup>a</sup> ±0.001
60	0.951 <sup>b</sup> ±0.001
120	0.944 <sup>c</sup> ±0.001
240	0.939 <sup>d</sup> ±0.001
360	0.937 <sup>e</sup> ±0.001
480	0.931 <sup>f</sup> ±0.001

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre  $p<0.01$  önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

**Tablo 3.22.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin işlem sıcaklığına göre su aktivite değerleri (n=216)

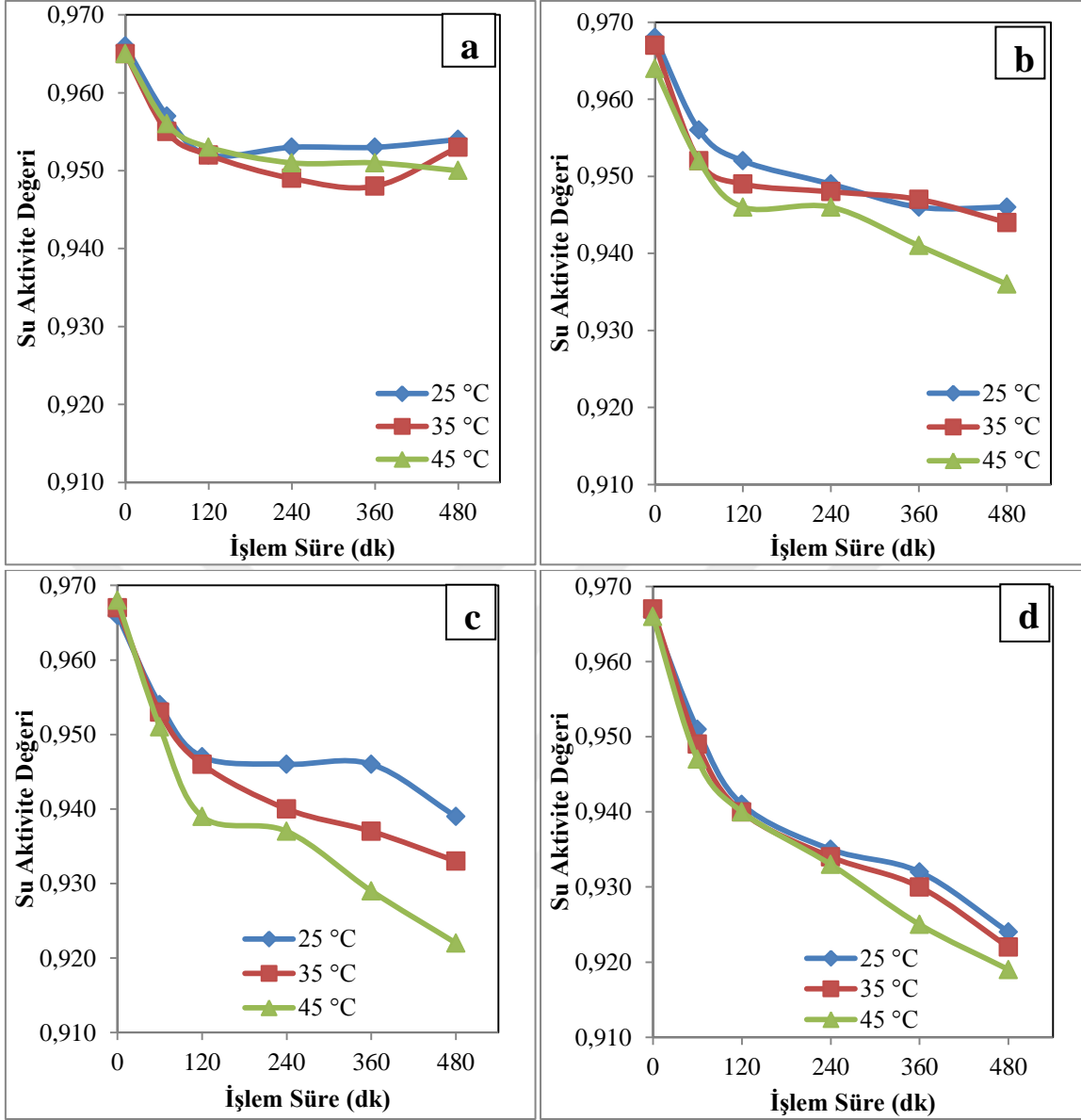
	Sıcaklık (°C)		
	25	35	45
Su Aktivite Değeri	0.946 <sup>a</sup> ± 0.001	0.945 <sup>b</sup> ± 0.001	0.942 <sup>c</sup> ± 0.001

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre  $p<0.01$  önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

**Tablo 3.23.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin çözelti konsantrasyonuna göre su aktivite değerleri (n=216)

	Konsantrasyon (% w/w)			
	25	45	55	65
Su Aktivite Değeri	0.956 <sup>a</sup> ±0.001	0.947 <sup>b</sup> ±0.001	0.945 <sup>c</sup> ±0.001	0.940 <sup>d</sup> ±0.001

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre  $p<0.01$  önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.



Şekil 3.26. Farklı konsantrasyonlarda Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin su aktivite değerleri a) %25, b) %45, c) %55, d) %65

Şekil 3.26’da farklı çözelti konsantrasyonlarında ozmotik dehidrasyona tabi tutulan ayva küplerinin su aktivite değerleri gösterilmiştir. %25 çözelti konsantrasyonundaki ozmotik dehidrasyon işleminin su aktivitesi değerlerinin (Şekil 3.26.a) %45, %55 ve %65’e göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.26.b-d). Şekil 3.26.b-d incelendiğinde işlem süresine bağlı olarak su aktivite değerlerinin düştüğü ve 45°C’de su aktivite değerlerinin, 25°C ve 35°C’lerde gerçekleştirilen ozmotik dehidrasyon işlemine göre daha düşük olduğu görülmüştür.

### 3.4.3. Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Limon Ayvasının Tekstürel Değerleri Üzerine Etkisi

Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin tekstürel değerlerindeki değişimlerin üç yönlü varyans analizi tabloları (Tablo 3.24, 3.25, 3.26) verilmiştir. Bu tablolar birlikte değerlendirildiğinde sertlik değerinin işlem süresi, işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonu arttıkça azaldığı görülmüştür. Tablo 3.24’de ozmotik dehidrasyon işleminin başlangıcında sertlik değeri 8794.564 g iken; 480 dakikalık işlem sonunda 5524.789 g’a kadar düşmüştür. Tablo 3.24 incelendiğinde zamana bağlı olarak dış yapışkanlık değerinin arttığı belirlenmiştir. Ozmotik dehidrasyon işleminin 0.dakikasında esneklik değerinin 0.726 olduğu ve 480 dakika sonunda 0.523’e düştüğü görülmüştür.

Tablo 3.25’de görüldüğü üzere sertlik, dış yapışkanlık ve sakızımsılık gibi tekstür değerlerinin Duncan çoklu karşılaştırma testine göre 35°C ve 45°C işlem sıcaklıklarındaki değerlerinin birbirinden farklı olmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 3.26 incelendiğinde çözelti konsantrasyonundaki artışın sertlik değerini azalttığı tespit edilmiştir. Dış yapışkanlık değeri ise Tablo 3.26’da %25 çözelti konsantrasyonunda -13.421 iken; %65 çözelti konsantrasyonunda -28.447’ye yükselmiştir. Bu duruma göre %25 çözelti konsantrasyonunda 0.260 iken %65 çözelti konsantrasyonunda 0.372’ye yükselmiştir. Tablolar (Tablo 3.24, 3.25, 3.26) birlikte değerlendirildiğinde en yüksek iç yapışkanlık değerinin 480 dakikalık işlem sonunda 45°C sıcaklıkta ve %65 çözelti konsantrasyonunda gerçekleştiği görülmüştür.

**Tablo 3.24.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin işlem süresine göre tekstür değerleri (n=216)

Süre (dk)	Sertlik	Dış Yapışkanlık	Esneklik	Çiğnenebilirlik	Sakızimsılık	Elastikiyet	İç Yapışkanlık
0	8794.564 <sup>a</sup> ±141.069	-4.852 <sup>d</sup> ±0.569	0.726 <sup>a</sup> ±0.005	1745.813 <sup>a</sup> ±42.48	2403.407 <sup>b</sup> ±56.52	0.102 <sup>c</sup> ±0.001	0.272 <sup>e</sup> ±0.003
60	7668.364 <sup>b</sup> ±82.416	-22.271 <sup>c</sup> ±0.992	0.608 <sup>b</sup> ±0.007	1196.616 <sup>c</sup> ±23.53	1981.902 <sup>c</sup> ±40.63	0.112 <sup>c</sup> ±0.002	0.258 <sup>e</sup> ±0.004
120	7221.425 <sup>c</sup> ±131.669	-27.443 <sup>b</sup> ±0.997	0.566 <sup>c</sup> ±0.007	1228.778 <sup>c</sup> ±40.99	2166.699 <sup>bc</sup> ±67.42	0.137 <sup>d</sup> ±0.004	0.296 <sup>d</sup> ±0.006
240	6482.770 <sup>d</sup> ±126.915	-29.236 <sup>ab</sup> ±1.153	0.536 <sup>d</sup> ±0.007	1209.979 <sup>c</sup> ±37.40	2302.004 <sup>b</sup> ±83.40	0.179 <sup>c</sup> ±0.007	0.351 <sup>c</sup> ±0.009
360	6588.061 <sup>d</sup> ±229.768	-31.010 <sup>a</sup> ±1.320	0.519 <sup>c</sup> ±0.007	1487.312 <sup>b</sup> ±71.68	2913.193 <sup>a</sup> ±141.00	0.216 <sup>a</sup> ±0.008	0.418 <sup>a</sup> ±0.010
480	5524.789 <sup>e</sup> ±170.453	-21.988 <sup>b</sup> ±0.931	0.523 <sup>de</sup> ±0.007	1177.160 <sup>c</sup> ±39.46	2270.831 <sup>b</sup> ±78.67	0.240 <sup>b</sup> ±0.007	0.439 <sup>b</sup> ±0.010

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

**Tablo 3.25.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin işlem sıcaklığına göre tekstür değerleri (n=216)

Sıcaklık (°C)	Sertlik	Dış Yapışkanlık	Esneklik	Çiğnenebilirlik	Sakızimsılık	Elastikiyet	İç Yapışkanlık
25	6824.499 <sup>b</sup> ±124.381	-22.487 <sup>b</sup> ±0.909	0.583 <sup>a</sup> ±0.007	1230.388 <sup>c</sup> ±30.078	2114.645 <sup>b</sup> ±45.938	0.146 <sup>c</sup> ±0.004	0.316 <sup>c</sup> ±0.0063
35	7189.021 <sup>a</sup> ±122.854	-24.216 <sup>a</sup> ±1.041	0.571 <sup>b</sup> ±0.007	1335.971 <sup>b</sup> ±29.245	2376.164 <sup>a</sup> ±54.872	0.165 <sup>b</sup> ±0.005	0.338 <sup>b</sup> ±0.0072
45	7126.466 <sup>a</sup> ±148.166	-24.697 <sup>a</sup> ±0.973	0.584 <sup>a</sup> ±0.007	1456.469 <sup>a</sup> ±42.975	2528.211 <sup>a</sup> ±79.521	0.181 <sup>a</sup> ±0.006	0.363 <sup>a</sup> ±0.0082

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

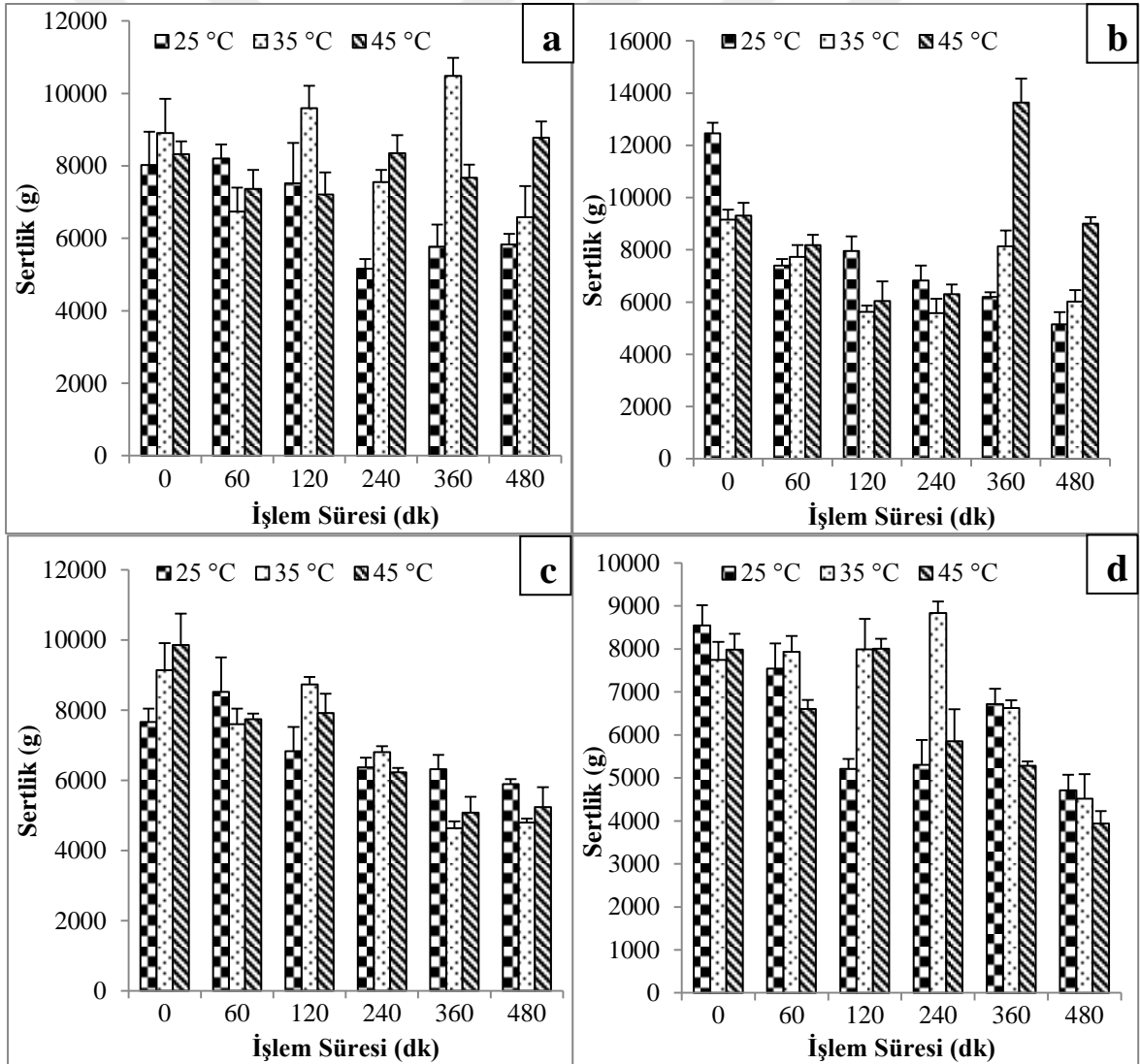
**Tablo 3.26.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin çözelti konsantrasyonuna göre tekstür değerleri (n=216)

Konsantrasyon(%w/w)	Sertlik	Dış Yapışkanlık	Esneklik	Çiğnenebilirlik	Sakızimsılık	Elastikiyet	İç Yapışkanlık
25	7517.129 <sup>a</sup> ±221.24	-13.421 <sup>c</sup> ±1.184	0.702 <sup>a</sup> ±0.006	1388.987 <sup>b</sup> ±53.44	1966.541 <sup>c</sup> ±67.25	0.099 <sup>d</sup> ±0.001	0.260 <sup>d</sup> ±0.004
45	7833.346 <sup>a</sup> ±220.09	-21.139 <sup>b</sup> ±1.053	0.593 <sup>b</sup> ±0.008	1508.671 <sup>a</sup> ±77.39	2566.479 <sup>a</sup> ±140.58	0.147 <sup>c</sup> ±0.007	0.313 <sup>c</sup> ±0.008
55	6925.288 <sup>b</sup> ±118.77	-22.800 <sup>b</sup> ±0.836	0.567 <sup>c</sup> ±0.007	1264.993 <sup>c</sup> ±24.74	2241.015 <sup>b</sup> ±33.76	0.168 <sup>b</sup> ±0.005	0.339 <sup>b</sup> ±0.007
65	6626.735 <sup>b</sup> ±105.68	-28.477 <sup>a</sup> ±0.996	0.553 <sup>c</sup> ±0.005	1302.032 <sup>bc</sup> ±22.27	2393.548 <sup>ab</sup> ±45.97	0.187 <sup>a</sup> ±0.004	0.372 <sup>a</sup> ±0.006

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

### 3.4.3.1.Sertlik

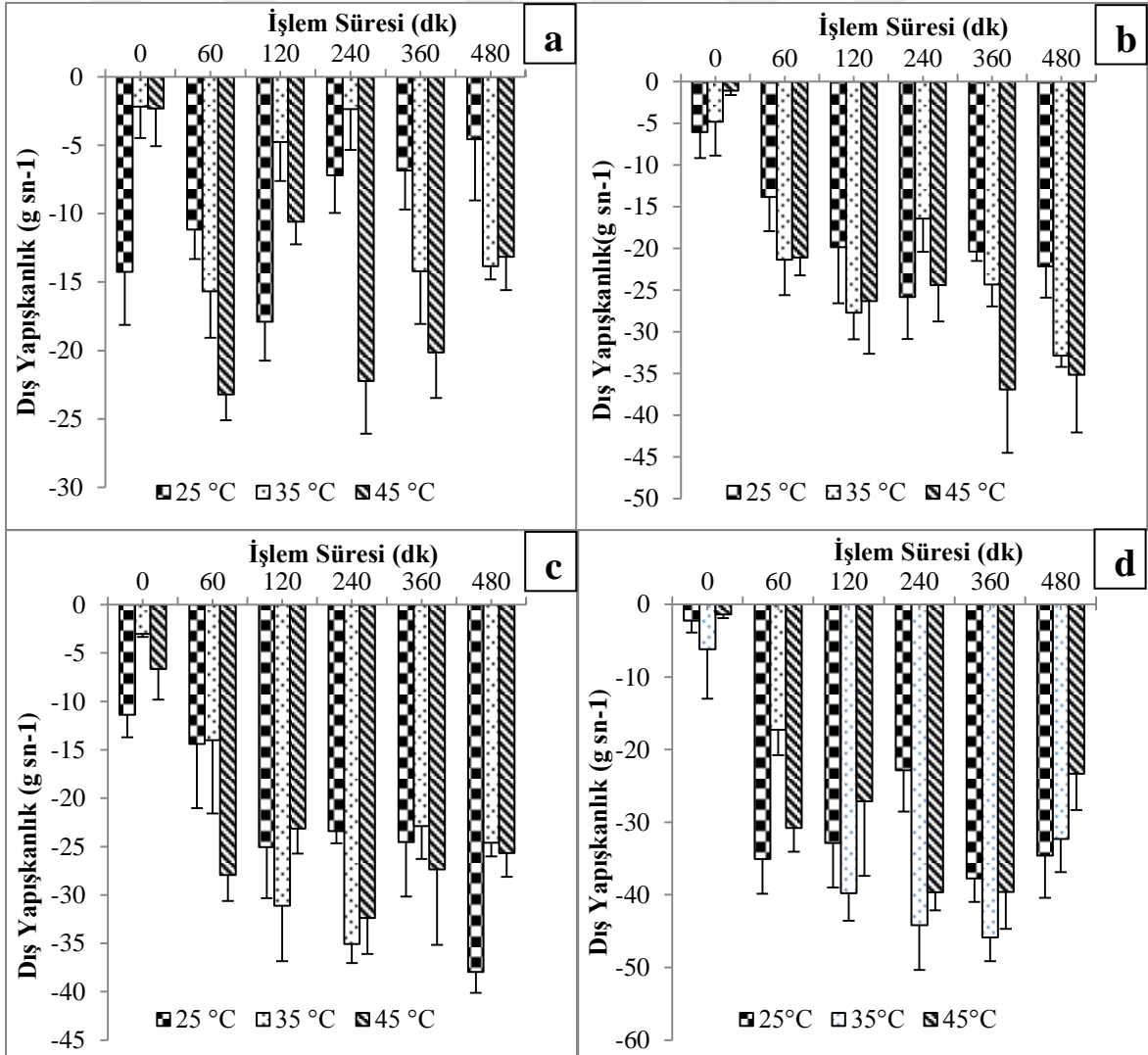
Ayva küplerinin, %25 çözelti konsantrasyonu ile 480 dakikalık işlem sonunda 25°C, 35°C ve 45°C’lerdeki sertlik değerleri sırasıyla 5831.719 g, 6583.816 g ve 8778.856 g olarak kaydedilmiştir (Şekil 3.27.a). %65 çözelti konsantrasyonu ile 25°C, 35°C ve 45°C’lerdeki ozmotik dehidrasyon işlemi sonunda sırasıyla 4713.280 g, 4520.157 g ve 3939.638 g olduğu belirlenmiştir. Deneysel veriler incelendiğinde en düşük sertlik değerinin %65 çözelti konsantrasyonuna ait olduğu tespit edilmiştir. Bu sebeple sertliğin su kaybı değerleri ile 0.01 önem düzeyinde negatif yönde bir ( $r=-0.558$ ) ilişkisi gözlenmiştir. İşlem süresi, işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonunun sertlik değeri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.27. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin sertlik değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) %55, d) %65

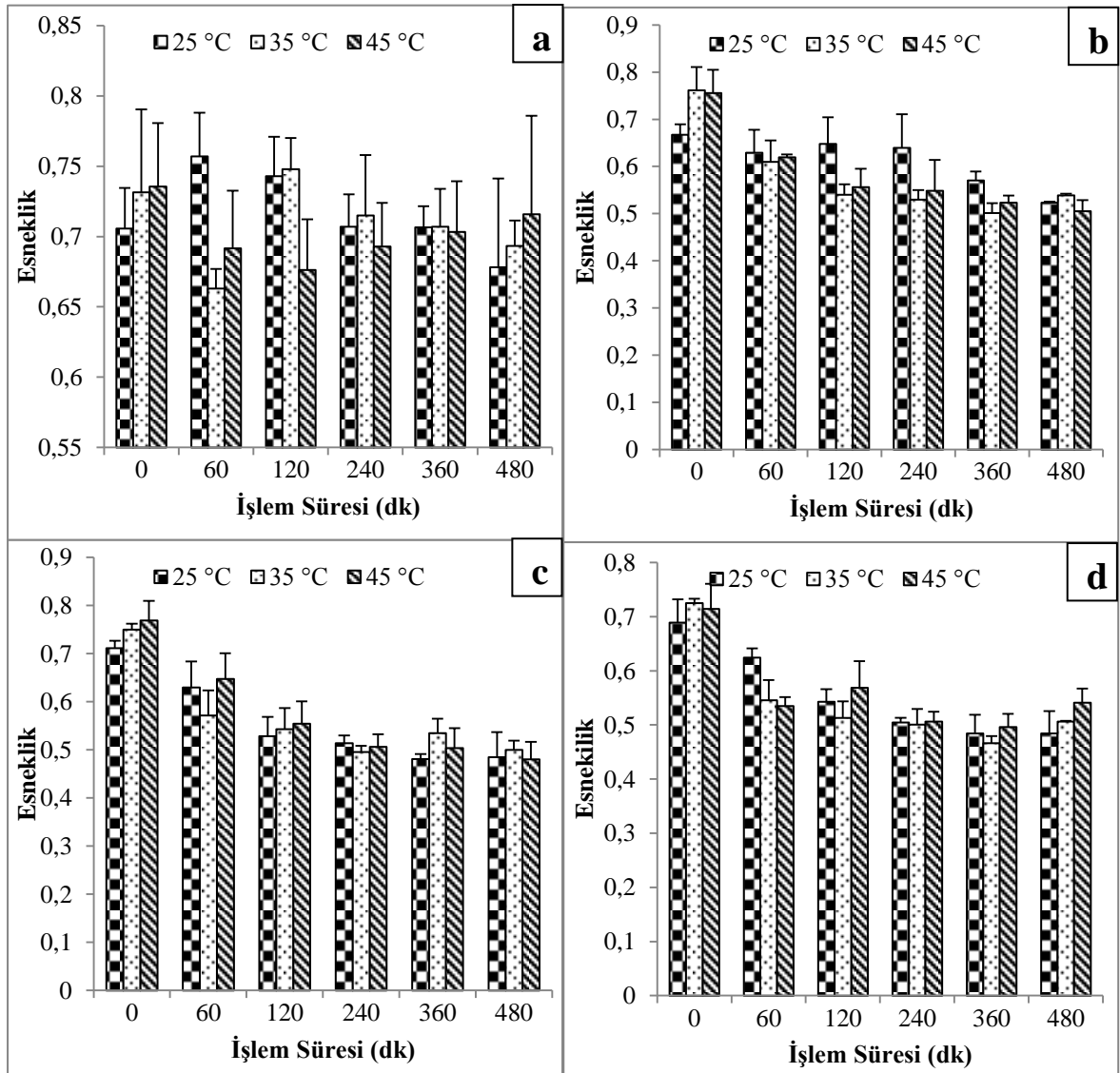
### 3.4.3.2. Dış Yapışkanlık

Farklı konsantrasyonlardaki ozmotik çözeltilere daldırılan ayva örneklerinin dış yapışkanlık değerleri Şekil 3.28’de verilmiştir. Şekil 3.28.a’da dış yapışkanlığın işlem süresi boyunca düştüğü, diğer konsantrasyonlarda ise yükseldiği görülmüştür. Ozmotik işlem sonunda 45°C’de %25, %45, %55 ve %65 çözelti konsantrasyonlarında sırasıyla -13.163 g sn<sup>-1</sup>, -35.151 g sn<sup>-1</sup>, -25.648 g sn<sup>-1</sup> ve -23.117 g sn<sup>-1</sup> olduğu belirlenmiştir. İşlem süresi, işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonunun dış yapışkanlık değeri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli (p<0.05) olduğu belirlenmiştir. Dış yapışkanlığın su kaybı ile 0.01 önem düzeyinde negatif yönde kuvvetli (r=-0.731) bir ilişkisi tespit edilmiştir.



### 3.4.3.3. Esneklik

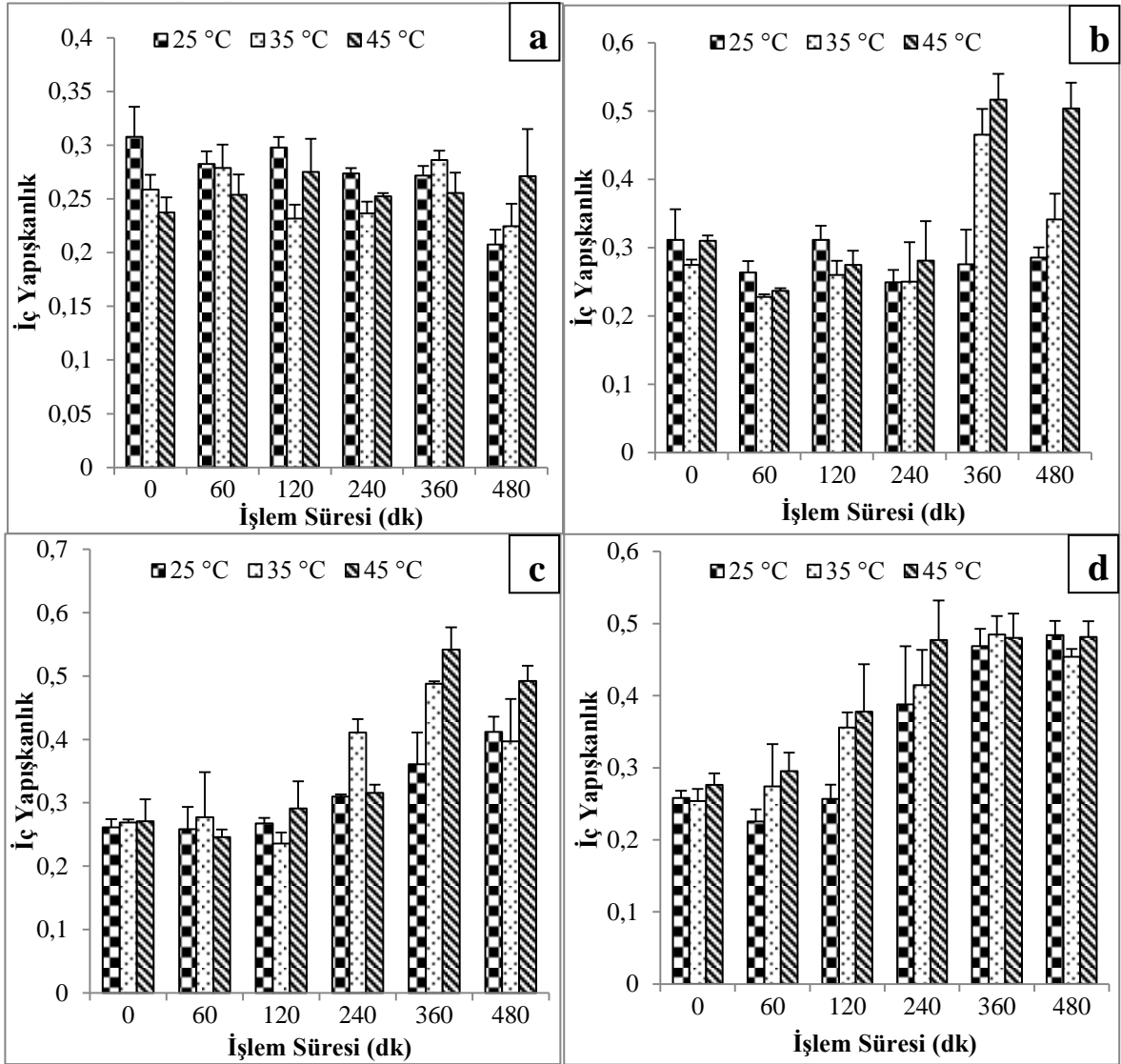
Tekstürel değerlerin diğer bir tanımlayıcısı olan esneklik değerlerinin 25°C’de 480 dakikalık daldırma işlemi sonunda sırasıyla 0.678, 0.523, 0.484 ve 0.484 olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.29.a-d). Şekil 3.29 d’ye göre 45°C’deki işlemde taze örneğin esneklik değeri 0.714 iken 480 dakika sonunda 0.541’e düştüğü görülmüştür. Bu çalışmanın temel parametresi olan su kaybı ile esneklik arasında 0.01 önem düzeyinde negatif yönde kuvvetli ( $r=-0.858$ ) bir ilişki tespit edilmiştir.



Şekil 3.29. Ozmotikdehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin esneklik değerindeki değişim grafiği  
a) %25, b) %45, c) %55, d) %65

### 3.4.3.4. İç Yapışkanlık

Şekil 3.30'da verilen iç yapışkanlık grafikleri incelendiğinde, zamanla birlikte bu değerlerde artış olduğu görülmüştür. Şekil 3.30.c'de 25°C, 35°C ve 45°C'lerdeki ozmotik uygulamalarda iç yapışkanlık değerlerinin 0.411, 0.397 ve 0.492 olduğu belirlenmiştir. Şekil 3.30.d'ye göre iç yapışkanlık değeri 0, 60, 120, 240, 360 ve 480 dakika sonunda sırasıyla 0.276, 0.295, 0.377, 0.477, 0.480 ve 0.481 olarak tespit edilmiştir. İşlem süresi, işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonunun iç yapışkanlık değeri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.01$ ) olduğu belirlenmiştir. İç yapışkanlığın, su kaybı ile 0.01 önem düzeyinde pozitif yönde kuvvetli ( $r = 0.754$ ) bir ilişkisi tespit edilmiştir.

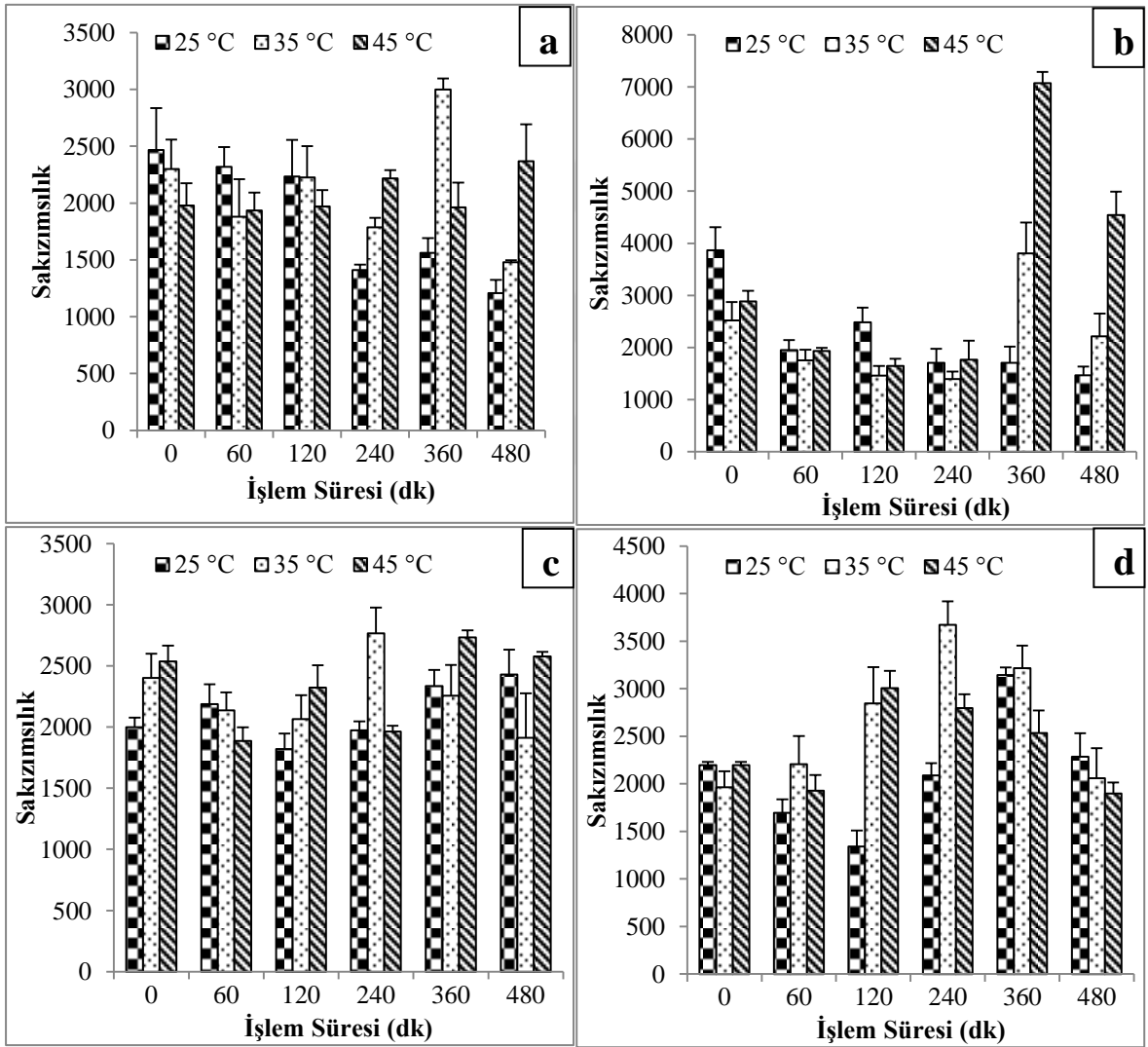


Şekil 3.30. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin iç yapışkanlık değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) %55, d) %65



### 3.4.3.5. Sakızimsılık

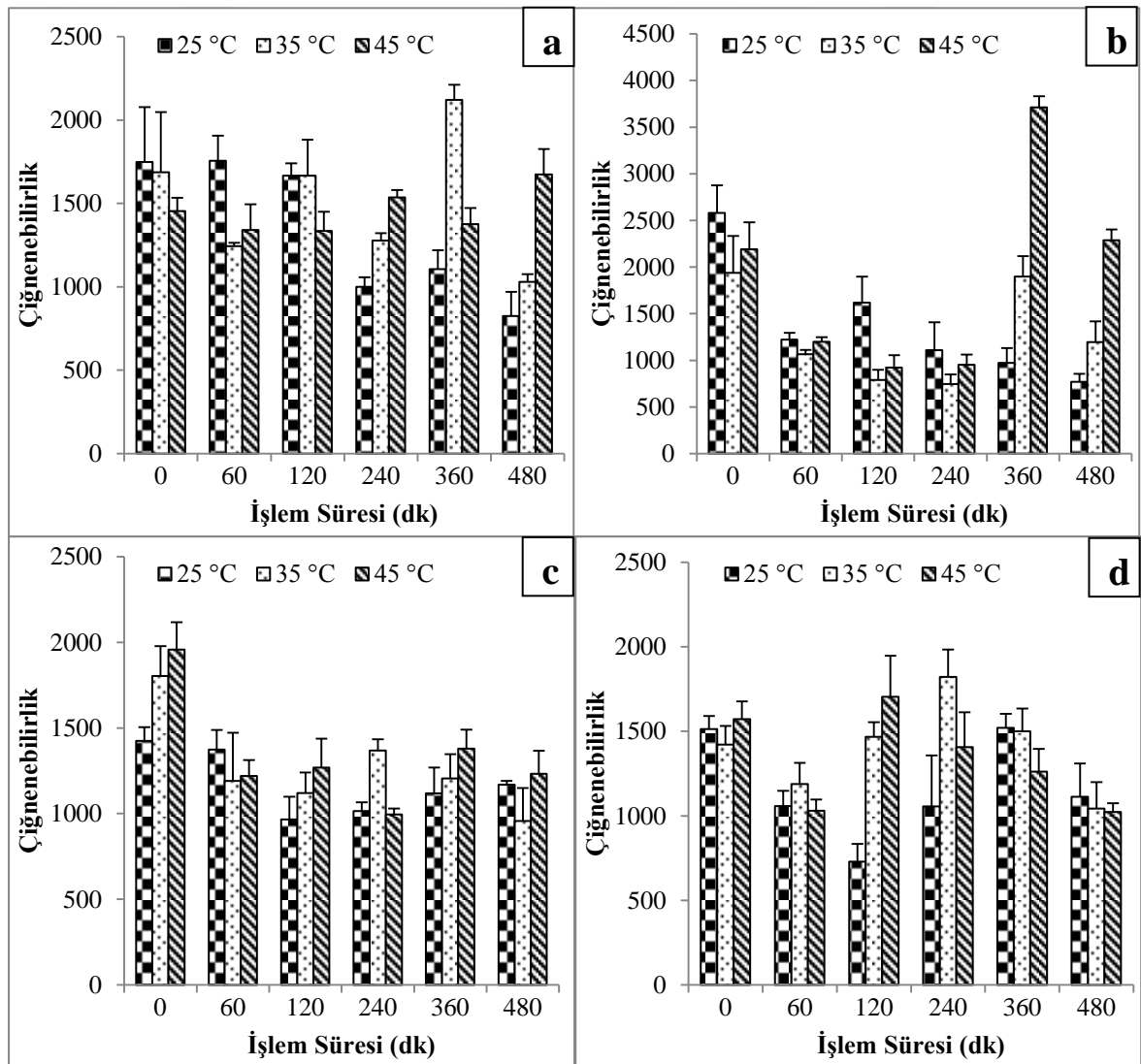
Ayva küplerinin ozmotik olarak kurutulması neticesinde sakızimsılık değerleri Şekil 3.31.a-d’de verilmiştir. Şekil 3.31.a’ya göre sakızimsılık değeri işlemin başlangıcında 2466.832 iken; sonunda 1209.829’a kadar düştüğü görülmüştür. Sakızimsılığın su kaybı ile 0.01 önem düzeyinde pozitif yönde zayıf ( $r=0.194$ ) bir ilişkisi tespit edilmiştir. İşlem süresi, işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonunun sakızimsılık değeri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.31. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin sakızimsılık değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) %55, d) %65

### 3.4.3.6. Çiğnenebilirlik

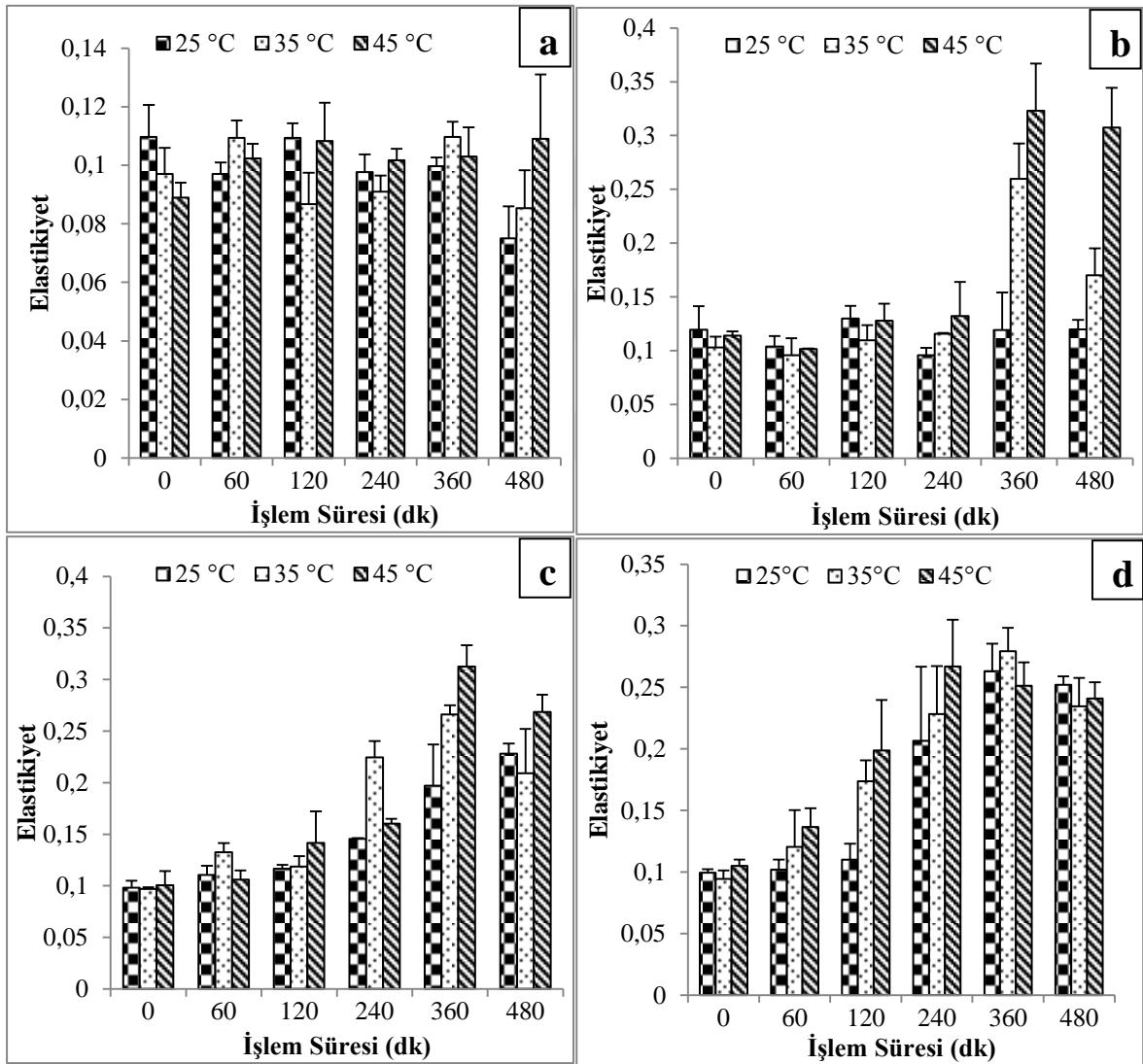
Ozmotik dehidrasyon işlemi boyunca ayva küplerinin çiğnenebilirlik değerlerindeki değişim şekil 3.32.a-d’de verilmiştir. Şekil 3.32.a incelendiğinde bu değerde işlem süresi boyunca dalgalanma olsa da süre sonunda düşüş tespit edilmiştir. 25°C’de işlem başlangıcında çiğnenebilirlik değeri 1425.093 iken; 480 dakika sonunda 1169.942’ye kadar düştüğü görülmüştür (Şekil 3.32.c). Ayvada çiğnenebilirlik değerinin su kaybı ile 0.01 önem düzeyinde negatif yönde zayıf ( $r=-0.224$ ) bir ilişkisinin var olduğu tespit edilmiştir. İşlem süresi, işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonunun çiğnenebilirlik değeri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli ( $p<0.05$ ) olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.32. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin çiğnenebilirlik değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) %55, d) %65

### 3.4.3.7. Elastikiyet

Ayva küplerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sonucunda elastikiyet değerlerinin işlem süresine bağlı olarak artış gösterdiği ortaya çıkmıştır (Şekil 3.33). Şekil 3.33.c'ye göre 25°C'de 0, 60, 120, 240, 360 ve 480 dakikalık işlem sonunda elastikiyet değerlerinin sırasıyla 0.098, 0.110, 0.116, 0.145, 0.197 ve 0.228 olduğu tespit edilmiştir. Elastikiyet değerinin su kaybı ile 0.01 önem düzeyinde pozitif yönde kuvvetli ( $r=0.802$ ) bir ilişkisi olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.33. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin elastikiyet değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) %55, d) %65

#### 3.4.4. Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Limon Ayvasının Renk Değerleri (L\*, a\*, b\*) Üzerine Etkisi

Ayva küplerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sonucu renk değerlerindeki değişimin verildiği üç yönlü varyans analizi tablolarına göre (Tablo 3.27, 3.28, 3.29) L\* değerinin 0.dakikada, 45°C’de ve %45 çözelti konsantrasyonunda en yüksek olduğu belirlenmiştir. Ozmotik dehidre edilen ayva küplerinin a\* değerlerinde ise işlem süresine bağlı olarak ‘negatifliğin’ (yeşillik) düştüğü ve 0.dakikada, 45°C’de ve %45 çözelti konsantrasyonunda en yüksek a\* değerlerinin elde edildiği tespit edilmiştir (Tablo 3.27-3.29). Ayva örneklerinin b\* değerlerinin ise 480 dakika sonunda 45°C’de ve %65 çözelti konsantrasyonunda en yüksek olduğu görülmüştür. Tablo 3.27-3.29 incelendiğinde ozmotik dehidrasyon işlemi sonunda ayva örneklerinde b\* değerlerinin arttığı saptanmıştır.

**Tablo 3.27.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin işlem süresine göre renk değerleri (n=216)

Renk Parametreleri			
Süre (dk)	L*	a*	b*
0	85.090 <sup>a</sup> ±0.461	-4.183 <sup>a</sup> ±0.008	25.400 <sup>a</sup> ±0.036
60	70.594 <sup>b</sup> ±0.397	-2.698 <sup>b</sup> ±0.085	27.760 <sup>bc</sup> ±0.338
120	67.395 <sup>c</sup> ±0.303	-2.439 <sup>b</sup> ±0.116	27.188 <sup>c</sup> ±0.201
240	66.524 <sup>c</sup> ±0.285	-1.908 <sup>c±</sup> 0.095	28.160 <sup>b</sup> ±0.359
360	65.359 <sup>d</sup> ±0.289	-2.069 <sup>c</sup> ±0.097	27.771 <sup>bc</sup> ±0.226
480	65.439 <sup>d</sup> ±0.434	-1.508 <sup>d</sup> ±0.134	29.813 <sup>a</sup> ±0.298

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

**Tablo 3.28.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin işlem sıcaklığına göre renk değerleri (n=216)

Renk Parametreleri			
Sıcaklık (°C)	L*	a*	b*
25	68.324 <sup>b</sup> ±0.610	-2.112 <sup>b</sup> ±0.103	26.641 <sup>c</sup> ±0.143
35	70.707 <sup>a</sup> ±0.538	-2.629 <sup>a</sup> ±0.081	27.653 <sup>b</sup> ±0.188
45	71.153 <sup>a</sup> ±0.566	-2.688 <sup>a</sup> ±0.913	28.751 <sup>a</sup> ±0.298

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

**Tablo 3.29.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin çözelti konsantrasyonuna göre renk değerleri (n=216)

Renk Parametreleri			
Konsantrasyon (% w/w)	L*	a*	b*
25	68.845 <sup>b</sup> ±1.127	-2.370 <sup>bc</sup> ±0.171	27.499 <sup>b</sup> ±0.309
45	71.060 <sup>a</sup> ±0.718	-2.883 <sup>a</sup> ±0.092	26.724 <sup>c</sup> ±0.188
55	69.204 <sup>b</sup> ±0.618	-2.598 <sup>b</sup> ±0.099	26.638 <sup>c</sup> ±0.153
65	70.510 <sup>b</sup> ±0.520	-2.209 <sup>c</sup> ±0.090	28.990 <sup>a</sup> ±0.259

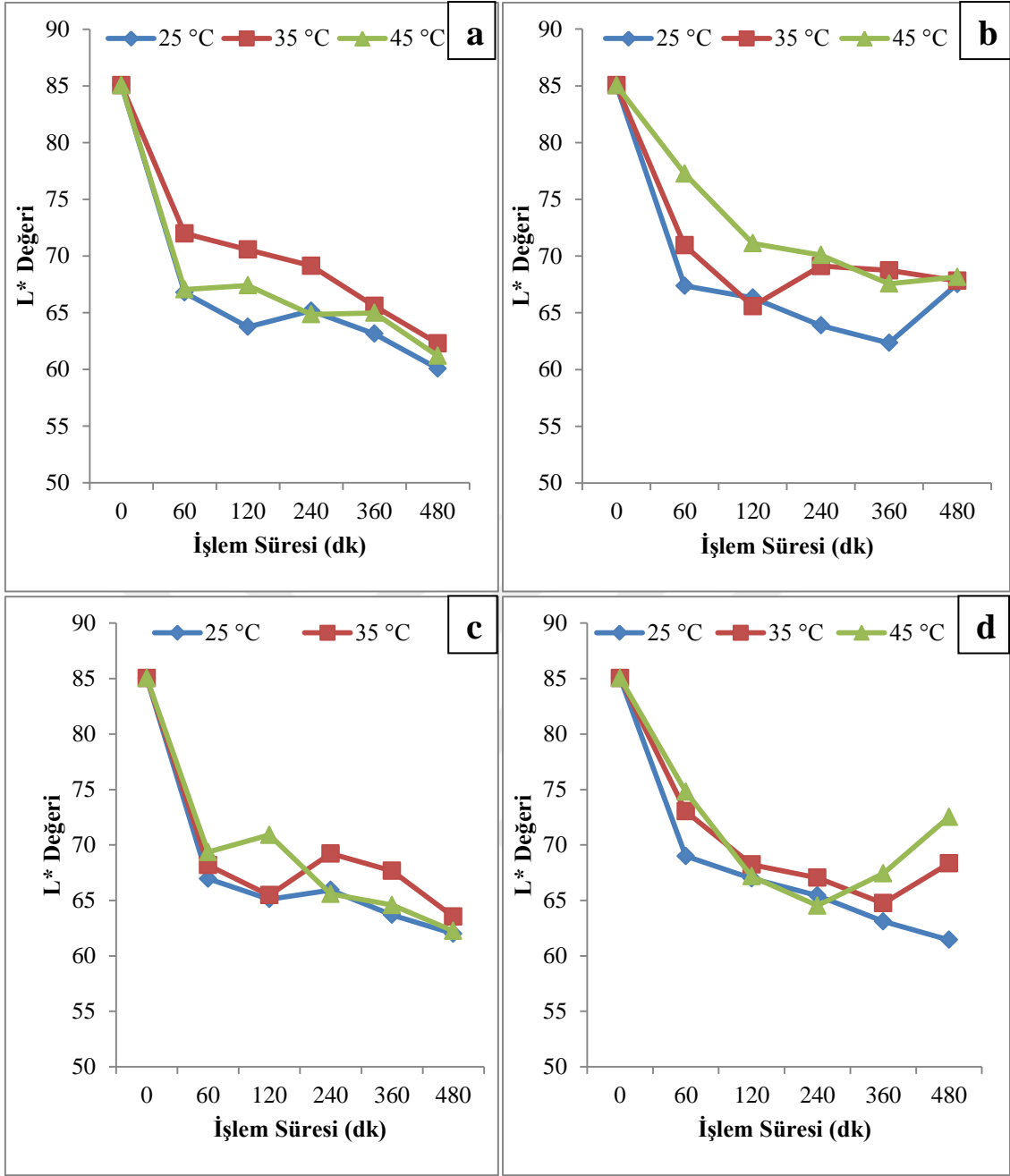
\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

Ozmotik dehidrasyon işleminin ayva küplerinin L\* ‘parlaklık’ değeri üzerindeki değişimi Şekil 3.34’te verilmiştir. Ayva küplerinde bu işlem neticesinde parlaklık değerinin düştüğü görülmüştür. Şekil 3.34.a’ya göre en yüksek değer 85.05 ile 0. dakikada; en düşük değerin ise 60.08 ile 25°C’de olduğu belirlenmiştir. Şekil 3.34

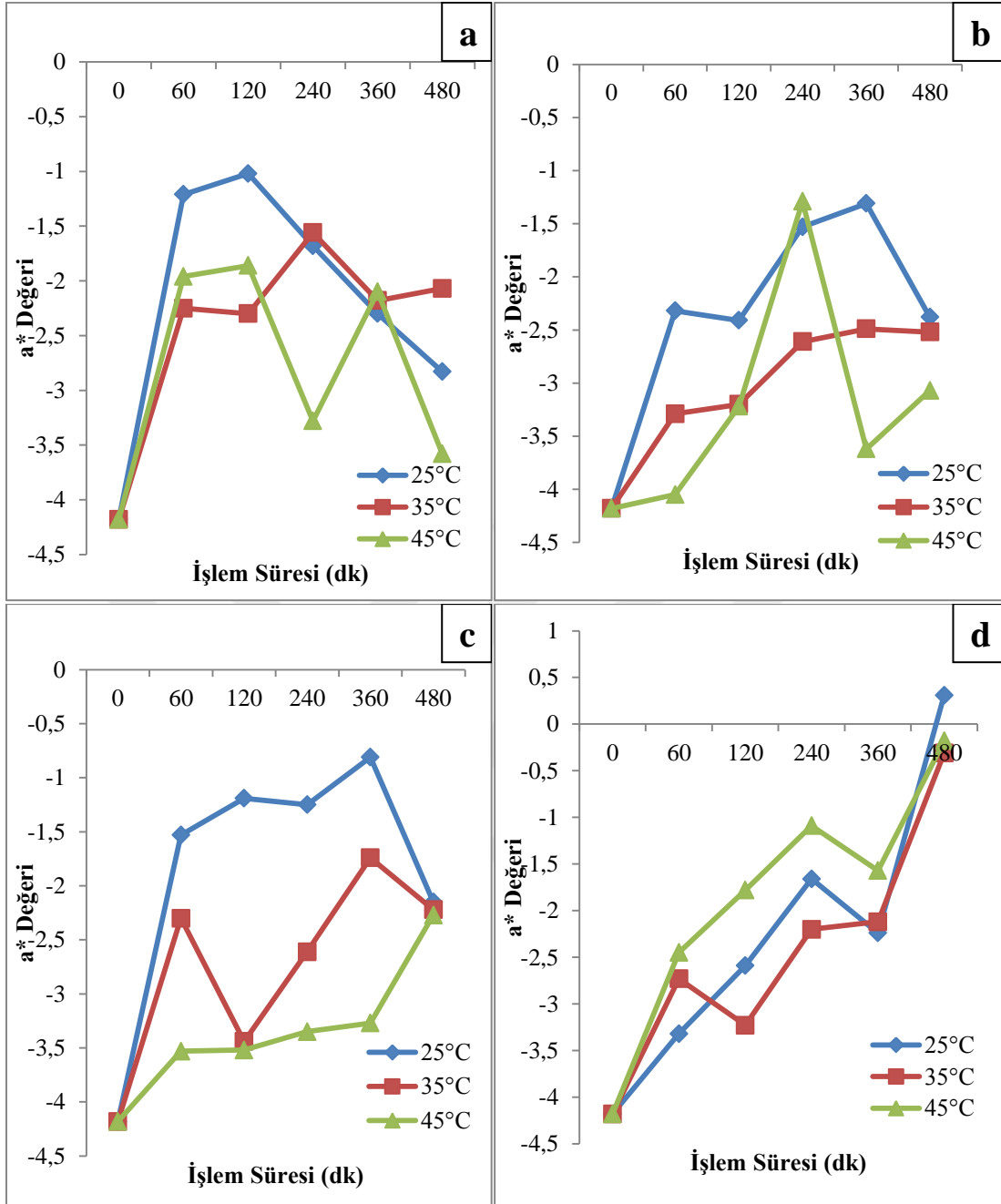
incelendiğinde çözelti konsantrasyonundaki artışın  $L^*$  değerini de arttırdığı ancak hiçbir koşulda başlangıçtaki parlaklık değerine ulaşmadığı tespit edilmiştir. Ozmotik dehidrasyon işleminin; işlem süresi, işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonunun etkisinin istatistiksel olarak önemli ( $p<0.01$ ) olduğu bulunmuştur.

Şekil 3.35'te ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin  $a^*$  değerlerindeki değişim verilmiştir. Şekil 3.35.a'da görüldüğü gibi bu değer başlangıçta -4.18 iken; 480 dakikalık ozmotik işlem sonunda  $25^{\circ}\text{C}$ 'de -2.83,  $35^{\circ}\text{C}$ 'de -2.06 ve  $45^{\circ}\text{C}$ 'de -3.58 olduğu görülmüştür. Şekil 3.35.d'de işlem sonuna doğru  $a^*$  değerleri  $25^{\circ}\text{C}$ 'deki uygulamada 0.31'e kadar yükselmiştir. Ozmotik dehidrasyon işleminin işlem süresi, işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonuna etkisi istatistiksel olarak önemli ( $p<0.01$ ) bulunmuştur.

Ozmotik dehidrasyon süresince ayva küplerinin  $b^*$  değerlerinde meydana gelen değişimler Şekil 3.36.a-d'de gösterilmiştir. Şekil 3.36.a'da  $45^{\circ}\text{C}$  işlem sıcaklığında başlangıçtaki değer 25.4 iken; işlem sonunda 26'ya yükseldiği görülmüştür. Çözelti konsantrasyonundaki artışın ayva örneklerinde  $b^*$  değerlerini yükselttiği dikkati çekmiştir. %65 çözelti konsantrasyonunda gerçekleştirilen ozmotik dehidrasyon işleminin sonunda  $25^{\circ}\text{C}$ ,  $35^{\circ}\text{C}$  ve  $45^{\circ}\text{C}$ 'lerdeki  $b^*$  değerlerinin sırasıyla 24.13, 34.42 ve 36.63 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.36.d). Ozmotik dehidrasyon işleminin; işlem süresi, işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonuna etkisi istatistiksel olarak önemli ( $p<0.01$ ) bulunmuştur.

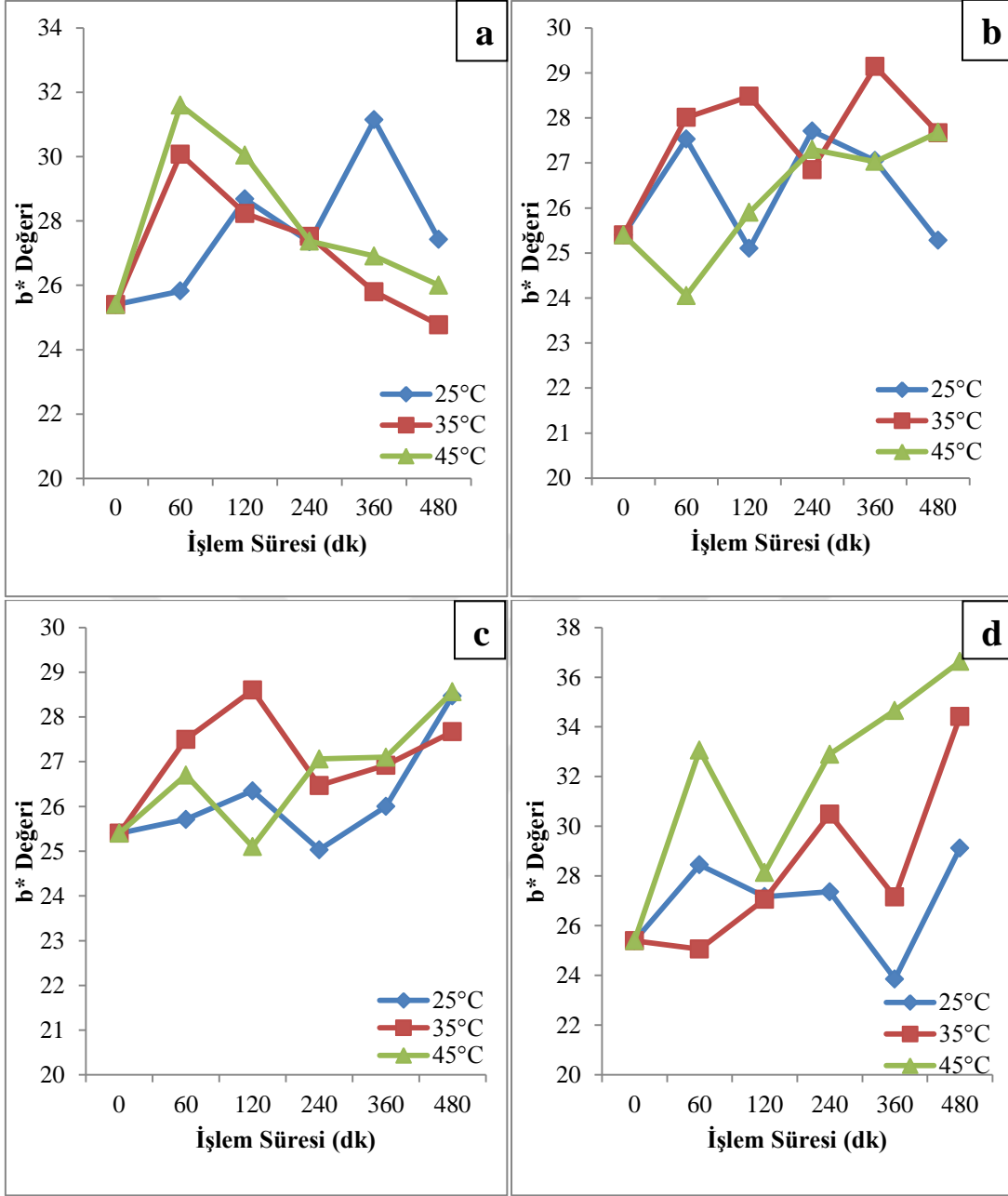


Şekil 3.34. Farklı çözelti konsantrasyonu ve sıcaklıklarda ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin L\* değerlerindeki değişimler a) %25, b) %45, c) %55, d) %65



**Şekil 3.35.** Farklı çözelti konsantrasyonu ve sıcaklıklarda ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin a\* değerlerindeki değişimler a) %25, b) %45, c) %55, d) %65





**Şekil 3.36.** Farklı çözelti konsantrasyonu ve sıcaklıklarda ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin b\* değerlerindeki değişimler a) %25, b) %45, c) %55, d) %65

### 3.4.5. Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Limon Ayvasının Rehidrasyon Oranı Üzerine Etkisi

Ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası sıcak hava ile kurutulan ayva örneklerinin rehidrasyon oranına ait tablolar (Tablo 3.30, 3.31 ve 3.32) birlikte değerlendirildiğinde en yüksek değer işlem başlangıcında, 25°C’de %25 çözelti konsantrasyonunda gerçekleştiği görülmüştür. En düşük değer ise; 480 dakikalık işlem sonunda 45°C sıcaklıktaki %65 çözelti konsantrasyonunda elde edildiği tespit edilmiştir. Ozmotik işlem süresi, işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonunun rehidrasyon kapasitesi üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli ( $p<0.01$ ) bulunmuştur.

**Tablo 3.30.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin işlem süresine göre rehidrasyon kapasitesi değerleri (n=216)

Süre (dk)	Rehidrasyon Oranı
0	3.817 <sup>a</sup> ±0.021
60	2.692 <sup>b</sup> ±0.028
120	2.618 <sup>c</sup> ±0.038
240	2.518 <sup>de</sup> ±0.030
360	2.566 <sup>cd</sup> ±0.036
480	2.458 <sup>e</sup> ±0.0401

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre  $p<0.01$  önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

**Tablo 3.31.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin işlem sıcaklığına göre rehidrasyon kapasitesi değerleri (n=216)

	Sıcaklık (°C)		
	25	35	45
Rehidrasyon Oranı	2.853 <sup>a</sup> ± 0.041	2.836 <sup>a</sup> ± 0.040	2.646 <sup>b</sup> ± 0.044

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre  $p<0.01$  önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

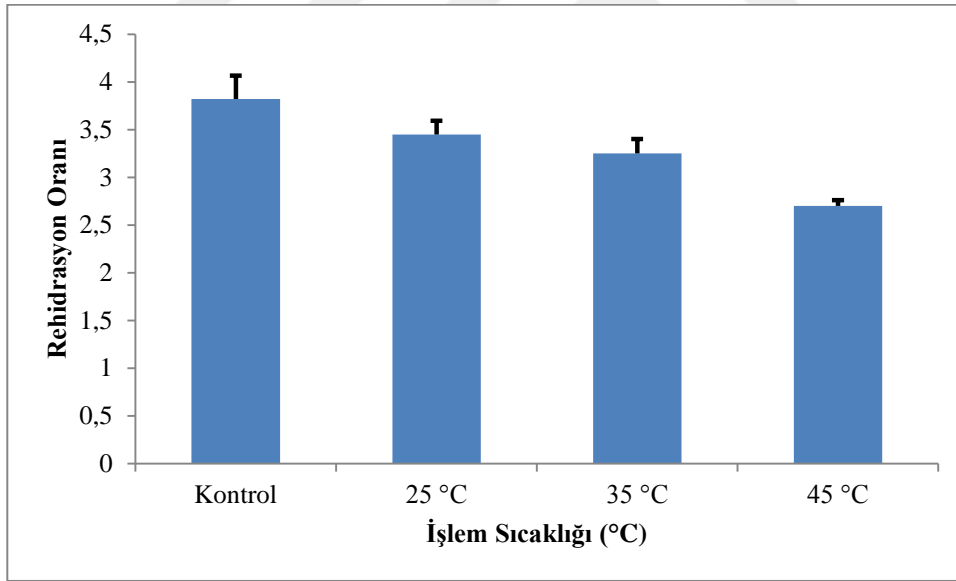
**Tablo 3.32.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin çözelti konsantrasyonuna göre rehidrasyon kapasitesi değerleri (n=216)

	Konsantrasyon (% w/w)			
	25	45	55	65
Rehidrasyon Oranı	3.241 <sup>a</sup> ±0.056	2.840 <sup>b</sup> ±0.054	2.820 <sup>b</sup> ±0.038	2.600 <sup>c</sup> ±0.038

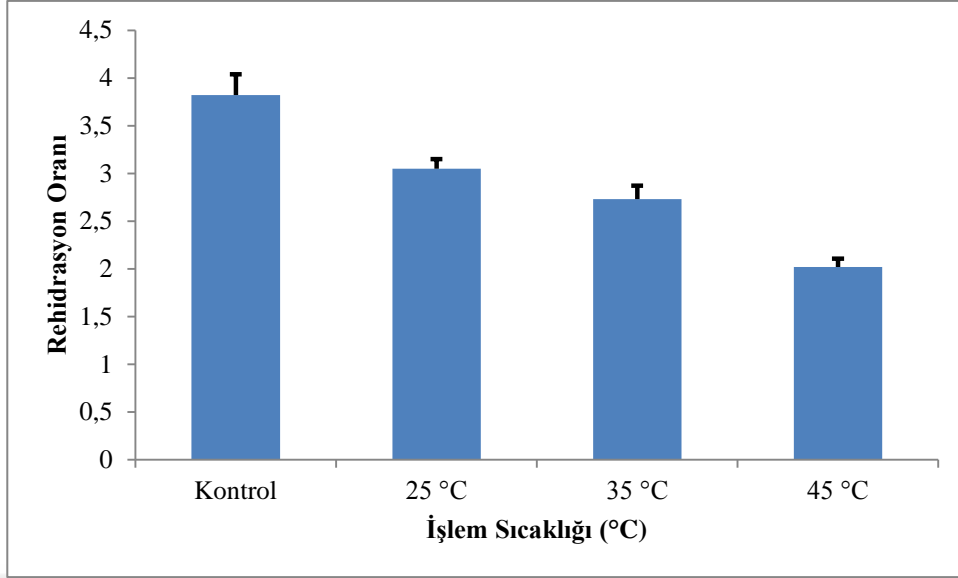
\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre  $p<0.01$  önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

Ozmotik dehidrasyon işlemi için %25 çözelti konsantrasyonuna daldırılan ve işlem sonrası kurutulan ayva örneklerinin rehidrasyon kapasiteleri Şekil 3.37’de verilmiştir. Kontrol için ayrılan ayva örneklerinin rehidrasyon kapasitesinin, ozmotik işleme tabi tutulmuş ayva örneklerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Farklı çözelti konsantrasyonlarının rehidrasyon kapasitelerinin etkisinin gösterildiği Şekil 3.37- 3.40 incelendiğinde en düşük rehidrasyon kapasitesinin Şekil 3.39’daki %65 çözelti konsantrasyonunda gerçekleştiği tespit edilmiştir. Ozmotik dehidrasyon işleminde süre, sıcaklık ve çözelti konsantrasyonunun rehidrasyon kapasitesine etkisi istatistiksel olarak önemli ( $p<0.01$ ) bulunmuştur.

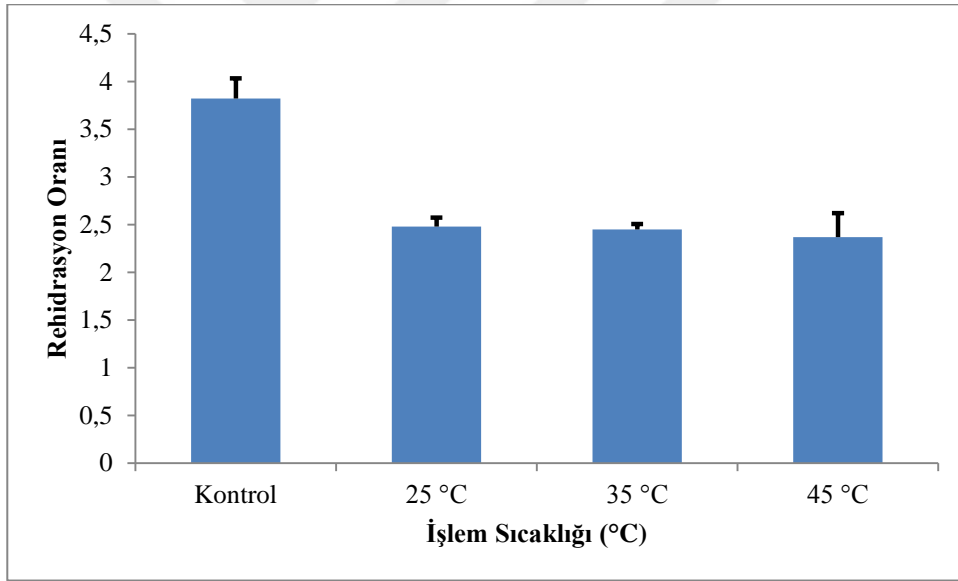
Rehidrasyon kapasitesinin su kaybı ve katı kazanımı gibi kütle transfer parametreleri ile ilişkisini belirlemek için değerlere Pearson korelasyon testi uygulanmıştır. Buna göre rehidrasyon kapasitesinin su kaybı değerleri ile 0.01 önem düzeyinde negatif yönde kuvvetli bir ilişkisi ( $r= -0.837$ ), katı kazanımı ile 0.01 önem düzeyinde negatif yönde kuvvetli bir ( $r=-0.835$ ) ilişkisi tespit edilmiştir.



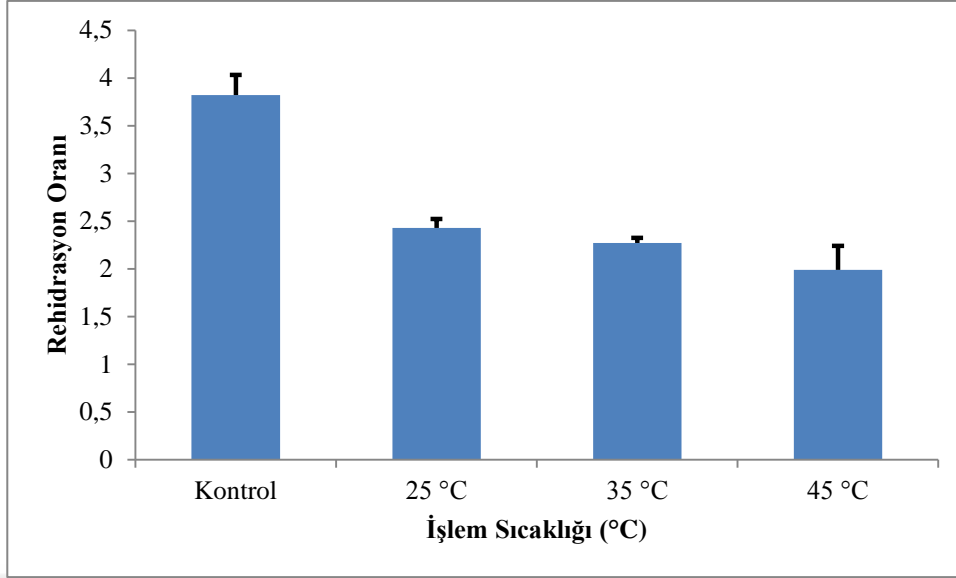
**Şekil 3.37.** %25 çözelti konsantrasyonu ile dehidre edildikten sonra kurutulan ayva küplerinin rehidrasyon oranları



Şekil 3.38. %45 çözelti konsantrasyonu ile dehidre edildikten sonra kurutulan ayva küplerinin rehidasyon oranları



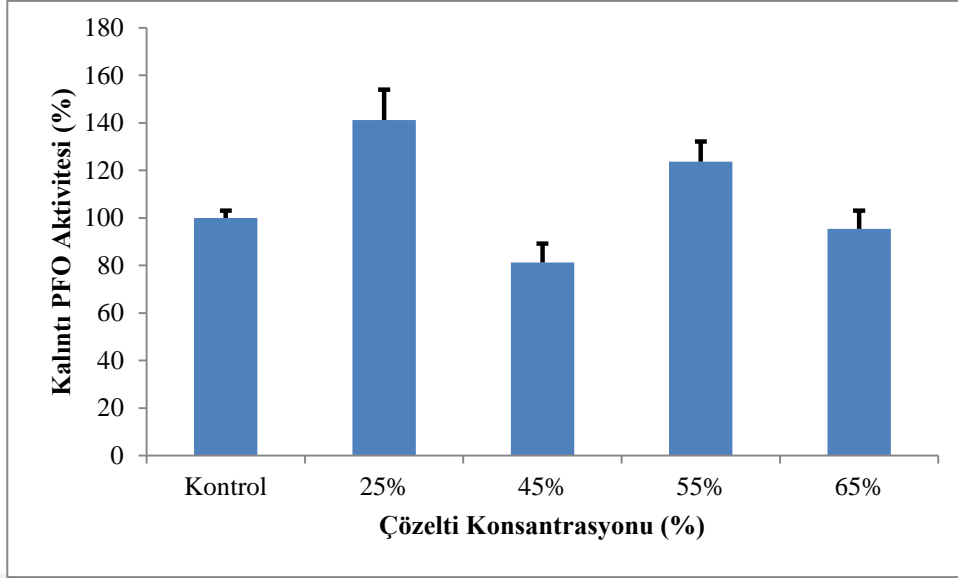
Şekil 3.39. %55 çözelti konsantrasyonu ile dehidre edildikten sonra kurutulan ayva küplerinin rehidasyon oranları



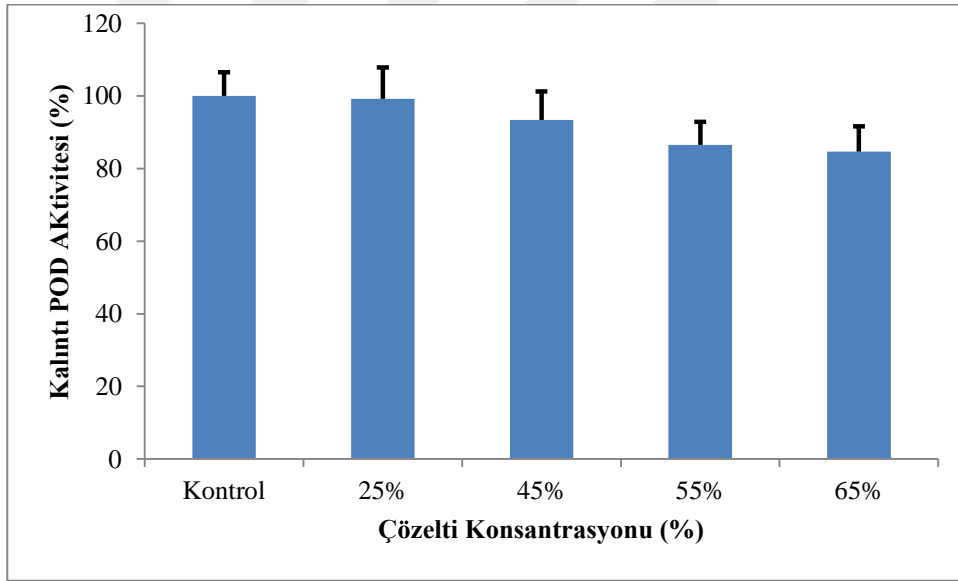
Şekil 3.40. %65 çözelti konsantrasyonu ile dehidre edildikten sonra kurutulmuş ayva küplerinin rehidasyon oranları

### 3.4.6. Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Limon Ayvasının Yapısındaki POF ve POD Aktivitesi Üzerine Etkisi

Çalışmada ayva küplerinin ozmotik dehidrasyon işleminde enzimatik aktivite değerlerindeki değişim incelenmiştir. Şekil 3.41’de farklı çözelti konsantrasyonlarındaki ayva örneklerinin kontrol örneklerine göre kalıntı POF enzim aktivite değerleri verilmiştir. POF enzim aktivitesinin %25 çözelti konsantrasyonunda %141.22’ye yükseldiği ancak %65 çözelti konsantrasyonunda %95.41’e düştüğü görülmüştür. Şekil 3.42’de görüldüğü üzere ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulmuş ayva örneklerinin kontrol örneklerine göre kalıntı POD enzim aktivitesi açısından daha düşük değerlere sahip olduğu izlenmiştir. Kalıntı POD enzim aktivitesi değerlerinin %25, %45, %55 ve %65 çözelti konsantrasyonlarında sırasıyla %99.23, %93.26, %86.47 ve %84.69 olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.41. Ayva küplerine farklı çözelti konsantrasyonlarında uygulanan ozmotik dehidrasyon işleminin PFO enzim aktivitesi üzerine etkisi

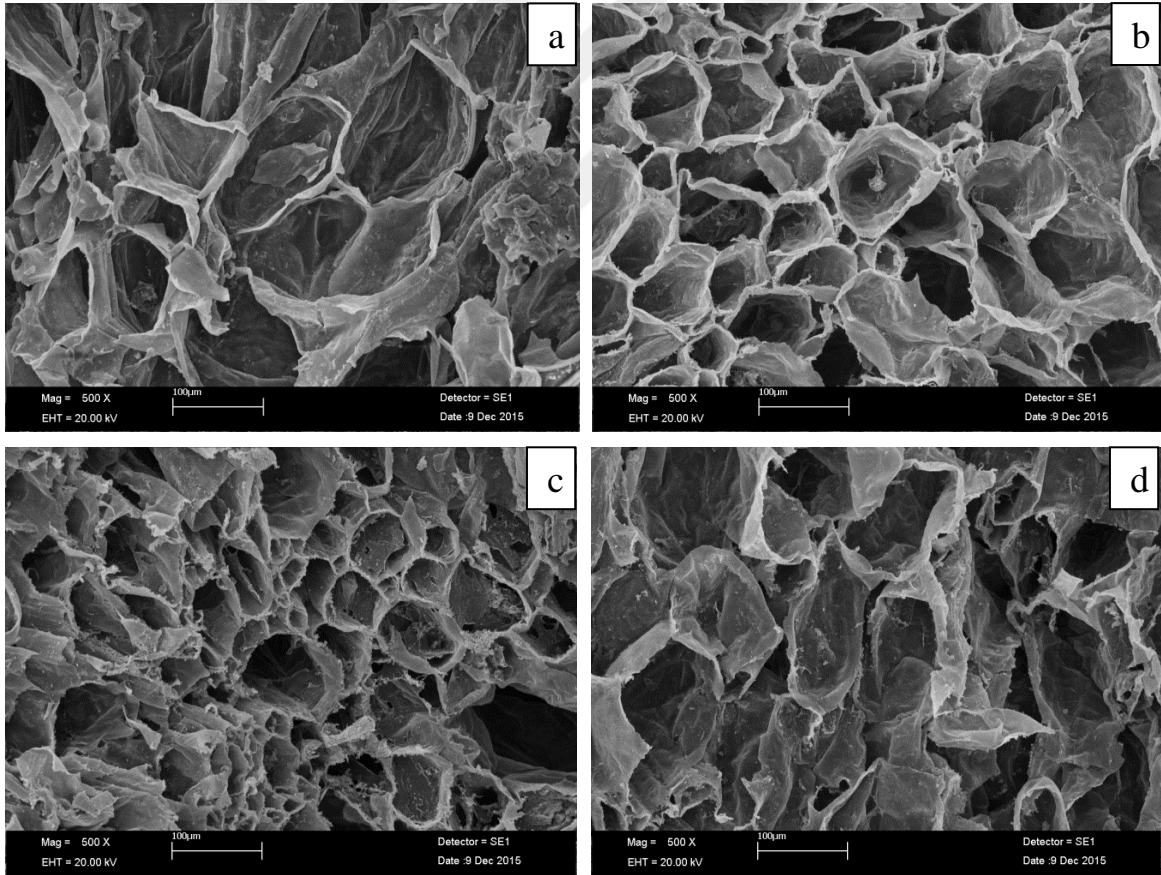


Şekil 3.42. Ayva küplerinin farklı çözelti konsantrasyonlarında uygulanan ozmotik dehidrasyon işleminin POD enzim aktivitesi üzerine etkisi

### 3.4.7. Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Limon Ayvasının Mikroskobik Yapısı Üzerindeki Etkisi

Ozmotik dehidrasyon işlemi sonrasında ayva küplerinin mikro yapısındaki değişiklikler resim 3.2'de görüntülenmiştir. Kontrol örneklerinin dokularının normal morfoloji ile tipik ince duvarlı, yuvarlak şekilli hücrelerden oluştuğu ve görünür hiçbir hücreler arası boşluk bulunmadığı saptanmıştır (Resim 3.2.a).

Taze ayva örnekleri ile karşılaştırıldığı zaman ozmotik dehidrasyon boyunca giderek artan işlem sıcaklığı ile ayva dokularını oluşturan hücrelerin düzensiz şekillendiği, yerleşiminin bozulduğu ve çok sayıda bozulmuş hücre duvarına sahip olduğu görülmüştür. Kontrol örneklerindeki normal hücrelere göre biçimsiz bir görüntüde olan bu hücrelerin birbirleri ile olan ilişkilerinin azalarak hücrelerin koptuğu ve mikroskobik kanalların oluşmaya başladığı görülmüştür (Resim 3.2.b-d).



**Resim 3.2.** Farklı sıcaklıklarda %65 çözelti konsantrasyonunda ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan ayva küplerinin SEM görüntüleri a) Kontrol, b) 25°C, c) 35°C, d) 45°C

### 3.5. Taze Grand Nain Tipi Muzun Bazı Fiziksel Parametreleri ve Besinsel Bileşimi

Grand Nain tipi taze muz örneklerine ait bazı değerlerin verildiği Tablo 3.33'e göre yenilebilir meyve kısmının kuru madde miktarı %28.54 olarak hesaplanmıştır. Suda çözünen kuru madde miktarının 11.82, titrasyon asitliği değerinin ise %0.57 olduğu görülmüştür. Kuru maddedeki Na, K ve Ca içeriklerinin sırasıyla 92.86, 7.75 ve 5.68 olduğu tespit edilmiştir. Muz örneklerinin L\* renk değeri 77.65 iken Chroma değerinin 33.32 olduğu saptanmıştır.

**Tablo 3.33.** Taze Grand Nain tipi muza ait bazı fiziksel parametreler ve besinsel bileşimi

Parametreler <sup>1</sup>	Değerler
Kuru madde (%)	28.54 ± 1.54
S.Ç.K.M (Briks)	22.82 ± 0.37
pH	4.83 ± 0.04
Titrasyon Asitliği(%)	0.57 ± 0.03
a <sub>w</sub>	0.965 ± 0.01
<b>Mineral içeriği<sup>2</sup> (ppm)</b>	
Na	92.86 ± 5.39
Mg	0.80 ± 0.36
K	7.75 ± 0.01
Ca	5.68 ± 0.02
Fe	4.28 ± 0.01
<b>Renk Değerleri</b>	
L*	77.65 ± 0.18
a*	-1.26 ± 0.04
b*	33.79 ± 0.42
Chroma	33.32 ± 0.26

1: ölçümler meyvenin yenilebilir kısmından yapılmıştır. 2: kuru maddede tespit edilmiştir.

### 3.6. Grand Nain Tipi Muzun Ozmotik Dehidrasyonu

#### 3.6.1. Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Grand Nain Tipi Muzun Kütle Transferi Üzerine Etkisi

Ozmotik dehidrasyona tabi tutulan muz dilimlerine ait kütle transfer parametrelerinin üç yönlü varyans analizi sonuçlarına (Tablo 3.34, 3.35, 3.36) göre en yüksek su kaybı değerleri 45°C'de %65 çözelti konsantrasyonunda ve 480 dakikalık daldırma süresi sonunda elde edilmiştir. 60 dakikalık işlem sonunda su kaybı değeri 4.399 iken; 480 dakika sonunda bu değer 10.635'e yükselmiştir. Su kaybı açısından Tablo 3.35 incelendiğinde 45°C'de bu değer 10.001 olduğu görülmüştür. Tablo 3.36'da %25 çözelti



konsantrasyonunda su kaybı değerinin negatif olduğu tespit edilmiştir. İşlem sũresi, işlem sıcaklığı ve ozelti konsantrasyonunun su kaybı ¼zerindeki etkisi istatistiksel olarak ¼nemli ( $p<0.01$ ) bulunmuştur.

Muz dilimlerinin katı kazanımı değerlerinin; işlem sũresi, işlem sıcaklığı ve ozelti konsantrasyonu açısından elma ve ayva ¼rneklerinin katı kazanımı değerlerine benzer eğilimde olduğu g¼r¼lm¼řt¼r. Katı kazanımının en y¼ksek olduğu deneysel ortam; 45°C sıcaklıkta, %65 ozelti konsantrasyonunda ve 480 dakikalık işlem sonunda gerçekleşmiştir. Farklı ozelti konsantrasyonlarındaki k¼tle transfer değerlerinin incelendiği Tablo 3.36'ya g¼re %25 ozelti konsantrasyonunda katı kazanımı değeri 1.916 iken %65 ozelti konsantrasyonunda bu değerin 4.123 olduğu g¼r¼lm¼řt¼r. İşlem sũresi, işlem sıcaklığı ve ozelti konsantrasyonunun katı kazanımı ¼zerindeki etkisi istatistiksel olarak ¼nemli ( $p<0.01$ ) bulunmuştur.

Tablo 3.34'e g¼re, k¼tle transfer parametrelerinden bir diğeri olan ağırlık azalışı değerinin 480 dakikalık işlem sonunda 6.762 olduğu tespit edilmiştir. Tablo 3.34-3.36'daki ağırlık azalışı değerleri incelendiğinde en y¼ksek değerlerin 45°C'de 480 dakikalık işlem sũresinde ve %65 ozelti konsantrasyonlarında g¼r¼ld¼ę¼ g¼ze çarpmıştır. İşlem sũresi, işlem sıcaklığı ve ozelti konsantrasyonunun ağırlık azalışı ¼zerindeki etkisi istatistiksel olarak ¼nemli ( $p<0.01$ ) bulunmuştur.

**Tablo 3.34.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin işlem süresine göre kütle transfer değerleri (n=216)

Kütle Transfer Parametreleri			
Süre (dk)	Su Kaybı (%)	Katı Kazanımı (%)	Ağırlık Kaybı (%)
60	4.399 <sup>d</sup> ±0.961	2.131 <sup>d</sup> ±0.135	2.271 <sup>d</sup> ±0.894
120	5.851 <sup>c</sup> ±1.256	2.664 <sup>c</sup> ±0.170	3.187 <sup>cd</sup> ±1.140
240	7.775 <sup>b</sup> ±1.603	3.072 <sup>b</sup> ±0.207	4.704 <sup>bc</sup> ±1.455
360	9.074 <sup>b</sup> ±1.927	3.566 <sup>a</sup> ±0.254	5.508 <sup>ab</sup> ±1.759
480	10.635 <sup>a</sup> ±2.222	3.901 <sup>a</sup> ±0.293	6.762 <sup>a</sup> ±2.017

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

**Tablo 3.35.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin işlem sıcaklığına göre kütle transfer değerleri (n=216)

Kütle Transfer Parametreleri			
Sıcaklık (°C)	Su Kaybı (%)	Katı Kazanımı (%)	Ağırlık Kaybı (%)
25	5.094 <sup>c</sup> ±1.203	2.849 <sup>b</sup> ±0.148	2.244 <sup>c</sup> ±1.141
35	7.544 <sup>b</sup> ±1.286	2.959 <sup>b</sup> ±0.159	4.604 <sup>b</sup> ±0.309
45	10.001 <sup>a</sup> ±1.352	3.391 <sup>a</sup> ±0.235	6.610 <sup>a</sup> ±1.130

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

**Tablo.3.36.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin çözelti konsantrasyonuna göre kütle transfer değerleri (n=216)

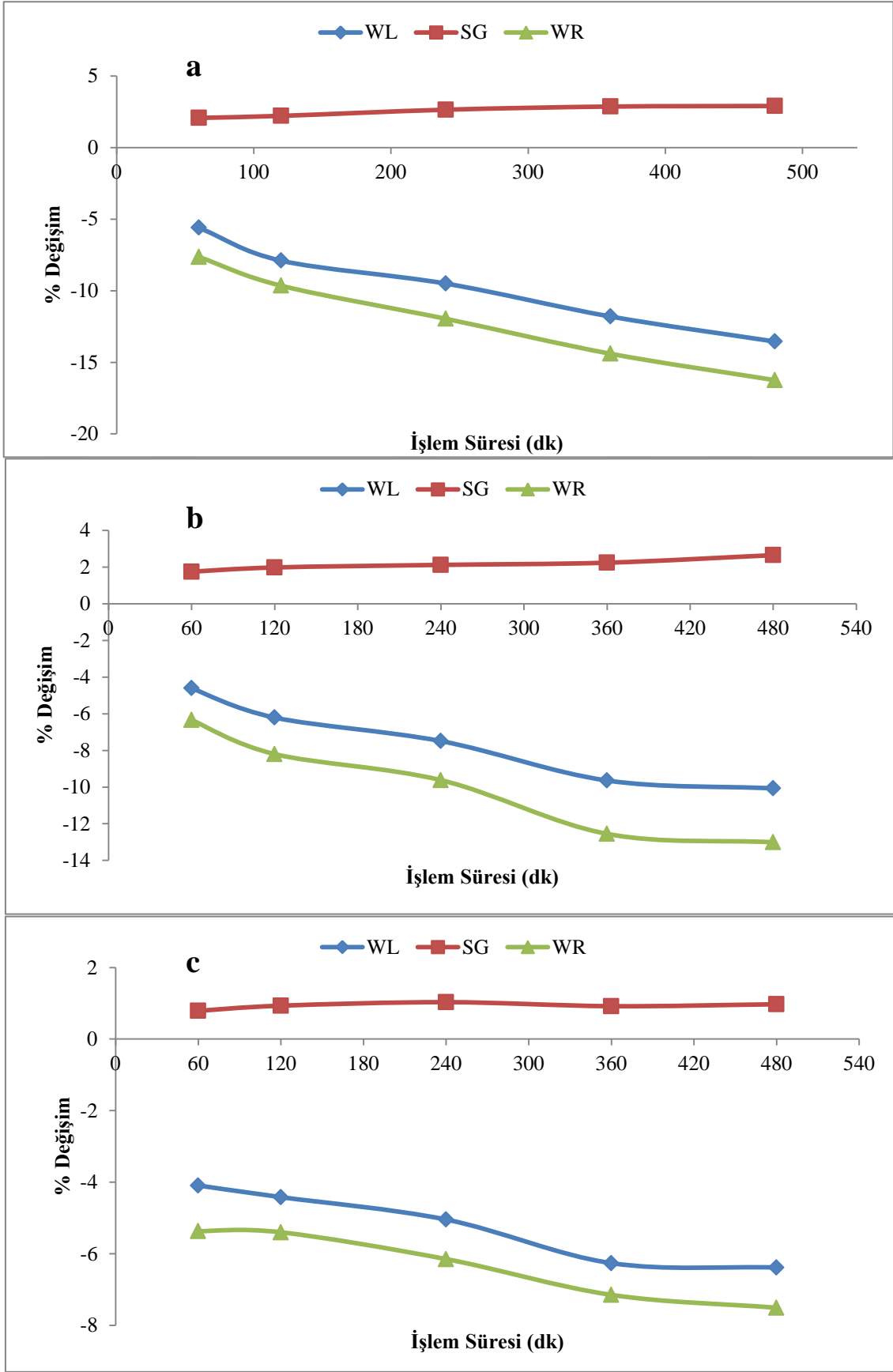
Kütle Transfer Parametreleri			
Konsantrasyon(% w/w)	Su Kaybı (%)	Katı Kazanımı (%)	Ağırlık Kaybı (%)
25	-7.501 <sup>d</sup> ± 0.401	1.916 <sup>b</sup> ±0.118	-9.417 <sup>d</sup> ±0.504
45	8.278 <sup>c</sup> ±0.388	2.286 <sup>b</sup> ±0.193	5.992 <sup>c</sup> ±0.265
55	13.218 <sup>b</sup> ±0.549	3.941 <sup>a</sup> ±0.122	9.262 <sup>b</sup> ±0.454
65	16.192 <sup>a</sup> ±0.989	4.123 <sup>a</sup> ±0.189	12.092 <sup>a</sup> ±0.813

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

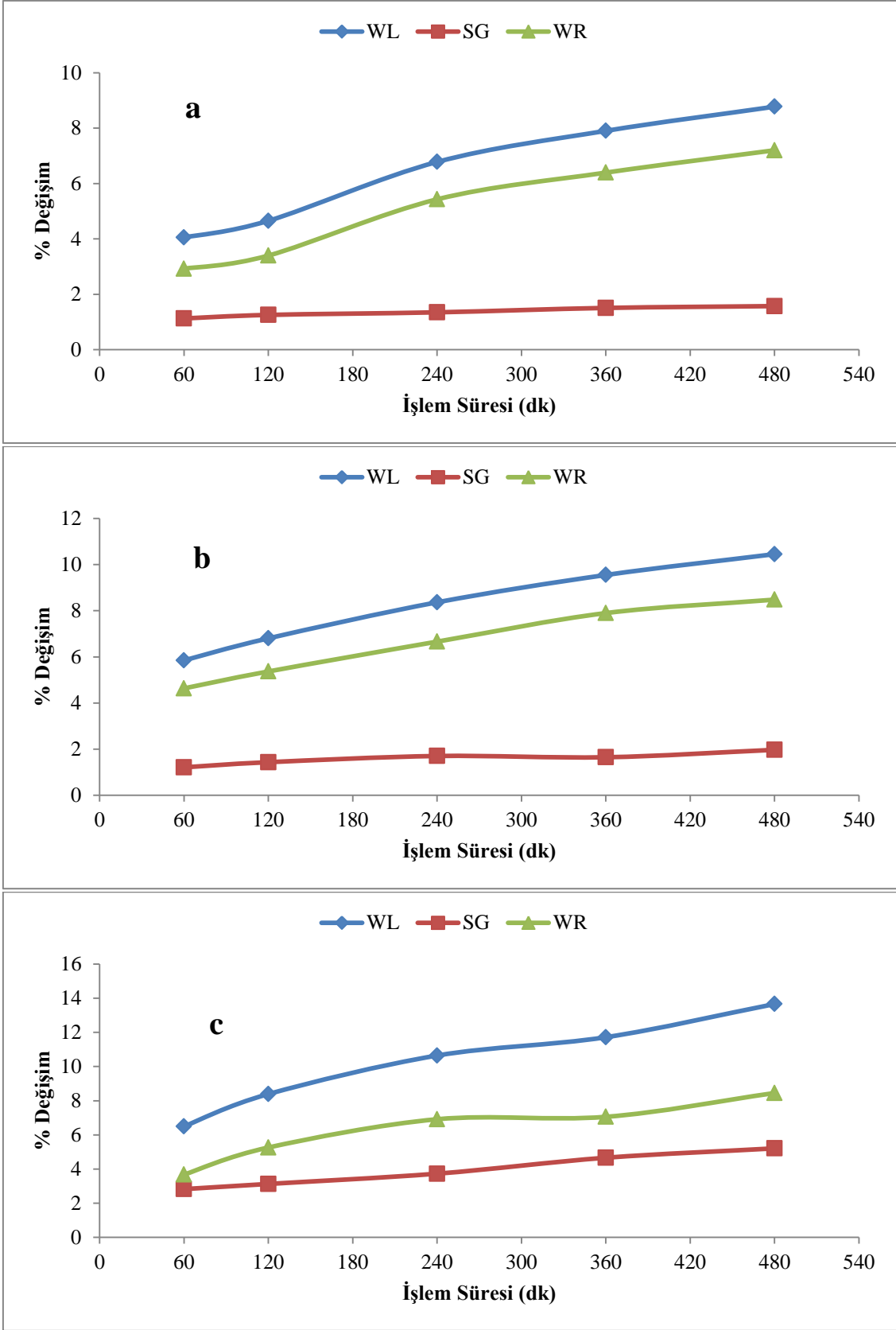
Ozmotik dehidrasyon işleminin muz dilimlerinde kütle transfer parametreleri üzerindeki değişimi Şekil 3.43-3.46'da verilmiştir. Muz dilimlerinin su kaybı değerlerinin -13.55 ile 29.69 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Şekil 3.43.a'ya göre bu değer 60 dakika sonunda -5.60 iken 480 dakika sonunda -13.55'e ulaştığı gözlenmiştir. Özellikle %25 çözelti konsantrasyonunda su kaybı değeri negatif yönde gerçekleşmiştir. Muz dilimlerinin %55 çözelti konsantrasyonundaki su kaybı değerlerinin verildiği Şekil 3.45'te 25°C'de işlem sonunda 14.95'e, 45°C'de ise 14.9'a ulaştığı görülmüştür. Yüksek çözelti konsantrasyonunun 25°C, 35°C ve 45°C'deki etkisi Şekil 3.46'da incelendiğinde, ozmotik dehidrasyon işlemi sonunda su kaybı değerlerinin sırasıyla 17.51, 24.476 ve 29.69'a ulaştığı belirlenmiştir. İşlem süresi, işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonunun su kaybı üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli ( $p<0.01$ ) bulunmuştur.

Şekil 3.43-3.46 incelendiğinde katı kazanımı değerlerinin ozmotik dehidrasyon işleminde zamana bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir. Şekil 3.43.a'da 60 dakikalık daldırma işlemi sonunda katı kazanımı değeri 2.08 iken; 480 dakika sonunda bu değer 2.91'e yükselmiştir. Şekil 3.44.a-c'de ozmotik işlem sonunda elde edilen katı kazanımı değerleri sırasıyla 1.57, 1.97 ve 5.21 olarak belirlenmiştir. Muz dilimlerinin 25°C'de 480 dakikalık işlem sonunda ve %45 çözelti konsantrasyonda katı kazanımı değeri 1.57 iken; aynı koşullardaki %65 çözelti solüsyonunda katı kazanımı değeri 5.51 olarak izlenmiştir. En yüksek katı kazanımı değerlerinin %65 çözelti konsantrasyonundaki işlem koşullarında gerçekleştiği görülmüştür. İşlem süresi, işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonunun katı kazanımı üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli ( $p<0.01$ ) bulunmuştur.

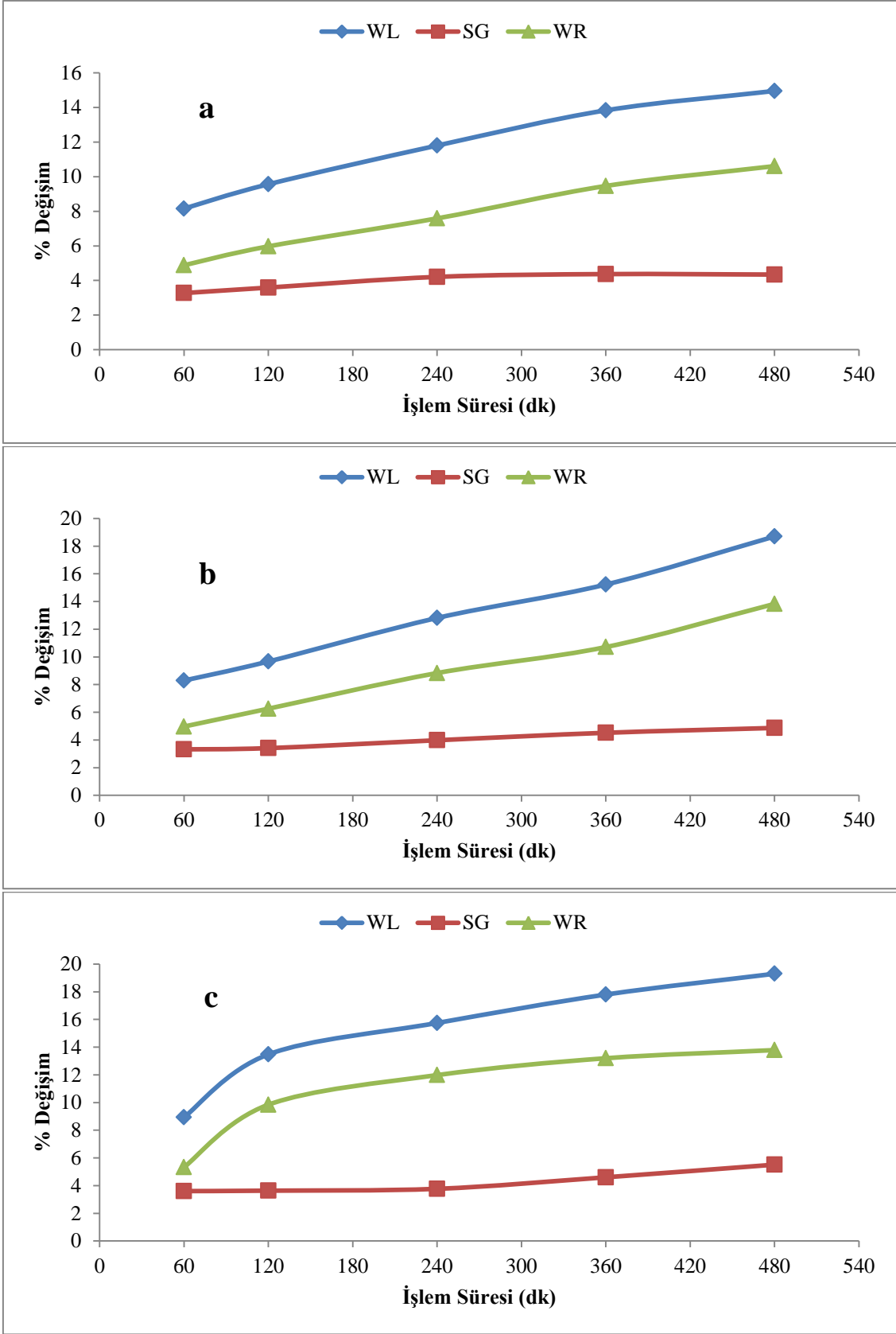
Ozmotik dehidrasyon işleminde dikkati çeken bir diğer kütle transfer parametresi olan ağırlık azalışı değerinin su kaybına benzer eğilim gösterdiği görülmüştür. Ağırlık azalışı değerlerinin verildiği Şekil 3.43-3.46'da en yüksek değer 22.84 olduğu belirlenmiştir. Deneysel sonuçlara göre Şekil 3.45.a-c'de 8 saat sonunda ağırlık azalışı değerlerinin sırasıyla 10.61, 13.83 ve 13.79 olduğu tespit edilmiştir. İşlem süresi, işlem sıcaklığı ve işlem konsantrasyonunun ağırlık azalışı üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli ( $p<0.01$ ) bulunmuştur.



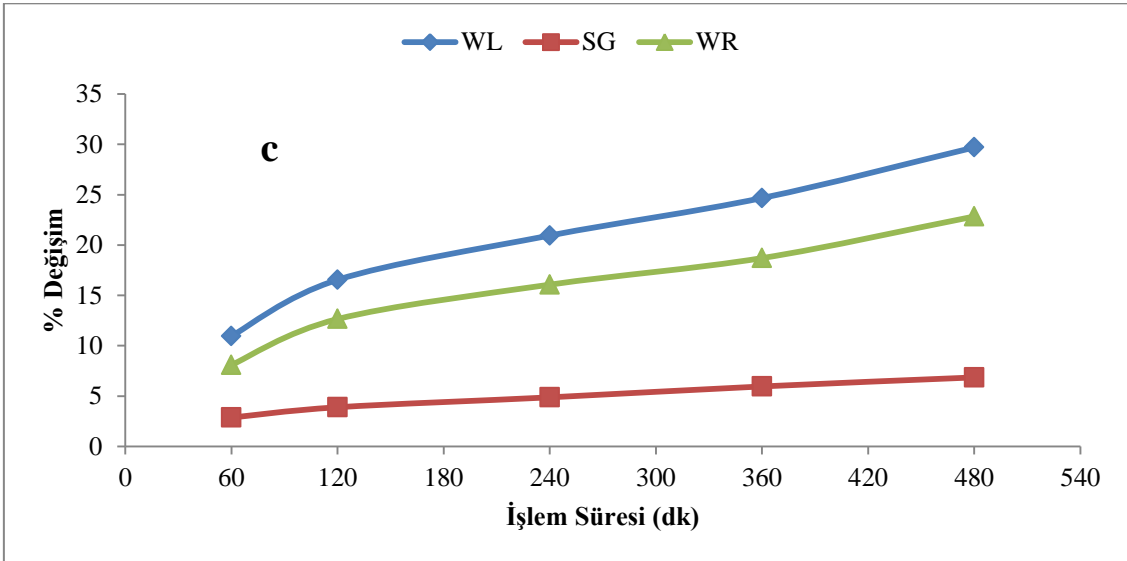
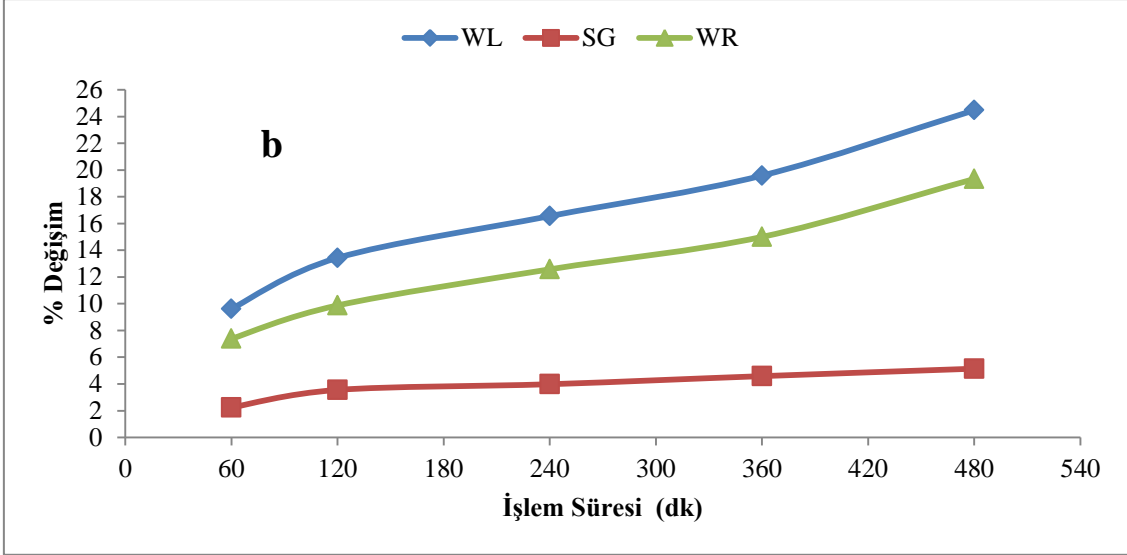
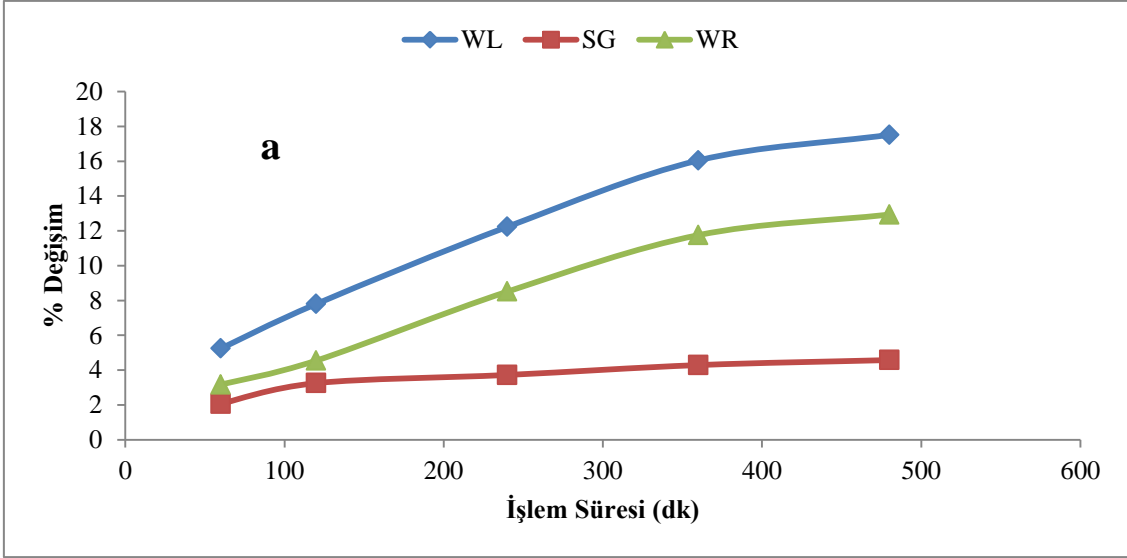
Şekil 3.43. %25 çözelti konsantrasyonuna daldırılan muz dilimlerinin ozmotik dehidrasyon işlem sonrası kinetik parametrelerinin % değişimi a) 25°C, b) 35°C, c) 45°C



**Şekil 3.44.** %45 çözelti konsantrasyonuna daldırılan muz dilimlerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası kinetik parametrelerinin % değişimi a) 25°C, b) 35°C, c) 45°C



**Şekil 3.45.** %55 çözelti konsantrasyonuna daldırılan muz dilimlerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası kinetik parametrelerinin % değişimi a) 25°C, b) 35°C, c) 45°C



Şekil 3.46. %65 çözelti konsantrasyonuna daldırılan muz dilimlerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası kinetik parametrelerinin % değişimi a) 25°C, b) 35°C, c) 45°C

### 3.6.2. Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Grand Nain Tipi Muzun Su Aktivite Değeri Üzerine Etkisi

Muz dilimlerinin su aktivite değerlerine ait üç yönlü varyans analizi tabloları (Tablo 3.37, 3.38, 3.39) birlikte değerlendirildiğinde en düşük su aktivite değerinin; 45°C’de 480 dakikalık işlem sonunda ve %65 çözeltisi solüsyonunda görüldüğü tespit edilmiştir. %25 çözelti konsantrasyonunda su aktivite değeri 0.963 iken %65 çözelti konsantrasyonda 0.943’e düştüğü saptanmıştır.

Ozmotik dehidrasyon işleminin su aktivite değerleri üzerine etkisinin gösterildiği Tablo 3.37, 3.38 ve 3.39 incelendiğinde; ozmotik işlem sıcaklığı, çözelti konsantrasyonu ve işlem süresinin istatistiksel olarak önemli olduğu ( $p<0.01$ ) tespit edilmiştir.

**Tablo 3.37.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin işlem süresine göre su aktivite değerleri (n=216)

Süre (dk)	Su Aktivite Değeri
0	0.965 <sup>a</sup> ±0.001
60	0.955 <sup>b</sup> ±0.001
120	0.952 <sup>c</sup> ±0.001
240	0.947 <sup>d</sup> ±0.002
360	0.944 <sup>e</sup> ±0.002
480	0.943 <sup>e</sup> ±0.002

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre  $p<0.01$  önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

**Tablo 3.38.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin işlem sıcaklığına göre su aktivite değerleri (n=216)

	Sıcaklık (°C)		
	25	35	45
Su Aktivite Değeri	0.954 <sup>a</sup> ± 0.001	0.952 <sup>b</sup> ± 0.001	0.948 <sup>c</sup> ± 0.002

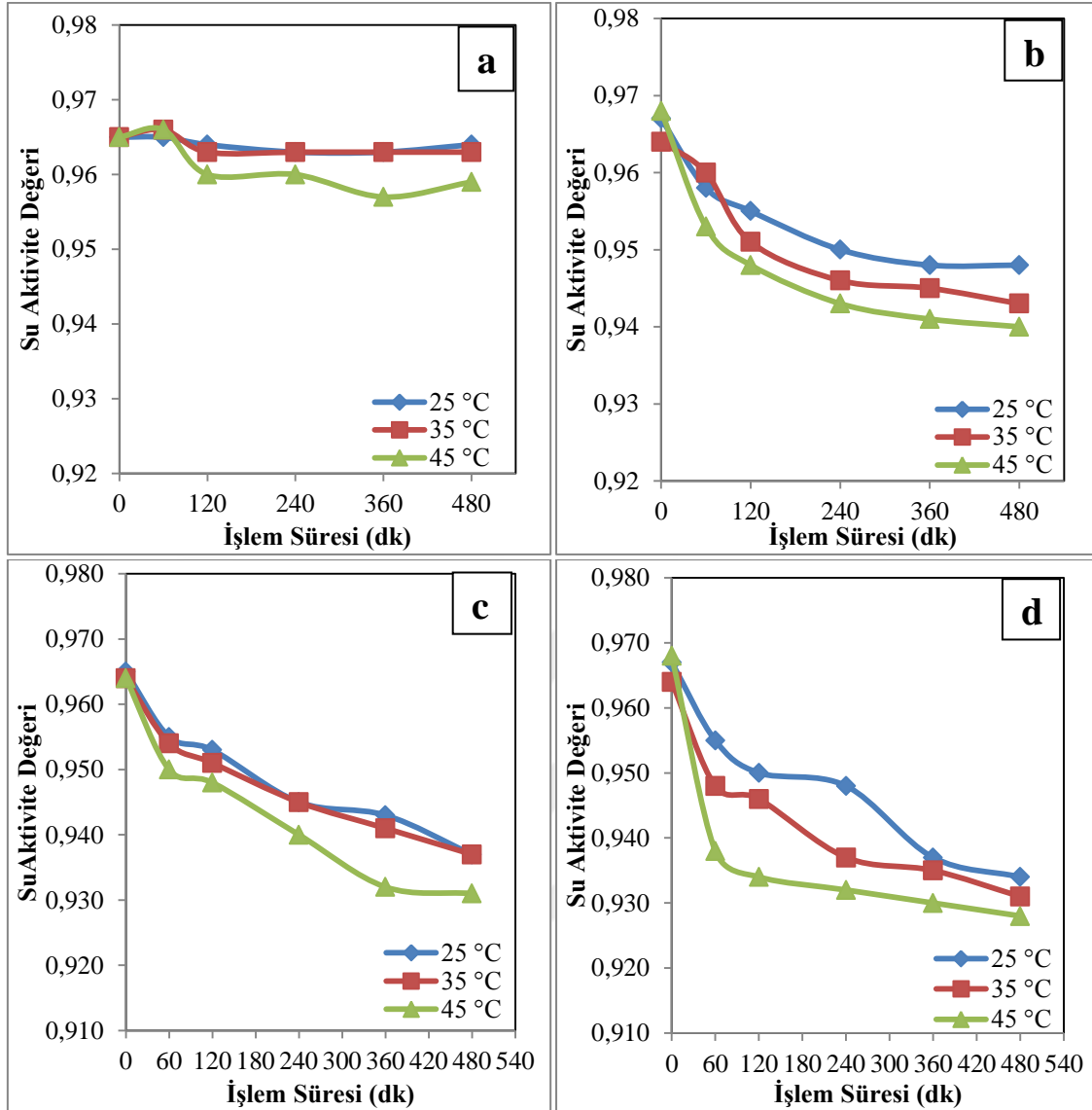
\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre  $p<0.01$  önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

**Tablo 3.39.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin çözelti konsantrasyonuna göre su aktivite değerleri (n=216)

	Konsantrasyon (%w/w)			
	25	45	55	65
Su Aktivite Değeri	0.963 <sup>a</sup> ±0.001	0.951 <sup>b</sup> ±0.001	0.947 <sup>c</sup> ±0.001	0.943 <sup>d</sup> ±0.002

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre  $p<0.01$  önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.





Şekil 3.47. Farklı konsantrasyonlarda Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin su aktivite değerleri a) %25, b) %45, c) %55, d) %65

Şekil 3.47’de farklı konsantrasyonlarda ozmotik k işlemine tabi tutulan ayva küplerinin su aktivite değerleri gösterilmiştir. %25 çözelti konsantrasyonundaki kurutma işleminin su aktivitesi değerlerinin (Şekil 3.47.a) %45, %55 ve %65 çözelti konsantrasyonlarına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.47.b-d). Şekil 3.47.b-d incelendiğinde işlem süresine bağlı olarak su aktivite değerlerinin düştüğü ve 45°C’deki ozmotik dehidrasyon işleminin su aktivite değerlerini, 25°C ve 35°C’lerdeki işlemlere göre daha çok düşürdüğü görülmüştür.

### 3.6.3. Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Grand Nain Tipi Muzun Tekstürel Değerleri Üzerine Etkisi

Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış muz dilimlerine ait üç yönlü varyans analizi tabloları (Tablo 3.40, 3.41, 3.42) birlikte değerlendirilmiştir. Bu tablolara göre 45°C'lik işlem sıcaklığında, %65 çözelti konsantrasyonunda ve 480 dakikalık işlem sonunda en düşük sertlik değerine ulaşıldığı saptanmıştır. İşlem süresi arttıkça sertlik değerinde düşüş olduğu görülmüştür. Tablo 3.40'da bu değer 0. dakikada 2670.415 g iken 480 dakikada 1089.475 g'a düştüğü tespit edilmiştir. Elastikiyet değerlerinin ise ozmotik işlem süresinin artmasıyla birlikte artış gösterdiği gözlenmiştir. Bu değerler 0, 240, 360 ve 480 dakikalık işlem süreleri sonunda sırasıyla 0.132, 0.137, 0.143 ve 0.149 olarak verilmiştir (Tablo 3.40).

İşlem sıcaklığının sertlik değeri üzerindeki etkisi incelendiğinde (Tablo 3.41) 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklık değerlerinde sırasıyla 2187.196 g, 1695.397 g ve 1525.046 g olarak belirlenmiştir. Dış yapışkanlık değerlerinin ozmotik dehidrasyon ile düştüğü ve en düşük değer 480 dakikalık işlem sonunda, 45°C işlem sıcaklığında ve %55 çözelti konsantrasyonunda gerçekleştiği gözlenmiştir. Ozmotik dehidrasyon işlemiyle iç yapışkanlık değerlerinin; işlem süresi, işlem sıcaklığı ve uygulanan çözelti konsantrasyonlarındaki artışa paralel olarak arttığı fakat işlem sıcaklığındaki bu artışın Duncan çoklu karşılaştırma testine göre önemli olmadığı tespit edilmiştir (Tablo 3.40-3.41).

**Tablo 3.40.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin işlem süresine göre tekstür değerleri (n=216)

Süre (dk)	Sertlik	Dış Yapışkanlık	Esneklik	Çiğnenebilirlik	Sakızimsılık	Elastikiyet	İç Yapışkanlık
0	2670.415 <sup>a</sup> ±64.349	-648.508 <sup>a</sup> ±23.140	0.675 <sup>c</sup> ±0.015	715.369 <sup>a</sup> ±23.917	1058.474 <sup>a</sup> ±28.571	0.132 <sup>c</sup> ±0.002	0.395 <sup>d</sup> ±0.004
60	2074.175 <sup>b</sup> ±72.681	-490.883 <sup>b</sup> ±23.350	0.734 <sup>ab</sup> ±0.021	631.201 <sup>b</sup> ±31.091	861.271 <sup>b</sup> ±37.175	0.134 <sup>c</sup> ±0.004	0.413 <sup>c</sup> ±0.009
120	1995.155 <sup>b</sup> ± 64.983	-455.293 <sup>b</sup> ±26.397	0.712 <sup>bc</sup> ±0.019	563.101 <sup>c</sup> ±26.589	791.684 <sup>c</sup> ±31.664	0.130 <sup>c</sup> ±0.002	0.394 <sup>d</sup> ±0.006
240	1570.261 <sup>c</sup> ±74.651	-339.143 <sup>c</sup> ±28.636	0.676 <sup>c</sup> ±0.017	483.369 <sup>d</sup> ±33.457	652.522 <sup>d</sup> ±31.471	0.137 <sup>bc</sup> ±0.003	0.418 <sup>c</sup> ±0.007
360	1415.697 <sup>d</sup> ±69.978	-319.201 <sup>c</sup> ±17.608	0.711 <sup>bc</sup> ±0.018	440.940 <sup>de</sup> ±18.671	625.571 <sup>d</sup> ±27.508	0.143 <sup>ab</sup> ±0.002	0.448 <sup>b</sup> ±0.008
480	1089.574 <sup>e</sup> ±46.659	-305.218 <sup>c</sup> ±19.891	0.766 <sup>a</sup> ±0.016	403.580 <sup>e</sup> ±18.166	525.530 <sup>e</sup> ±21.513	0.149 <sup>a</sup> ±0.003	0.485 <sup>a</sup> ±0.008

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

**Tablo 3.41.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin işlem sıcaklığına göre tekstür değerleri (n=216)

Sıcaklık (°C)	Sertlik	Dış Yapışkanlık	Esneklik	Çiğnenebilirlik	Sakızimsılık	Elastikiyet	İç Yapışkanlık
25	2187.196 <sup>a</sup> ±62.324	-518.953 <sup>a</sup> ±20.521	0.705 <sup>a</sup> ±0.125	643.872 <sup>a</sup> ±17.840	920.352 <sup>a</sup> ±22.938	0.142 <sup>a</sup> ±0.002	0.426 <sup>a</sup> ±0.005
35	1695.397 <sup>b</sup> ±64.604	-392.462 <sup>b</sup> ± 17.934	0.723 <sup>a</sup> ±0.131	521.045 <sup>b</sup> ±19.803	698.746 <sup>b</sup> ±23.425	0.136 <sup>b</sup> ±0.002	0.422 <sup>a</sup> ±0.007
45	1525.046 <sup>c</sup> ±78.683	-367.707 <sup>c</sup> ±22.506	0.709 <sup>a</sup> ±0.131	453.863 <sup>c</sup> ±22.943	638.428 <sup>c</sup> ±30.627	0.135 <sup>b</sup> ±0.002	0.429 <sup>a</sup> ±0.008

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

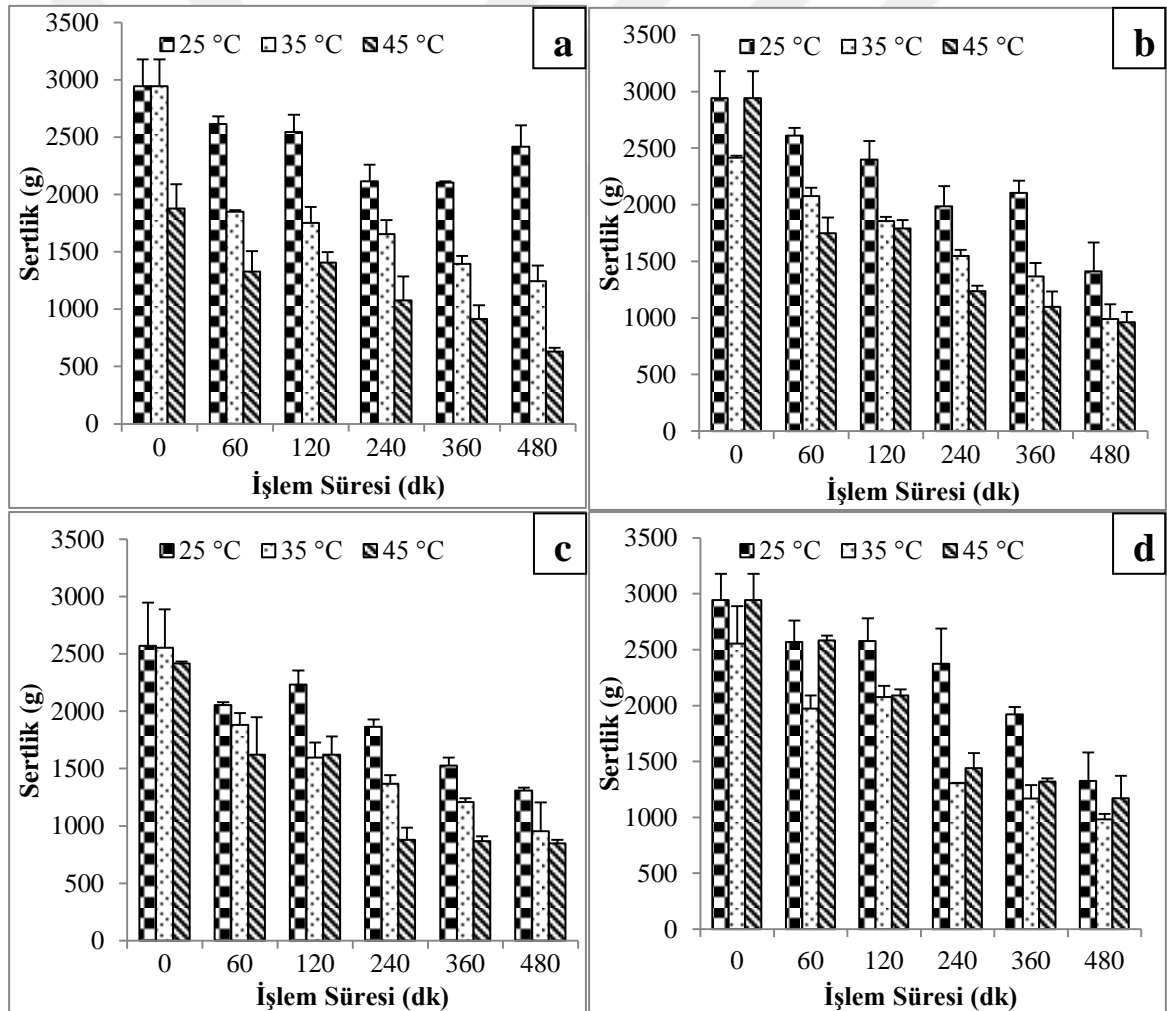
**Tablo 3.42.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin çözelti konsantrasyonuna göre tekstür değerleri (n=216)

Konsantrasyon	Sertlik	Dış Yapışkanlık	Esneklik	Çiğnenebilirlik	Sakızimsılık	Elastikiyet	İç Yapışkanlık
25	1768.680 <sup>b</sup> ±91.32	-430.090 <sup>a</sup> ±25.282	0.692 <sup>b</sup> ±0.014	478.761 <sup>b</sup> ±29.899	685.695 <sup>c</sup> ±38.668	0.128 <sup>c</sup> ±0.002	0.386 <sup>c</sup> ±0.006
45	1860.406 <sup>a</sup> ±85.38	-427.060 <sup>a</sup> ±26.856	0.704 <sup>b</sup> ±0.013	568.065 <sup>a</sup> ±27.825	767.673 <sup>b</sup> ±32.257	0.136 <sup>b</sup> ±0.002	0.419 <sup>b</sup> ±0.005
55	1630.604 <sup>c</sup> ±78.89	-377.142 <sup>b</sup> ±21.349	0.760 <sup>a</sup> ±0.016	533.657 <sup>a</sup> ±21.163	707.460 <sup>c</sup> ±27.027	0.140 <sup>b</sup> ±0.002	0.449 <sup>a</sup> ±0.008
65	1620.495 <sup>c</sup> ±92.13	-471.204 <sup>a</sup> ±25.737	0.694 <sup>b</sup> ±0.015	577.891 <sup>a</sup> ±21.136	849.207 <sup>a</sup> ±33.685	0.146 <sup>a</sup> ±0.002	0.447 <sup>a</sup> ±0.007

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

### 3.6.3.1. Sertlik

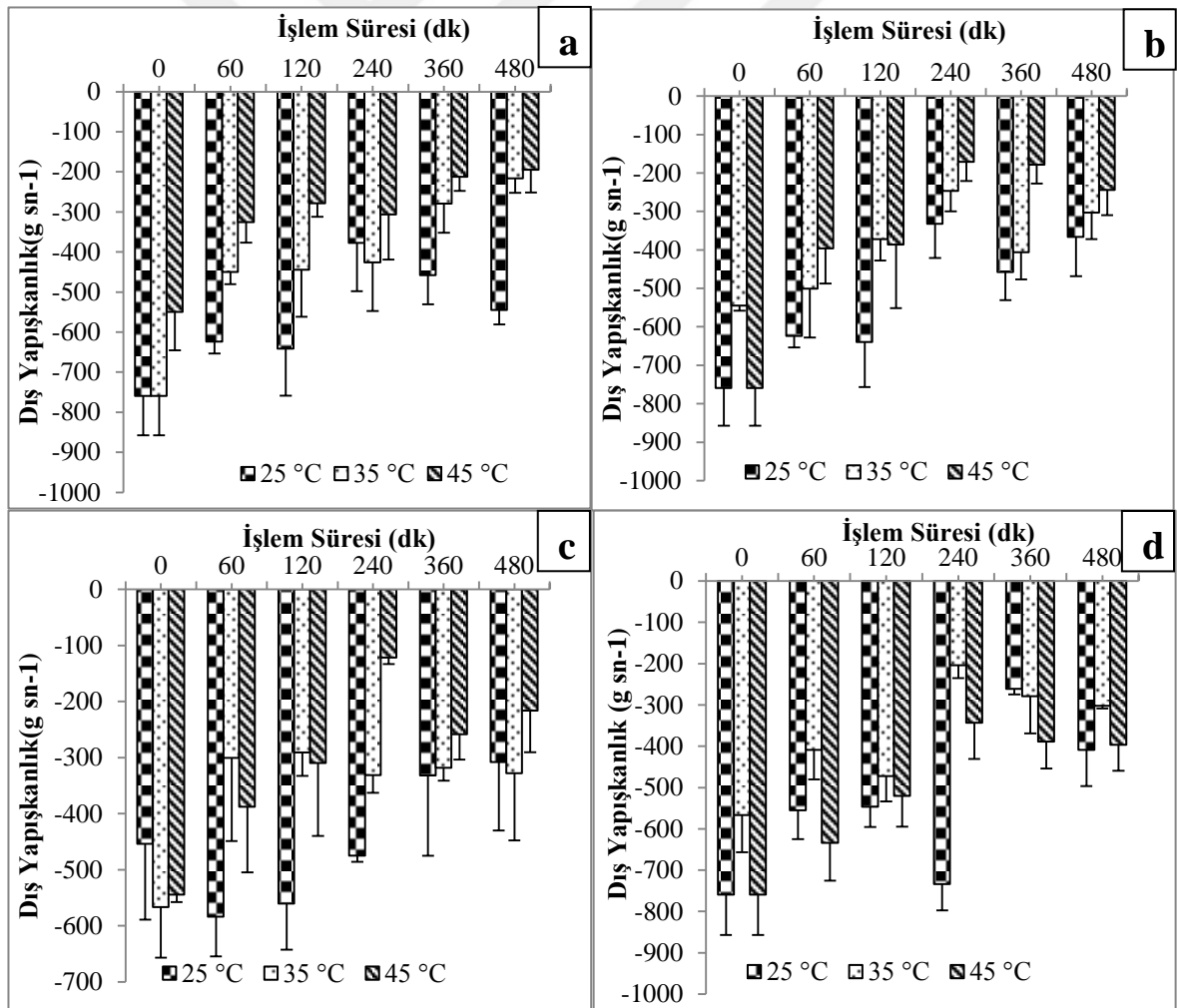
Muz dilimlerinin, %25 çözelti konsantrasyonu ile 480 dakikalık ozmotik işlem sonunda 25°C, 35°C ve 45°C'lerdeki sertlik değerleri sırasıyla 2416.376 g, 1244.145 g ve 630.607 g olarak belirlenmiştir (Şekil 3.48.a). %65 çözelti konsantrasyonunda ise 25°C, 35°C ve 45°C'lerde ozmotik dehidrasyon işlemlerinin sonunda sertlik değerlerinin sırasıyla 1326.820 g, 981.306 g ve 1172,31 g olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.48.d). İşlem süresi, işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonunun sertlik değerine etkisi istatistiksel olarak önemli ( $p<0.01$ ) bulunmuştur. Ayrıca sertlik değerinin su kaybı ile 0.01 önem düzeyinde negatif yönde zayıf bir ( $r=-0.358$ ) ilişkisi tespit edilmiştir.



Şekil 3.48. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin sertlik değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) % 55, d) % 65

### 3.6.3.2. Dış Yapışkanlık

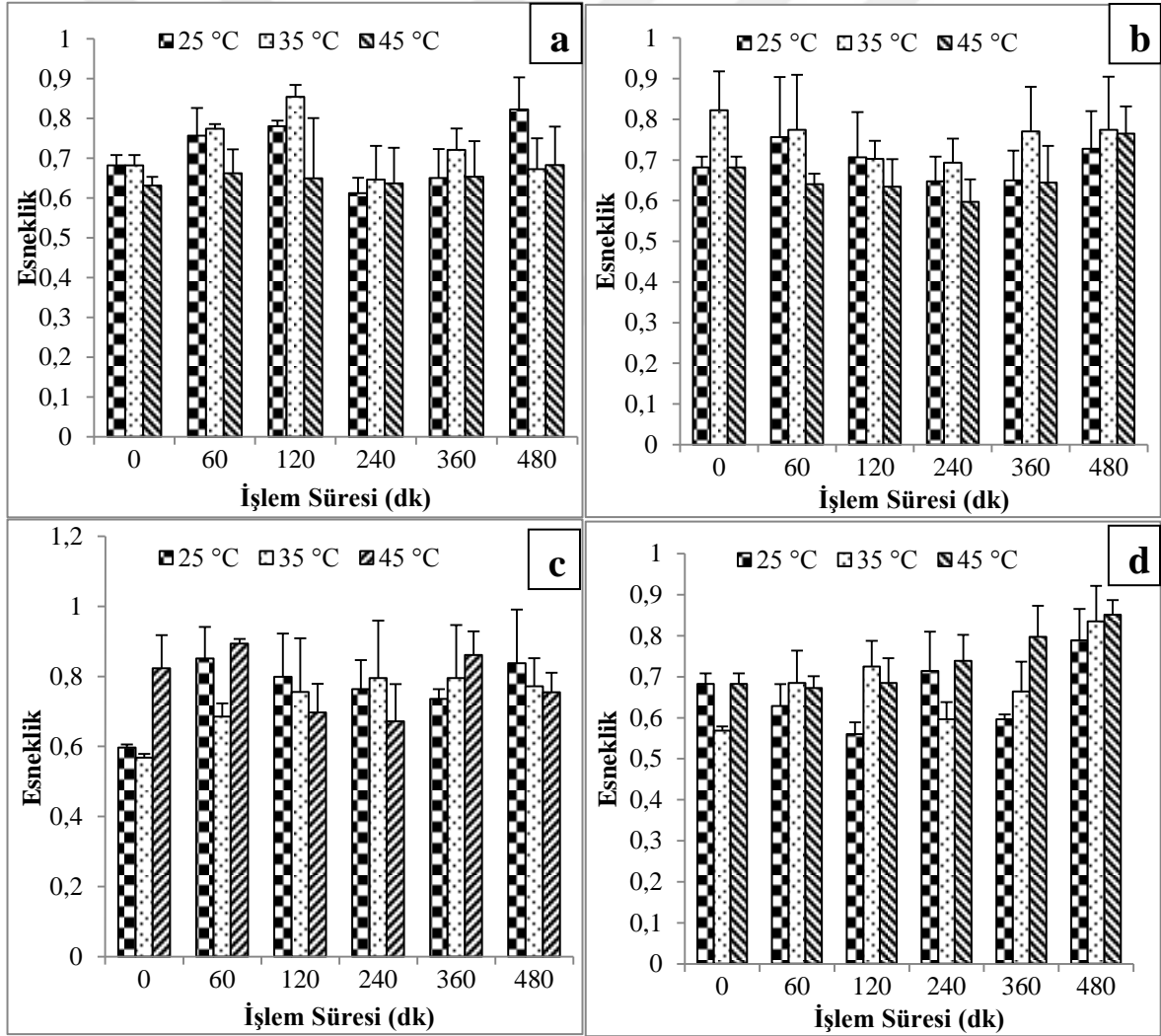
Ozmotik çözelti solüsyonlarına daldırılan muz dilimlerinin dış yapışkanlık değerleri Şekil 3.49'da verilmiştir. İşlem süresi boyunca muz dilimlerinin dış yapışkanlık değerlerinin azaldığı göze çarpmıştır. %65 çözelti konsantrasyonunda dış yapışkanlık değeri başlangıçta  $-759.278 \text{ g sn}^{-1}$  iken; 480 dakikalık işlem sonunda  $25^{\circ}\text{C}$ 'de  $-409.418 \text{ g sn}^{-1}$ ,  $35^{\circ}\text{C}$ 'de  $-302.310 \text{ g sn}^{-1}$  ve  $45^{\circ}\text{C}$ 'de ise  $-396.327 \text{ g sn}^{-1}$  olarak ölçülmüştür. Ozmotik dehidrasyon işlemi sonunda  $45^{\circ}\text{C}$  işlem sıcaklığında %25, %45, %55 ve %65 çözelti konsantrasyonlarında dış yapışkanlık değerlerinin sırasıyla  $-194.836 \text{ g sn}^{-1}$ ,  $-243.838 \text{ g sn}^{-1}$ ,  $-216.345 \text{ g sn}^{-1}$  ve  $-396.327 \text{ g sn}^{-1}$  olduğu belirlenmiştir. Dış yapışkanlık değerlerinin su kaybı değerleri ile 0.01 önem düzeyinde pozitif yönde zayıf bir ( $r=0.265$ ) ilişkisi tespit edilmiştir.



Şekil 3.49. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin dış yapışkanlık değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) %55, d) %65

### 3.6.3.3. Esneklik

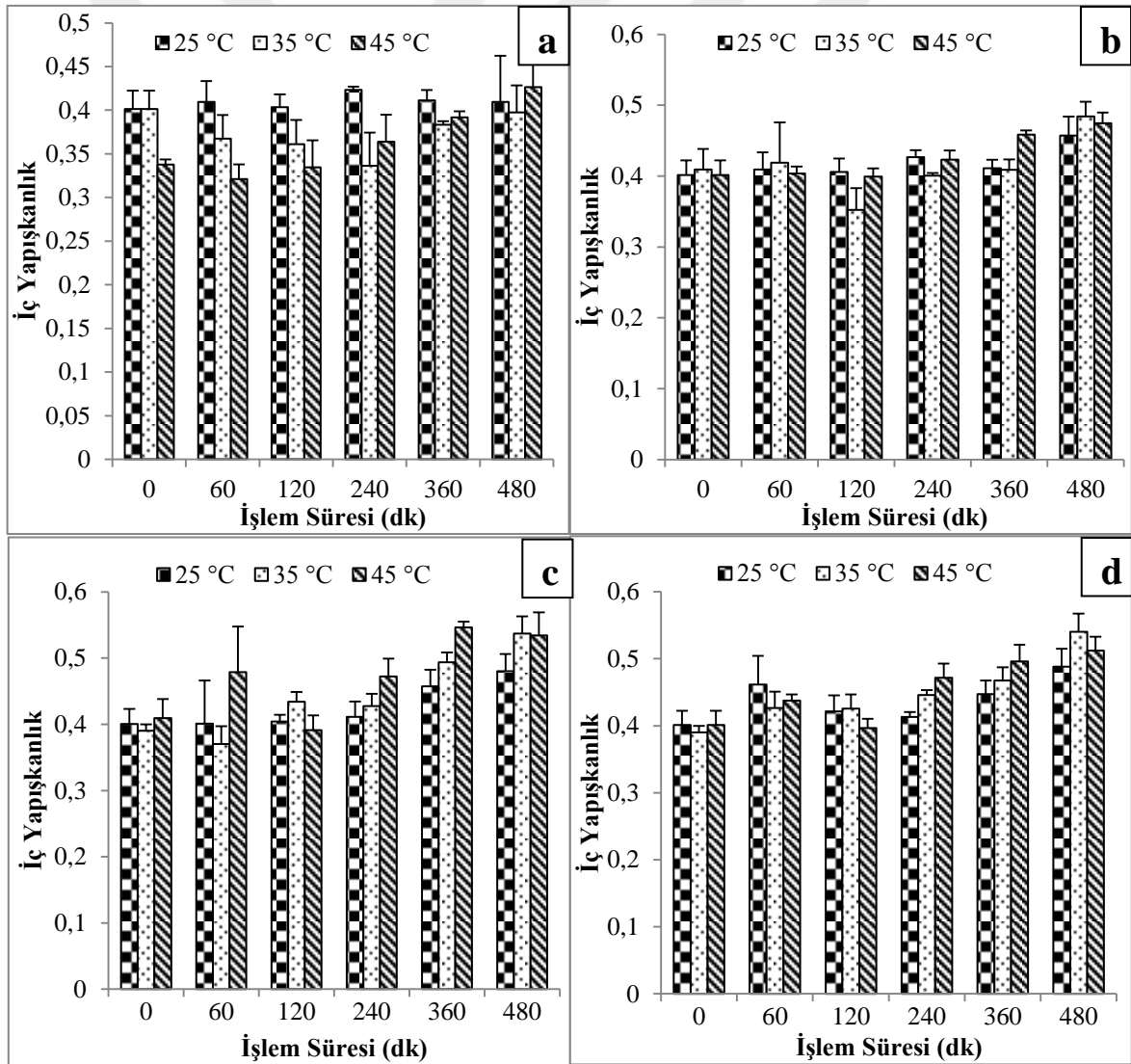
Muz örneklerinin esneklik değerleri, 25°C’de 480 dakikalık daldırma işlemi sonunda %25, %45, %55 ve %65 çözelti konsantrasyonlarında sırasıyla 0.822, 0.727, 0.837 ve 0.788 olarak kaydedilmiştir (Şekil 3.50.a-d). Şekil 3.50.d’de 45°C sıcaklıktaki ozmotik kurutma işleminde taze örneğin esneklik değeri 0.568 iken 480 dakika sonunda 0.834’e yükseldiği görülmüştür. İşlem süresi ve çözelti konsantrasyonunun esneklik değeri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.01$ ) iken; işlem sıcaklığının önemsiz olduğu ( $p > 0.01$ ) tespit edilmiştir. Pearson korelasyon testine göre su kaybı ile esneklik arasında 0.01 önem düzeyinde pozitif yönde zayıf ( $r = 0.233$ ) bir ilişki tespit edilmiştir.



Şekil 3.50. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin esneklik değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) %55, d) %65

### 3.6.3.4. İç Yapışkanlık

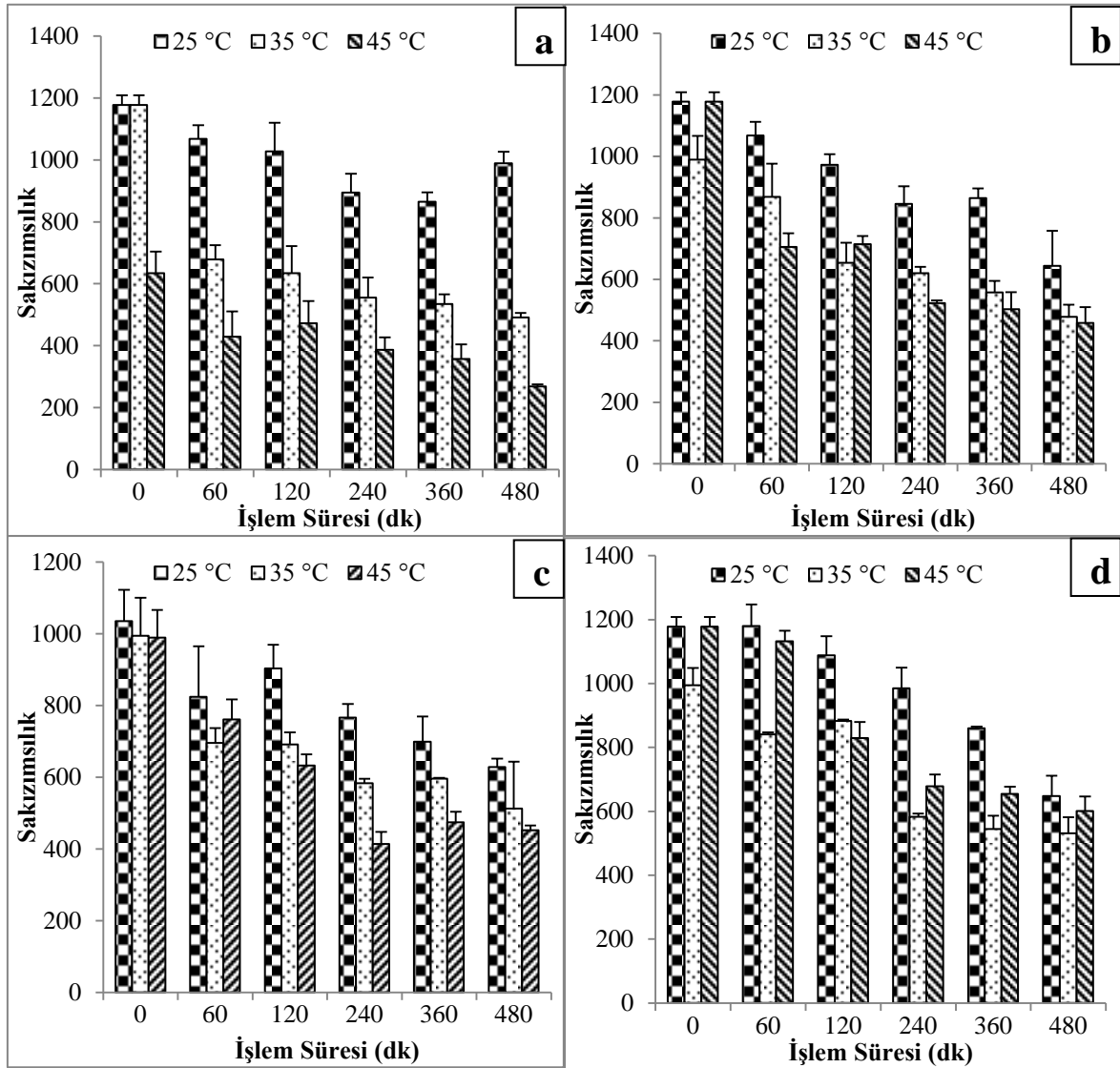
Şekil 3.51’de iç yapışkanlık değerlerine ait grafikler incelendiğinde zamanla birlikte bu değerlerde artış olduğu görülmüştür. Şekil 3.51.c’de %25, %35 ve %45°C sıcaklıkta 480 dakikalık işlem sonunda iç yapışkanlık değerlerinin sırasıyla 0.480, 0.537 ve 0.534 olduğu belirlenmiştir. Şekil 3.51.d’de 45°C’de iç yapışkanlık değerleri 0, 120 ve 480 dakika sonunda sırasıyla 0.568, 0.724 ve 0.834 olarak tespit edilmiştir. İşlem süresi ve çözelti konsantrasyonunun iç yapışkanlık değeri üzerine etkisi önemli ( $p<0.01$ ) iken; işlem sıcaklığının önemsiz ( $p>0.01$ ) olduğu belirlenmiştir. Pearson korelasyon testi sonucuna göre iç yapışkanlığın su kaybı ile 0.01 önem düzeyinde pozitif yönde ( $r=0.623$ ) bir ilişkisi tespit edilmiştir.



Şekil 3.51. Osmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin iç yapışkanlık değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) %55, d) %65

### 3.6.3.5. Sakızimsılık

Muz dilimlerinin ozmotik olarak kurutulması neticesinde elde edilen sakızimsılık değerleri Şekil 3.52.a-d’de verilmiştir. Şekil 3.52.c’de 45°C’de ozmotik işlemin başlangıcında sakızimsılık değerinin 989.121 iken; işlemin sonunda 451.871’e kadar düştüğü görülmüştür. İşlem süresi, işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonunun sakızimsılık değeri üzerine etkisinin önemli ( $p < 0.01$ ) olduğu belirlenmiştir. Sakızimsılık değerlerinin su kaybı ile 0.01 önem düzeyinde negatif yönde zayıf ( $r = -0.214$ ) bir ilişkisinin olduğu tespit edilmiştir.

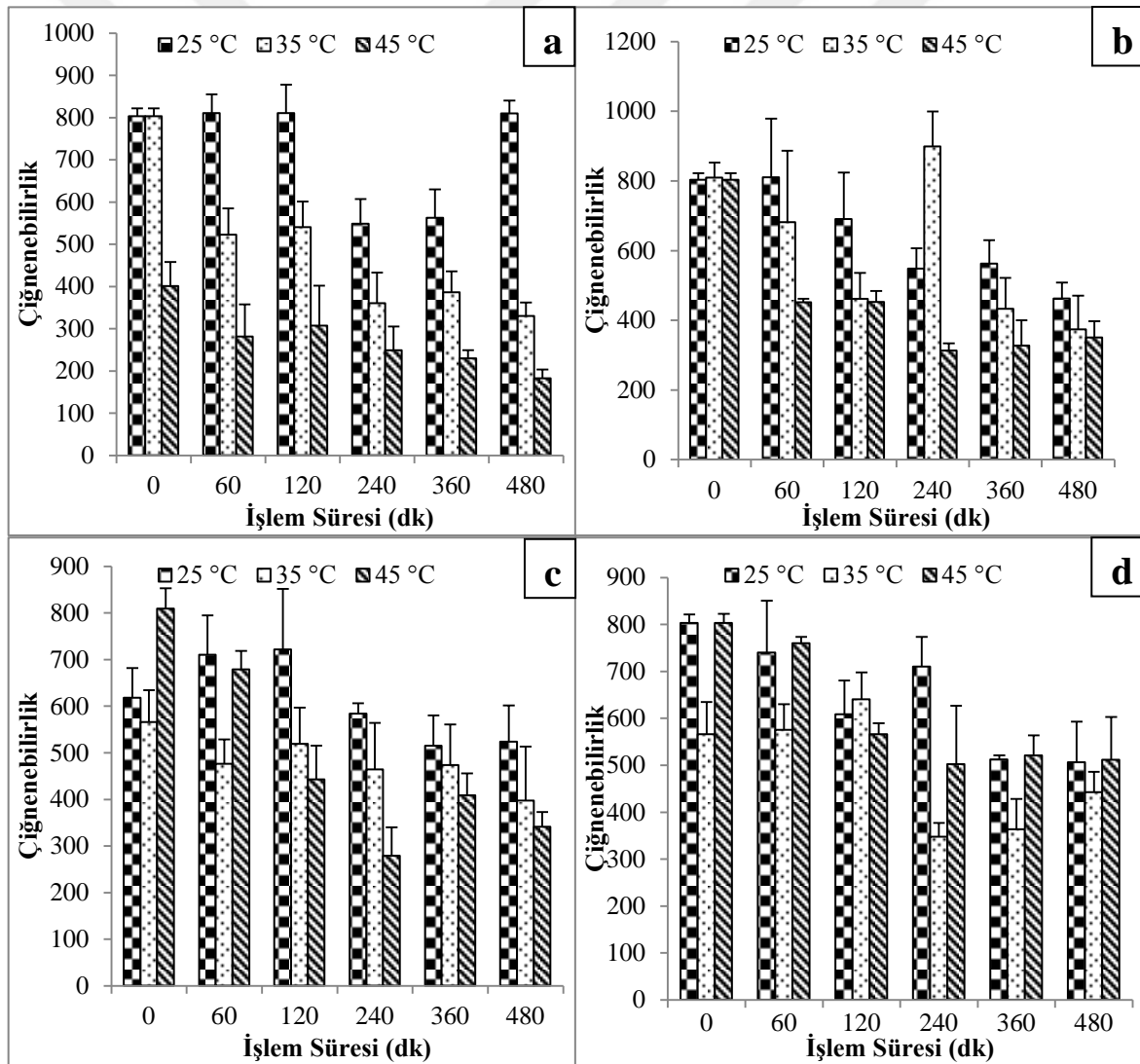


Şekil 3.52. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin sakızimsılık değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) %55, d) %65



### 3.6.3.6. Çiğnenebilirlik

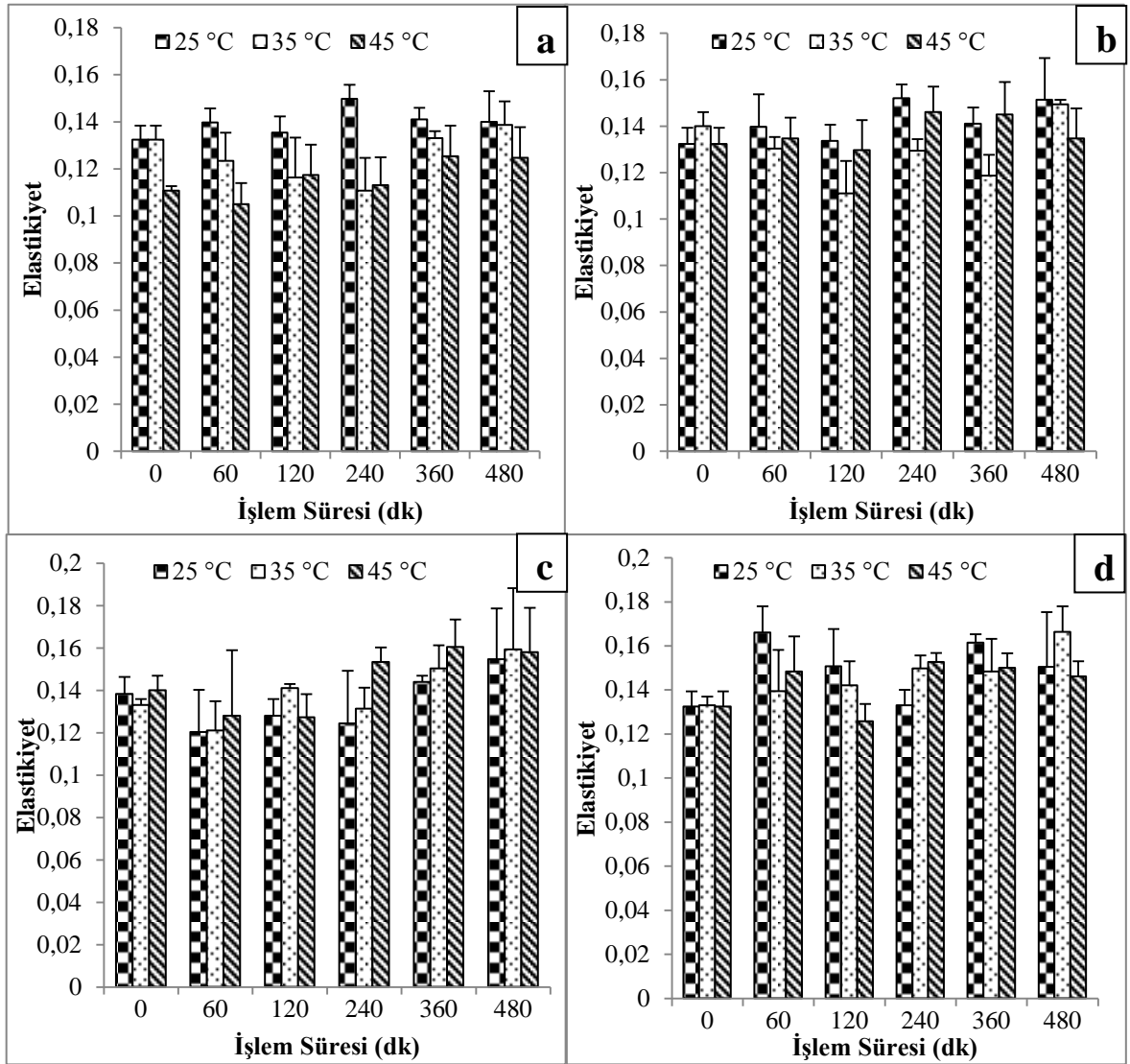
Ozmotik dehidrasyon işlemi boyunca muz dilimlerinin çiğnenebilirlik değerlerindeki değişim Şekil 3.53.a-d'de verilmiştir. Şekil 3.53.a incelendiğinde, çiğnenebilirlik değerlerinde dalgalanma olsa da ozmotik işlem süresinin sonunda düşüş tespit edilmiştir. Şekil 3.53.d'de, 45°C'de çiğnenebilirlik değeri başlangıçta 802.669 iken 480 dakika sonunda 511.005'e kadar düşmüştür. Muz örneklerinde çiğnenebilirlik değerinin su kaybı ile ilişkisini belirlemek üzere değerlere Pearson korelasyon testi uygulanmıştır. Test sonucuna göre muzda su kaybı ile çiğnenebilirlik değerleri arasında önemli bir ilişki ( $p>0.01$ ) tespit edilmemiştir.



Şekil 3.53. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin çiğnenebilirlik değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) %55, d) %65

### 3.6.3.7. Elastikiyet

Muz dilimlerinin ozmotik olarak kurutulması sonucunda işlem süresine bağlı olarak elastikiyet değerlerinde artış dikkati çekmiştir (Şekil 3.54). Şekil 3.54.c’de 45°C’de 0, 60, 120, 240, 360 ve 480 dakikalık işlem süresi sonunda muz örneklerinin elastikiyet değerleri sırasıyla 0.140, 0.128, 0.127, 0.153, 0.161 ve 0.158 olarak tespit edilmiştir. İşlem süresi, işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonunun elastikiyet değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli ( $p<0.01$ ) olduğu belirlenmiştir. Elastikiyet değerlerinin su kaybı ile 0.01 önem düzeyinde pozitif yönde ( $r=0.406$ ) bir ilişkisi olduğu gözle çarpmıştır.



Şekil 3.54. Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin elastikiyet değerindeki değişim grafiği a) %25, b) %45, c) %55, d) %65

#### 3.6.4. Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Grand Nain Tipi Muzun Renk Değerleri ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ) Üzerine Etkisi

Muz dilimlerinin ozmotik çözelti solüsyonlarına daldırılması sonucu elde edilen deneysel verilerin üç yönlü varyans analizi sonuçları Tablo 3.43, 3.44 ve 3.45’da verilmiştir. Üç tablo birlikte değerlendirildiğinde en yüksek  $L^*$  ‘parlaklık’ değerinin 25°C işlem sıcaklığında, %55 çözelti konsantrasyonunda ve 0. dakikadaki işlem süresinde elde edildiği görülmüştür. Tablo 3.43-3.45 incelendiğinde ozmotik dehidrasyona tabi tutulan muz örneklerinin  $a^*$  ‘kırmızılık’ değerlerinde işlem süresi arttıkça negatif değerlerin pozitif olduğu göze çarpmıştır. Ozmotik dehidrasyon işleminin muz dilimlerinin  $b^*$  ‘sarılık’ değerleri üzerine etkisinin incelendiği üç yönlü varyans analizi sonuçlarına göre 25°C, 35°C ve 45°C’lerdeki ozmotik işlem koşullarında elde edilen deneysel  $b^*$  renk değerleri sırasıyla 31.715, 33.089 ve 34.062 olarak belirlenmiştir (Tablo 3.44).

**Tablo 3.43.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin işlem süresine göre renk değerleri (n=216)

Renk Parametreleri			
Süre (dk)	L*	a*	b*
0	77.649 <sup>a</sup> ±0.437	-1.259 <sup>d</sup> ±0.105	32.514 <sup>a</sup> ±0.325
60	71.241 <sup>b</sup> ±0.352	-0.854 <sup>c</sup> ±0.111	32.734 <sup>a</sup> ±0.262
120	69.317 <sup>c</sup> ±0.511	-0.656 <sup>c</sup> ±0.101	31.752 <sup>a</sup> ±0.479
240	67.846 <sup>d</sup> ±0.498	-0.213 <sup>b</sup> ±0.149	32.958 <sup>a</sup> ±0.404
360	66.335 <sup>e</sup> ±0.767	0.128 <sup>a</sup> ±0.129	33.374 <sup>a</sup> ±0.585
480	64.569 <sup>f</sup> ±0.728	0.338 <sup>a</sup> ±0.133	32.057 <sup>a</sup> ±0.549

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

**Tablo 3.44.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin işlem sıcaklığına göre renk değerleri (n=216)

Renk Parametreleri			
Sıcaklık (°C)	L*	a*	b*
25	70.583 <sup>a</sup> ±0.476	-0.279 <sup>a</sup> ±0.107	31.715 <sup>c</sup> ±0.241
35	69.407 <sup>b</sup> ±0.681	-0.435 <sup>a</sup> ±0.104	33.089 <sup>b</sup> ±0.313
45	69.487 <sup>c</sup> ±0.678	-0.544 <sup>a</sup> ±0.099	34.062 <sup>a</sup> ±0.286

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

**Tablo 3.45.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin çözelti konsantrasyonuna göre renk değerleri (n=216)

Renk Parametreleri			
Konsantrasyon (% w/w)	L*	a*	b*
25	65.920 <sup>d</sup> ±0.815	-0.435 <sup>a</sup> ±0.145	31.083 <sup>d</sup> ±0.265
45	70.674 <sup>b</sup> ±0.602	-0.465 <sup>a</sup> ±0.142	32.534 <sup>c</sup> ±0.298
55	71.687 <sup>a</sup> ±0.499	-0.482 <sup>a</sup> ±0.100	33.434 <sup>b</sup> ±0.398
65	69.296 <sup>c</sup> ±0.641	-0.369 <sup>a</sup> ±0.115	34.402 <sup>a</sup> ±0.293

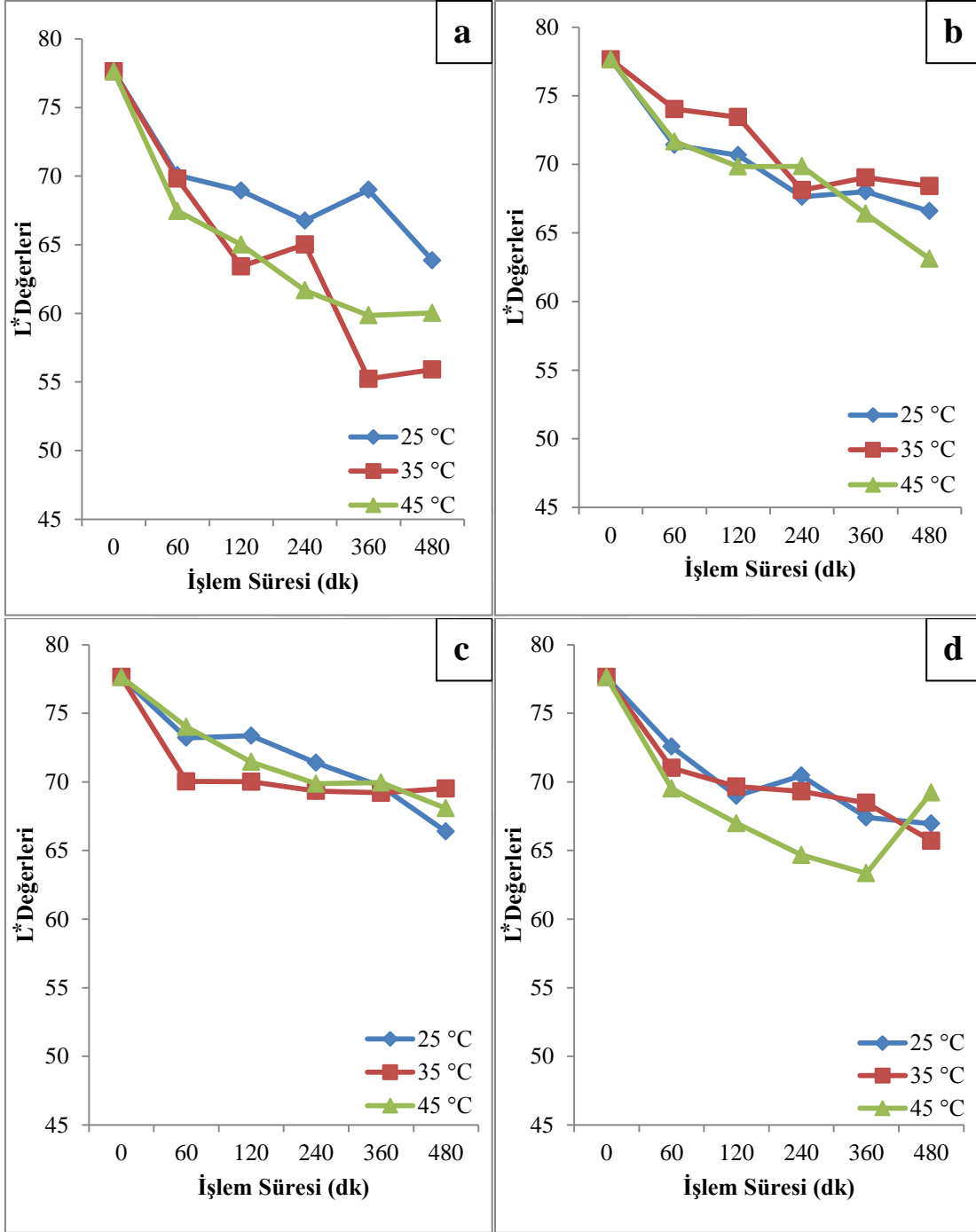
\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

Şekil 3.55.a'da gösterildiği gibi en yüksek L\* 'parlaklık' değeri 0. dakikadaki taze örneklerde 77.64 iken, en düşük değer ise 60.03 olarak belirlenmiştir. Şekil 3.55.a'nın temsil ettiği %25 çözelti konsantrasyonunda, 480 dakikalık işlem sonunda, 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklıkta L\* değerleri sırasıyla 63.86, 55.90 ve 60.03 olarak tespit edilmiştir. Şekil

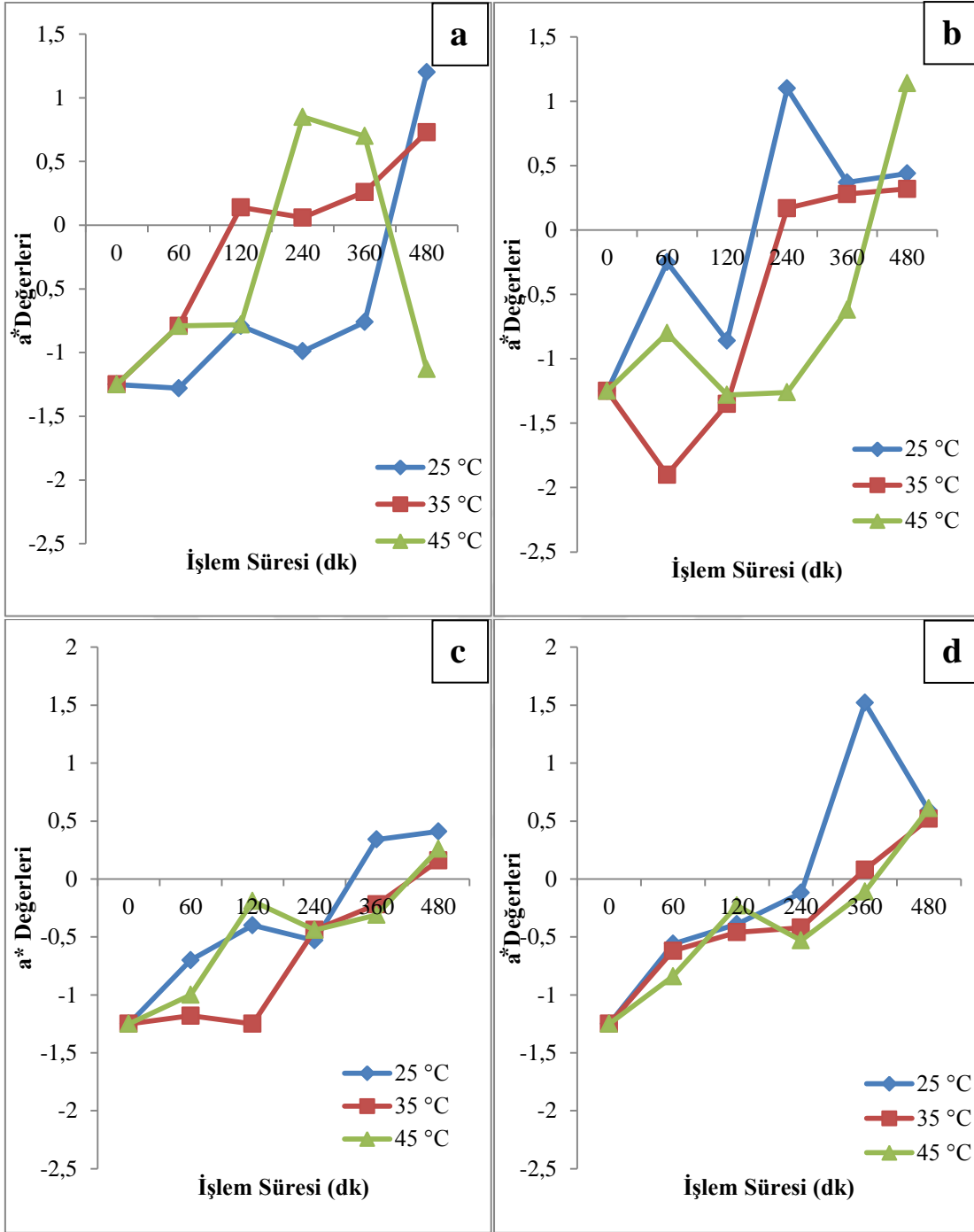
3.55 incelendiğinde 45°C’de, 480 dakikalık işlem sonunda %25, %45, %55 ve %65 çözelti konsantrasyonlarında L\* değerlerinin sırasıyla 60.03, 63.12, 68.08 ve 69.22 olduğu saptanmıştır. Muz dilimlerinin ozmotik kurutulmasında çözelti konsantrasyonu arttıkça L\* değerlerinin arttığı; fakat hiçbir zaman taze örneklerle ait değerlere ulaşmadığı görülmüştür. Muz dilimlerinin L\* ‘parlaklık’ değerleri üzerine işlem süresi, çözelti konsantrasyonu ve işlem sıcaklığının istatistiksel açıdan önemli etkisinin ( $p<0.01$ ) olduğu göze çarpmıştır.

Ozmotik dehidrasyon süresince muz dilimlerinin a\* değerlerinde meydana gelen değişimlerin verildiği Şekil 3.56’daki deneysel değerler incelendiğinde dalgalanmaların var olduğu görülmüş ve a\* değerlerinde zamanla pozitif yönde bir değişim olduğu tespit edilmiştir. Şekil 3.56.a’ya göre bu değer taze örneklerde -1.25 iken 480 dakikalık işlem sonunda 25°C’de 1.12, 35°C’de 0.73 ve 45°C’de ise -1.13 olarak ölçülmüştür.

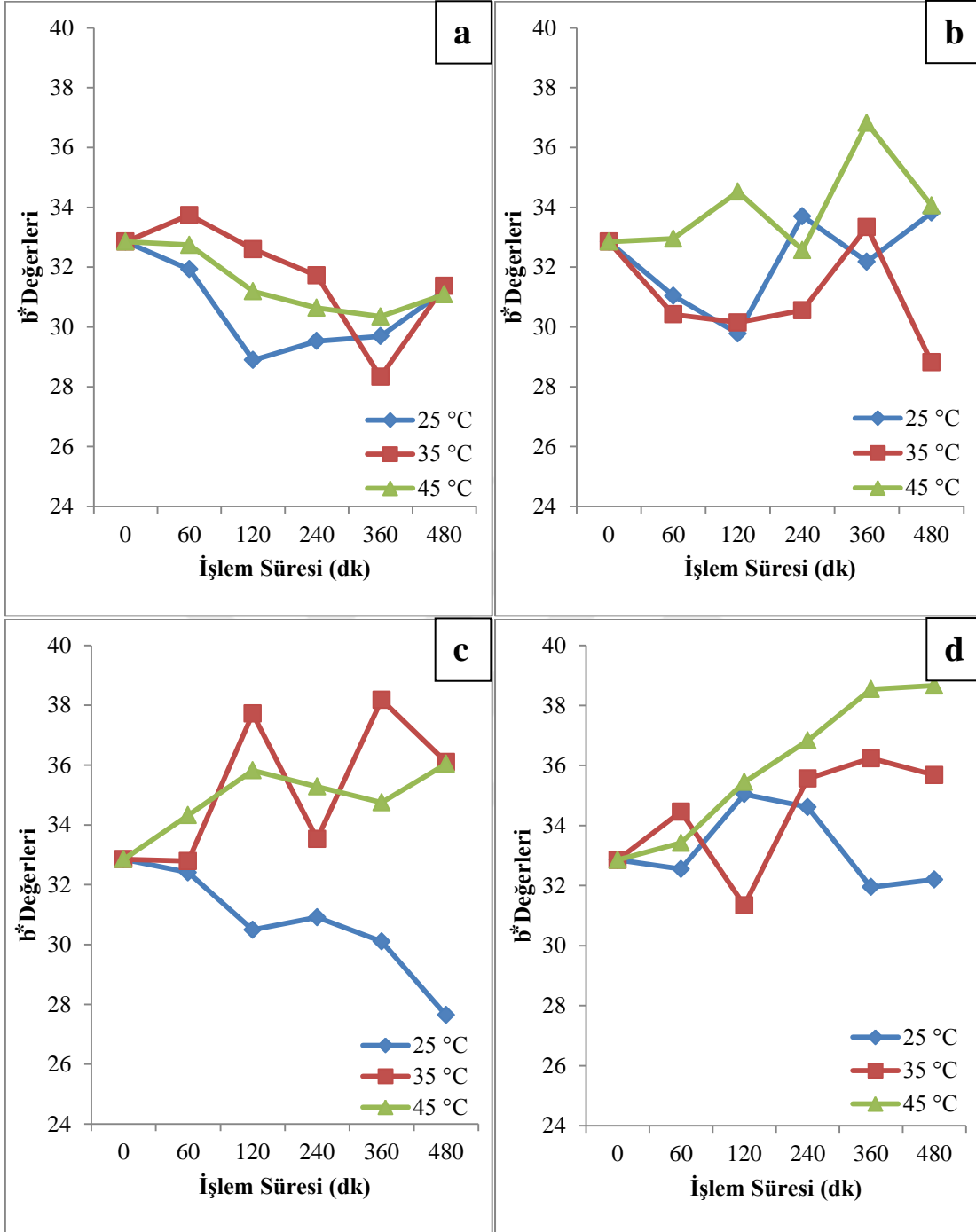
Taze ve ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz örneklerinin b\* ‘sarılık’ değerleri Şekil 3.57.a-d’de gösterilmiştir. Taze örneklerin b\* değeri 15.09 olarak belirlenirken; Şekil 3.57.a incelendiğinde 25°C, 35°C ve 45°C’lerde 480 dakikalık işlem sonunda b\* değerleri sırasıyla 31.21, 31.37 ve 31.08 olarak tespit edilmiştir. Şekil 3.57.d’ye bakıldığında b\* değeri işlem sonunda 35°C’de 35.68’e ve 45°C’de ise 38.66’ya yükselmiştir. Muz örneklerinin b\* değerleri üzerine işlem süresinin etkisinin istatistiksel olarak önemsiz ( $p>0.05$ ) olduğu ancak işlem sıcaklığının ve çözelti konsantrasyonunun etkisinin önemli ( $p<0.05$ ) olduğu tespit edilmiştir.



**Şekil 3.55.** Farklı çözelti konsantrasyonu ve sıcaklıklarda ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin L\* değerlerindeki değişimler a) %25, b) %45, c) %55, d) %65



**Şekil 3.56.** Farklı çözelti konsantrasyonu ve sıcaklıklarda ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin  $a^*$  değerlerindeki değişimler a) %25, b) %45, c) %55, d) %65



Şekil 3.57. Farklı çözelti konsantrasyonu ve sıcaklıklarda ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin b\* değerlerindeki değişimler a) %25, b) %45, c) %55, d) %65



### 3.6.5. Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Grand Nain Tipi Muzun Rehidrasyon Oranı Üzerine Etkisi

Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulduktan sonra hava ile kurutulan muz dilimlerinin tekrar su alma kapasiteleri incelenmiştir. Rehidrasyon oranının incelendiği üç yönlü varyans analizi sonuçları Tablo 3.46, 3.47 ve 3.48’de elde edilmiştir. Tablo 3.46’ye göre 0. dakikada yani taze örneklerde rehidrasyon oranı 2.390 iken; 480 dakikada bu oranın 2.223 olduğu tespit edilmiştir. Rehidrasyon oranının en yüksek olduğu deney şartlarının; 0. ozmotik işlem süresinde, 45°C’de ve %25 çözelti konsantrasyonunda olduğu tespit edilmiştir.

**Tablo 3.46.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin işlem süresine göre rehidrasyon kapasitesi değerleri (n=216)

Süre (dk)	Rehidrasyon Oranı
0	2.390 <sup>a</sup> ±0.007
60	2.314 <sup>b</sup> ±0.009
120	2.261 <sup>c</sup> ±0.012
240	2.258 <sup>c</sup> ±0.012
360	2.236 <sup>cd</sup> ±0.014
480	2.223 <sup>d</sup> ±0.015

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

**Tablo 3.47.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin işlem sıcaklığına göre rehidrasyon kapasitesi değerleri (n=216)

	Sıcaklık (°C)		
	25	35	45
Rehidrasyon Oranı	2.267 <sup>b</sup> ± 0.012	2.281 <sup>ab</sup> ± 0.009	2.292 <sup>a</sup> ± 0.010

\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

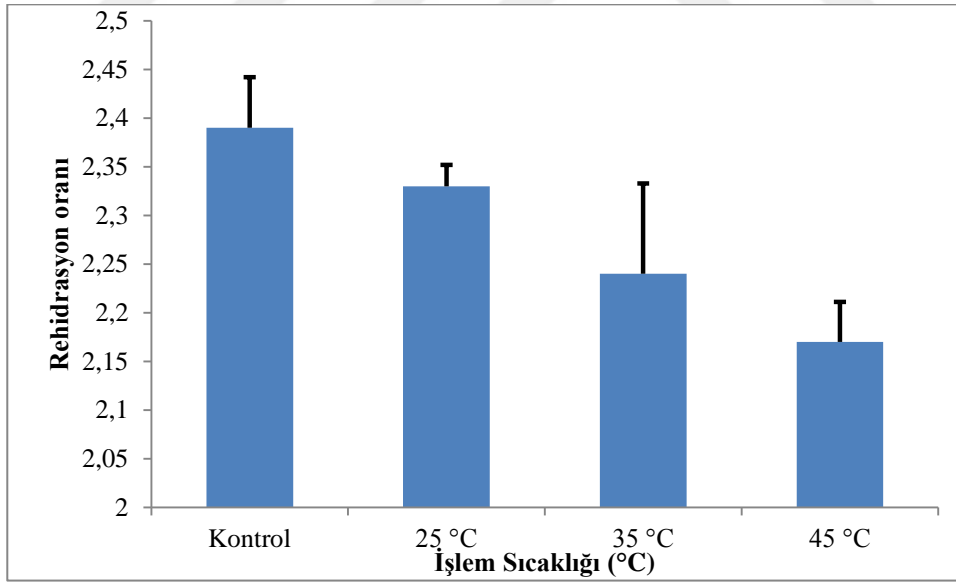
**Tablo 3.48.** Ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin çözelti konsantrasyonuna göre rehidrasyon kapasitesi değerleri (n=216)

	Konsantrasyon (% w/w)			
	25	45	55	65
Rehidrasyon Oranı	2.303 <sup>a</sup> ±0.011	2.319 <sup>a</sup> ±0.009	2.229 <sup>b</sup> ±0.014	2.271 <sup>c</sup> ±0.012

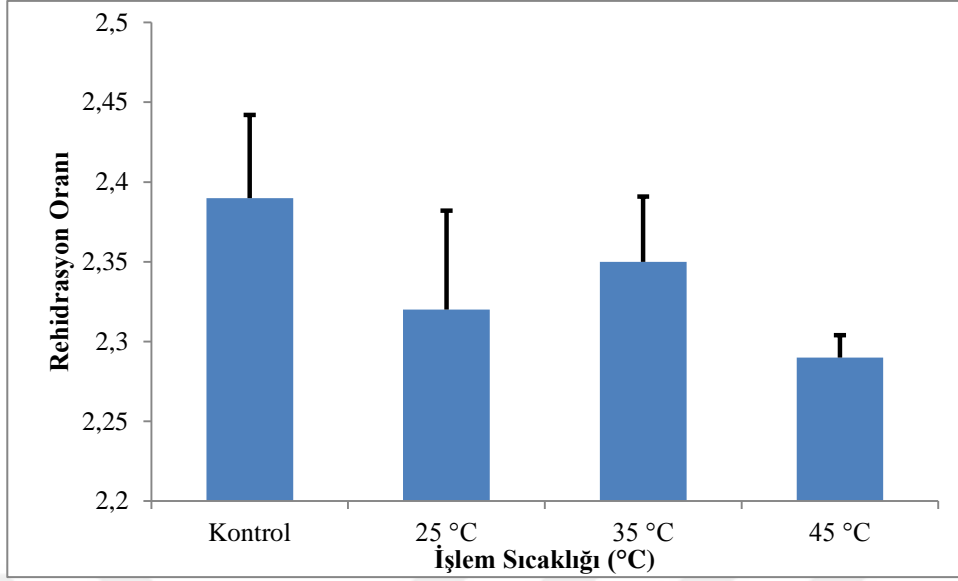
\*Bu tabloda aynı sütunda aynı harfle gösterilenler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre p<0.01 önem seviyesi aynı olarak kabul edilmiştir.

Şekil 3.58-3.61’de rehidrasyon oranının zamana bağlı olarak değişim grafikleri verilmiştir. Şekil 3.58 incelendiğinde kontrol grubunun 2.39 değeri ile en yüksek olduğu diğer değerlerin ise 2.33 ile 2.17 arasında değiştiği görülmüştür. Şekil 3.59’a göre kontrol değeri 2.39 iken diğer rehidrasyon değerlerinin 2.35 ile 2.29 değerleri arasında olduğu belirlenmiştir. 45 °C’de %25, %45, %55 ve %65 çözelti konsantrasyonlarındaki rehidrasyon kapasitelerinin sırasıyla 2.17, 2.29, 2.18 ve 2.18 olduğu görülmüştür. %65 çözelti konsantrasyonunda ozmotik olarak kurutulmuş muz dilimlerinin rehidrasyon değerlerinin en düşük olduğu görülmüştür. İşlem süresi ve çözelti konsantrasyonunun rehidrasyon oranı üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemli ( $p<0.01$ ) olduğu; fakat işlem sıcaklığının etkisinin önemsiz ( $p>0.05$ ) olduğu tespit edilmiştir.

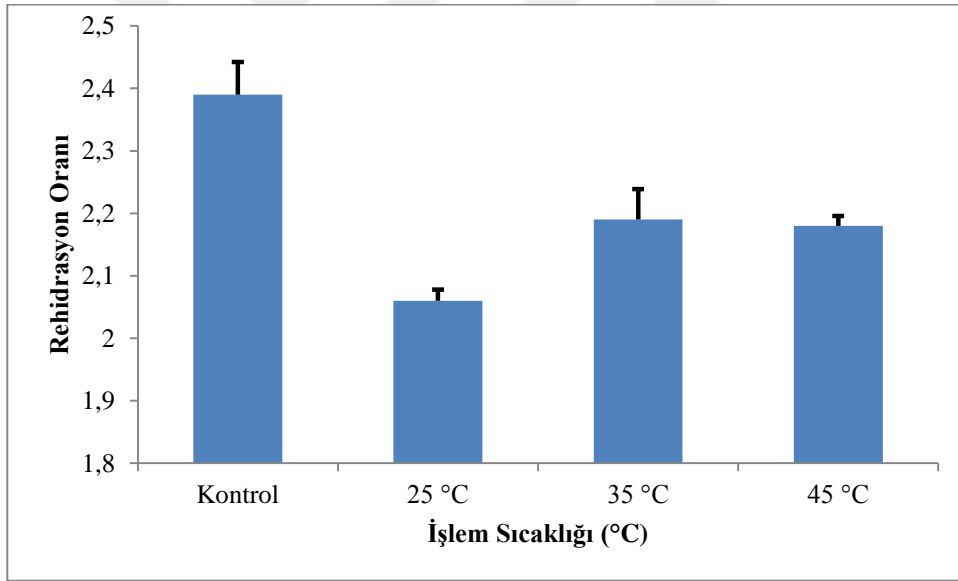
Muz dilimlerinin rehidrasyon değerlerinin su kaybı ve katı kazanımı gibi kütle transfer parametreleri ile ilişkisi Pearson korelasyon testi uygulanarak tespit edilmiştir. Buna göre rehidrasyon kapasitesinin su kaybı değerleri ile 0.01 önem düzeyinde negatif yönde zayıf bir ilişkisi ( $r= -0.427$ ), katı kazanımı ile 0.01 önem düzeyinde negatif yönde zayıf bir ilişkisi ( $r=-0.565$ ) tespit edilmiştir.



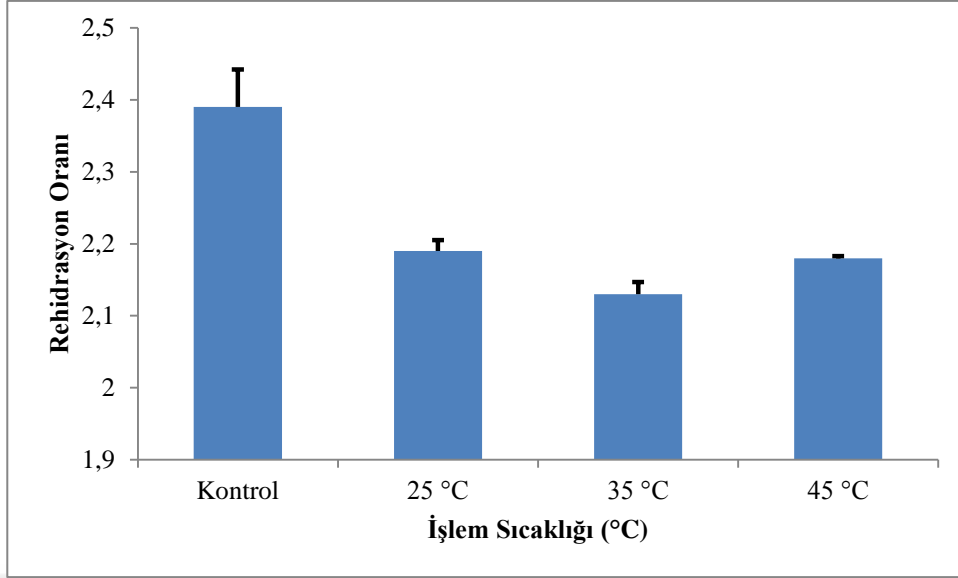
Şekil 3.58. %25 çözelti konsantrasyonu ile dehidre edildikten sonra kurutulan muz dilimlerinin rehidrasyon oranları



Şekil 3.59. %45 çözelti konsantrasyonu ile dehidre edildikten sonra kurutulan muz dilimlerinin rehidasyon oranları



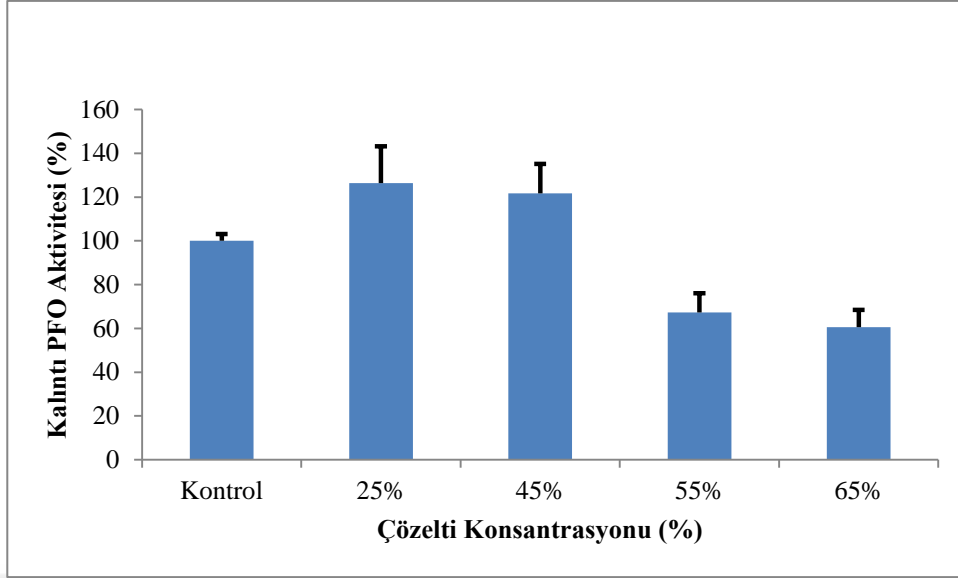
Şekil 3.60. %55 çözelti konsantrasyonu ile dehidre edildikten sonra kurutulan muz dilimlerinin rehidasyon oranları



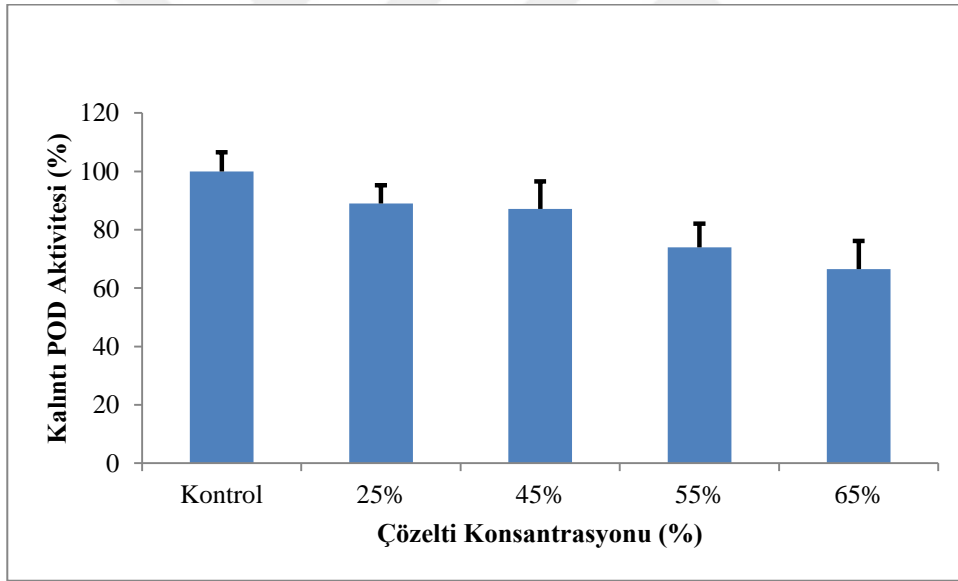
Şekil 3.61. %65 çözelti konsantrasyonu ile dehidre edildikten sonra kurutulan muz dilimlerinin rehidasyon oranları

### 3.6.6. Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Grand Nain Tipi Muzun Yapısındaki PFO ve POD Aktivitesi Üzerine Etkisi

Muz dilimlerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sonucunda enzimatik aktivite değerlerindeki değişim incelenmiştir. Şekil 3.62’de farklı çözelti konsantrasyonlarında kontrol grubuna göre kalıntı PFO enzim aktivite değerleri verilmiştir. PFO enzim aktivitesinin %25 çözelti konsantrasyonunda %126.36’ya yükseldiği ancak %55 çözelti konsantrasyonunda %67.23’e düştüğü görülmüştür. % 65 çözelti konsantrasyonunda kalıntı PFO enzim aktivitesi ise %60.64 olarak belirlenmiştir. Şekil 3.63’te ise kalıntı POD enzim aktivitesi açısından ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulmuş örneklerin kontrol örneklerine göre daha düşük değerlerde olduğu görülmüştür. Kalıntı POD enzim aktivitesinin %25, %45, %55 ve %65 çözelti konsantrasyonlarında sırasıyla %89.02, %87.16, %73.91 ve %66.45 olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.62. Muz dilimlerine farklı çözelti konsantrasyonlarında uygulanan ozmotik dehidrasyon işleminin PFO enzim aktivitesi üzerine etkisi

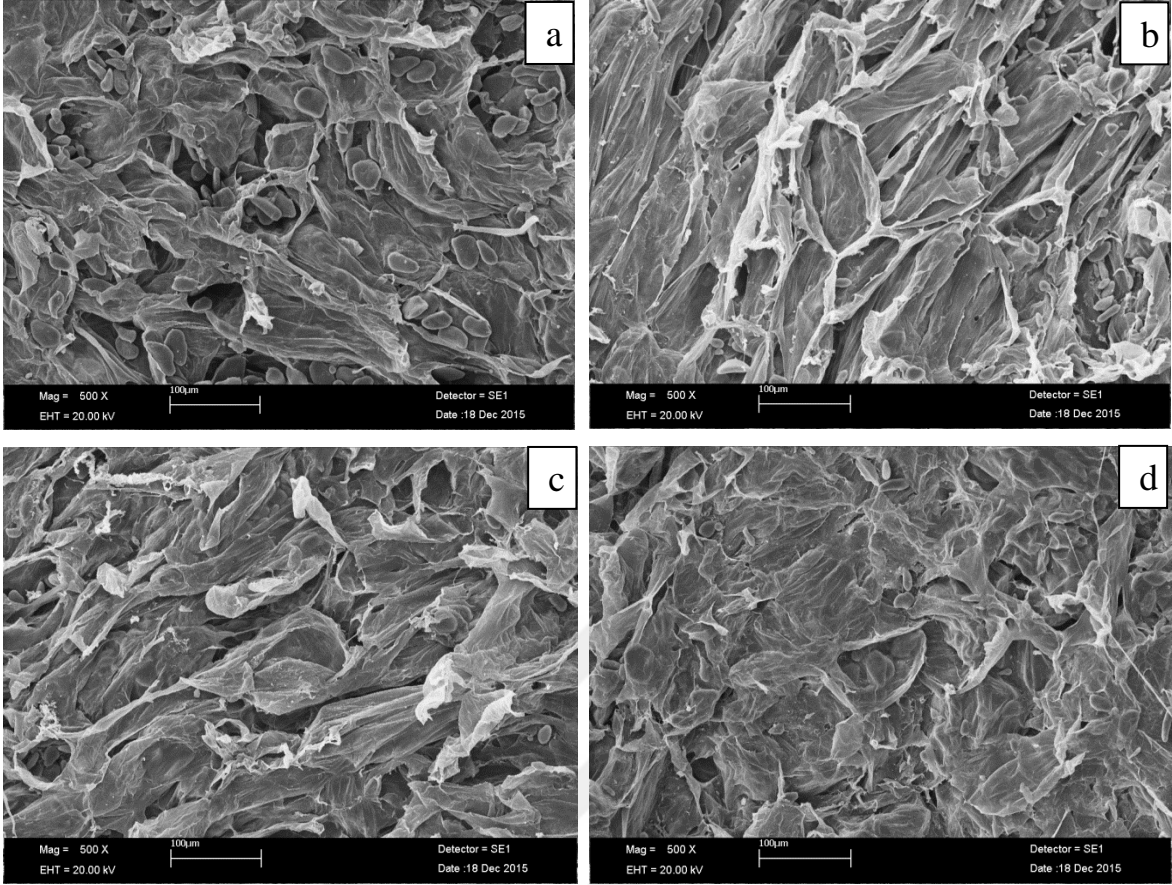


Şekil 3.63. Muz dilimlerine farklı çözelti konsantrasyonlarında uygulanan ozmotik dehidrasyon işleminin POD enzim aktivitesi üzerine etkisi

### **3.6.7. Ozmotik Dehidrasyon İşleminin Grand Nain Tipi Muzun Mikroskobik Yapısı Üzerindeki Etkisi**

Ozmotik dehidrasyon işlemi sonrasında muz dilimlerinin mikro yapısındaki değişiklikler taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile Resim 3.3'de görüntülenmiştir. Taze örneklerin dokularının hücreler ve hücreler arası boşluklardan oluşan lifli bir yapıya sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca düzensiz şekilli, matriks içerisinde yoğun olarak gömülü ve benzer şekilde kümelenmiş çok sayıda uzun ve oval şekilli nişasta granüllerinin varlığı da dikkati çekmiştir (Resim 3.3.a).

Taze muz örnekleri ile karşılaştırıldığında, işlem sıcaklığının giderek artmasıyla ozmotik dehidrasyona tabi tutulan meyvelerin dokularını oluşturan hücreler ve hücreler arası boşluklarda şekil ve boyut değişiklikleri ile hücre duvarında deformasyon veya gevşeme gibi değişiklikler gözlenmiştir. Ayrıca hücrelerde çökme, hücreler arası boşluklarda genişleme ve hücre bölümlendirmelerinde bozulma gibi değişiklikler de belirlenmiştir. Herhangi bir işleme tabi tutulmayan taze kontrol örneklerinden farklı olarak, ozmotik yöntem ile kurutulan bu örneklerde işlem sıcaklığının yükselmesiyle birlikte yapıda çokça bulunan nişasta moleküllerinin şişerek jelatinleştiği göze çarpmıştır (Resim 3.3.b-d).



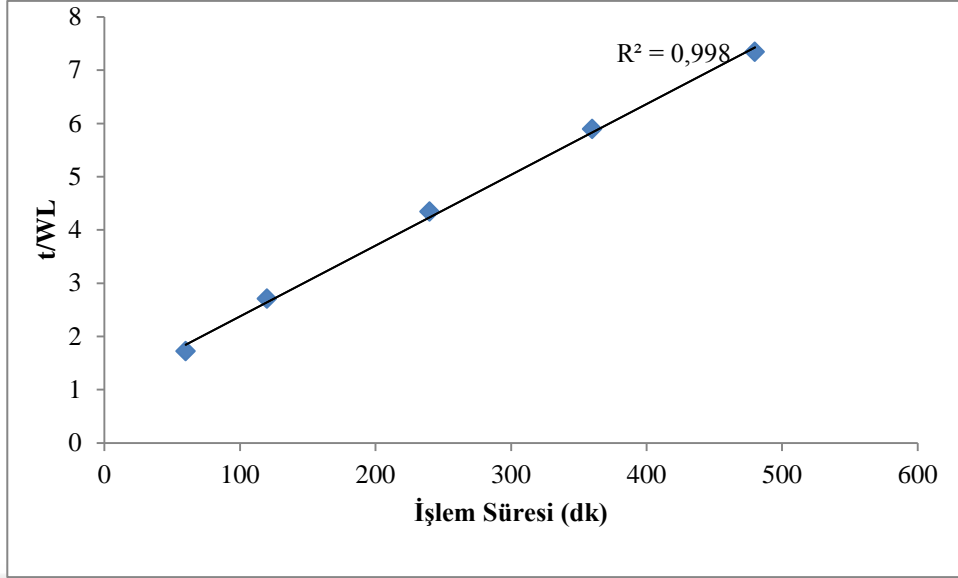
**Resim 3.3.** Farklı sıcaklıklarda %65 çözelti konsantrasyonunda ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan muz dilimlerinin taramalı elektron mikroskobu görüntüsü a) Kontrol, b) 25°C, c) 35°C, d) 45°C

### 3.7. Kütle Transfer Parametrelerinin Matematik Modellere Uygunluğu

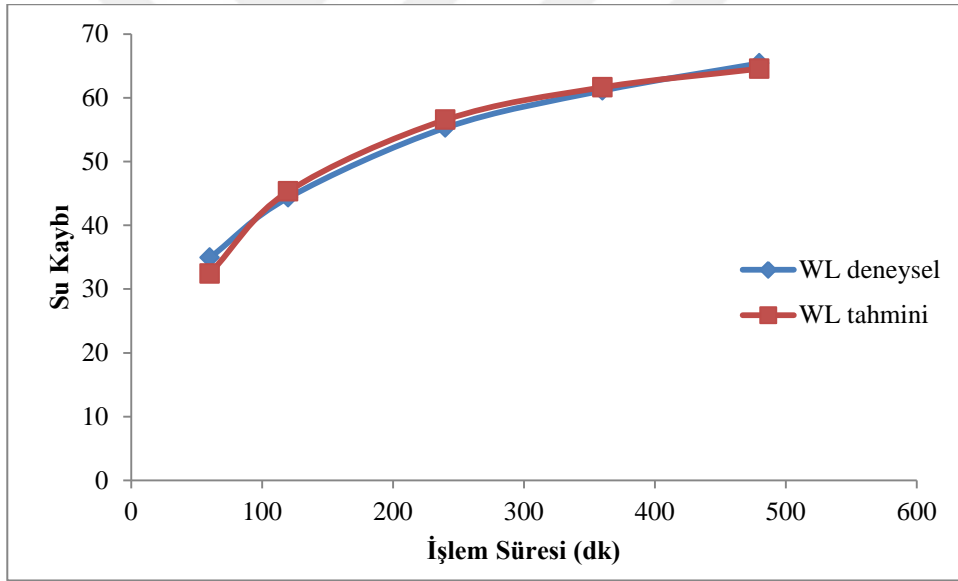
#### 3.7.1. Amasya Elmasının Ozmotik Dehidrasyon İşlemi Sonrası Kütle Transfer Değerlerinin Bazı Modellere Uygunluğunun İncelenmesi

Elma küplerinin, ozmotik dehidrasyon sonrası çözelti konsantrasyonu ve işlem sıcaklığı etkisinin daha iyi açıklanabilmesi için elde edilen kütle transfer parametrelerinin Azuara (1992) ile Hawkes ve Flink (1978) modellerine uygunluğu belirlenmiştir. Azuara (1992) matematik modelinde 2.6 ve 2.7 denklemleri kullanılarak  $WL_{\infty}$  ve  $SG_{\infty}$  gibi denge değerleri ile  $S_1$  ve  $S_2$  gibi parametreler elde edilmiştir. Bu değerlerden yola çıkarak 2.8 ve 2.10 denklemleri ile tahmini WL ve SG değerleri elde edilmiştir. Modeldeki denge ve parametre değerlerinin elde edildiği doğru Şekil 3.64 ve Şekil 3.66'da verilmiştir. Bu grafiklerde de görüleceği gibi  $t/WL$  ve  $t/SG$ 'nin zamana göre değişimi belirtilmiştir. Söz konusu modelleme işlemi sonucu elde edilen tahmini değerlerin deneysel değerlerle kıyaslaması Şekil 3.65'de gösterilmiştir. Deneysel ve tahmini değerlerden elde edilen istatistiksel parametreler Ek Tablo 3.1'de verilmiştir. Ek Tablo 3.1'e göre tahmini su kaybı değerlerinin 17.48 ile 75.18 arasında değiştiği saptanmıştır. Bu değerler incelendiğinde sıcaklık ve konsantrasyondaki artışın su kaybı değerlerini arttırdığı belirlenmiştir. Denge durumunda en düşük su kaybı değerinin  $25^{\circ}C$ 'de %25 çözelti konsantrasyonunda olduğu görülmüştür. Su kaybı değerlerinin regresyon katsayılarının 0.899 ile 0.988 arasında değiştiği saptanmıştır. Elma örnekleri açısından regresyon katsayılarının yüksek olması, modelin denge noktasındaki ozmotik dehidrasyon verilerinin belirlenebilmesi için kabul edilebilir olduğunu göstermiştir. %25, %45, %55 ve %65 çözelti konsantrasyonlarında  $S_1$  değerlerinin sırasıyla 0.023, 0.021, 0.011 ve 0.010 olduğu görülmüştür. %25, %55 ve %65 çözelti konsantrasyonlarındaki sıcaklık artışına paralel olarak  $S_1$  değerlerinin de yükseldiği görülmüştür. Modelin %P değeri 1.35 ile 5.21 arasında değişmekte olup konsantrasyon artışı ile bu değer düşüğü belirlenmiştir. Özellikle %25 çözelti konsantrasyonu %P değerlerinin, diğer konsantrasyonlardaki değerlere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Değerlerin çoğu %5'in altında olduğu için deneysel verilerin modele uygunluğunun su kaybı açısından mükemmel olduğunu göstermiştir.





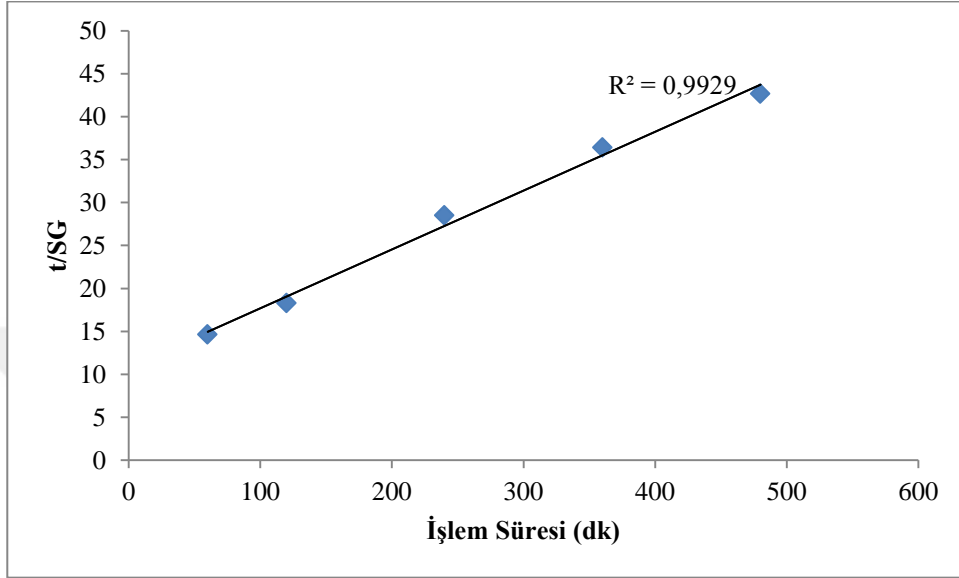
Şekil 3.64. 45°C sıcaklıkta %65 çözelti konsantrasyonuna daldırılan elma küplerinin t/WL değişimi



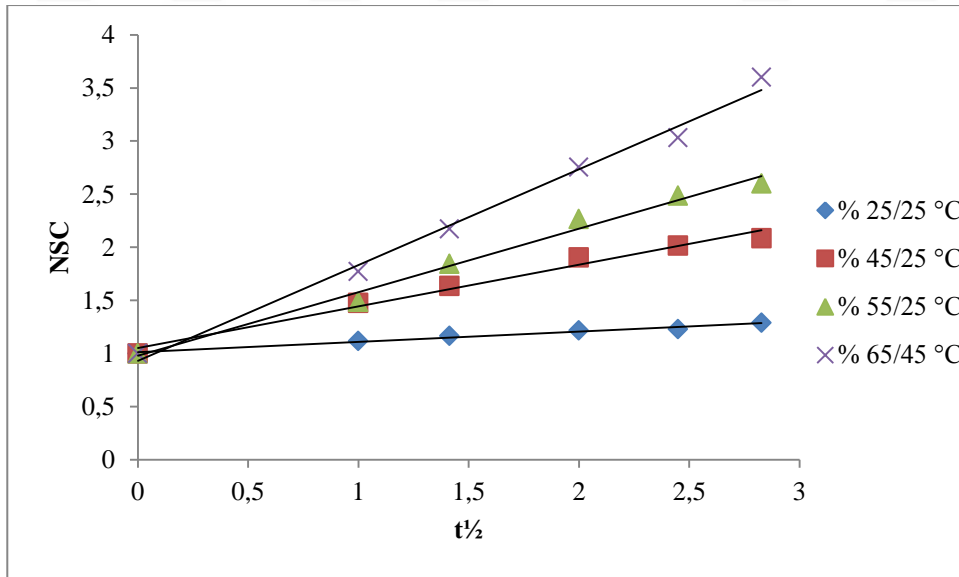
Şekil 3.65. %65 çözelti konsantrasyonuna daldırılan elma küplerinin 45°C sıcaklıktaki su kaybının deneysel ve tahmini değişimi

Ek Tablo 3.2 incelendiğinde, elma küplerinin katı kazanımı denge değerlerinin çözelti konsantrasyonu ile arttığı göze çarpmıştır. Katı kazanımı denge değerlerinin 1.43 ile 15.67 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Modele göre işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonu arttıkça  $S_2$  katı kazanımı sabiti azalmaktadır. Modelin  $R^2$  değerlerinin 0.873 ile 0.998 arasında olduğu tespit edilmiştir. %P değerleri açısından değerlendirildiğinde 1.12 ile 13.34 arasında değişmekte olup konsantrasyon artışı ile azaldığı belirlenmiştir. Özellikle %25 çözelti konsantrasyonu %P değerlerinin diğer

konsantrasyonlara göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu sebeple modelin %P değerleri Ek Tablo 3.2 incelendiğinde yüksek konsantrasyonlarda uygulanan ozmotik dehidrasyon işleminin modele uygunluğunun mükemmel olduğunu göstermiştir.



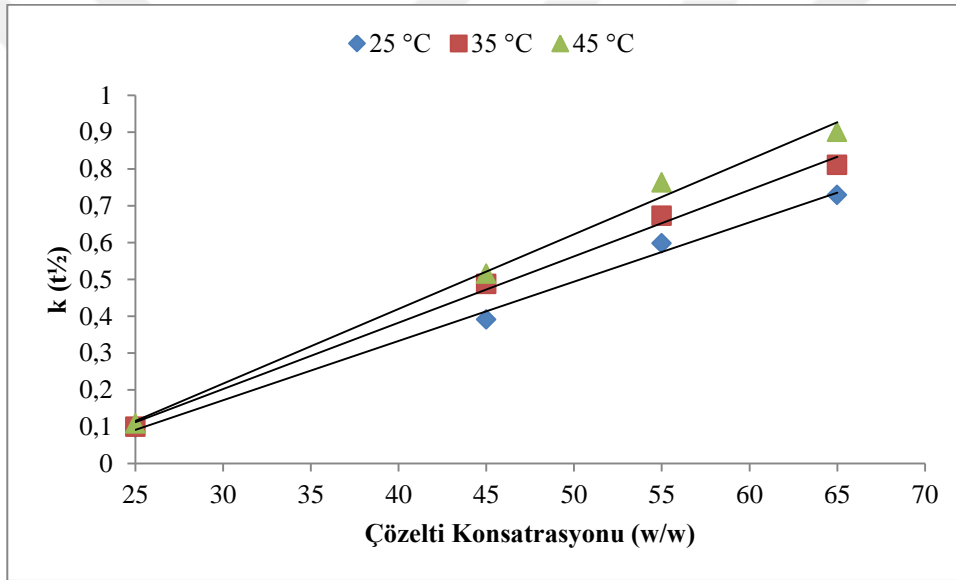
Şekil 3.66. 45°C sıcaklıkta %65 çözelti konsantrasyonuna daldırılan elma küplerinin t/SG değişimi



Şekil 3.67. Elma küplerinin bazı sıcaklık ve konsantrasyonlardaki NSC değerinin t/2' ye göre değişim grafiği

Hawkes ve Flink (1978) kütle transfer modelinde, su kaybı ve katı kazanımı hızı birlikte ifade edilmiştir. Şekil 3.67'de görülen NSC değeri, ozmotik işlem sonrası örneğin kuru madde içeriğinin başlangıçtaki kuru madde içeriğine oranı olarak tanımlanmıştır. Bu

modele göre NSC değerinin ozmotik işlem sũresinin (h, saat) karekũkũne gũre değişimi ile kũtle transfer sabiti (k) hesaplanmıştır. Hesaplanan kũtle transfer katsayıları Ek Tablo 3.3'te verilmiştir. k değerleri 0.0969 ile 0.9007 arasında değişmekle birlikte, ozmotik işlem sıcaklığı ve ozelti konsantrasyonu arttıka su kaybı ve katı kazanımını birlikte temsil eden k değerlerinin de yũkseldięi tespit edilmiştir. Ozmotik işlemde  $R^2$  değerlerinin 0.906 ile 0.996 arasında olduğu belirlenmiştir. Farklı sıcaklıklarda uygulanan ozmotik dehidrasyon işlemi sonucunda k değerlerinin değişimi Şekil 3.68'de ifade edilmiştir. Bu grafiğe gũre %65 ozelti konsantrasyonundaki k değerlerinin 0.729, 0.811 ve 0.901 olduğu saptanmıştır.



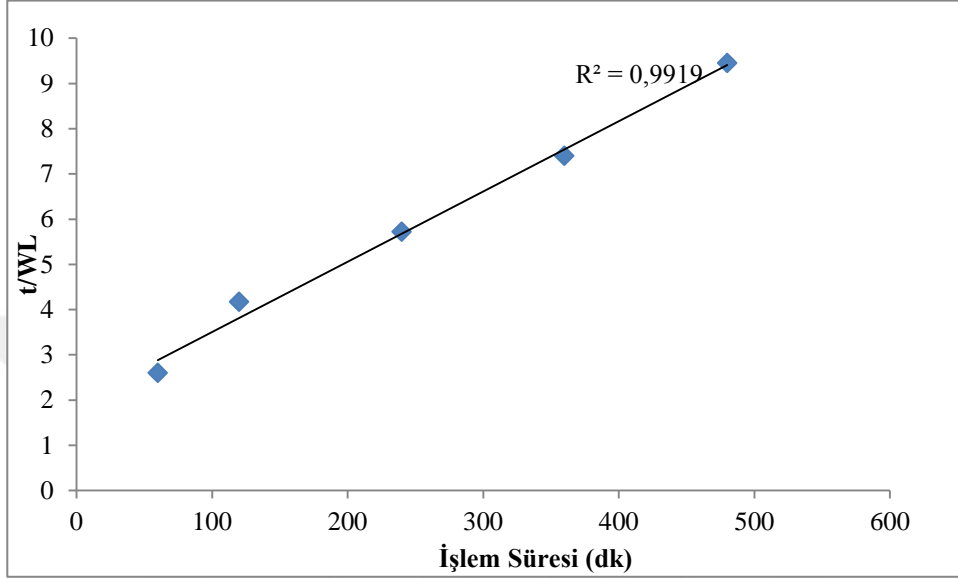
**Şekil 3.68.** Elma kũplerine farklı sıcaklıklarda uygulanan ozmotik dehidrasyon işleminin hız parametresi (k) değerlerinin ozelti konsantrasyonuna gũre değişimi

### 3.7.2. Limon Ayvasının Ozmotik Dehidrasyon İşlemi Sonrası Kütle Transfer Değerlerinin Bazı Modellere Uygunluğunun İncelenmesi

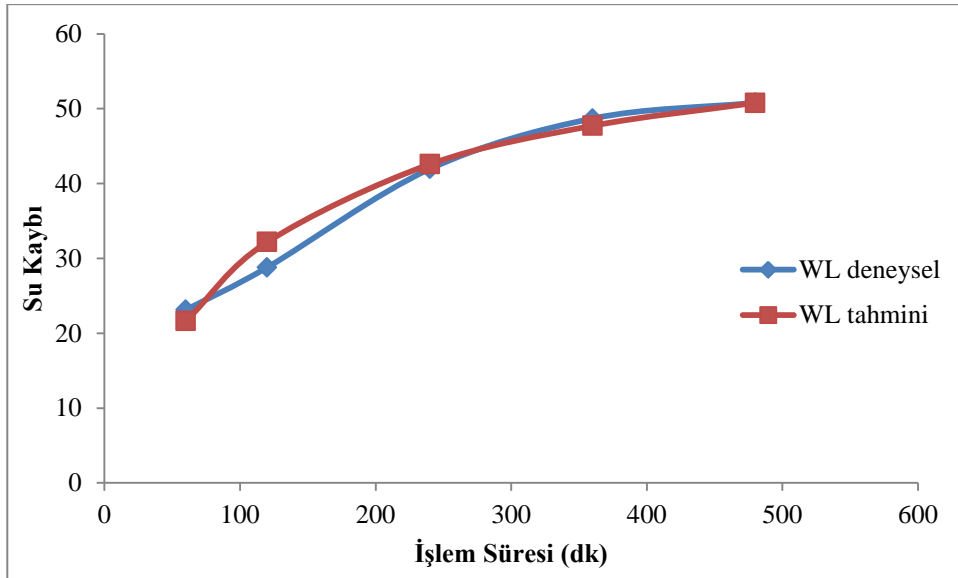
Ayva küplerinin, ozmotik dehidrasyon sonrası çözelti konsantrasyonu ve işlem sıcaklığı etkisinin daha iyi açıklanabilmesi için elde edilen kütle transfer değerlerinin Azuara (1992) ile Hawkes ve Flink (1978) modellerine uygunluğu belirlenmiştir. Azuara (1992) matematik modelin 2.6 ve 2.7 denklemleri kullanılarak  $WL_{\infty}$  ve  $SG_{\infty}$  gibi denge değerleri ile  $S_1$  ve  $S_2$  gibi parametreler elde edilmiştir. Bu değerlerden yola çıkarak 2.8 ve 2.10 denklemleri ile tahmini WL ve SG değerleri elde edilmiştir. Modeldeki denge ve parametre değerlerinin elde edildiği doğru Şekil 3.69 ve Şekil 3.71’de verilmiştir. Bu grafiklerde de görüleceği gibi  $t/WL$  ve  $t/SG$ ’nin zamana göre değişimi belirtilmiştir. Söz konusu modelleme işlemi sonucu elde edilen tahmini değerlerin deneysel değerlerle kıyaslaması Şekil 3.70’de gösterilmiştir. Deneysel ve tahmini değerlerden elde edilen istatistiksel parametreler ekte verilmiştir. Ek Tablo 3.4’e göre hesaplanan su kaybı değerleri 7.18 ile 62.89 arasında tespit edilmiştir. Bu değerler incelendiğinde işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonundaki artışın su kaybı değerlerini arttırdığı belirlenmiştir. Denge durumunda en düşük su kaybı değeri 25°C sıcaklıkta %25 çözelti konsantrasyonunda görülmüştür.  $R^2$  değerlerinin su kaybı değerleri için 0.904 ile 0.993 arasında olduğu belirlenmiştir. Ayva örnekleri açısından regresyon katsayılarının yüksek olması modelin denge noktasındaki ozmotik dehidrasyon verilerinin belirlenebilmesi için kabul edilebilir olduğunu göstermiştir. %25, %45, %55 ve %65 çözelti konsantrasyonlarında  $S_1$  değerlerinin sırasıyla 0.0099, 0.0146, 0.0079 ve 0.0087 olduğu saptanmıştır. Aynı orandaki çözelti konsantrasyonlarında sıcaklık artışına paralel olarak  $S_1$  değerlerinin de arttığı tespit edilmiştir. Ek Tablo 3.4’te %45 çözelti konsantrasyonunda 25°C, 35°C ve 45°C’deki su kaybı sabitinin ( $S_1$ ) sırasıyla 0.0100, 0.0130 ve 0.0146 olduğu görülmüştür. Modelin %P değerinin 2.07-6.83 arasında değişmekte olduğu belirlenmiştir. Değerlerin çoğu %5’in altında olduğu için deneysel verilerin modele uygunluğunun su kaybı açısından mükemmel olduğunu göstermiştir.

Ayva küplerinin katı kazanımı denge değerlerinin verildiği Ek Tablo 3.5 incelendiğinde, bu değerlerin işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonu ile arttığı görülmüştür. Katı kazanımı denge değerlerinin 1.97 ile 12.97 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Modele göre işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonu arttıkça  $S_2$  katı kazanımı sabitinin de arttığı saptanmıştır. Modelin  $R^2$  değerlerinin 0.878 ile 0.995 arasında değişmekte olduğu gözlenmiştir. %P değerleri açısından değerlendirildiğinde ise 1.37 ile

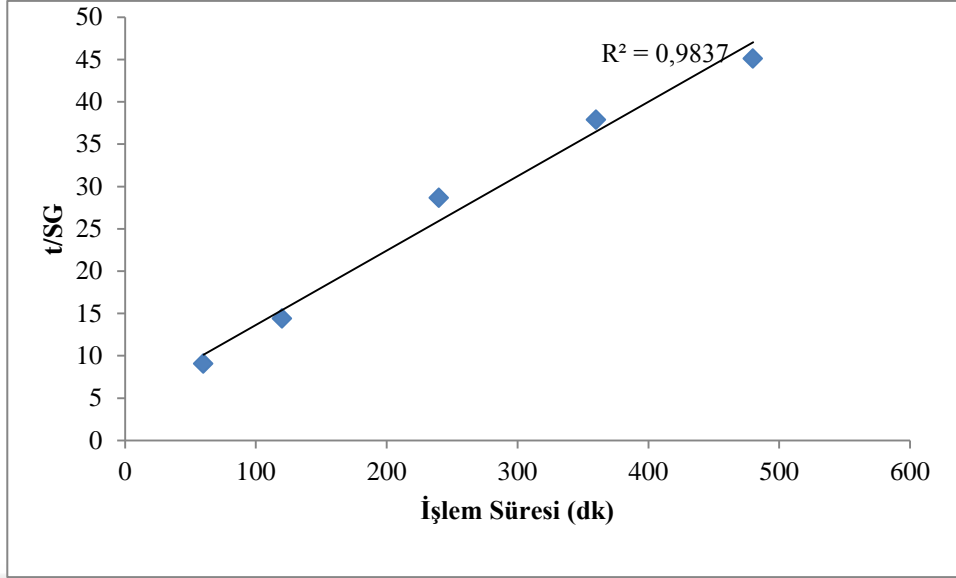
9.10 arasında olduğu ve özellikle %25 çözelti konsantrasyonunda %P değerlerinin diğer konsantrasyonlara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu sebeple Ek Tablo 3.5 incelendiğinde modelin %P değerleri, düşük çözelti konsantrasyonunda elde edilen deneysel verilerin ayvada modele uygunluğunun zayıf olduğunu göstermiştir.



Şekil 3.69. 45°C sıcaklıkta %65 çözelti konsantrasyonuna daldırılan ayva küplerinin t/WL değişimi

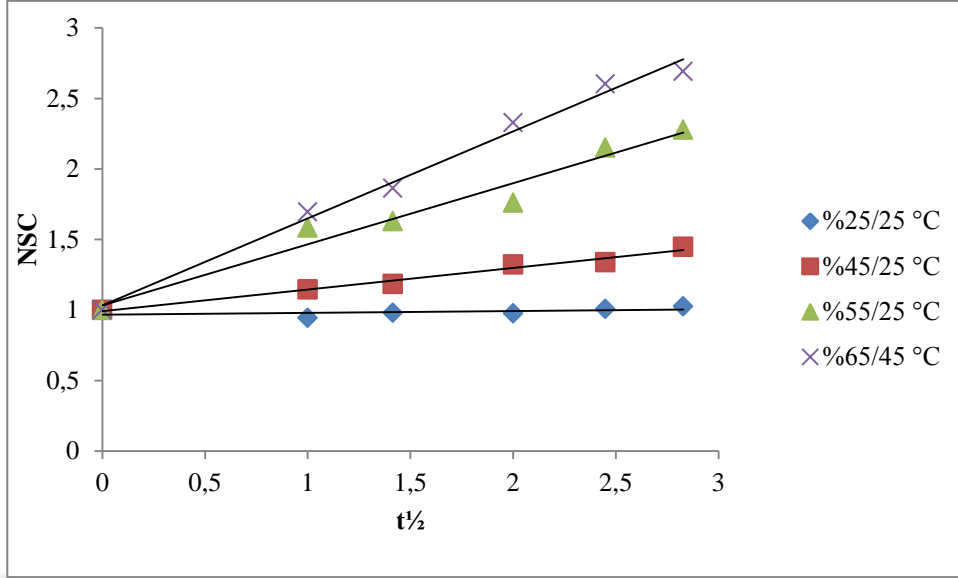


Şekil 3.70. %65 çözelti konsantrasyonuna daldırılan ayva küplerinin 45°C sıcaklıktaki su kaybının deneysel ve tahmini değişimi

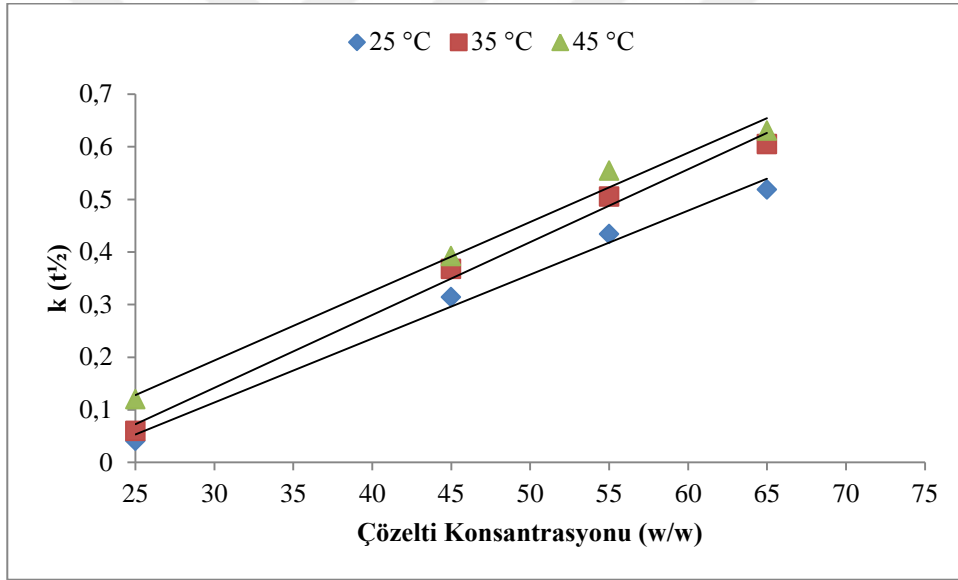


Şekil 3.71. 45°C sıcaklıkta %65 çözelti konsantrasyonuna daldırılan ayva küplerinin t/SG değişimi

Hawkes ve Flink (1978) kütle transfer modeli, deneysel verilerden elde edilen NSC değerinin zamanın kareköküne göre değişimi olarak kabul edilmektedir. Farklı işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonlarındaki bu değişim Şekil 3.72’de belirtilmiştir. Bu değişimden yola çıkarak su kaybı ve katı kazanımını birlikte ifade eden kütle transfer sabiti (k) hesaplanmıştır. Ayva örneklerinin k sabitinin, artan işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonuna paralel olarak yükseldiği görülmüştür. Hesaplanan kütle transfer katsayıları Ek Tablo 3.6’da gösterilmiştir. k değerleri 0.040 ile 0.630 arasında değişmekle birlikte ozmotik işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonu arttıkça k değerlerinin de yükseldiği tespit edilmiştir. Ayvanın ozmotik dehidrasyon işleminde  $R^2$  değerlerinin 0.897 ile 0.998 arasında değişmekte olduğu belirlenmiştir. Farklı sıcaklıklarda uygulanan ozmotik dehidrasyon işlemi sonucunda k değerlerinin değişimi Şekil 3.73’de verilmiştir. Bu grafiğe göre %65 çözelti konsantrasyonundaki k değerleri 0.518, 0.605 ve 0.630 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.72. Ayva küplerinin bazı sıcaklık ve konsantrasyonlardaki NSC değerinin  $t/2$  'ye göre değişim grafiği



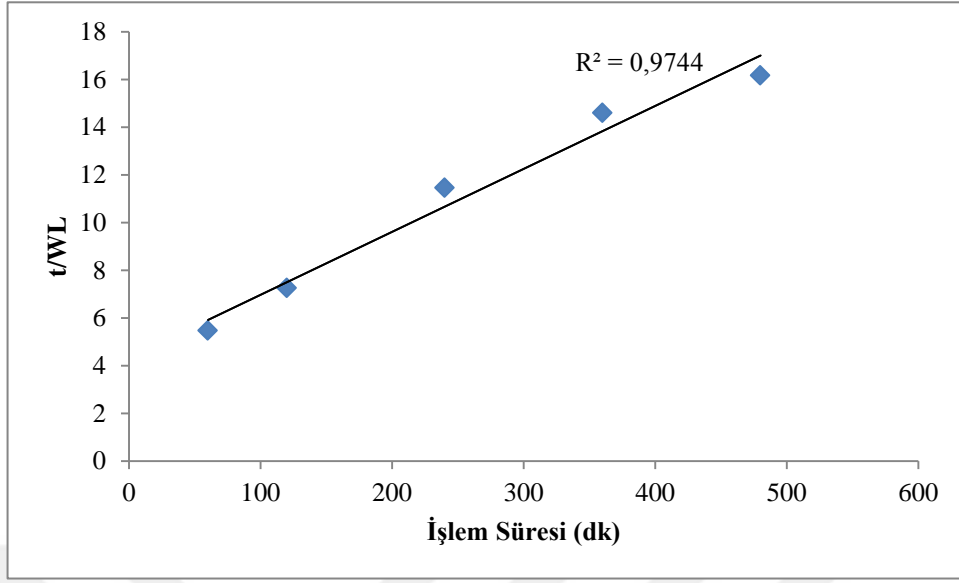
Şekil 3.73. Ayva küplerine farklı sıcaklıklarda uygulanan ozmotik dehidrasyon işleminin hız parametresi (k) değerlerinin çözelti konsantrasyonuna göre değişimi

### 3.7.3. Grand Nain Tipi Muzun Ozmotik Dehidrasyon İşlemi Sonrası Kütle Transfer Değerlerinin Bazı Modellere Uygunluğunun İncelenmesi

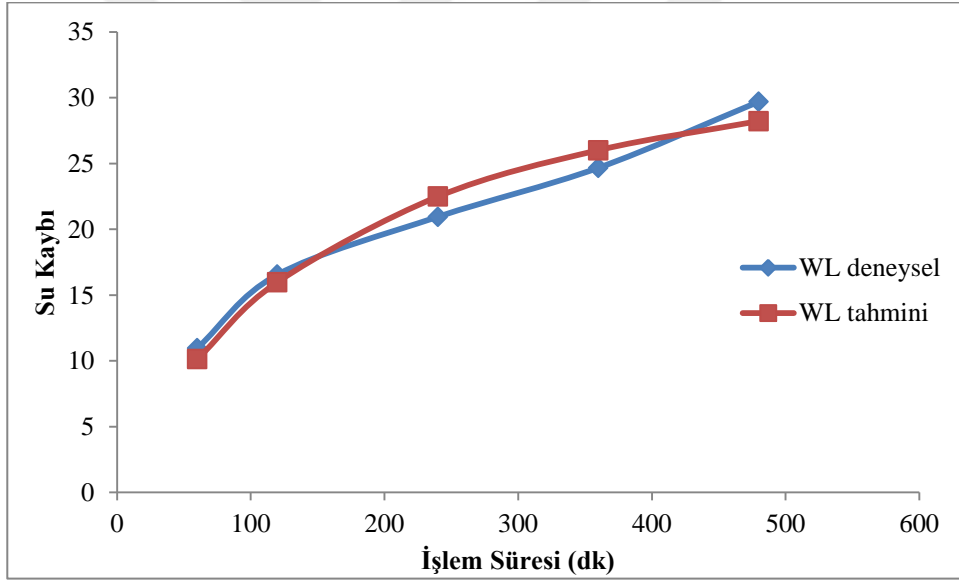
Muz dilimlerinin, ozmotik dehidrasyon sonrası çözelti konsantrasyonu ve işlem sıcaklığı etkisinin daha iyi açıklanabilmesi için elde edilen kütle transfer parametrelerinin Azuara (1992) ile Hawkes ve Flink (1978) modellerine uygunluğu belirlenmiştir. Azuara (1992) matematik modelin 2.6 ve 2.7 denklemleri kullanılarak  $WL_{\infty}$  ve  $SG_{\infty}$  gibi denge değerleri ile  $S_1$  ve  $S_2$  gibi parametreler elde edilmiştir. Bu değerlerden yola çıkarak 2.8 ve 2.10 denklemleri ile tahmini WL ve SG değerleri elde edilmiştir. Modeldeki denge ve parametre değerlerinin elde edildiği doğru Şekil 3.74 ve Şekil 3.76'da verilmiştir. Bu grafiklerde de görüleceği gibi  $t/WL$  ve  $t/SG$ 'nin zamana göre değişimi belirtilmiştir. Söz konusu modelleme işlemi sonucu elde edilen tahmini değerlerin deneysel değerlerle kıyaslaması Şekil 3.75'de gösterilmiştir. Deneysel ve tahmini değerlerden elde edilen istatistiksel parametreler ekte verilmiştir. Ek Tablo 3.7'ye göre hesaplanan su kaybı değerleri -16.86 ile 37.88 arasında tespit edilmiştir. Bu değerler incelendiğinde sıcaklık ve konsantrasyondaki artışın tahmini su kaybı değerlerini de arttırdığı belirlenmiştir. Denge durumunda en düşük su kaybı değeri 25°C sıcaklıkta %25 çözelti konsantrasyonunda görülmüştür. Su kaybı değerlerinin regresyon katsayılarının 0.904 ile 0.993 arasında olduğu belirlenmiştir. Ayva örnekleri açısından regresyon katsayılarının yüksek olması modelin denge noktasındaki ozmotik dehidrasyon verilerinin belirlenebilmesi için kabul edilebilir olduğunu göstermiştir. %25, %45, %55 ve %65 çözelti konsantrasyonlarında  $S_1$  değerleri sırasıyla 0.0099, 0.0146, 0.0079 ve 0.0087 olarak saptanmıştır. Ek Tablo 3.7'de %45 çözelti konsantrasyonunda 25°C, 35°C ve 45°C'deki su kaybı sabitinin ( $S_1$ ) sırasıyla 0.0073, 0.0121 ve 0.0095 olduğu görülmüştür. Modelin %P değerlerinin 2.38 ile 8.08 arasında değişmekte olduğu belirlenmiştir.

Muz dilimlerinin katı kazanımı denge değerlerinin verildiği Ek Tablo 3.8 incelendiğinde, bu değerlerin %25 çözelti konsantrasyonunun dışında sıcaklık ve çözelti konsantrasyonu ile arttığı görülmüştür. Katı kazanımı denge değerlerinin 0.98 ile 8.55 arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Modele göre katı kazanımı sabitinin sıcaklık artışıyla azaldığı belirlenmiştir. Modelin  $R^2$  değerlerinin 0.812 ile 0.980 arasında olduğu gözlenmiştir. %P değerleri açısından değerlendirildiğinde ise 2.05 ile 8.83 arasında değişmekte olduğu tespit edilmiştir.

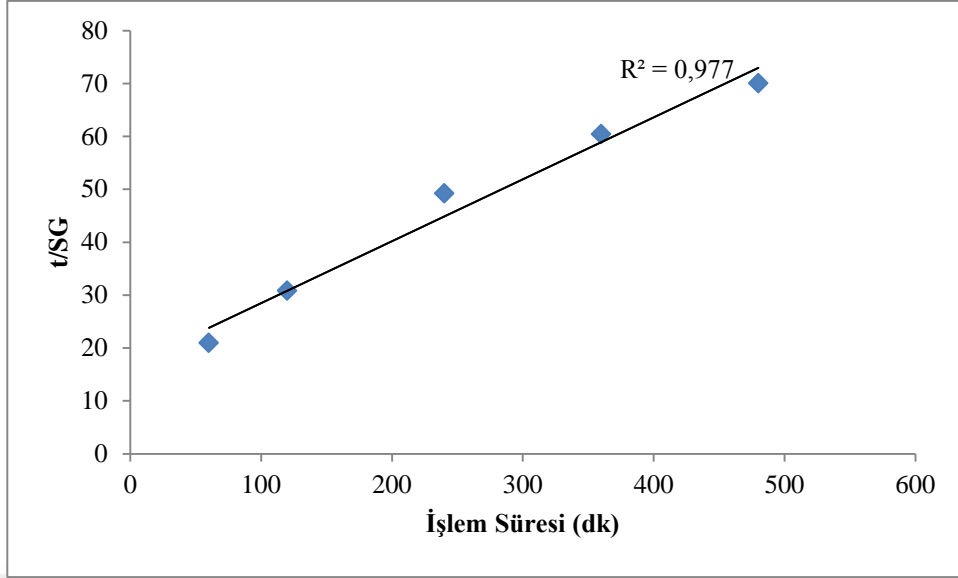




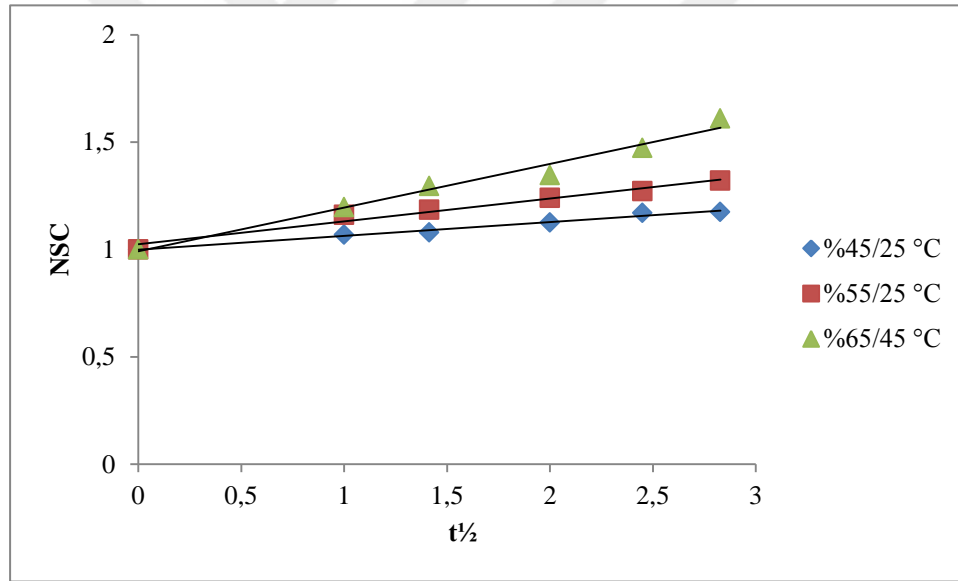
Şekil 3. 74. 45°C sıcaklıkta %65 çözelti konsantrasyonuna daldırılan muz dilimlerinin t/WL değişimi



Şekil 3.75. %65 çözelti konsantrasyonuna daldırılan muz dilimlerinin 45°C sıcaklıktaki su kaybının deneysel ve tahmini değişimi



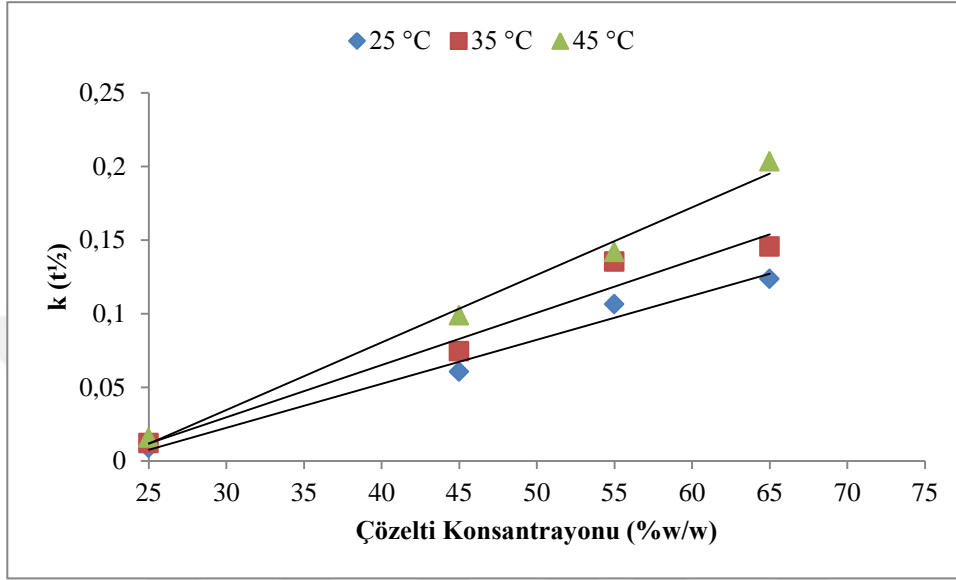
Şekil 3.76. 45°C sıcaklıkta %65 çözelti konsantrasyonuna daldırılan muz dilimlerinin t/SG değişimi



Şekil 3.77. Muz dilimlerinin bazı sıcaklık ve konsantrasyonlardaki NSC değerinin t½ 'ye göre değişim grafiği

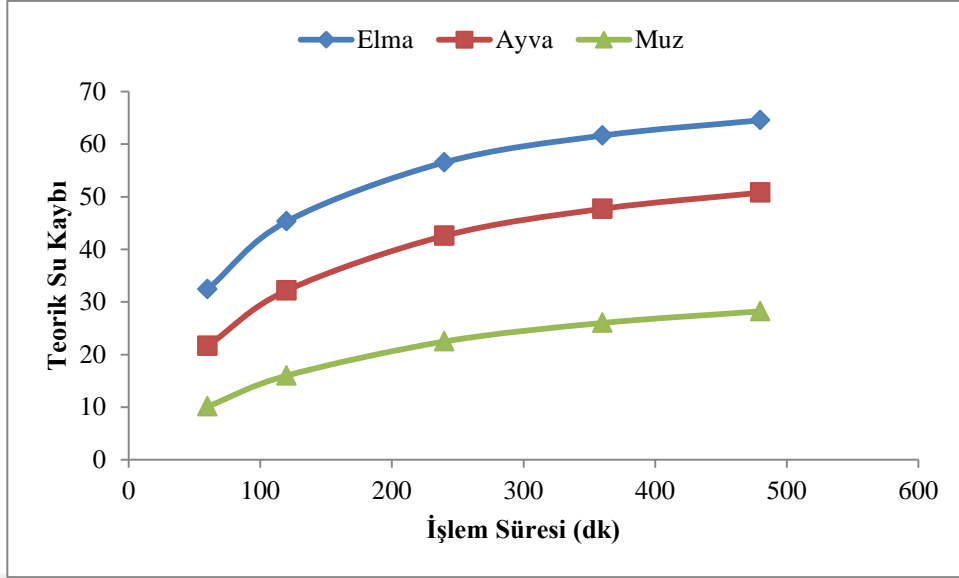
Hawkes ve Flink (1978) kütle transfer modeli su kaybı ve katı kazanım hızını birlikte ifade etmektedir. Şekil 3.77'de görülen NSC değeri, ozmotik işlem sonrası örneğin kuru madde içeriğinin başlangıçtaki kuru madde içeriğine oranı olarak tanımlanmıştır. Bu modele göre NSC değerinin ozmotik işlem süresinin (h, saat) kareköküne göre değişimi ile k kütle transfer sabiti hesaplanmıştır. Hesaplanan kütle transfer katsayıları Ek Tablo 3.9'da verilmiştir. Ozmotik işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonu arttıkça k değerlerinin de yükseldiği tespit edilmiştir. Hawkes ve Flink (1978) modelinde kütle transfer değerlerinin

regresyon katsayılarının 0.925 ile 0.989 arasında olduğu saptanmıştır. Farklı sıcaklıklarda uygulanan ozmotik dehidrasyon işlemi sonucunda k değerlerinin değişimi Şekil 3.78’de verilmiştir. Bu grafiğe göre %65 çözelti konsantrasyonundaki k değerleri 0.124, 0.146 ve 0.203 olarak hesaplanmıştır.

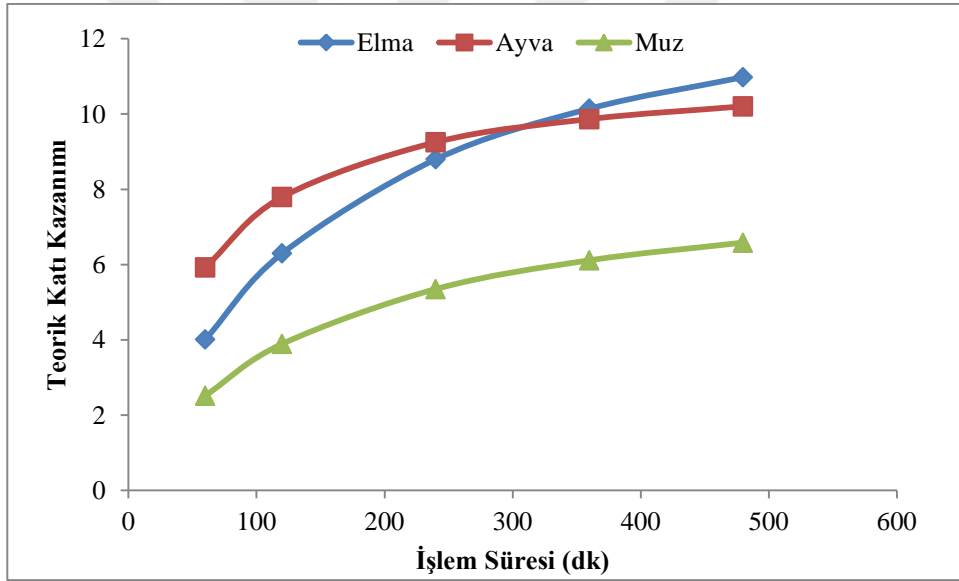


Şekil 3.78. Muz dilimlerine farklı sıcaklıklarda uygulanan ozmotik dehidrasyon işleminin (k) hız parametresi (k) değerlerinin çözelti konsantrasyonuna göre değişimi

Azuara (1992) matematik modeline göre ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası elma, ayva ve muz örneklerinin teorik su kaybı değerleri Şekil 3.79’da gösterilmiştir. En yüksek teorik su kaybı değerlerinin ozmotik kurutulmaya tabi tutulmuş elma küplerinde gerçekleştiği saptanmıştır. Teorik su kaybı değerlerinin muz örneklerinde en düşük olduğu Şekil 3.79’da belirtilmiştir. 480 dakikalık işlem sonunda teorik su kaybı değerleri elma, ayva ve muz için sırasıyla 65.54, 50.78 ve 28.21 olarak saptanmıştır. Şekil 3.80 incelendiğinde teorik katı kazanımı değerlerinin elma küplerinde en yüksek olduğu gözle çarpmıştır. Deneysel katı kazanımı değerlerinden hesaplanan teorik katı kazanımı değerleri elma küplerinde 10.99, ayva küplerinde 10.20, muz dilimlerinde ise 6.58 olarak tespit edilmiştir.

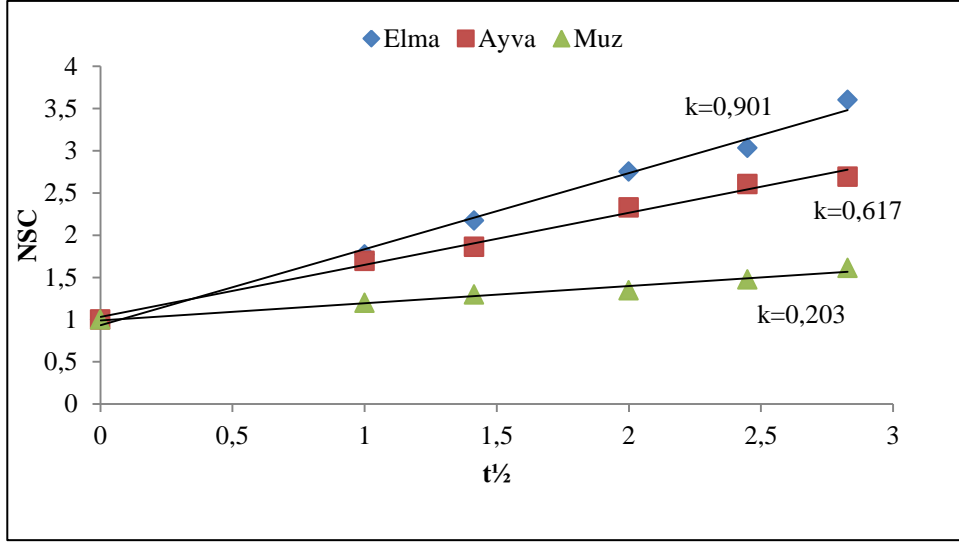


Şekil 3.79. Ozmotik dehidrasyon işleminde bazı meyvelerin teorik su kaybı değerlerinin işlem süresine göre değişimi



Şekil 3.80. Ozmotik dehidrasyon işleminde bazı meyvelerin teorik katı kazanımı değerlerinin işlem süresine göre değişimi

Hawkes ve Flink (1978) kütle transfer modelinden elde edilen farklı meyvelere ait NSC değerleri Şekil 3.81’de verilmiştir. Bu grafiğe göre elma küplerinin ozmotik kurutulmasında su kaybı ve katı kazanımını birlikte temsil eden NSC değerlerinin ayva küplerine ve muz dilimlerine göre daha yüksek olduğu ayrıca elma küplerinin hız parametre değerinin 0.901 olduğu saptanmıştır. Şekil 3.81 incelendiğinde muz dilimlerinin hız parametre değerinin diğer iki meyveye oranla daha düşük olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.81. Ozmotik dehidrasyon işleminde bazı meyvelerin NSC değerlerinin işlem süresinin kareköküne göre değişimi

#### 4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Amasya elmasına ait bazı fiziko-kimyasal parametreler incelendiğinde; suda çözünen kuru madde miktarının %13.50, pH değerinin 4.87 ve titrasyon asitliğinin %0.25 olduğu tespit edilmiştir (Şenyurt ve ark., 2015). Önceki literatür çalışmaları ile paralel olarak yaptığımız çalışmada da kuru madde miktarının %13.54, suda çözünen kuru madde miktarının %12.02, pH değerinin 4.24 ve titrasyon asitliğinin ise %0.56 olduğu saptanmıştır.

Elma küplerinin hipertonic çözeltilere daldırılması sonucu kinetik parametrelerindeki değişim incelendiğinde; 45°C’de, %65 sakkaroz çözelti konsantrasyonunda su kaybı değerinin %65.39 olduğu görülmüştür. Sultanoğlu (2000) çalışmasında elmanın ozmotik dehidrasyonunda; %60 sakkaroz çözeltisinde, 50°C ‘deki su kaybı değerinin %61.57 olduğunu tespit etmiştir. Bu sonuca göre, çalışmamızdaki deney sonuçlarının literatür bilgileriyle örtüştüğü anlaşılmıştır. Elmadaki katı kazanımı değerinin; %65 sakkaroz çözelti konsantrasyonunda ve 45°C’deki ozmotik işlem koşullarında %11.24 olduğu belirlenmiştir. Katı kazanımı değerlerinin Sultanoğlu (2000)’nun yaptığı çalışmada elde edilen sonuçlara çok yakın olduğu gözlenmiştir. Elma örneklerinin ozmotik dehidrasyon işlemindeki çözelti konsantrasyonunun artışı ile birlikte su kaybı ve katı kazanımı değerlerinin de arttığı saptanmıştır. Togrul ve İspir (2008), ozmotik dehidre edilen kayısı örneklerini inceledikleri çalışmalarında benzer sonuçları elde etmişlerdir. Amasya elmasının ozmotik dehidrasyonunda uygulanan işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonu gibi değerlerin, su kaybı ve katı kazanımı kütle transfer parametreleri açısından literatürler ile benzer sonuçlar verdiği görülmüştür (Lazarides ve ark., 1995; Sereno ve ark., 2001).

Amasya elmasının ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası su aktivite değerlerinin düştüğü çalışma sonuçları ile ortaya konmuştur. Fakat işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonunun artışıyla beraber su aktivite değerlerinin de azaldığı dikkati çekmiştir. 45°C işlem sıcaklığında ve %65 sakkaroz konsantrasyonunda 0.924 ile su aktivite değerinin en düşük seviyede olduğu gözlenmiştir. Ancak ürünün raf ömrü açısından bu değer güvenli aralıkta olmadığı görülmüştür. İnanç ve Ak (2012), tuzlu çözelti konsantrasyonunun Maraş biberi üzerindeki ozmotik dehidrasyon etkisini inceledikleri

çalışmalarında, tuzun Maraş biberindeki su aktivite değerlerini çok daha yüksek oranda düşürdüğünü saptamıştır. Dolayısıyla bu durumun çözelti tipinden kaynaklandığı düşünülmüştür.

Çalışmamızda ozmotik dehidrasyon işlemine tabi tutulan Amasya elmasının tekstür profil analizi değerleri araştırılmıştır. En önemli tekstür parametrelerinden biri olan sertlik, gıdanın ağızda sıkıştırılması sonucu deformasyonunu temsil etmektedir. Bu tekstürel parametrenin işlem süresi, işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonuna bağlı olarak azaldığı görülmüş ve bu durumun ozmotik dehidrasyon işlemi sırasında dokudan ayrılan su ile ilişkili olduğu düşünülmüştür. Literatürde 50°C'lik ozmotik işlem sıcaklığında, farklı sakkaroz çözelti konsantrasyonlarına daldırılmış karpuz dilimlerinin sertlik değeri açısından benzer sonuçlar elde edildiği ortaya çıkmıştır (Athmaselvi ve ark., 2012).

Tekstür parametrelerinden bir diğeri olan dış yapışkanlık, gıda maddesinin yüzeyi ile temas ettiği yüzey arasındaki çekim kuvvetini yenmek için gerekli olan iş olarak tanımlanmaktadır. Çalışmamızda bu değer elmanın ozmotik dehidrasyon işleminde çözelti konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak yükseldiği gözlenmiştir. Chun ve ark. (2012)'nin yaptıkları çalışmada da yaban mersininin artan konsantrasyonlardaki maltodekstrin çözeltilerine daldırılması sonucu dış yapışkanlık değerlerinin arttığı görülmüştür.

Esneklik, gıda maddesinin üzerindeki deforme edici kuvvet kaldırıldıktan sonra kendini toparlayarak deformasyon öncesi haline dönmesidir. Ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası elma küplerinin esneklik tekstürel parametre değerlerinin işlem süresi, işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonuna bağlı olarak azaldığı görülmüştür. Yapılan literatür çalışması ile elma dilimlerinin kurutulması neticesinde esneklik değerlerinin çalışma sonuçlarımıza paralel olarak değiştiği tespit edilmiştir (Marthyenko ve Janaszek, 2014).

Gıda materyalinin kırılmadan önceki sıkıştırılma derecesini temsil eden iç yapışkanlık tekstürel değerlerinin, elmanın ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası arttığı gözlenmiştir. Athmaselvi ve ark. (2012) da yaptıkları çalışmada benzer sonuçları elde etmişlerdir.

Tekstürel parametre değerlerinden çiğnenebilirlik, gıdanın çiğnenerek yutulabilecek hale getirilmesi için gerekli kuvvet olarak ifade edilmektedir. Elma küplerinin çiğnenebilirlik değerinin ozmotik dehidrasyon işlemi boyunca azaldığı görülmüştür. Nitekim benzer şekilde, Marthyenko ve Janaszek (2014) adlı araştırmacılar sıcak hava ile kurutulan elma dilimlerinin çiğnenebilirlik değerlerinin azaldığını ifade etmişlerdir.

Geleneksel kurutma yöntemlerinin ürünün en önemli kalite parametrelerinden biri olan renk değerleri üzerindeki olumsuz etkisi yıllardır bilinmektedir. Bu sebeple son zamanlarda kurutmanın bu olumsuz etkisini azaltmak için bazı yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden biri olan ozmotik dehidrasyon işlemi ile çalışmamızda hipertonic çözeltilere daldırılarak kurutulan Amasya elması küplerinin renk değerleri incelenmiştir. Parlaklığı temsil eden  $L^*$  değerlerinin işlem görmemiş olan kontrol örneklerine göre azaldığı tespit edilmiştir.  $L^*$  değerlerindeki bu kaybın yüksek çözelti konsantrasyonlarındaki uygulamalarda daha az olduğu saptanmıştır. Benzer şekilde Kıroğlu-Zorulgenç (2010)'in çalışmasında gerçekleştirdiği ozmotik dehidrasyon işleminde Trabzon hurmasına ait  $L^*$  değerlerinin işlem görmemiş örneklere göre düştüğü görülmüştür.

Çalışmamızda, ozmotik işlem görmüş elma küplerine göre işlem görmemiş kontrol grubu elma küplerinde yeşilliği temsil eden  $-a^*$  değerlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara paralel olarak ozmotik dehidre edilen karpuz halkalarının  $-a^*$  (yeşillik) değerlerinin zamanla azaldığı saptanmıştır (Athmaselvi ve ark., 2012).

Ozmotik dehidre edilen elma küplerinde sarılığını temsil eden  $b^*$  değerlerinin işlem süresi boyunca önce azaldığı daha sonra ise arttığı dikkati çekmiştir. İşlem görmemiş, kontrol elma küplerinin  $b^*$  değerlerinin ozmotik dehidre edilen örneklere göre daha yüksek olduğu göze çarpmıştır. Falade ve ark. (2007), kavun dilimlerinin ozmotik olarak dehidrasyonu sonrası  $b^*$  değerlerinin yükseldiğini ve bu durumun ozmotik işlem boyunca katı kazanımı olgusu ile açıklanabileceğini düşünmüşlerdir.

Rehidrasyon oranı, kurutma işlemi ile gıda dokusundan ayrılan suyun kurutma sonrası tekrar dokuya absorpsiyonu olarak adlandırılmaktadır. Rehidrasyon oranı açısından ozmotik dehidrasyon işleminin etkisi pek çok meyve ve sebzede araştırılmıştır. Bu bakımdan çalışmamızda, Amasya elması örneklerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası rehidrasyon oranlarının işlem görmemiş örneklere göre azaldığı ortaya çıkmıştır. Torringa ve ark. (2001), rehidrasyon oranı açısından ozmotik olarak dehidre edilen mantar örneklerinin taze örneklere göre daha iyi sonuçlar verdiğini belirlemiştir. Bazı araştırmacılar tarafından soğan dilimlerinin, sakkaroz ve tuz çözeltileri ile gerçekleştirilen ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası rehidrasyon değerlerinin işlem görmemiş örneklere göre daha düşük olduğu rapor edilmiştir. Bu durumun ozmotik dehidrasyon işlemi boyunca büzülmüş ve yırtılmış hücre sayısının artışından kaynaklandığı düşünülmüştür (Debnath ve ark., 2004; Rastogi ve ark., 2000).



Meyvelerin kahverengileşmesinde en büyük etkiyi enzimlerin gerçekleştirdiği bilinmektedir. Bu sebeple elma örneklerinde, enzimatik kahverengileşme reaksiyonlarına sebep olan PFO ve POD enzim aktivitelerinin etkisi incelenmiştir. Amasya elması küplerine %65 çözelti konsantrasyonunda gerçekleştirilen ozmotik dehidrasyon işlemi neticesinde PFO enzim aktivitelerinin %21.22 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Quiles ve ark. (2005), 65 °Briks'lik sakkaroz çözeltisine daldırılan elma halkalarının PFO enzim aktivitesi üzerine ozmotik dehidrasyon işleminin inhibe edici bir etkiye sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Udomkun ve ark. (2014), da papaya örneklerinin ozmotik işlem sonrası PFO enzim aktivitelerinin azaldığını ortaya çıkarmıştır. Ayrıca yapılan başka bir çalışmada, mantar örneklerinin ultrasonik sıcaklığının 55°C'den 65°C'ye yükseltilmesi ile kalıntı PFO aktivitesinin %67 oranında düştüğü rapor edilmiştir (Cheng ve ark., 2013).

Amasya elmasında ozmotik dehidrasyon işleminin POD aktivitesi üzerine etkisi incelendiğinde %65 çözelti konsantrasyonunda, 45°C'de 8 saatlik işlem boyunca inhibisyon oranının %10.04 olduğu saptanmıştır. Korbel ve ark. (2013) mango örneklerinin kurutulmasında, 50°C'de POD inaktivasyonun zayıf olduğunu ancak 60°C'de 1 saatlik ısıtma işlemi sonucunda POD aktivitesinin tamamının yok edildiğini tespit etmiştir. Akyol ve ark. (2006) ise havuç örneklerinin 30 dakikalık 350 MPa basınç altında 20°C'de uygulanan işlem sonucunda POD aktivitesinin %16 oranında azaldığını belirlemişlerdir.

Taze örnekler ile karşılaştırıldığında, giderek artan işlem sıcaklığı ile ozmotik dehidrasyona tabi tutulan Amasya elması örneklerinin dokularını oluşturan hücrelerde çöküş ve büzülme ile hücre içi boşluklarda daralma ve hücreler arası boşluklarda ise genişlemenin varolduğu dikkati çekmiştir. Bu hücresel çöküş ve hücreler arası boşluktaki genişlemenin sebebi; ozmotik işlem sürecinde artan sıcaklık ile birlikte hücreden suyun uzaklaşmasının artışıyla ifade edilmiştir. Bunların yanı sıra hücre duvarlarında meydana gelen deformasyonlar ile hücre bölümlendirmelerinde gözlenen bozukluklar da diğer bulguları oluşturmuştur. Ozmotik dehidrasyon işleminin elma küplerinin hücresel yapılarında meydana getirdiği bu değişimlerin daha önce yapılmış çalışmalarda elma örneklerinde gözlenen değişimlere benzer olduğu saptanmıştır (Torteo ve Orchard, 2006; Nieto ve ark., 2013).

Eşme ayvasına ait bazı fiziko-kimyasal parametreler incelendiğinde; tüm meyvedeki kuru madde miktarının %25.29, suda çözünen kuru madde miktarının %13.57, pH değerinin 3.21 ve titrasyon asitliğinin %0.838 olduğu tespit edilmiştir (Gerçekçioğlu ve ark., 2014). Önceki literatür çalışmaları ile paralel olarak yaptığımız çalışmada da

yenilebilir kısmından alınan ayva örneklerinin kuru madde miktarının %17.04, suda çözünen kuru madde miktarının %15.57, pH değerinin 3.28 ve titrasyon asitliğinin ise %0.95 olduğu saptanmıştır.

Ayva örneklerinin ozmotik dehidrasyonu neticesinde su kaybı değerinin işlem süresi, uygulama sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonunun artışına bağlı olarak arttığı tespit edilmiştir. 45°C’de, %65 çözelti konsantrasyonunda 480 dakikalık işlem sonunda su kaybı değerinin %50.77 olduğu görülmüştür. Akbarian ve ark. (2015), ayva dilimlerinin ozmotik dehidrasyonunda %59.44’lük fruktoz çözeltisinde, 35°C işlem sıcaklığında ve 180 dakikalık işlem süresi sonunda su kaybı değerinin %50.63 olduğunu saptamıştır. Radojcin ve ark. (2015), ayva örneklerine uygulanan ozmotik dehidrasyon işleminde, çözelti konsantrasyonundaki artışın nem miktarında azalışa sebep olduğunu tespit etmişlerdir. 40°C’de, 65 °Briks’lik sakkaroz çözeltisinde nem miktarının %45.3’e düştüğünü belirtmişlerdir. Singh ve ark. (2008), havuç örneklerinin 55 °Briks’lik sakkaroz konsantrasyonunda 35°C’de 120 dakikalık işlem sonunda su kaybı değerinin %24.54 olduğunu tespit etmişlerdir. Benzer deneme şartlarında ayva ve havuç örneklerinin su kaybı değerlerinin birbirinden farklı olmasının meyvelerin dokusundaki farklılıktan dolayı kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ayva küplerinin katı kazanımı değerlerinin ozmotik dehidrasyon işlemi boyunca işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonundaki artışa paralel olarak arttığı gözlenmiştir. En yüksek katı kazanımı değerinin %65 sakkaroz çözeltisinde gerçekleştiği görülmüştür. Akbarian ve ark. (2015) artan fruktoz konsantrasyonuna paralel olarak katı kazanımı değerlerinin de arttığını ve en yüksek katı kazanımı değerinin %59 fruktoz çözeltisine daldırılan ayva dilimlerinde (%9.38) gerçekleştiğini saptamıştır.

El-Aouar ve ark. (2006)’nın yaptıkları çalışmada papaya örneklerinin %56 sakkaroz çözeltisine daldırılması ile 46°C’de, 210 dakikalık işlem sonunda su aktivite değerinin 0.939 olduğu görülmüştür. Çalışmamızda da ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası ayva küplerinin su aktivite değerleri incelendiğinde en düşük su aktivite değerlerinin %65 çözelti konsantrasyonuna sahip uygulamalarda gerçekleştiği görülmüştür. Bu su aktivite değerlerinin halen çok yüksek olduğu ve ürünün raf ömrü açısından risk teşkil ederek güvenli aralıkta olmadığı kanısına varılmıştır. Bu sebeple ozmotik dehidrasyon işleminin yanında ilave uygulamalara gerek duyulduğu düşünülmüştür.

Ozmotik dehidrasyon işleminin ayva küplerinin tekstürel değerleri üzerine etkisi incelendiğinde önemli parametrelerden biri olan sertlik değerlerinin işlem süresi boyunca azaldığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde Noshad ve ark. (2014) da ayva örneklerine uyguladıkları ozmotik dehidrasyon işlemi sonucu elde edilen sertlik değerlerinin işlem görmemiş örneklere göre daha düşük olduğunu ifade etmişlerdir.

Tekstürel parametrelerden biri olan dış yapışkanlık değerinin, ayva küplerinde ozmotik dehidrasyon işlemi neticesinde %25 çözelti konsantrasyonlarının dışındaki konsantrasyonlarda arttığı izlenmiştir. Ayrıca ozmotik işlem sıcaklığındaki artışın da ayva örneklerinin dış yapışkanlık değerlerini arttırdığı saptanmıştır. Bu sonuçlara paralel olarak Chun ve ark. (2012)'nin yaban mersini örneklerinde gerçekleştirdikleri ozmotik dehidrasyon işleminde artan maltodekstrin konsantrasyonuna paralel olarak dış yapışkanlık değerlerinin de arttığı tespit edilmiştir.

Ayva örneklerinin esneklik tekstür parametreleri üzerine ozmotik dehidrasyon işleminin etkisi incelendiğinde; Noshad ve ark. (2014)'nin elde ettikleri çalışma sonuçlarının aksine işlem görmemiş kontrol örneklerine göre ozmotik işlem uygulanmış ayva küplerinin esneklik değerlerinde düşüş göze çarpmıştır. Çalışma sonuçlarımıza uygun olarak Athmaselvi ve ark. (2012), yaban mersini meyvelerinin ozmotik dehidrasyon işleminde sakkaroz konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak esneklik değerlerinin azaldığını bildirmişlerdir.

Tekstürel parametrelerden bir diğeri olan elastikiyet, gıda materyalinin orijinal şekline geri toparlanma oranı olarak tanımlanmaktadır. Ayva küplerinin ozmotik dehidrasyonuyla elde edilen elastikiyet parametrelerindeki değişim incelendiğinde, %45, %55 ve %65 çözelti konsantrasyonlarına ve artan işlem sıcaklıklarına paralel olarak bu değerlerin yükseldiği tespit edilmiştir. Fakat bu değerlerin özellikle %55 ve %65 çözelti konsantrasyonlarında yeniden düşüşe geçtiği göze çarpmıştır. Bu çalışma verileri literatür bilgileri ışığında incelendiğinde, Marthynenko ve Janaszek (2014)'in elma dilimlerinin kurutulmasında elastikiyet değerlerinin önce nem kaybı ile yükseldiğini, daha sonra sabit kaldığını ve sertleşme ile tekrar azaldığını ifade ettikleri görülmüştür.

Çalışmamızda ayva küplerine uygulanan ozmotik dehidrasyon işleminin L\* (parlaklık) değerleri üzerine etkisi incelendiğinde; ozmotik işlem boyunca bu değerlerin önce azaldığı, işlemin sonuna doğru ise arttığı, fakat gerçekleşen bu artışın hiçbir zaman başlangıçtaki değerlere ulaşmadığı görülmüştür. %65 çözelti konsantrasyonlarında diğer konsantrasyonlara göre bu artışın daha fazla olduğu saptanmıştır. Abraáo ve ark. (2013)

yapmış oldukları çalışmada, bal kabağı örneklerine uyguladıkları ozmotik dehidrasyon işlemi neticesinde artan çözelti konsantrasyonu ve işlem sıcaklığından dolayı L\* değerlerinin azaldığını tespit etmişlerdir.

Ozmotik dehidre edilmiş ayva küplerinin -a\* değerleri incelendiğinde, başlangıçta yüksek olan bu değerlerin (yeşillik) zamanla azaldığı ve bu azalışın özellikle %65 çözelti konsantrasyonlarında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun çok zayıf da olsa ozmotik dehidrasyon işlemi sırasında meyve renginde meydana gelen bozulmalardan kaynaklandığı düşünülmüştür. Nitekim Abraáo ve ark. (2013), bal kabağı örneklerine sakkaroz çözeltisiyle uygulanan ozmotik dehidrasyon işleminin zaman -a\* değerinin 0'a yaklaştığını ve kırmızılığa dönüştüğünü ifade etmişlerdir.

Ozmotik dehidrasyon işlemi sonucu ayva örneklerine ait b\* değerlerinin çözelti konsantrasyonu ve işlem sıcaklığına paralel olarak arttığı gözlenmiştir. b\* değerlerindeki bu artışın özellikle %65 çözelti konsantrasyonlarında daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Falade ve ark. (2007), kavun dilimlerinin ozmotik dehidrasyon sonrası b\* değerlerinin yükseldiğini ve bu durumun ozmotik işlem boyunca katı kazanımı olgusu ile açıklanabileceğini savunmuşlardır.

Çalışmada ayva küplerine ait rehidrasyon oranları incelendiğinde, ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış kontrol örneklerinin değerlerinin işlem uygulanmış örneklerden daha yüksek olduğu ifade edilmiştir. Ayva dilimlerinin ozmotik işlem sonrası rehidrasyon oranının incelendiği başka bir çalışmada, fruktoz çözeltilerine daldırılan ayva dilimlerinin rehidrasyon oranının ön-işlemsiz dilimlerden daha düşük olduğu gözlenmiştir (Akbarian ve ark., 2015). Bu durumun ozmotik işlem görmüş örneklerin yapısında kazanmış oldukları %8-12 civarındaki katının, rehidrasyon sürecinde ayrılmasıyla açıklanabileceği düşünülmüştür. Ayrıca ozmotik dehidrasyon işlemi sonucu hücrenin poroziv (gözenekli) yapısının çökmesi alternatif bir gerekçe olarak öne sunulmuştur (Singh ve ark., 2007).

Ayva küplerinin ozmotik dehidrasyon işleminde uygulanan %65 çözelti konsantrasyonunda, PFO enzim aktivitesi değerlerinin %95.41 ile %141.22 arasında değiştiği görülmüştür. Sulaiman ve ark. (2015), 34°C'de yüksek hidrostatik basınç uygulayarak gerçekleştirdikleri çalışmalarında işlem süresine bağlı olarak Royal Gala elma örneklerinde PFO enzim aktivitesinin %200'e yaklaştığını ancak Camarosa çileklerinde kalıntı PFO enzim aktivitesinin düştüğünü ve 60 dakikalık işlem süresi sonunda neredeyse tamamen inhibe olduğunu tespit etmişlerdir.

Kalıntı POD enzim aktivitesi incelendiğinde, ayva küplerine %25 çözelti konsantrasyonunda gerçekleştirilen ozmotik dehidrasyon işleminde POD enziminin inhibisyon oranının çok düşük olduğu fakat özellikle yüksek çözelti konsantrasyonlarındaki inhibisyon değerlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Uzun süreli ozmotik işleme rağmen örneklerin POD enzim aktivitesinin yüksek olması, özellikle ozmotik çözeltinin oksijenin bozucu etkisini engellemesine bağlanmıştır. Ayrıca uygulanan ozmotik işlem sıcaklığının da POD enzim aktivitesini inhibe etmek için yeterli olmadığı tahmin edilmiştir. Silva ve ark. (2015), yaptıkları çalışmada ultrasonik uygulama sonrası elma örneklerinin POD enzim aktivitesini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda ultrasonik uygulamalar neticesinde elma küplerinin POD enzim aktivitesinin, elma suyuna göre daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Bu durum; enzim inaktivasyonuna karşı elma küplerinin dokusuna ait hücre yapısının sahip olduğu koruyucu bariyer etkisine bağlanmıştır.

Taze örnekler ile karşılaştırıldığı zaman ozmotik dehidrasyon boyunca giderek artan işlem sıcaklığı ile muamele edilen ayva küplerinin dokularını oluşturan hücrelerin düzensiz şekillendiği, yerleşiminin bozulduğu ve çok sayıda bozulmuş hücre duvarına sahip olduğu görülmüştür. Bu hücresel değişikliklerin sebebi; ozmotik dehidrasyon işleminde artan işlem sıcaklığı ile su kaybı ve katı kazanımı değerlerinin de artışıyla açıklanabilmektedir. Ayrıca kontrol örneklerindeki normal hücrelere göre ozmotik işlem görmüş olan bu hücrelerin biçimsiz bir görüntüde oldukları, birbirleri ile olan ilişkilerinin azalarak hücrelerin koptuğu ve mikroskobik kanalların oluşmaya başladığı görülmüştür. Benzer sonuçların ayva, kivi ve papaya örneklerinin ozmotik dehidrasyonu neticesinde elde edildiği görülmüştür (Noshad ve ark., 2014; Nowacka ve ark., 2014; Udomkun ve ark., 2015).

Grand Nain tipi muz örneklerine ait bazı fiziko-kimyasal parametreler incelendiğinde; kuru madde miktarının %26.37, suda çözünen kuru madde miktarının %20.4 ve su aktivite değerinin 0.974 olduğu tespit edilmiştir (Verma ve ark., 2014). Önceki literatür çalışmaları ile paralel olarak yaptığımız çalışmada da kuru madde miktarının %28.54, suda çözünen kuru madde miktarının %22.82, pH değerinin 4.83 ve titrasyon asitliğinin ise %0.57 olduğu saptanmıştır.

Muz dilimlerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sonucu kütle transfer parametreleri incelendiğinde %25 çözelti konsantrasyonunda uygulanan işlemde; su kaybı değerinin negatif yönde olduğu yani bu işlem parametresinde su kazanımının gerçekleştiği yapılan hesaplamalar sonucu tespit edilmiştir. 25°C’de ve %25 çözelti konsantrasyonunda gerçekleştirilen ozmotik dehidrasyon işleminde su kaybı değerinin %-13.55 olduğu tespit edilmiştir. Bazı araştırmacılar, 40°C’de 29 °Briks’lik çözelti konsantrasyonu ile muz dilimlerine gerçekleştirdikleri ozmotik dehidrasyon işleminin neticesinde su kaybı yerine su alımı olduğunu belirtmişlerdir (Alakali ve ark., 2008). Bu durumun özellikle düşük işlem sıcaklıkları ve çözelti konsantrasyonlarında kütle transfer katsayısının da azalmasından dolayı meydana geldiği düşünülmüştür. Çalışmamızda %65 çözelti konsantrasyonunda 45°C’de gerçekleştirilen ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası muz dilimlerinin su kaybı değerinin %29.60 olduğu saptanmıştır. Sonuçlarımıza paralel olarak Chavan ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada muz dilimlerinin 60 °Briks’lik sakkaroz çözelti konsantrasyonunda gerçekleşen su kaybı değerinin %35.9 olduğunu rapor etmişlerdir.

Çalışmada muz dilimlerinin katı kazanımı değerlerinin ozmotik işlem boyunca arttığı görülmüş ve en yüksek katı kazanımı değeri %6.86 olarak hesaplanmıştır. Bu bakımdan muz örneklerinin 8 saatlik ozmotik işlem sonunda katı kazanımı değerlerinin düşük olduğu dikkati çekmiştir. Benzer şekilde Chavan ve ark. (2010), 60 °Briks’lik sakkaroz çözelti konsantrasyonunda Grand Nain tipi muz örneklerinde katı kazanımı değerinin %10.01 olduğunu tespit etmişlerdir.

Yüksek çözelti konsantrasyonu ve işlem sıcaklığında, muz örneklerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası su aktivite değerlerinin düştüğü gözlenmiştir. Porciuncula ve ark. (2013)’nın yaptıkları çalışma; 65 °Briks’lik çözelti konsantrasyonunda ve 60°C işlem sıcaklığında muz dilimlerindeki su aktivite değerlerinin daha çok düşüş gösterdiklerini temsil etmiştir. Yine Abraáo ve ark. (2013) da bal kabağı örneklerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sonunda benzer sonuçları elde etmişlerdir.

Muz dilimlerine uygulanan ozmotik dehidrasyon işleminin tekstür profili değerleri üzerindeki etkisi incelendiğinde; sertlik parametresinin işlem süresi boyunca azaldığı görülmüştür. Örneklerin sertlik değerlerindeki kayıpların artan çözelti konsantrasyonu ve işlem sıcaklığı ile yükseldiği görülmüş ve en düşük sertlik değerlerinin %55 ile %65 çözelti konsantrasyonlarında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Literatür araştırmaları sonucunda Marthylenko ve Janaszek (2014)’ın yaptıkları çalışmada elma küplerinin sertlik tekstür değerlerinin nem miktarındaki düşüşe paralel olarak azaldığı belirlenmiştir.

Chun ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada, yaban mersini örneklerinin maltodekstrin konsantrasyonlarındaki artışın dış yapışkanlık tekstürel değerlerini de arttırdığını tespit etmişlerdir. Çalışmamızda ozmotik işlem süresi boyunca muz dilimlerinin dış yapışkanlık değerlerinin azaldığı göze çarpmış ve bu değerlerdeki düşüşün muzun yapısındaki nişastanın jelatinleşmesinden kaynaklanabileceği tahmin edilmiştir.

Ozmotik dehidrasyon işleminde, muz dilimlerinin diğer bir tekstür parametresi olan çiğnenebilirlik değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Marthyenko ve Janaszek (2014), elma dilimlerinin sıcak hava ile kurutulmasıyla çiğnenebilirlik değerinin azaldığını ve başlangıçtaki yüksek çiğnenebilirlik oranının hücresel yapıda bulunan büyük miktardaki su içeriğiyle açıklanabileceğini belirtmişlerdir. Kek ve ark. (2013) da çalışmalarında guava meyve dilimlerinin geleneksel kurutma öncesi ozmotik dehidrasyona tabi tutulmasıyla çiğnenebilirlik değerlerinin düştüğünü gözlemlemişlerdir.

İç yapışkanlık tekstürel parametre değerinin, ozmotik dehidrasyon işlemi boyunca muz dilimlerinde arttığı tespit edilmiştir. Çalışmamızdaki veriler incelendiğinde; işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonundaki artışın iç yapışkanlık değerini de arttırdığı sonucuna varılmıştır. Guine ve Barroca (2012), farklı sıcaklıklarda kurutulmuş bal kabağı örneklerine ait iç yapışkanlık değerinin taze örneklerle göre daha yüksek olduğunu belirtmiştir. İç yapışkanlık değerindeki bu artışın kurutma sırasında meyve örneklerindeki sertlikle ilişkili olduğu ve yumuşama ile beraber bu değer de arttığı diğer çalışmalarda belirtilmiştir (Athmaselvi ve ark., 2012 ; Marthyenko ve Janaszek, 2014).

Muz dilimlerinin ozmotik olarak dehidrasyonu esnasında dokudaki su kaybının artmasıyla birlikte elastikiyet değerlerinin de arttığı saptanmıştır. İşlem görmemiş taze örneklerde elastikiyet değeri 0.140 iken 45°C'de ve %65 çözelti konsantrasyonunda gerçekleştirilen ozmotik dehidrasyon işlemi sonunda bu değer 0.158'e yükseldiği tespit edilmiştir. Marthyenko ve Janaszek (2014) ise çalışmalarında elma dilimlerinin sıcak hava ile kurutulması boyunca elastikiyet değerinin nem kaybı ile arttığını sonra sabit kaldığını ve dokudaki sertleşme boyunca tekrar azaldığını belirtmişlerdir.

Ali ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada; ozmotik dehidrasyona tabi tuttukları muz örneklerindeki parlaklığı simgeleyen L\* değerlerinin işlem görmemiş kontrol örneklerine kıyasla azaldığını ifade etmişlerdir. Çalışmamızda ozmotik dehidrasyon işlemi boyunca işlem süresine bağlı olarak, muz örneklerinin L\* değerlerinde azalma görüldüğü fakat %65 çözelti konsantrasyonunda L\* değerlerindeki bu kaybın daha düşük oranda gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Muzda yeşilliği temsil eden -a\* değerinin ozmotik dehidrasyon işlemi ile azaldığı fakat 480 dakikalık işlem süresinin sonuna doğru kırmızılığı simgeleyen +a\* renk değerinin az da olsa oluştuğu belirlenmiştir. Buradan hareketle muz dilimlerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sırasında çok zayıf da olsa renk kalitesinde birtakım bozulmalar gerçekleştiği ifade edilmiştir. Çalışma sonuçlarımıza benzer literatür verileri Ali ve ark. (2010) tarafından da tespit edilmiştir.

Singh ve ark. (2008) havuç küplerinin, sakkaroz çözeltisindeki ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası b\* değerlerinin yükseldiğini ortaya çıkarmışlardır. Benzer olarak yaptığımız çalışmada da muz dilimlerine ait b\* (sarılık) değerlerinin ozmotik dehidrasyon işlemi ile arttığı görülmüş ve bu artışın özellikle yüksek çözelti konsantrasyonu ile işlem sıcaklıklarında daha belirgin olduğu dikkati çekmiştir.

Çalışmada muz dilimlerine ait rehidrasyon oranları incelendiğinde, ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmamış örneklerde bu değerlerin ozmotik işlem uygulanmış örneklere göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Ozmotik dehidrasyon sırasında, muz örneklerinde bol miktarda bulunan nişasta moleküllerinin jelatinizasyonundan dolayı hücrelerin su absorpsiyonunun engellendiği düşünülmüştür. Taiwo ve ark. (2002), elma küplerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası (%) rehidrasyon kapasitelerinin işlem görmemiş örneklere göre azaldığını belirlemiştir. Ayrıca ozmotik dehidrasyon işlemi sonucunda hücrelerin porozlu yapısının çökmesi de diğer bir alternatif gerekçe olarak öne sunulmuştur (Singh ve ark., 2007).

Muz örneklerinde PFO enzim aktivitesinin değişimi incelendiğinde; 45°C işlem sıcaklığında, %55 ve %65 çözelti konsantrasyonlarında enzim inhibisyon oranları sırasıyla %32.77 ve %39.56 olarak elde edilmiştir. Ancak 8 saatlik ozmotik işlem süresine rağmen PFO enzim aktivitesinin halen yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, PFO enzim aktivitesinin termal inaktivasyonu için yeterli sıcaklık derecesine ulaşılmamasına ve daldırma işlemi boyunca ozmotik çözeltilerin muz dilimlerini oksidatif reaksiyonlara karşı korumasına bağlanmıştır (Silva ve ark., 2015).

Ozmotik dehidrasyon işleminde çözelti konsantrasyonundaki artışın muz dilimlerinin POD enzim inhibisyonunu arttırdığı saptanmıştır. %25 çözelti konsantrasyonunda bu oranın %10.98 iken %65 çözelti konsantrasyonunda %33.55 olduğu tespit edilmiştir. Silva ve ark. (2015)'nin elmanın ultrasonik uygulama sonrası POD enzim aktivitesini araştırdıkları çalışmada elma küplerinin POD enzim aktivitesinin, elma suyuna



göre daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Bu durumun özellikle enzim inaktivasyonuna karşı elma küplerinin hücre yapısının sahip olduğu koruyucu bariyerden kaynaklandığı düşünülmüştür.

Taze muz örnekleri ile karşılaştırıldığında, işlem sıcaklığının giderek artmasıyla ozmotik dehidrasyona tabi tutulan meyvelerin dokularını oluşturan hücreler ve hücreler arası boşluklarda şekil ve boyut değişiklikleri ile hücre duvarında deformasyon veya gevşeme gibi değişiklikler gözlenmiştir. Ayrıca hücrelerde çökme, hücreler arası boşluklarda genişleme ve hücre bölümlendirmelerinde bozulma gibi değişiklikler de belirlenmiştir. Fakat ozmotik işleme tabi tutulmayan taze kontrol örneklerinden farklı olarak, ozmotik olarak dehidre edilen bu örneklerde işlem sıcaklığının yükselmesiyle birlikte yapıda çokça bulunan nişasta moleküllerinin şişerek jelatinleştiği göze çarpmıştır. Bu davranışın diğer meyveler ile karşılaştırıldığında muz örneklerinde su kaybını biraz daha önlediği görülmüştür. Dolayısıyla muz örneklerinin hücre bölümlendirmelerindeki bozuklukların elma gibi diğer meyvelere göre daha hafif oranda şekillendiği dikkati çekmiştir. Çalışmada muz dilimlerinin hücresel yapılarında meydana gelen değişimlerin Torteo ve Orchard, (2006) ile Verma ve ark. (2014)'nin çalışma sonuçlarına benzerlik gösterdiği saptanmıştır.

Azuara ve ark. (1992)'nin modeline göre elma küplerinin ozmotik dehidrasyonunda farklı çözelti konsantrasyonu, işlem süresi ve işlem sıcaklığı gibi bazı değişkenlerin artışıyla kütle transfer parametrelerinin de yükseldiği görülmüştür. Ek Tablo 3.1'e göre elma küplerinin 45°C'de ve %65 sakkaroz çözeltisinde denge su kaybı ( $WL_{\infty}$ ) değerinin %75.18 olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca sıcaklık artışlarının su kaybı sabiti değerlerini de arttırdığı saptanmıştır. Elma küplerinin modellenmesi ile elde edilen regresyon katsayısı ( $R^2$ ) değerlerinin 0.899 ile 0.994 arasında olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen  $R^2$  değerlerinin genelde yüksek olması, deneyin modele uygun olduğunu göstermiştir. SSE değerlerinin 0.462-3.225 arasında, RMSE değerlerinin 0.627-0.796 arasında ve  $\chi^2$  değerlerinin ise 0.704-5.375 arasında değiştiği ve sakkaroz çözeltisi ile muamele edilen elma küplerinin  $WL_{\infty}$  değerinin tahmininde kullanılabileceği düşünülmüştür. Ayrıca %P değerlerinin genel olarak 5'in altında olması su kaybı açısından deneyin modele uygunluğunun mükemmel olduğunu yansıtmıştır. Rahman ve ark. (1996) ananas örneklerinin ozmotik dehidrasyonunda, sabit sıcaklıkta artan çözelti konsantrasyonun  $S_1$  (su kaybı sabiti) ve  $S_2$  (katı kazanımı sabiti) değerlerini arttırdığını ve bu durumun nedeninin su ve katı arasında sürüklenme kuvvetinin artmasından kaynaklandığını rapor

etmişlerdir. Ayrıca sabit çözelti konsantrasyonunda ise sıcaklığın artmasıyla  $S_1$  değerlerinin arttığını ve  $S_2$  değerlerinin ise azaldığını vurgulamışlardır. Dolayısıyla işlem sıcaklığının ve çözelti konsantrasyonunun  $WL_{\infty}$  değerini arttırdığı ve elde edilen yüksek  $R^2$  değerlerinin deneyin modele uygunluğunun mükemmel olduğu belirlenmiştir.

Farklı işlem sıcaklıkları ve çözelti konsantrasyonlarında gerçekleştirilen ozmotik dehidrasyon işleminin Azuara ve ark. (1992)'nin modeline göre Ek Tablo 3.2'de gösterilen elma küplerinin  $R^2$  değerlerinin 0.873-0.998 arasında, SSE değerlerinin 0.005-0.366 arasında, RMSE değerlerinin 0.005-0.366 arasında ve  $\chi^2$  değerlerinin ise 0.008-0.611 arasında değiştiği görülmüştür. Düşük SSE, RMSE ve  $\chi^2$  değerleri ile yüksek  $R^2$  değerlerinin sakkaroz çözeltisi ile gerçekleştirilen ozmotik dehidrasyonda denge katı kazanımı ( $SG_{\infty}$ ) değerlerinin tahmini için kullanılabileceği saptanmıştır. Ayrıca %P değerlerinin %25 çözelti konsantrasyonu dışında genel olarak 5'in altında olması deneyin modele uygunluğunun mükemmel olduğunu göstermiştir. Fan ve ark. (2015) çalışmalarında su kabağı örneklerinin ozmotik dehidrasyonunda maltoz şurubu konsantrasyonu ve işlem sıcaklığı arttıkça  $WL_{\infty}$  ve  $SG_{\infty}$  değerlerinin arttığını belirtmişlerdir. Ayrıca  $WL_{\infty}$  ve  $SG_{\infty}$  değerleri açısından elma küplerine benzer sonuçların, kayısı örneklerine uygulanan ozmotik dehidrasyon işleminde de elde edildiği rapor edilmiştir (Togrul ve İspir, 2008). Kaymak-Ertekin ve Sultanoğlu (2000)'nin yaptıkları çalışmada, elma dilimlerinin ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası hesaplanan model değerlerine çok yakın sonuçlar tespit edilmiştir.

Hawkes ve Flink (1978)'in kütle transfer modeli, deneysel verilerden elde edilen NSC değerinin zamanın kareköküne göre değişimi olarak kabul edilmektedir. Bu değişimden yola çıkarak kütle transfer sabiti (k) hesaplanmıştır. Bu modele göre, Ek Tablo 3.3'te elma küplerinde su kaybı ve katı kazanımı değerlerini birlikte temsil eden k değerleri incelendiğinde, çözelti konsantrasyonu ve işlem sıcaklığıyla birlikte bu değerlerin arttığı belirtilmiştir. Hawkes ve Flink (1978)'in kütle transfer modeline göre elma küplerinin  $R^2$  değerlerinin yüksek olmasına karşın bu modelin su kaybı ve katı kazanımı değerlerini ayrı ayrı belirlemediği saptanmıştır.

Farklı işlem sıcaklıkları ve çözelti konsantrasyonlarında gerçekleştirilen ozmotik dehidrasyon işleminin Azuara ve ark. (1992)'nin modeline göre ayva küplerine ait deneysel verilerinden elde edilen  $WL_{\infty}$  değerleri Ek Tablo 3.4'te incelenmiştir.  $WL_{\infty}$  değerlerinin %7.18 ile %62.89 arasında değiştiği görülmüştür. 0.0055 ile 0.0146 arasında değiştiği tespit edilen  $S_1$  değerlerinin, işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonu ile arttığı

belirlenmiştir. Ayva küplerinin  $R^2$  değerlerinin 0.904-0.993 arasında, SSE değerlerinin 0.011-3.009 arasında, RMSE değerlerinin 0.105-2.019 arasında ve  $\chi^2$  değerlerinin ise 0.018-6.792 arasında olduğu saptanmış ve sakkaroz çözeltisi ile gerçekleştirilen ozmotik dehidrasyon işleminde  $WL_\infty$  değerlerinin tahmini için kullanılabilmesi belirtilmiştir. Ayrıca %P değerlerinin %25 çözelti konsantrasyonu dışında genel olarak 5'in altında olması deneyin modele uygunluğunun mükemmel olduğunu göstermiştir. Önceki çalışmalarla kıyaslandığında  $WL_\infty$  değerlerinin %P değerleri ile deneysel verilerin modele uygunluğunun benzer eğilimde oldukları saptanmıştır (Rastogi ve Raghavarao, 1994; Kaymak-Ertekin ve Sultanoğlu, 2000).

Azuara ve ark. (1992)'nin modelinden yola çıkarak ayva küplerinin farklı çözelti konsantrasyonları ve işlem sıcaklıklarında  $SG_\infty$  değerleri Ek Tablo 3.5'te verilmiştir. Bu tabloya göre  $S_2$  değerlerinin 0.0039 ile 0.0181 arasında değiştiği, işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonundaki artışa paralel olarak da arttığı görülmüştür.  $R^2$  değerlerinin 0.940-0.995 arasında, SSE değerlerinin 0.07-0.269 arasında, RMSE değerlerinin 0.083-0.610 arasında ve  $\chi^2$  değerlerinin ise 0.012-0.619 arasında olduğu saptanmış ve sakkaroz çözeltisi ile gerçekleştirilen ozmotik dehidrasyon işleminde ayva küplerinin  $SG_\infty$  değerlerinin tahmini için kullanılabilmesi belirtilmiştir. Ayrıca %P değerlerinin %25 çözelti konsantrasyonu dışında genel olarak 5'in altında olması deneyin modele uygunluğunun mükemmel olduğunu göstermiştir. Fan ve ark. (2015) beyaz su kabağı örneklerinin ozmotik dehidrasyonunda işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonunun  $WL_\infty$  değerlerini arttırdığını ve maltoz şurubunda gerçekleştirilen ozmotik dehidrasyon işlemin kütle transfer modeline uygun olduğunu ifade etmişlerdir. Elde edilen bu çalışma sonuçları literatür verileri ile karşılaştırıldığında, Ganjloo ve ark. (2011)'nin guava küplerinde ozmotik dehidrasyon işlemi sonrasında yaptıkları modelleme çalışmasında ayva küplerine benzer eğilimde oldukları belirlenmiştir.

Hawkes ve Flink (1978)'in kütle transfer modeline göre, Ek Tablo 3.6'da ayva küplerinde su kaybı ve katı kazanımı değerlerini birlikte ifade eden k değerleri incelendiğinde bu değerlerin 0.040 ile 0.630 arasında değiştiği hesaplanmıştır. Ozmotik işlem sıcaklığı ve çözelti konsantrasyonu arttıkça k değerlerinin yükseldiği tespit edilmiştir. Ayrıca bu modele göre ayva küplerinin  $R^2$  değerlerinin 0.897 ile 0.998 arasında olduğu gözlenmiştir.

Muz dilimlerine, farklı işlem sıcaklıkları ve çözelti konsantrasyonlarında uygulanan ozmotik dehidrasyon işleminden elde edilen deneysel verilerin Azuara ve ark. (1992)'nin

kütle transfer modeline uygunluğu incelendiğinde Ek Tablo 3.7'ye göre  $WL_{\infty}$  değerlerinin % 25 çözelti konsantrasyonlarında negatif olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun düşük çözelti konsantrasyonunda su moleküllerinin kinetik enerjilerinin zayıf olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. En yüksek  $WL_{\infty}$  değerinin ise %37.88 olarak %65 çözelti konsantrasyonlarında gerçekleştiği görülmüştür.  $S_1$  değerlerinin 0.0070 ile 0.0114 arasında değiştiği,  $R^2$  değerlerinin ise 0.804 ile 0.992 arasında değiştiği ve % 25 çözelti konsantrasyonlarında bu değerlerin diğer çözelti konsantrasyonlarına göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. SSE değerlerinin 0.140-1.468 arasında, RMSE değerlerinin 0.374-1.390 arasında ve  $\chi^2$  değerlerinin ise 0.280-2.447 arasında gerçekleştiği görülmüştür. Ek Tablo 3.7 incelendiğinde %P değerlerinin %55 ve %65 çözelti konsantrasyonlarında mükemmel sonuçlar verdiği saptanmıştır. Benzer bir çalışmada Alakali ve ark. (2008), 29 °Briks, 33 °Briks ve 41 °Briks'lik sakkaroz çözelti konsantrasyonlarında gerçekleştirilen ozmotik dehidrasyon işleminin muz dilimlerinin kütle transfer parametreleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. 29 °Briks'lik çözelti konsantrasyonlarında ve düşük işlem sıcaklıklarında su kaybı değerlerinin negatif olduğunu tespit etmişlerdir. Bu durumun düşük çözelti konsantrasyonunda su kaybının değil su alımının gerçekleşmesinden dolayı oluştuğunu vurgulamışlardır.

Farklı işlem sıcaklıkları ve çözelti konsantrasyonlarında muz örneklerine uygulanan ozmotik dehidrasyon işleminde elde edilen deneysel verilerin Azuara ve ark. (1992)'nin kütle transfer modeline uygunluğu incelendiğinde Ek Tablo 3.8'e göre  $SG_{\infty}$  değerlerinin 0.98 ile 8.55 arasında ve  $S_2$  değerlerinin 0.0070 ile 0.3152 arasında değiştiği belirlenmiştir. Deneysel verilerin modele uygunluğunu temsil eden verilerden biri olan  $R^2$  değerlerinin %25 ve %45 çözelti konsantrasyonlarında diğer konsantrasyonlara kıyasla daha düşük olduğu saptanmıştır. SSE değerlerinin 0.001-0.088 arasında, RMSE değerlerinin 0.036-0.371 arasında ve  $\chi^2$  değerlerinin ise 0.002-0.230 arasında gerçekleştiği görülmüştür. Bu sonuçlara benzer eğilimde Singh ve ark. (2007) da ozmotik dehidre edilmiş patates küplerinin işlem sıcaklıkları ve çözelti konsantrasyonlarındaki artışla birlikte katı kazanımı değerlerinin arttığını rapor etmişlerdir. Muz dilimlerinin  $SG_{\infty}$  değerleri diğer meyveler ile karşılaştırıldığında benzer sonuçların elde edildiği gözlenmiştir (Amimi ve ark., 2007; Herman-Lara ve ark., 2012).

Hawkes ve Flink (1978)'in kütle transfer modeline göre %25 çözelti konsantrasyonlarının dışındaki diğer çözelti konsantrasyonları ve işlem sıcaklıklarının k hız parametre değerlerini arttırdığı belirlenmiştir. Ek Tablo 3.9 incelendiğinde bu

değerlerin 0.0089 ile 0.2033 arasında değiştiği belirlenmiştir. Sultanoğlu (2000) yaptığı çalışmada elma küplerindeki k değerlerinin çözelti konsantrasyonu ve işlem sıcaklığına bağlı olarak arttığını vurgulamıştır.



## 5. ÖNERİLER

Ülkemizin ayva üretiminde dünya birincisi ve elma üretiminde dünya üçüncüsü olduğu gerçeği göz önünde bulundurulduğunda, bu meyvelerin tüketim fazlası olan kısmının ozmotik dehidrasyon işlemi gibi bazı prosesler ile alternatif ürünlere dönüştürülerek değerlendirilebileceği varsayılmaktadır. Özellikle ozmotik dehidrasyon işleminin sonucunda elde edilen meyve parçalarının katma değeri yüksek gıda ürünlerine eklenmesi gerektiği önerilmektedir. Dolayısıyla geliştirilen bu tarz ürünlerin kalite karakteristiklerini tespit etmek için araştırmacıların konu ile ilgili daha kapsamlı çalışmalar yapmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Ozmotik dehidrasyon işleminde düşük çözelti konsantrasyonlarının su kaybı açısından çok zayıf etkiye sahip oldukları tespit edildiğinden dolayı özellikle yüksek çözelti konsantrasyonlarının tercih edilmesi önerilmektedir. Bunun yanı sıra yüksek çözelti konsantrasyonlarının meyvelerin renk değerlerini korumada ve geliştirmede düşük konsantrasyonlara göre daha uygun olduğu tespit edilmiştir.

Ozmotik dehidrasyon yönteminin etkinliğini ve uygunluğunu tespit etmek için geliştirilen modellerin iyi öğrenilmesi gerektiği önerilmektedir.

Ayrıca deneysel verilerin kütle transfer modellerine uygunluğunu yorumlarken güvenilirliğini arttırmak için işlem süresi boyunca örnekleme sayısının arttırılması gerektiği düşünülmektedir.

Deneysel değerlerin kütle transfer modellerine uygunluğu belirlendiğinde düşük çözelti konsantrasyonlarındaki  $R^2$  değerlerinin de düşük olmasından dolayı daha sonra yapılacak çalışmalarda yüksek çözelti konsantrasyonlarının tercih edilmesi gerektiği öngörülmektedir.

Ozmotik dehidrasyon işleminin deneysel koşullarını belirlemek için daha hassas ve günümüz teknolojisine yakın, bilgisayara bağlı otomatik ölçümler yapan farklı ekipmanların geliştirilmesinin daha uygun olacağı önerilmektedir.

Ozmotik dehidrasyon işlemi uygulanmış meyvelerde su aktivite değerlerinin yeterince düşmediği tespit edilmiştir. Bu sebepten dolayı meyvelerdeki yüksek su aktivite değerlerinin ancak dondurularak muhafaza edilebileceği ya da geliştirilen yeni kurutma teknikleri ile kombine çalışmalar yapılması gerektiği öngörülmektedir.

Özellikle muz örneklerinin yapısal özelliklerinden dolayı ozmotik dehidrasyon işleminde su kaybı değerlerinin düşük olduğu ve işlem sonunda dokunun aşırı şekilde yumuşamasından dolayı bu yöntemin tek başına muzda uygulanamayacağı düşünülmüştür. Bu sebeple gelecekte yapılacak olan çalışmalarda dokunun sertliğini koruyan maddelerin ilave edilmesi gerektiği öngörülmektedir.

Ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin, meyvelerin dokusunda meydana getirdiği hücrel değişikliklerin SEM ile görüntülenmesi gerektiği düşünülmektedir.

Ozmotik dehidrasyon işleminin başlangıcında öngöremediğimiz denge kuru madde içeriği, denge su kaybı ve denge katı kazanımı değerlerinin saptanması gerektiği ve ayrıca bu işlemin enerji maliyetlerini nasıl etkilediğine dair araştırmalar yapılması gerektiği düşünülmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

- Abraão S.A., Lemos, A.M., Vilela, A., Sousa, J.M., Nunes, F.M.,** 2013. Influence of osmotic dehydration precess parameters on the quality of candied pumpkins. *Food Bioprod. Process.*, 91:481-494.
- Açıkgöz, Ç., Poyraz, Z.,** 2006. Extraction and characterization of pectin obtained from quince (*Cydonia vulgaris Pers.*). *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12:27-34.
- Adambounou, T.L., Castaigne, F., Dillon, J.C.,** 1983. Lowering the water activity of tropical vegetables by partial osmotic dehydration. *Sci. Aliment.*, 3:551-567.
- Ahmet, I., Mabood Qazi, I., Jamal, S.,** 2015. Developments in osmotic dehydration technique for the preservation of fruits and vegetables. *Inn. Food Sci. Emer. Tech.*, 34:29-43.
- Agnelli, M., E., Marani, C.M. and Mascheroni, R.H.,** 2005. Modelling of heat and mass transfer during(osmo) dehydrofreezing of fruits. *J.Food Eng.*, 69:415-424.
- Aguilera, J.M., Lillford, P.J.,** 1996. Microstructural and imaging analyses are related to food engineering. *In Food Engineering 2000*, pp 23-38, eds. Fito P, Ortega-Rodriguez E., and Barbosa-Canovas G.V.. London, Chapman and Hall.
- Aguilera, J.M., Stanley, D.W.,** 1999. *Microstructural Principles of Food Processing and Engineering*, Second ed. Aspen Publishers Inc., Gaithersburg, Maryland.
- Aguilera, J.M., Cadoche, L., López, C., Gutierrez, G.,** 2001. Microstructural changes of potato cells and starch granules heated in oil. *Food Res. Int.*, 34:939-947.
- Akbarian, M., Ghanbarzadeh, B., Sowti, M., Dehghannya, J.,** 2015. Effects of Pectin-CMC-Based Coating and Osmotic Dehydration Pretreatments on Microstructure and Texture of the Hot-Air Dried Quince Slices. *J.Food Proces. Pres.*, 39:260-269.
- Akyol, Ç., Alpas, H., Bayındırlı, A.,** 2006. Inactivation of peroxidase and lipoxygenase in carrots, green beans and green peas by combination of high hydrostatic pressure and mild heat treatment. *Eur. Food Res. Technol.*, 224:171-176.
- Alakali, J.S., Ariaahu, C.C., Nkpa, N.N.,** 2006. Kinetics of osmotic dehydration of mango. *J. Food Process. and Pres.*, 30:597-607.
- Alakali, J.S., Irtwange, S.V., Yusuf, P.A.,** 2008. Mass Transfer Considerations in Osmotic Dehydration of Plantain (*Musa Paradisiaca*) Chips. *Agr. Eng., CIGR Journal*.



- Ali, H.S., Moharram, H.A., Ramadan, M.T., Ragab, G.H.,** 2010. Osmotic dehydration of banana rings and tomato halves. *J.Am. Sci.*, 6:383-390.
- Alzamora, S.M., Gerschenson, L.N., Vidales, S.L., Nieto, A.,** 1996. Structural changes in the minimal processing of fruits: Some effects of blanching and sugar impregnation. *In Food Engineering 2000* pp. 117–139, eds. Fito P, Ortega-Rodriguez E, Barbosa-Canovas G.V., London, Chapman and Hall,
- AOAC.,** 1995. Official methods of analysis, 16 th ed. Washington, DC: Association official Anal. Chem.
- Amami, E., Vorobiev, E., Kechaou, N.,** 2006. Modelling of mass transfer during osmotic dehydration of apple tissue pre-treated by pulsed electric field. *LWT- Food Sci. Technol.*, 39:1014–1021.
- Antoniou, K. D., Petrides, D., Rapaedlides, S., Ben Omar, Z., Kestelot, R.,** 2000. Texture assessment of French cheeses. *J. Food Sci.*, 65:168-172.
- Askari G.R., Emam-Djomeh, Z., Tahmasebi, M.,** 2009. Effects of various drying method on texture and color of tomato halves. *J. Texture Stud.*, 40:371–389.
- Athmaselvi, K., Alagusundaram, K., Kavitha, C., Arumuganathan, T.,** 2012. Impact of pretreatment on colour and texture of watermelon rind. *Int. Agrophys*, 26:235-242.
- Azoubel P.M., Murr F.E.X.,** 2004. Mass transfer kinetics of osmotic dehydration of cherry tomato. *J. Food Eng.*, 61:291-295.
- Azuara, E., Cortes R., Garcia, H.S, Beristain, C.I.,** 1992. Kinetic-model for osmotic dehydration and its relationship with fick 2nd law. *Int. Food Sci Techn.*, 27:409-418.
- Banjongsinsiri, P.** 2003. Effect of pectinmethylesterase and calcium infusion on texture and structure of fruits and vegetables. *PhD Thesis*, Athens, Georgia, USA: University of Georgia.
- Barat, J.M.E., Chiralt, A., Fito, P.,** 1998. Equilibrium in cellular food osmotic solution systems as related to struture. *J. Food Sci.*, 63:836-840.
- Barthet V.J.,** 1997. Polyphenol oxidases from cassava (*Manihot esculenta C.*) root: extraction, purification and characterization. *Thesis of Faculty of Graduate Studies and Research*. Department of Food Science and Agricultural Chemistry. University McGill (Macdonald Campus), Montreal, Canada, 179s.
- Bek, Y., Efe, E.,** 1988. Araştırma ve Deneme Metotlar. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, Balcalı, Adana.
- Bekele, Y., Ramaswamy, H.,** 2010. Going beyond conventional osmotic dehydration for quality advantage and energy savings. *E.J.A.S.T.*, 1:1-15.

- Bell, R. L., Janick, J.** 1990. Quantitative genetic analysis of fruit quality in pears. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 115:829-834.
- Bernardi, S., Bodini, R.B., Marcatti, B., Rodrigues Petrus, R., Eavaro-Trindade, C.S.,** 2009. Quality and sensorial characteristics of osmotically dehydrated mango with syrups of inverted sugar and sucrose. *Sci. Agric.*, 66:40-43.
- 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.
- Blanda, G., Cerretani, L., Cardinali, L., Barberi, S., Bendini, A., Lercker, G.,** 2009. Osmotic dehydrofreezing of strawberries: Polyphenolic content, volatile profile and consumer acceptance. *Food Sci. Technol.*, 42:30-36.
- Biswal, R.N., Bozorgmehr, K.,** 1992. Mass transfer in mixed solute dehydration of apple rings. *Trans A.S.A.E. St. Joseph Michigan. ASAE.*, 35: 257-262.
- Boeing, H., Bechthold, A., Bub, A., Ellinger, S., Haller, D., Kroke, A., Stehle, P.,** 2012. Critical review: vegetables and fruit in the prevention of chronic diseases. *Eur. J. Nutr.*, 51:637-663.
- Bolin, H.R., Huxsoil, C.C.,** 1993. Partial drying of cut pears to improve freeze/thaw texture. *J. Food Sci.*, 58:357-360.
- Botha, G.E., Oliveira, J.C., Ahrné, L.,** 2011. In press. Quality optimisation of combined osmotic dehydration and microwave assisted air drying of pineapple using constant power emission. *Food Bioprod. Pro.*, 90:171-179.
- Boyer, J., Liu, R.,** 2004. Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutr. J.*, 3:1-15.
- Brandt, M.A., Skinner, E.Z., Coleman, J.A.,** 1963. Texture Profile Method. *J. Food Sci.* 28:404-409.
- Brennan, J.G.,** 2006. Evaporation and dehydration. *Food Processing Handbook*, s71-124.
- Bravo, L.,** 1998. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutr. Rev.*, 56:317-333.
- Bourne, M.C.,** 2002. Texture, Viscosity and Food. Ch: 1: In *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*, 2nd Ed., Academic Press, Geneva, NY.
- Bourne, M.C.,** 1986. Effect of water activity on texture profile parameters of apple flesh. *J. Texture Stud.*, 17:331-340.
- Boyer, J., Liu, R.,** 2004. Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutr. J.*, 3:1-15.
- Budak, H.N., Ertekin-Filiz, B., Meydan, Ç., Şimşek, A.,** 2011. Elma ve elma ürünlerinin tanıtımı ve Turizm açısından değerlendirilmesi. *IV. Ulusal Eğirdir Turizm Sempozyumu*, Isparta, 1-4 Aralık 2011.

- Burdurlu, H.S., Karadeniz, F.,** 2003. Effect of storage on nonenzymatic browning of apple juice concentrates. *Food Chem.*, 80:91–97.
- Castello', M.L., Igual, M., Fito, P.J., Chiralt, A.,** 2009. Influence of osmotic dehydration on texture, respiration and microbial stability of apple slices (Var. Granny Smith). *J. Food Eng.*, 91:1–9.
- Castro-Giraldez M, Tylewicz U, Fito PJ, Dalla Rosa M, Fito P.,** 2011. Analysis of chemical and structural changes in kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv Hayward) through the osmotic dehydration. *Food Eng.*, 105:599–608.
- Cemeroğlu, B., Acar, J.,** 1986. Meyve ve sebze işleme teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara.
- Cemeroğlu, B., Yemenicioğlu, A., Özkan, M.,** 2009. Meyve ve sebzelerin bileşimi. Meyve sebze işleme teknolojisi Cilt 1. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara.
- Cemeroğlu, B.,** 2010. Gıda analizleri, Gıda teknolojisi derneği yayınları, s212-215. eds. Cemeroğlu, B., Ankara No: 44, 2010. s.212-215.
- Cestaria A.R., Vieiraa, E.F.S., Nascimentoa, A.J.P., Santos Filhaa, M.M., Airoidib, C.,** 2002. Factorial design evaluation of some experimental factors for phenols oxidation using crude extracts from jackfruit (*Artocarpus integrifolia*). *J. Braz. Chem. Soc.*, 13:260-265
- Chavan, U.D., Prabhukhanolkar, A.E., Pawar, V.D.,** 2010. Preparation of osmotic dehydrated ripe banana slices. *J. Food Sci. Technol.*, 47:380-386.
- Cheng, X. F., Zhang, M., Adhikari, B.,** 2013. The inactivation kinetics of polyphenol oxidase in mushroom (*Agaricus bisporus*) during thermal and thermosonic treatments. *Ultrason. Sonochem.*, 20:674-679.
- Chuang, G.C.C., Yeh, A.I.,** 2006. Rheological characteristics and texture attributes of glutinous rice cakes (mochi). *J. Food Eng.*, 74:314-323.
- Chun, H.H., Kim, M. S., Chung, K.S., Won, M., Song, K.B.,** 2012. Dehydration of blueberries using maltodextrin and the physicochemical properties of dried blueberries. *Hortic. Enviro. Biote.*, 53:565-570.
- Corzo, O., Bracho, N.,** 2004. Effects of brine concentration and temperature on equilibrium distribution coefficients during osmotic dehydration of sardine sheets. *LWT-Food Sci. Technol.*, 37:475-479.
- Contreras, J.E., Smyrl, T.G.,** 1981. An Evaluation of osmotic concentration of apple Rings using corn syrup solids solutions. *Can. I. Food Sc. Tech. J.*, 14:310-314.
- Conway, J., Castaigne, F., Picord, G., Vovan, X.,** 1983. Mass transfer considerations in the osmotic dehydration of apples. *Can. I. Food Sc. Tech. J.*, 16:25-29.

- Coseteng, M.Y., Lee C.Y.,** 1987. Changes in apple polyphenoloxidase and polyphenol concentrations in relation to degree of browning. *J. Food Sci.*, 52:985-989.
- Çınar, İ.,** 2009. Osmotik dehidrasyon, mekanizması ve uygulamaları, *Gıda Dergisi*, 34: 325-329.
- Debnath, S., Hemavathy, J., Bhat, K.K., Rastogi, N. K.,** 2004. Rehydration characteristics of osmotic pretreated and dried onion. *Food Bioprod. Process*, 82:304-310.
- Deng Y., Zhao, Y.,** 2008. Effects of pulsed-vacuum and ultrasound on the osmodehydration kinetics and microstructure of apples (Fuji). *J. Food Eng.*, 85:84-93.
- Derossi, A., De Pilli, T., Severini, C., McCarty, M.J.,** 2008. Mass transfer during osmotic dehydration of apples. *J. Food Eng.*, 86:519-528.
- Diehl, K. C., Hamann, D.D., Whitfield, J. K.** 1979. Structural failure in selected raw fruits and vegetables. *J. Text. Stud.*, 10:371-400.
- Dixon, G.M., Jen, J.J., Paynter, V.A.,** 1976. Tasty apple slices result from combined osmotic-dehydration and vacuum-drying process. *Food Prod. Dev.*, 10:634-638.
- Du R.T., Volstedt, Y., Apostolides, Z.** 2001. Comparison of the antioxidant content of fruits. Vegetables and teas measured as vitamin C equivalents. *Toxicology*, 166:63–69.
- Ercan, N.,** 2009. Ayva Yetiştiriciliği. <http://www.bahce.biz/bitki/meyve/ayva.html>; 05.06.2009
- Eren, İ.,** 2004. Patateslerin Osmotik Dehidrasyonunun ‘Response Surface’ Metodu Kullanılarak Optimizasyonu, *Yüksek lisans tezi*, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s120 .
- Emam-Djomeh, Z., Dehghannya, J., Sotudeh Grarabagh, R.,** 2006. Assessment of osmotic process in combination with coating on effective diffusivities during drying of apple slices. *Dry. Technol.*, 24:1159–1164.
- El-Aouar, Â. A., Azoubel, P. M., Barbosa, J. L., Murr, F. E. X.** 2006. Influence of the osmotic agent on the osmotic dehydration of papaya (*Carica papaya* L.). *J. Food Eng.*, 75:267-274.
- El Gharras, H.,** 2009. Polyphenols: food sources, properties and applications—a review. *I. J. Food Sci. Tech.*, 44:2512-2518.
- Erkmen, O.,** 2010. Gıda Mikrobiyolojisi, Efil yayınevi, Ankara, Türkiye.

- Erünal, S.**, 2010. Eriğin (*Prunus Domestica*) Ozmotik Dehidrayon Parametrelerinin ve Kurumaya Etkisinin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Falade, K.O., Igbeka, J.C., Ayanwuyi, F.A.**, 2007. Kinetics of mass transfer and colour changes during osmotic dehydration of watermelon. *J. Food Eng.*, 80:979–985.
- Fan, K., Chen, L., Du, K., & Yan, F.** 2015. Study on Equilibrium Distribution Coefficients during Osmotic Dehydration of White Gourd Slices. *J. Food Process and Pres.*, 39:301-308.
- Farkas, D.F., Lazar, M.E.**, 1969. Osmotic dehydration of apple pieces: effects of temperature and syrup concentration on rates. *Food Technol-Chicago*, 23:688-690.
- Fasogbon, B.M., Gbadamosi, S.O., Taiwo, K.A.**, 2013. Studies on the osmotic dehydration and rehydration characteristics of pineapple slices. *J. Food Process. Technol.*, 4:2-8.
- Fedec, P., Oraikul, B., Hadziyer, D.**, 1977. Microstructure of raw and granulated potatoes. *Can. J. Food Sc. Tech. J.*, 10:295–306.
- Fernández-Ginés, J. M., Fernández-López, J., Sayas-Barberá, E., Pérez-Alvarez, J. A.**, 2003. Effects of storage conditions on quality characteristics of bologna sausages made with citrus fiber. *J. Food Sci.*, 68:710–715.
- Ferrando, M., Spiess, W.E.L.**, 2001. Cellular response of plant tissue during the osmotic treatment with sucrose, maltose and trehalose solutions. *Int. J. Food Sci. Tech.*, 49:115-127.
- Ferreira, D., Silva, J.A.L., da Pinto, G., Santos, C., Delgadillo, I., Coimbra, M.A.**, 2008. Effect of sun-drying on microstructure and texture of *S. Bartolomeu* pears (*Pyrus communis* L.). *Eur. Food Res. Technol.*, 226:1545–1552.
- Fiszman, S.M.; Damasio, M.H.** 2000. Instrumental measurement of adhesiveness in solid and semi-solid foods. A survey. *J. Texture Stud.*, 31:69–91.
- Forni, E., Torreggiani, D., Crivelli, G., Maestrelli, A., Bertolo, G., Santelli, F.**, 1990. Influences of osmosis time on the quality of dehydrofrozen kiwifruit. *Acta Hort.*, 282:425-434.
- Ganjloo, A., Rahman, R.A., Bakar, J., Osman, A., Bimakr, M.**, 2011. Mathematical modelling of mass transfer during osmotic dehydration of seedless guava (*Pisidium guajava* L.) cubes. *Int Food Res J.*, 18:1105-1110.
- Garcia-Noguera, J., Oliveira, F.I., Gallão, M.I., Weller, C.L., Rodrigues, S., Fernandes, F.A.**, 2010. Ultrasound-assisted osmotic dehydration of strawberries: Effect of pretreatment time and ultrasonic frequency. *Drying Technol.*, 28:294-303.

- Geankoplis, C.J.**, 2003. Transport process and separation process principles, Pearson Education Inc., New Jersey, 1025s.
- Gekas, V.C.**, 1992. Transport phenomena of foods and biological materials eds. Singh R.P., Heldman D.R., CRC Press, Boca Raton, FL
- Gerçekçiöglu, R., Gencer, S., Öz-Atasever, Ö.**, 2014. Tokat ekolojisinde yetiştirilen ‘Eşme’ ve ‘Limon ayva (*Cydonia vulgaris* L.) çeşitlerinin bitkisel ve pomolojik özellikleri. *Tarım bilimleri Araştırma Dergisi*, 7:69-74.
- Giangiacom, R., Torreggiani, D., Abbo, E.**, 1987. Osmotic dehydration offruit. Part I Sugar exchange between fruit and extracting syrups. *J. Food Process Pres.*, 11:183-195.
- Giraldo, G., Talens, P., Fito, P., Chiralt, A.**, 2003. Influence of sucrose solution concentration on kinetics and yield during osmotic dehydration of mango. *J. Food Eng.*, 58:33-43.
- Gorinstein, S., Zachwieja, Z., Folta, M., Barton, H., Piotrowicz, J., Zember, M., Weisz, M., Trakhtenberg, S., Martin-Belloso, O.**, 2001. Comparative content of dietary fiber, total phenolics, and minerals in persimmons and apples. *J. Agr. Food Chem.*, 49:952-957.
- Guine, R.P.F., Barroca, M.J.**, 2011. Effect of drying on the textural attributes of bell pepper and pumpkin. *Drying Technol.*, 29:1911–1919
- Guiné, R.P.F., Barroca, M.J.**, 2012. Effect of drying treatments on texture and color of vegetables (pumpkin and green pepper). *Food Bioprod Process.*, 90:58-63.
- Guine, R.P.F.**, 2013. Variation of textural attributes of S. Bartolomeu pears at maturation, storage, and drying. *Int. J. Food Prop.*, 16:180–192.
- Gunesekaran, S., Ak, M.M.**, 2003. Cheese rheology and texture. CRC press, Boca Raton, Florida.
- Guthrie, N., Kurowska, E.M.N.**, 2001. Anticancer and cholesterol lowering activities of citrus flavonoids. Handbook of Nutraceuticals and Functional Foods, (p. 113–126). Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Gübbük, H.**, 1990. Cam serada yetiştirilen cavendish ve basrai muz klonlarının beslenmesi muhafazası ve olgunlaştırılması üzerinde çalışmalar. *Yüksek lisans tezi*. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 1990.
- Güneş, B., Bayindirli, A.** 1993. Peroxidase and lipoxygenase inactivation during blanching of green beans, green peas and carrots. *LWT-Food Sci.Technol.*, 26:406-410.

- Hardisson, A., Rubio, C., Baez, A., Martin, M., Alvarez, R., Diaz, E.,** 2001. Mineral compositions of the banana (*Musa acuminata*) from the island of Tenerife. *Food Chem.*, 73:153–161.
- Harker, F.R., Stec, M.G., Hallett, I.C., Bennett, C. L.** 1997. Texture of parenchymatous plant tissue: a comparison between tensile and other instrumental and sensory measurements of tissue strength and juiciness. *Postharv. Biol. Technol.*, 11: 63-72.
- Hawkes, J., Flink, J.M.,** 1978. Osmotic concentration of fruit slices prior to freeze dehydration. *J. Food Process Pres.*, 2:265-284.
- Heng, K., Guilbert, S., Cuq, J.L.,** 1990. Osmotic Dehydration of Papaya: Influence of Process Variables on The Product Quality. *Sci., Aliments*, 10:831-848.
- Herman-Lara, E., Martínez-Sánchez, C.E., Pacheco-Angulo, H., Carmona-García, R., Ruiz-Espinosa, H., Ruiz-López, I.I.** 2013. Mass transfer modeling of equilibrium and dynamic periods during osmotic dehydration of radish in NaCl solutions. *Food Bioprod. Proces.*, 91:216-224.
- Hough, G., Chirife, J., Marini, C.A.,** 1993. A simple model for osmotic dehydration of apples. *LWT-Food Sci. Technol.*, 26:151-156.
- Huang, J., Hess, W.M., Weber, D.J., Purcell, A.E., Huber, C.S.,** 1990. Scanning electronmicroscopy: Tissue characteristics and starch granule variation of potatoes after microwave and conductive heating. *Food Struct.*, 9:113–122.
- James, C.S.,** 1995. Analytical chemistry of foods blackie academic and Professional. 178s, Glasgow.
- Janovitz-Klapp, A.H., Richard, F.C., Goupy P.M., Nicolas J.J.,** 1990. Kinetic studies on apple polyphenol oxidase. *J. Agr. Food Chem.*, 38:1438–1441.
- Jayaraman, K.S., Das Gupta, D. K., Babu Rao, N.,** 1990. Effect of pretreatment with salt and sucrose on the quality and stability of dehydrated cauliflower, *Int. J. Food Sci. Techn.*, 25:47-60.
- Jesionkowska, K., Sijtsema, S.J., Konopacka, D., Symoneaux, R.,** 2009. Dried fruits and its functional properties from a consumer's point of view. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.*, 84:85–88.
- Jongen, W.,** 2002. Introduction, (Fruits and vegetable Processing, 388s, Jongen W eds, Woodhead Publ, Ltd and CRC Press, LLC.
- Ilicali, C., Icier, F.,** 2010. Freezing time prediction for partially dried papaya puree with infinite cylinder geometry. *J. Food Eng.*, 100:696-704.
- Ioannou, I., Ghoul, M.,** 2013. Prevention of enzymatic browning in fruit and vegetables. *E.S. J.*, 9:311-341.

- Islam, M.N., Flink, J.M.,** 1982. Dehydration of Potato. II. Osmotic concentration and its effect on Air drying behaviour. *J. Food Technol.*, 17:387-403.
- Islam, M. N., Zhang, M., Adhikari, B., Xinfeng, C., Xu, B. G.** 2014. The effect of ultrasound-assisted immersion freezing on selected physicochemical properties of mushrooms. *I. J. Refrig.*, 42:121-133.
- İlter, E., Çoban, H.,** 1996. Yuvarlak çekirdeksiz üzüm çeşidinin kurutulmasında Novchem (süper bandırma konsantresi)'in kullanılmasının kuruma süresi, randıman ve kalite özelliklerine etkisinin araştırılması. Ege üniversitesi, *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33:2-3.
- İnanç, A.L., AK, F.,** 2011. Partial removal of water from red pepper by immersion in an osmotic solution before drying. *Afr. J. Biotechnol.*, 11:1449-1459.
- İspir, A.,** 2006. Kayısının Osmotik Dehidrasyonu ve Kurutmaya Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Elazığ, 122s.
- İspir, A., Toğrul, İ.T.,** 2009. Osmotic dehydration of apricot: Kinetics and the effect of process parameters. *Chem. Eng. Res. Des.*, 87:166-180.
- Kader, A.A.,** 2003. A Perspective on Postharvest Horticulture (1978-2003). *Hort Science*, Vol.38, August, 2003.
- Karadeniz, F., Ekşi, A.,** 2001. Elma suyunda fenolik madde dağılımı üzerine araştırma. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 7:135-141.
- Karamürsel, D.,** 2009. Türkiye Elma Endüstrisine Genel Bir Bakış. *Tarım Türk Dergisi*, Yıl: 2009, Sayı:15, s13-14.
- Karathanos, V.T., Kostaropoulos, A.E., Saravacos, G.D.,** 1995. Air drying kinetics of osmotically dehydrated fruits. *Drying Technol.*, 13:1503–1512.
- Karel, M.,**1973. Recent research and development in the field of low moisture and intermediate moisture foods. *CRC Crit. Rev. Food Tech*, 4:329-373.
- Katsiari, M.C., Voutsinas, L.P., Kondyli, E.,** 2002. Improvement of sensory quality of low-fat Kefalograviera-type cheese with commercial adjunct cultures, *Int. Dairy J.*, 12:757-764.
- Kaur, C., Kapoor, H.C.,** 2001. Antioxidants in fruits and vegetables the millennium's health. *Int. J. Food Sci Techn.*, 36:703–725.
- Kaymak, F.,** 1993. Bezelye ve Çeşitli Meyvelerde Osmatik Dehidrasyon Ön İşleminin İncelenmesi ve Kurutma Üzerine Etkileri. *Doktora Tezi* Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Bornova-İzmir, s192.



- Kaymak, F. ve Kıncal, S.,** 1989. Gıdalarda ozmotik dehidrayon işleminin modellenmesi ve kuruma üzerine etkileri, E.Ü. *Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Gıda Mühendisliği Bölümü, 7:107.
- Kaymak-Ertekin F, Sultanoglu M.,** 2000. Modelling of mass transfer during osmotic dehydration of apples. *J. Food Eng.*, 46:243-250.
- Kek, S.P., Chin, N.L., Yusof, Y.A.,** 2013. Direct and indirect power ultrasound assisted pre-osmotic treatment in convective drying of guava slices. *Food Bioprod. Proces.*, 91:495-506.
- Kermasha, S., Goetghebeur, M., Monfette, A., Metche, M., Rovel, B.,** 1993. Studies on inhibition of mushroom polyphenol oxidase using chlorogenic acid as substrate. *J. Agr. Food Chem.*, 41:526-531.
- Khin, M.M., Zhou, W., Perera, C.O.** 2006. A study of the mass transfer in osmotic dehydration of coated potato cubes. *J. Food Eng.*, 77:84-95.
- Khin, M.M., Zhou, W., Yeo, S.Y.,** 2007. Mass transfer in the osmotic dehydration of coated apple cubes by maltodextrin as the coating material and their textural properties. *J Food Eng*, 81:514-522.
- Khan, M.R.,** 2012. Osmotic dehydration technique for fruits preservation-A review. *Pakistan J. Food Sci.*, 22:71-85.
- Kıroğlu-Zorlugenç, F.,** 2010. Ozmotik dehidrasyon uygulamasının Trabzon hurması meyvelerinin kuruma davranışı ve ürün kalitesi üzerine etkileri. *Doktora Tezi Çukurova üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü.* 221s.
- Kim, M. J., Kim, C. Y., Park, I.,** 2005. Prevention of enzymatic browning of pear by onion extract. *Food Chem.*, 89:181-184
- Konopacka, D., Plochanski, W.J.,** 2004. Effect of storage conditions on the relationship between apple firmness and texture acceptability. *Postharvest Biol. Tec.*, 32:205-211.
- Konopacka, D., Jesionkowska, K., Klewicki, R., Bonazzi, C.,** 2009. The effect of different osmotic agents on the sensory perception of osmo-treated dried fruits. *J. Hort. Sci. Biotechnol.*, 84:80-84.
- Korbel, E., Servent, A., Billaud, C., Brat, P.,** 2013. Heat inactivation of polyphenol oxidase and peroxidase as a function of water activity: a case study of mango drying. *Drying Techn.*, 31:1675-1680.
- Kowalska, H., and Lenart, A.,** 2001. Mass exchange during osmotic pretreatment of vegetables. *J. Food. Eng.*, 49:137-140.
- Krokida, M.K., Maroulis, Z.B., Marinos-Kouris, D.,** 1998. Viscoelastic behavior of dehydrated carrot and potato. *Drying Technol.*, 16:687-703.

- Krokida, M.K., Karathanos, V.T., Maroulis, Z.B.,** 2000. Compression analysis of dehydrated agricultural products. *Drying Technol.*, 18:395–408.
- Kuzucu, C.F., Sakaldaş, M.,** 2008. The effect of different harvest times and packaging types on fruit quality of *Cydonia Oblongo* cv. 'EŞME'. *J.Agric. Fac.HR.U.*, 12:33-39.
- Labuza, T.P.,** 1972. Nutrient losses during drying and storage of dehydrated foods. *CRC Crit. Rev. Food Tech.*, 3:217-240.
- Lazarides, H., Mavroudis, N.,** 1995. Freeze/thaw effect on mass transfer rates during osmotic dehydration. *J. Food Sci.*, 60:826-828.
- Lazarides, H.N.,** 1994. Osmotic pre-concentration: Developments and prospects. Minimal processing of foods and process optimization: An interface, R.P, Singh, R.P. ve Oliveira F.A.R. CRC Press, London, UK.
- Le Maguer, M., Yao, Z.,** 1995. Mass transfer during osmotic dehydration at cellular level. *In Food Preservation by Moisture Control: Fundamentals and Applications*, pp. 325-350, eds. G.V. Barbosa-Canovas and J. Welti-Chanes., Technomic Publisher, Lancaster, PA.
- Lenart A, Flink J.M.,** 1984. Osmotic concentration of potato.1. criteria for the end point of the osmosis process. *J. Food Technol.*, 19:45-63.
- Lenart, A.,** 1992. Mathematical modelling of osmotic dehydration of apple and carrot. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 1:1-33.
- Lenart, A.,** 1996. Osmo-convective drying of fruits and vegetables: technology and application. *Drying Technol.*, 14:391-413.
- Lerici, C.R., Pinnavaia, G., Dalla Rosa, M., Bertolucci, L.,** 1985. Osmotic dehydration of Fruits: Influence of Osmotic agents on drying behaviour and product quality. *J. Food Sci.*, 50:1217-1219.
- Lenz, D.U., Arık, E.A. ve Us, F.,** 2006, Elmanın Glikoz, Fruktöz, Sakaröz Çözeltilerinde Osmotik Kurutulması, *Türkiye 9. Gıda Kongresi*, 24-26 Mayıs, Bolu, s153-156.
- Leterme, P., Buldgen, A., Estrada, F., Londono, A.M.,** 2006. Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and the rain forest of Colombia. *Food Chem.*, 95:644–652.
- Lewicki, P.P., Lukaszuk A.,** 2000. Effect of osmotic dewatering on rheological properties of apple subjected to convective drying. *J. Food Eng.*, 45:119-126.
- Lewicki, P.P., Jakubczyk, E.,** 2004. Effect of hot air temperature on mechanical properties of dried apples. *J. Food Eng.*, 64:307–314.

- Lim, Y.Y., Lim, T.T., Tee, J.J.,** 2007. Antioxidant properties of several tropical fruits: a comparative study. *Food Chem.*, 103:1003–1008.
- Liu, R.H.,** 2003. Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals. *Am. J. Clin. Nutr.*, 78:517-520.
- Lombard, G.E., Oliveira, J.C., Fito, P., Andres, A.,** 2008. Osmotic dehydration of pineapple as a pre-treatment for further drying. *J. Food Eng.*, 85:277–284.
- Louise, E.K., Patrícia, M.A., Fernanda, E.X.M., Kil, J.P.,** 2012. Drying Kinetic of Fresh And Osmotically Dehydrated Mushroom (*Agaricus Blazei*). *J. Food Process Eng.*, 35:295–313.
- Lowithun, N., Charoenrein, S.,** 2009. Influence of osmodehydrofreezing with different sugars on the quality of frozen rambutan. *Int. J. Food Sci. Tech.*, 44:2183–2188.
- Luo, M.R.,** 2006. Applying Colour Science in Colour Design. *Opt. Laser Eng.*, 38:392-398.
- Luthria, D.L., Pastor-Corrales, M.A.,** 2006. Phenolic acids content of fifteen dry edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. *J. Food Comp. Anal.*, 19:205-211.
- Macheix, J.J., A. Fleuriet, and J. Billot.,** 1990. Fruit phenolics. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Maltini, E., Torreggiani, D.,** 1981. A New Application of Osmosis: The Production of Shelf-Stable Fruits. In Proceeding of 240<sup>th</sup> Event European Federation of Chemical Engineering, Milan, Italy, s55
- Marle, J.T., Van Clerkx, A.C.M., Boekestein, A.,** 1992. Cryo-scanning electron microscopy investigation of the texture of cooked potatoes. *Food Struct.*, 11:209–216
- Marani, C.M., Agnelli M.E. Mascheroni, R.H.,** 2007. Osmo-frozen fruits: mass transfer and quality evaluation, *J. Food Eng.*, 79:1122-1130.
- Marra, F., Zell, M., Lyng, J.G., Morgan, D.J. Cronin, D.A.,** 2009. Analysis of heat transfer during ohmic processing, *J. Food Eng.*, 91:56-63.
- Marthylenko, A., Janaszek, M.A.,** 2014. Texture changes during drying of apple slices. *Drying Technol.*, 32:567-577.
- Maskan, M.,** 2001. Drying, shrinkage ve rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. *J. Food Eng.* 48:177-182.
- Mavroudis, N.E., Gekas, V., Sjöholm, I.,** 1998. Osmotic dehydration of apples effects of agitation and raw material characteristics. *J. Food Eng.*, 35:191-209.

- Meechaona, R., Sengpracha, W., Banditpuritat, J., Kawaree, R., Phutdhawong, W.,** 2007. Fatty acid content and antioxidant activity of Thai bananas. *Maejo . Int. J. Food Sci. Tech.*, 1:222–228.
- Mendilcioğlu, K., Karaçalı, D.,** 1980. Muz. Yardımcı Ders Kitabı, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, No 377, İzmir, s74.
- Mercali, D.G., Marczak, L.D.F., Tessaro, I.C., Norena, C.P.Z.,** 2011. Evaluation of water, sucrose and NaCl effective diffusivities during osmotic dehydration of banana (*Musa sapientum*, L.). *LWT – Food Sci. Technol.*, 44:82–91.
- Mercier, S., Villeneuve, S., Mondor, M., Des Marchais, L.P.,** 2011. Evolution of porosity, shrinkage and density of pasta fortified with pea protein concentrate during drying. *LWT-Food Sci. Technol.*, 44:883-890.
- Moledina, K.H., Fedec, P., Hadziyev, D., Ooraikul, B.,** 1978. Effect of pre-cooking in potato granule production by freeze-thaw process. *Potato Res.*, 21:301-318.
- Moreira, R., Chenlo, F., Torres, M.D., Vallejo, N.,** 2008. Thermodynamic analysis of experimental sorption isotherms of loquat and quince fruit. *J. Food Eng.*, 88:514-521.
- Moreno, J., Chiralt, A., Escriche, I., Serra, J.,** 2000. Effect of blanching/osmotic dehydration combined methods on quality and stability of minimally processed strawberries. *Food Res. Int.*, 33:609-616.
- Moy, J.H., Lau, N.B.H., Dollar, A.M.,** 1978. Effects of sucrose and acids on osmotic dehydration of tropical fruits. *J. Food Process Pres.*, 2:131-135.
- Moyano, P.C., Troncoso, E., Pedreschi, F.,** 2007. Modeling texture kinetics during thermal processing of potato products. *J. Food Sci.*, 72:102–107
- Mundada, M., Hathan, B.S., Maske, S.,** 2011. Mass transfer kinetics during osmotic dehydration of pomegranate arils. *J. Food Eng.*, 57:31-39.
- Naczki, M., Shadidi, F.,** 2004. Extraction and analysis of phenolics in food, *J. Chromatogr. A.*, 1054: 95-111.
- Nicoletti, J.F., Silveira, V., Jr, Telis-Romero, J., Telis, V.R.N.,** 2005. Viscoelastic behavior of persimmons dried at constant air temperature. *LWT - Food Sci. Technol.*, 38:143–150.
- Nieto, A.B., Vicente, S., Hodara, K., Castro, M.A., Alzamora, S.M.,** 2013. Osmotic dehydration of apple: Influence of sugar and water activity on tissue structure, rheological properties and water mobility. *J. Food Eng.*, 119:104-114.
- Noshad, M., Mohebbi, M., Shahidi, F., Mortazavi, S.A.,** 2011. Kinetics modeling of rehydration in air-dried quinces pretreated with osmotic dehydration and ultrasonic. *J. Food Process Pres.*, 36:383-392.

- Noshad, M., Mohebbi, M., Shahidi, F., Mortazavi, S.A.,** 2014. Effect of pretreatment osmotic-ultrasonic on quality characteristics of dried quince. *Iran J. Sci. Technol.*, 10:182-187.
- Nowacka, M., Tylewicz, U., Laghi, L., Dalla Rosa, M., Witro-Rajchert, D.,** 2014. Effect of ultrasound treatment on the water state in kiwifruit during osmotic dehydration. *Food Chem.*, 144:18-25.
- Nsonzi, F.,** 1997. Osmo-convective drying behavior of blueberries. Department of Food Science and Agricultural Chemistry. McGill University Montreal, *PhD Thesis*, Canada, 177s.
- Ohnishi, S., Miyawaki, O.,** 2005. Osmotic dehydrofreezing for protection of rheological properties of agricultural products from freezing-injury. *Food Sci. Technol., Researc.*, 11:52–58.
- Oliveira, A.P., Pereira, J.A., Andrade, P.B., Valentão, P., Seabra, R.M., Silva, B.M.,** 2008. Organic acids composition of *Cydonia oblonga* Miller leaf. *Food Chem.*, 111:393-399.
- Osorio, C., Franco, M.S., Castaño, M.P., Gonzáles-Miret, M.L., Heredia, F., Morales, A.L.,** 2007. Colour and flavour changes during osmotic dehydration of fruits. *Inn. Food Sci. Emer. Techn.*, 8:353-359.
- Ozdemir, M.,** 2001. Mathematical analysis of color changes and chemical parameters of roasted hazelnuts. *PhD. Thesis*, Istanbul Technical University, 161s.
- Özçağırın, R., Ünal, A., Özeker, E., İsfendiyaroğlu, M.,** 2004. Ilıman İklim Meyve Türleri. Cilt 2, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:556, İzmir, s200.
- Özkan, Y.,** 1995. Ilıman İklim Meyveleri. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları Ders Notu, Tokat.
- Ozçatalbaş O., Turhanogulları Z., Kutlar I.,** 2009. Dünya Elma üretim Sektörünün Genel Durumu ve Gelişmeler. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2:139-144.
- Pan, Y.K., Zhao, L.J., Zhang, Y., Chen, G., Mujumdar, A.S.,** 2003. Osmotic dehydration pretreatment drying of fruits and vegetables. *Drying Technol.*, 21:1101–1114.
- Panades, G., Castro, D., Chiralt, A., Fito, P., Nunez, M., Jimenez, R.,** 2008. Mass transfer mechanisms occurring in osmotic dehydration of guava. *J. Food Eng.*, 87:386-390.
- Parjoko, K., Rahman, M.S., Buckle, K.A., Perera, C.O.,** 1996. Osmotic Dehydration Kinetics of Pineapple Wedges Using Palm Sugar. *LWT- Food Sci. Technol.*, 29:452-459.

- Pattanapa, K., Therdthai, N., Chantrapornchai, W., Zhou, W.,** 2010. Effects of sucrose and glycerol mixtures in the osmotic solution on characteristics of osmotically dehydrated mandarin cv.(SaiNamphaung). *Int. J. Food Sci. Tech.*, 45:1918-1924.
- Pearce, R.S.,** 2001. Plant freezing and damage. *Annals of Botany*, 87:417–424.
- Pekmezci, M., Gübbük, H., Erkan, M.,** 2000. Soğuklara dayanıklı bazı önemli muz klonlarının doku kültürü yöntemi ile çoğaltılması ve bu klonların değişik muz üretim yörelerine adaptasyonu üzerinde araştırmalar. *Araştırma Projesi*, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri.
- Pektaş, M.,** 2011. Ayva Yetiştiriciliği, <http://www.marim.gov.tr/bilgikaynagi/ayvayet.pdf>; (23.04.2011).
- Pereira, L.M., Rodrigues, A.C.C., Saranto' poulos, C.I.G.L., Junqueira, V.C.A., Cunha, R.L., Hubinger, M.D.,** 2004. Influence of Modified Atmosphere Packaging and Osmotic Dehydration on the Quality Maintenance of Minimally Processed Guavas. *J. Food Sci.*, 69:172–177.
- Phisut, N.,** 2012. Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits. *Int Food Res. J.*, 19:7-18.
- Pınar, H., Türkay, C., Denli, N., Ünlü, M., Bircan, M.,** 2011. Türkiyede muz üretim potansiyeli, *GAP VI. Tarım Kongresi*, 09–12 Mayıs 2011.
- Pokharkar, S.M.,** 2001. Kinetic model for osmotic dehydration of green peas prior to air drying. *J. Food Sci. Tech.*, 38:557–560.
- Ponting, J.D., Watters, G.G., Forrey, R.R., Jackson, R., Stanley, W.L.,** 1966. Osmotic dehydration of fruits. *Food Technol-Chicago*, 20:125-128.
- Ponting, J.D.,** 1973. Osmotic Dehydration of Fruits. Recent Modifications and Applications. *Process Biochemistry*, 8:18-20.
- Porciuncula, B.D., Zotarelli, M.F., Carciofi, B.A., Laurindo, J.B.,** 2013. Determining the effective diffusion coefficient of water in banana (Prata variety) during osmotic dehydration and its use in predictive models. *J. Food Eng.*, 119:490-496.
- Prothon, F., Ahrne, L.M., Funebo, T., Kidman, S., Langton, M., Sjöholm, I.,** 2001. Effects of combined osmotic and microwave dehydration of apple on texture, microstructure and rehydration characteristics. *LWT- Food Sci. Technol.*, 34:95-101.
- Pua. E.C.,** 2007. Banana. eds. Pua E.C and Davey M.R. *Biotechnology in Agriculture and Forestry* pp.3-34, Springer Verlag Berlin, Germany.
- Queiroz, C., Mendes Lopes, M.L., Fialho, E., Valente- Mesquitai V.L.,** 2008. Polyphenol oxidase: characteristics and mechanisms of browning control. *Food Rev. Int.*, 24:361-375.

- Quiles, A., Hernando, I., Perez-Munuera, I., Larrea, V., Llorca, E., Lluch, M.A.,** 2005. Polyphenoloxidase (PPO) activity and osmotic dehydration in Granny Smith apple. *J. Sci. Food Agric.*, 85:1017-1020.
- Radojčin, M., Babič M., Babič-Ivan Pavkov, L., Bukurov, M., Bikič, S., Mitrevski, V.,** 2015. Effects of osmotic pretreatment on quality physical properties of dried quinces (*Cydonia oblonga*) *J. Food Nutr. Res.*, 54:142-154.
- Rahman, M.S., Lamb, J.,** 1990. Osmotic dehydration of pineapple. *J. Food Sci. Technol.*, 27:150-152.
- Rahman, P.M.S., Buckle, K. A., Perera, C.O.,** 1996, Osmotic dehydration kinetics of pineapple wedges using palm sugar, *LWT- Food Sci. Technol.*, 29:452-459.
- Rahman, M.S., Al-Farsi, S.A.,** 2005. Instrumental texture profile analysis (TPA) of date flesh as a function of moisture content. *J. Food Eng.*, 66:505–511.
- Rahman, M.S.,** 2007. Osmotic dehydration of foods. Handbook of food preservation, pp. 433-442. eds. Rahman M.S., (2nd ed.). CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Ramaswamy, H.S.,** 2005. Osmotic drying. Workshop on drying of food and pharmaceuticals. *Fourth Asia Pacific Drying Conference*, 12 December, Kolkata, India.
- Rao, M.A.,** 1992. Classification, description and measurement of viscoelastic properties of solid foods. In *Viscoelastic Properties of foods*: pp. 2-48. eds. Rao, M.A., and Steffe, J.H., Elsevier: New York,
- Raoult-Wack, A.L., Rios, G., Gulbert, S., Marguer, M.,** 1991. Simultaneous water and solute transport in shrinking-Part 1. Application to dewatering and impregnation soaking process analysis. *Drying Technol.*, 9:589-612.
- Raoult-Wack, A.L.,** 1994. Recent advances in the osmotic dehydration of foods, *Trends Food Sci.Tech.*, 5:255-260.
- Rapheiles, S., Antoniou, K.D., Petrides, D.,** 1995. Microstructural of process cheese, *Scan Electron Micros.*, HI 3:635-643.
- Rastogi, N.K., Raghavarao, K.S.M.S.,** 1994. Effect of temperature and concentration on osmotic dehydration of coconut. *LWT-Food Sci Technol.*, 27:564-567.
- Rastogi, N.K., Raghavarao, K.S.M.S.,** 1997. Water and solute diffusion coefficients of carrot as a function of temperature and concentration. *J. Food Eng.*, 34:429–440.
- Rastogi, N.K., Niranjana, K.,** 1998. Enhanced mass transfer during osmotic dehydration of high pressure treated pineapple. *J. Food Sci.*, 63:508-511.

- Rastogi, N.K., Angersbach, A., Knorr, D.,** 2000. Evaluation of mass transfer mechanism during osmotic treatment of plant materials. *J Food Sci.*, 65:1016-1021.
- Rastogi, N.K., Raghavarao, K.S.M.S.,** 2004. Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple. Considering Fickian diffusion in cubical configuration. *LWT- Food Sci. Technol.*, 37:43-47.
- Rastogi, N.K., Raghavarao, K.S.M.S., Niranjana, K.,** 2005. Developments in Osmotic Dehydration, Emerging Technologies for Food Processing, eds. Sun, D.W., 1, Elsevier- Academic Press, Italy.
- Ratti, C.,** 2001. Hot air and freeze-drying of high value foods: a review. *J. Food. Eng.*, 49:311-319.
- Reddy, K.S., Martijn, B.K.,** 2004. Diet, nutrition and the prevention of hypertension and cardiovascular diseases. *Public Health Nutr.*, 7:167–186.
- Riva, M., Masi, P.,** 1990. Osmodehydration of grapes. Engineering and Food, pp. 711-721, eds. W.E.L., Spiess and H. Schubert., vol. 2. Preservation processes and related techniques, Elsevier App. Sci., London,.
- Robbers, M., Singh, R.P., Cunha, L.,** 1997. Osmotic-convective dehydrofreezing process for drying kiwifruit. *J. Food Sci.*, 62:1039-1047.
- Rosenthal, A.J.,** 2010. Texture profile analysis—How important are the parameters? *J. Texture Stud.*, 41 672–684.
- Robinson, J.C.,** 1996. Bananas and plantains. In Crop Production Science in Horticulture series, CAB International, Wallingford, UK. 238s.
- Roble- Manzanares, A., Garcia-Barrón, S. E., Morales-Castro, J., Ochoa-Martinez, L.A.,** 2004. Development of a new product from quince (*Cydonia oblongo* Mill) by means of combined dehydration methods. *Proceedings from IFT Annual Meeting*, July 12-16, Las Vegas, Nevada. USA.
- Salengke, S., Sastry, S.K.,** 2007. Models for ohmic heating of solid-liquid mixtures under worst-case heating scenarios, *J. Food Eng.*, 83:337-355.
- Saurel R, Raoultwack AL, Rios G, Guilbert S.,** 1994. Mass-transfer phenomena during osmotic dehydration of apple. 2. Frozen plant-tissue. *Int. J. Food Sci. Tech.*, 29:543-550.
- Scalbert, A., Williamson, G.,** 2000. Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *J. Nutr.*, 130:2073–2085.
- Sereno, A.M., Moreira, R., Martinez, E.,** 2001, Mass Transfer Coefficients During Osmotic Dehydration Of Apple In Single And Combined Aqueous Solutions of Sugar And Salt. *J. Food Eng.*, 47:43-49.



- Sharma, G., Verma, R., Pathare, P.,** 2005. Thin-layer infrared radiation drying of onion slices. *J. Food Eng.*, 67:362-366.
- Shi, J., Le Maguer, M.,** 2002. Mass transfer in cellular material at solid-liquid contacting interface. *Food Sci. Technol.*, 367-372.
- Shi, J., Xue, J.,** 2009. Application and development of osmotic dehydration technology in food processing. *Advances in food dehydration*, pp. 190 eds. Christina Ratti, CRC Press New York, 190s.
- Silva, F.M., Sims, C., Balaban, M.O., Silva, C.L.M., O’Keefe, S.,** 2000. Kinetics of flavor and aroma changes in thermally processed Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) pulp. *J. Sci. Food Agric.*, 80:783-787.
- Silva, B. M., Casal, S., Andrade, P. M., Seabra, R. M., Oliveira. M. B., Ferreira, M. A.,** 2003. Development and evaluation of a GC/FID method for the analysis of free amino acids in quince fruit and jam. *Analy. Sci.*, 19:1285-1290.
- Silva, B. M., Andrade, P. B., Valenta~o, P., Ferreres, F., Seabra, R. M., Ferreira, M. A.,** 2004. Quince (*Cydonia oblonga* Miller) fruit (pulp, peel, and seed) and jam: Antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.*, 52:4405–4712.
- Silva, L.C., Almeida, P.S., Rodrigues, S., Fernandes, F.A.,** 2015. Inactivation of Polyphenoloxidase and Peroxidase in Apple Cubes and in Apple Juice Subjected to High Intensity Power Ultrasound Processing. *J. Food Process. Pres.*, 39:2081-2087.
- Smewing, J.,** 1997. Fruit moments: an analysis of fruit stability. *F.M.T.*, 11:32–34
- Singh, B., Kumar, A., Gupta, A.K.** 2007. Study of mass transfer kinetics and effective diffusivity during osmotic dehydration of carrot cubes. *J. Food Eng.*, 79:471-480.
- Singh, B., Panesar, P. S., Nanda, V.,** 2008. Optimization of osmotic dehydration process of carrot cubes in sucrose solution. *J. Food Process. Eng.*, 31:1-20.
- Singh, B., Panesar, P.S., Nanda, V., Kennedy, J.F.,** 2010. Optimisation of osmotic dehydration process of carrotcubes in mixtures of sucrose and sodium chloride solutions. *Food Chem.*, 123:590–600.
- Soliva, R.C., Elez, P., Sebastian, M., Martin, O.,** 2000. Evaluation of browning effect on avocado puree preserved by combined methods. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 1:261-268.
- Someya, S., Yoshiki, Y., Okubo, K.,** 2002. Antioxidant compounds from bananas (*Musa Cavendish*). *Food Chem.*, 79:351–354.
- Soylu, A.** 1997. Ilıman İklim Meyveleri – II. Uludağ Üniversitesi Ders Notları, No: 72, Bursa.

- Stec, M. G. H., Hodgson, J.A., MacRae, E.A., Triggs, C.M.** 1989. Role of fruit firmness in sensory evaluation of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* cv Hayward). *J. Sci. Food Agr.*, 47:417-433.
- Sulaiman, A., Soo, M.J., Yoon, M.M., Farid, M., Silva, F.V.,** 2015. Modeling the polyphenoloxidase inactivation kinetics in pear, apple and strawberry purees after high pressure processing. *J. Food Eng.*, 147:89-94.
- Sultanoğlu, M.,** 2000. Elmaların Osmotik Dehidrasyonunda Kütle Transferinin Modellenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 66s.
- Szczesniak, A.S.,** 1963. Classification of textural characteristics. *J. Food Sci.*, 28:385-389.
- Şahbaz, F.,** 1998. Su ve Buz (İ. SALDAMLİ editör) Gıda Kimyası, Hacettepe Üniversitesi Basımevi Ankara, 9-36s.
- Şenyurt, M., Kalkaşım, Ö., Karadeniz, T.,** 2015. Gümüşhane yöresinde yetiştirilen bazı standart ve mahalli elma (*Malus communis* L.) çeşitlerinin pomolojik özellikleri. *Akademik Ziraat Dergisi*, 4:59-65.
- Tadesse, T.F., Abera, S., Worku, S.,** 2015. Nutritional and sensory properties of solar-dried carrot slices as affected by blanching and osmotic pre-treatments. *Int. J. Food Sci., Nutr. Eng.*, 5:24-32.
- Tanaka, F., Morita, K., Iwasaki, K., Verboven, P., Scheerlinck, N., Nicolai, B.,** 2006. Monte Carlo, simulation of far infrared radiation heat transfer: theoretical approach, *J. of Food Process Eng.*, 29:349-361.
- Taiwo, K.A., Angersbach, A., Knorr, D.,** 2002. Rehydration studies on pretreated and osmotically dehydrated apple slices. *J. Food Sci.* 67:842-847.
- Telis, V.R.N., Telis-Romero, J., Gabas, A.L.,** 2005. Solids rheology for dehydrated food and biological materials. *Drying Technol.*, 23:759-780.
- Tiwari, R.B.,** 2005. Application of osmo air dehydration for processing of tropical fruits in rural areas. *Indian Food Industry*, 24:62-69.
- Torreggiani, D.,** 1993. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. *Food Res. Int.*, 26:59-68.
- Torreggiani, D., Bertolo, G.,** 2001. Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. *J. Food Eng.*, 49:247-253.
- 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., Escriche, I., Chiralt, A.,** 2006. Influence of process conditions on mechanical properties of osmotically dehydrated mango. *J. Food Eng.*, 74:240-246.

- 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 Chem.*, 101:219–228.
- Torres, J.D., Castello, M.L., Escriche, I., Chiralt, A.,** 2008. Quality characteristics, respiration rates, and microbial stability of osmotically treated mango tissue (*Mangifera indica* L.) with or without calcium lactate. *Food Sci. and Technol. Int.*, 14:355–365.
- Torrington, E., Esveld, E., Scheewe, I., Van Den Berg, R., Bartels, P.,** 2001. Osmotic dehydration as a pre-treatment before combined microwave-hot-air drying of mushrooms. *J. Food Eng.*, 49:185-191.
- Tortoe, C., Orchard, J.,** 2006. Microstructural changes of osmotically dehydrated tissues of apple, banana, and potato. *Scanning*, 28:172-178.
- Tortoe, C.,** 2010. A review of osmotic dehydration for food industry. *African J. Food Sci.*, 4:303-324.
- Togrul, I.T., Ispir, A.,** 2008. Equilibrium distribution coefficients during osmotic dehydration of apricot. *Food Bioprod. Process.*, 86:254-267.
- Tylewicz, U., Fito, P.J., Castro-Giraldez, M., Fito, P., Dalla Rosa, M.,** 2011. Analysis of kiwi fruit osmotic dehydration process by systematic approach systems. *Food Eng.*, 104:438–444.
- Udomkun, P., Mahayothee, B., Nagle, M., Müller, J.,** 2014. Effects of calcium chloride and calcium lactate applications with osmotic pretreatment on physicochemical aspects and consumer acceptances of dried papaya. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 49:1122-1131.
- Udomkun, P., Nagle, M., Mahayothee, B., Nohr, D., Koza, A., Müller, J.,** 2015. Influence of air drying properties on non-enzymatic browning, major bio-active compounds and antioxidant capacity of osmotically pretreated papaya. *LWT-Food Sci. Technol.*, 60:914-922.
- URL-1,** 2010. <http://faostat.fao.org>. Crops. 22 mayıs 2016.
- URL-2,** 2004. <http://www.uga.edu/fruit/apple.html>. Apple-*Malus domestica* Borkh. 15 nisan 2012.
- URL-3,** 2016. <http://www.factfish.com/statistic/apples%2C%20production%20quantity>. Apples, production quantity 22 mayıs 2016.
- URL-4,** 2009 <http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?altid=1001>. Bitkisel üretim istatistikleri 22 mayıs 2016.
- URL-5,** 2011. <http://www.ebkae.gov.tr> ılıman iklim meyve çeşitleri. 22 mayıs 2016.

- URL-6**, 2011. <http://faostat.fao.org/site/537/default.aspx>. Food balance sheets 22 mayıs 2016.
- URL-7**, 2016. <http://www.factfish.com/statistic/quinces%20C%20production%20quantity>. Quinces, production quantity. 22 mayıs 2016.
- URL-8**, 2007. <http://www.nal.usda.gov/>. united states department of agriculture. 22 mayıs 2016.
- URL-9**, 2006. FAO Statistical Database <http://www.faostat.fao.org>. 22 mayıs 2016.
- URL-10**, 2016. <http://www.factfish.com/statistic/bananas%20C%20production%20quantity> Bananas, production quantity. 22 mayıs 2016.
- URL-11**, 2007. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Food and Agricultural commodities production. 22 mayıs 2016
- URL-12**, 2012. <http://www.tuik.gov.tr/bitkiselapp/tarimdenge.zul>. Bitkisel üretim denge tabloları. 22 mayıs 2016.
- URL-13**, 2012. <http://www.turkiyesel.com/genel-ve-ozel-sebzecilik-profdratilagunay/7095-urunlerde-hasat-sonrasi-gorulen-kayiplar-ve-onleme-yolları-pazarlama-sebzecilik.html>. 22 mayıs 2016.
- URL-14**, 2012. Texture profile analysis. <http://www.texturetechnologies.com/textureprofile-analysis.html>. 22 mayıs 2016.
- Us, F.**, 2006. Ozmotik kurutma. Türkiye 9. Gıda Kongresi Bolu, 24-26 Mayıs, s. 65-68.
- Waliszewski, K.N., Pardio, V.T., Ovando, S.L.**, 2007. Control of polyphenoloxidase activity in banana slices during osmotic dehydration. *Drying Technol.*, 25:375-378.
- Wall, M.M.**, 2006. Ascorbic acid, vitamin A, and mineral composition of banana (*Musa sp.*) and papaya (*Carica papaya*) cultivars grown in Hawaii. *J. Food Comp. Anal.*, 19:434-445.
- Wais, N. L., Santos, M. V., Marani, C. M., Agnelli, M. E., Mascheroni, R. H.**, 2004. osmotic dehydration and combined osmotic dehydration-hot air drying of banana and apple slices. mass transfer and quality issues. 22-25 August 2004 Sao Paulo, Brazil. 2201-2206.
- Waterhouse, A.L.**, 2002. Determination of total phenolics. Current protocols in food analytical chemistry.
- Wojdyło, A., Oszmian´ski, J., Bielicki, P.**, 2013. Polyphenolic composition, antioxidant activity, and polyphenol oxidase (PPO) activity of quince (*Cydonia oblonga* Miller) varieties. *J. Agric. Food Chem.*, 61:2762-2772.

- Wolfe, K., Wu, X., Liu, R.H.,** 2003. Antioxidant activity of apple peels. *J. Agric. Food Chem.*, 51:609-614.
- Van Arsdel, W.B., Copley, M.J., Morgan, vA.I.Jr.,** 1973. Food dehydration. Drying methods and phenomena. eds. Copley, M. J., The Avi Pub. Comp., Inc., Westport, Conn.
- Van Loey, A., Verachtert, B., Hendrickx, M.,** 2001. Effects of high electric field pulses on enzymes. *Trends Food Sci. Tech.*, 12:94-102.
- Verma, D., Kaushik, N., Rao, P.S.,** 2014. Application of high hydrostatic pressure as a pretreatment for osmotic dehydration of banana slices (*Musa cavendishii*) finish-dried by dehumidified air drying. *Food Bioprocess. Tech.*, 7:1281-1297.
- Vinson, J.A., Su, X., Zubik, L., Bose, P.,** 2001. Phenol antioxidant quantity and quality in foods: Fruits. *J. Agr. Food Chem.*, 49:5315-5321.
- Yang, J., and Lui, R.H.,** 2009. Aggregated in the references: Synergistic effect of apple extracts and quercetin 3-b-D-Glucoside combination on antiproliferative activity in MCF-7 human breast cancer cells in vitro. *J. Agr. Food Chem.*, 57:8581–8586.
- Zhang, H., Wang, Z.Y., Yang, X., Zhao, H.T., Zhang, Y.C., Dong, A.J., Wang, J.,** 2014. Determination of free amino acids and 18 elements in freeze-dried strawberry and blueberry fruit using an Amino Acid Analyzer and ICP-MS with micro-wave digestion. *Food Chem.*, 147:189-194.
- Zocca, A., and Ryugo, K.,** 1975. Changes in polyphenoloxidase activity and substrate levels in maturing ‘Golden Delicious’ apple and other cultivars. *Hort. Science*, 10:586-587.

## 7. EKLER

**Ek Tablo 3.1.** Elma küplerinin Azuara ve ark (1992) modeline göre su kaybı için elde edilen deneysel değerlerin teorik değerlere uygunluğu belirten parametreler

Konsanstrasyon (% w/w)	Sıcaklık (°C)	$WL_{\infty}$	$S_1$	$R^2$	SSE	RMSE	$\chi^2$	%P
% 25	25 °C	17.48	0.023	0.927	0.462	0.680	0.770	4.22
	35 °C	17.61	0.025	0.913	0.422	0.650	0.704	3.83
	45 °C	22.32	0.026	0.907	0.468	0.684	0.779	3.13
% 45	25 °C	33.33	0.021	0.899	2.373	1.541	3.955	5.71
	35 °C	49.02	0.016	0.965	1.663	1.290	2.772	3.25
	45 °C	55.25	0.027	0.947	3.225	1.796	5.375	4.44
% 55	25 °C	50.76	0.011	0.970	1.909	1.382	3.182	3.61
	35 °C	57.14	0.014	0.994	0.393	0.627	0.654	1.35
	45 °C	64.52	0.015	0.987	1.109	1.053	1.849	2.18
% 65	25 °C	66.67	0.010	0.988	1.386	1.177	2.310	2.91
	35 °C	67.57	0.012	0.988	1.264	1.124	2.107	1.81
	45 °C	75.18	0.013	0.983	1.933	1.390	3.222	2.74

**Ek Tablo 3.2.** Elma küplerinin Azuara ve ark (1992) modeline göre kuru madde kazanımı için elde edilen deneysel değerlerin teorik değerlere uygunluğu belirten parametreler

Konsanstrasyon (% w/w)	Sıcaklık (°C)	$SG_{\infty}$	$S_2$	$R^2$	SSE	RMSE	$\chi^2$	%P
% 25	25 °C	1.92	0.0021	0.938	0.005	0.071	0.008	13.34
	35 °C	1.43	0.0094	0.873	0.007	0.082	0.011	7.89
	45 °C	2.03	0.0049	0.995	0.006	0.078	0.010	7.23
% 45	25 °C	9.17	0.0080	0.909	0.274	0.524	0.457	6.82
	35 °C	10.27	0.0054	0.942	0.119	0.345	0.198	2.88
	45 °C	9.11	0.0078	0.953	0.128	0.358	0.214	2.97
% 55	25 °C	15.67	0.0032	0.981	0.128	0.358	0.214	4.83
	35 °C	14.66	0.0039	0.985	0.095	0.308	0.158	2.86
	45 °C	14.58	0.0042	0.977	0.153	0.391	0.255	3.36
% 65	25 °C	9.58	0.0095	0.998	0.006	0.080	0.011	1.12
	35 °C	13.35	0.0078	0.920	0.366	0.605	0.611	8.49
	45 °C	14.60	0.0063	0.989	0.069	0.263	0.115	3.05

**Ek Tablo 3.3.** Elma küplerinin ozmotik kurutulmasında Hawkes ve Flink (1978) modeline göre hesaplanan kütle transfer katsayısı (k) değerleri

Konsanstrasyon (% w/w)	Sıcaklık (°C)	k	R <sup>2</sup>
% 25	25 °C	0.0969	0.980
	35 °C	0.0995	0.906
	45 °C	0.1086	0.996
% 45	25 °C	0.3912	0.982
	35 °C	0.4875	0.982
	45 °C	0.5154	0.990
% 55	25 °C	0.598	0.987
	35 °C	0.6723	0.990
	45 °C	0.7635	0.984
% 65	25 °C	0.729	0.988
	35 °C	0.8106	0.984
	45 °C	0.9007	0.992



**Ek Tablo 3.4.** Ayva küplerinin Azuara ve ark (1992) modeline göre su kaybı için elde edilen deneysel değerlerin teorik değerlere uygunluğu belirten parametreler

Konsanstrasyon (% w/w)	Sıcaklık (°C)	$WL_{\infty}$	$S_1$	$R^2$	SSE	RMSE	$\chi^2$	%P
% 25	25 °C	7.18	0.0055	0.993	0.011	0.105	0.018	2.07
	35 °C	11.85	0.0088	0.982	0.069	0.263	0.115	3.52
	45 °C	16.89	0.0099	0.904	0.705	0.840	1.175	6.83
% 45	25 °C	24.39	0.0100	0.950	0.707	0.841	1.179	5.66
	35 °C	39.53	0.0133	0.929	2.192	1.481	3.653	5.17
	45 °C	40.82	0.0146	0.979	0.600	0.774	0.999	2.39
% 55	25 °C	43.29	0.0082	0.985	0.749	0.865	1.248	3.72
	35 °C	55.25	0.0090	0.953	4.075	2.019	6.792	4.09
	45 °C	55.87	0.0079	0.987	1.164	1.079	1.940	2.98
% 65	25 °C	55.56	0.0071	0.980	1.749	1.323	2.915	4.49
	35 °C	58.14	0.0083	0.957	3.810	1.952	6.350	4.89
	45 °C	62.89	0.0087	0.972	3.009	1.735	5.016	4.35

**Ek Tablo 3.5.** Ayva küplerinin Azuara ve ark (1992) modeline göre kuru madde kazanımı için elde edilen deneysel değerlerin teorik değerlere uygunluğu belirten parametreler

Konsanstrasyon (% w/w)	Sıcaklık (°C)	$SG_{\infty}$	$S_2$	$R^2$	SSE	RMSE	$\chi^2$	%P
% 25	25 °C	1.97	0.0039	0.940	0.007	0.083	0.012	6.96
	35 °C	1.99	0.0041	0.937	0.007	0.085	0.012	9.10
	45 °C	5.75	0.0078	0.947	0.050	0.224	0.084	5.33
% 45	25 °C	5.78	0.0050	0.973	0.027	0.165	0.045	4.60
	35 °C	9.51	0.0098	0.971	0.269	0.073	0.121	3.49
	45 °C	9.89	0.0105	0.878	0.328	0.573	0.547	8.79
% 55	25 °C	12.97	0.0091	0.992	0.040	0.199	0.066	2.64
	35 °C	12.64	0.0103	0.995	0.019	0.138	0.032	1.37
	45 °C	12.20	0.0136	0.943	0.187	0.432	0.311	4.07
% 65	25 °C	12.63	0.0083	0.959	0.263	0.513	0.439	6.47
	35 °C	12.92	0.0165	0.984	0.111	0.333	0.185	3.48
	45 °C	11.37	0.0181	0.980	0.371	0.610	0.619	7.06

**Ek Tablo 3.6.** Ayva küplerinin ozmotik kurutulmasında Hawkes ve Flink (1978) modeline göre hesaplanan kütle transfer katsayısı (k) değerleri

Konsanstrasyon (% w/w)	Sıcaklık (°C)	k	R <sup>2</sup>
% 25	25 °C	0.040	0.897
	35 °C	0.060	0.977
	45 °C	0.120	0.956
% 45	25 °C	0.154	0.980
	35 °C	0.368	0.922
	45 °C	0.392	0.993
% 55	25 °C	0.434	0.964
	35 °C	0.505	0.991
	45 °C	0.554	0.993
% 65	25 °C	0.518	0.998
	35 °C	0.605	0.994
	45 °C	0.630	0.995

**Ek Tablo 3.7.** Muz dilimlerinin Azuara ve ark (1992) modeline göre su kaybı için elde edilen deneysel değerlerin teorik değerlere uygunluğu belirten parametreler

Konsanstrasyon (% w/w)	Sıcaklık (°C)	$WL_{\infty}$	$S_1$	$R^2$	SSE	RMSE	$\chi^2$	%P
% 25	25 °C	-16.86	0.0070	0.951	0.380	0.616	0.633	6.43
	35 °C	-12.47	0.0083	0.955	0.194	0.440	0.323	5.12
	45 °C	-7.08	0.0167	0.804	0.140	0.374	0.234	6.15
% 45	25 °C	11.01	0.0073	0.950	0.166	0.407	0.277	6.93
	35 °C	11.93	0.0121	0.923	0.222	0.472	0.371	5.68
	45 °C	15.97	0.0095	0.954	0.287	0.536	0.479	5.20
% 55	25 °C	17.33	0.0112	0.927	0.471	0.686	0.784	5.66
	35 °C	18.15	0.0114	0.946	0.435	0.659	0.724	5.68
	45 °C	22.68	0.0108	0.985	0.196	0.443	0.327	2.38
% 65	25 °C	28.09	0.0035	0.992	0.168	0.410	0.280	4.13
	35 °C	30.21	0.0064	0.925	1.933	1.390	3.222	5.08
	45 °C	37.88	0.0061	0.965	1.468	1.212	2.447	5.74

**Ek Tablo 3.8.** Muz dilimlerinin Azuara ve ark (1992) modeline göre kuru madde kazanımı için elde edilen deneysel değerlerin teorik değerlere uygunluğu belirten parametreler

Konsanstrasyon (% w/w)	Sıcaklık (°C)	$SG_{\infty}$	$S_2$	$R^2$	SSE	RMSE	$\chi^2$	%P
% 25	25 °C	3.16	0.0244	0.890	0.013	0.112	0.021	3.77
	35 °C	2.83	0.0175	0.812	0.021	0.144	0.035	6.72
	45 °C	0.98	0.3152	0.816	0.001	0.036	0.002	2.05
% 45	25 °C	1.68	0.0249	0.823	0.005	0.068	0.008	3.85
	35 °C	2.08	0.0187	0.851	0.010	0.099	0.016	4.94
	45 °C	6.08	0.0096	0.831	0.138	0.371	0.230	8.83
% 55	25 °C	4.63	0.0362	0.950	0.010	0.100	0.017	2.32
	35 °C	5.31	0.0174	0.958	0.015	0.123	0.025	3.13
	45 °C	5.91	0.0129	0.937	0.087	0.295	0.145	7.26
% 65	25 °C	5.43	0.0106	0.980	0.016	0.126	0.027	2.89
	35 °C	6.08	0.0097	0.960	0.039	0.197	0.065	4.21
	45 °C	8.55	0.0070	0.956	0.088	0.297	0.147	5.68

**Ek Tablo 3.9.** Muz dilimlerinin ozmotik kurutulmasında Hawkes ve Flink (1978) modeline göre hesaplanan kütle transfer katsayısı (k) değerleri

Konsanstrasyon (% w/w)	Sıcaklık (°C)	k	R <sup>2</sup>
% 25	25 °C	0.0089	0.925
	35 °C	0.0071	0.951
	45 °C	0.0059	0.971
% 45	25 °C	0.0605	0.969
	35 °C	0.0744	0.965
	45 °C	0.0989	0.989
% 55	25 °C	0.1065	0.970
	35 °C	0.1353	0.958
	45 °C	0.1419	0.977
% 65	25 °C	0.1237	0.955
	35 °C	0.1456	0.936
	45 °C	0.2033	0.977

**Ek Tablo 3.10.** Ozmotik dehidrasyon sonrası elma küplerine ait bazı parametrelerin korelasyon tablosu

		WL	SG	Sertlik	Dış Yapışkanlık	Esneklik	İç Yapışkanlık	Sakızımsılık	Çiğnenebilirlik	Elastikiyet	Rehidrasyon oranı
WL	Pearson Correlation	1	.933**	-.948**	-.158*	-.377**	.851**	-.580**	-.647**	.834**	-.840**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.020	.000	.000	.000	.000	.000	.000
SG	Pearson Correlation	.933**	1	-.933**	-.148*	-.392**	.816**	-.606**	-.675**	.803**	-.810**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.029	.000	.000	.000	.000	.000	.000
Sertlik	Pearson Correlation	-.948**	-.933**	1	.113	.394**	-.829**	.677**	.740**	-.814**	.800**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.099	.000	.000	.000	.000	.000	.000
Dış Yapışkanlık	Pearson Correlation	-.158*	-.148*	.113	1	.384**	-.027	-.061	.090	-.017	.235**
	Sig. (2-tailed)	.020	.029	.099		.000	.688	.371	.187	.803	.000
Esneklik	Pearson Correlation	-.377**	-.392**	.394**	.384**	1	-.254**	.106	.417**	-.258**	.443**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000		.000	.121	.000	.000	.000
İç Yapışkanlık	Pearson Correlation	.851**	.816**	-.829**	-.027	-.254**	1	-.293**	-.353**	.972**	-.679**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.688	.000		.000	.000	.000	.000
Sakızımsılık	Pearson Correlation	-.580**	-.606**	.677**	-.061	.106	-.293**	1	.942**	-.264**	.381**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.371	.121	.000		.000	.000	.000
Çiğnenebilirlik	Pearson Correlation	-.647**	-.675**	.740**	.090	.417**	-.353**	.942**	1	-.326**	.489**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.187	.000	.000	.000		.000	.000
Elastikiyet	Pearson Correlation	.834**	.803**	-.814**	-.017	-.258**	.972**	-.264**	-.326**	1	-.684**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.803	.000	.000	.000	.000		.000
Rehidrasyon Oranı	Pearson Correlation	-.840**	-.810**	.800**	.235**	.443**	-.679**	.381**	.489**	-.684**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**Ek Tablo 3.11.** Ozmotik dehidrasyon sonrası ayva küplerine ait bazı parametrelerin korelasyon tablosu

		WL	SG	Sertlik	Dış Yapışkanlık	Esneklik	İç Yapışkanlık	Sakızımsılık	Çiğnenebilirlik	Elastikiyet	Rehidrasyon oranı
WL	Pearson Correlation	1	.957**	-.558**	-.731**	-.858**	.754**	.194**	-.224**	.802**	-.837**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
SG	Pearson Correlation	.957**	1	-.493**	-.741**	-.868**	.697**	.204**	-.217**	.759**	-.835**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
Sertlik	Pearson Correlation	-.558**	-.493**	1	.278**	.459**	-.288**	.570**	.781**	-.263**	.417**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
Dış Yapışkanlık	Pearson Correlation	-.731**	-.741**	.278**	1	.708**	-.497**	-.233**	.122**	-.570**	.725**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.004	.000	.000
Esneklik	Pearson Correlation	-.858**	-.868**	.459**	.708**	1	-.617**	-.199**	.287**	-.691**	.757**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000
İç Yapışkanlık	Pearson Correlation	.754**	.697**	-.288**	-.497**	-.617**	1	.590**	.278**	.980**	-.508**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	0.000	.000
Sakızımsılık	Pearson Correlation	.194**	.204**	.570**	-.233**	-.199**	.590**	1	.874**	.612**	-.143**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.001
Çiğnenebilirlik	Pearson Correlation	-.224**	-.217**	.781**	.122**	.287**	.278**	.874**	1	.256**	.236**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.004	.000	.000	.000		.000	.000
Elastikiyet	Pearson Correlation	.802**	.759**	-.263**	-.570**	-.691**	.980**	.612**	.256**	1	-.583**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	0.000	.000	.000		.000
Rehidrasyon Oranı	Pearson Correlation	-.837**	-.835**	.417**	.725**	.757**	-.508**	-.143**	.236**	-.583**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.001	.000	.000	

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

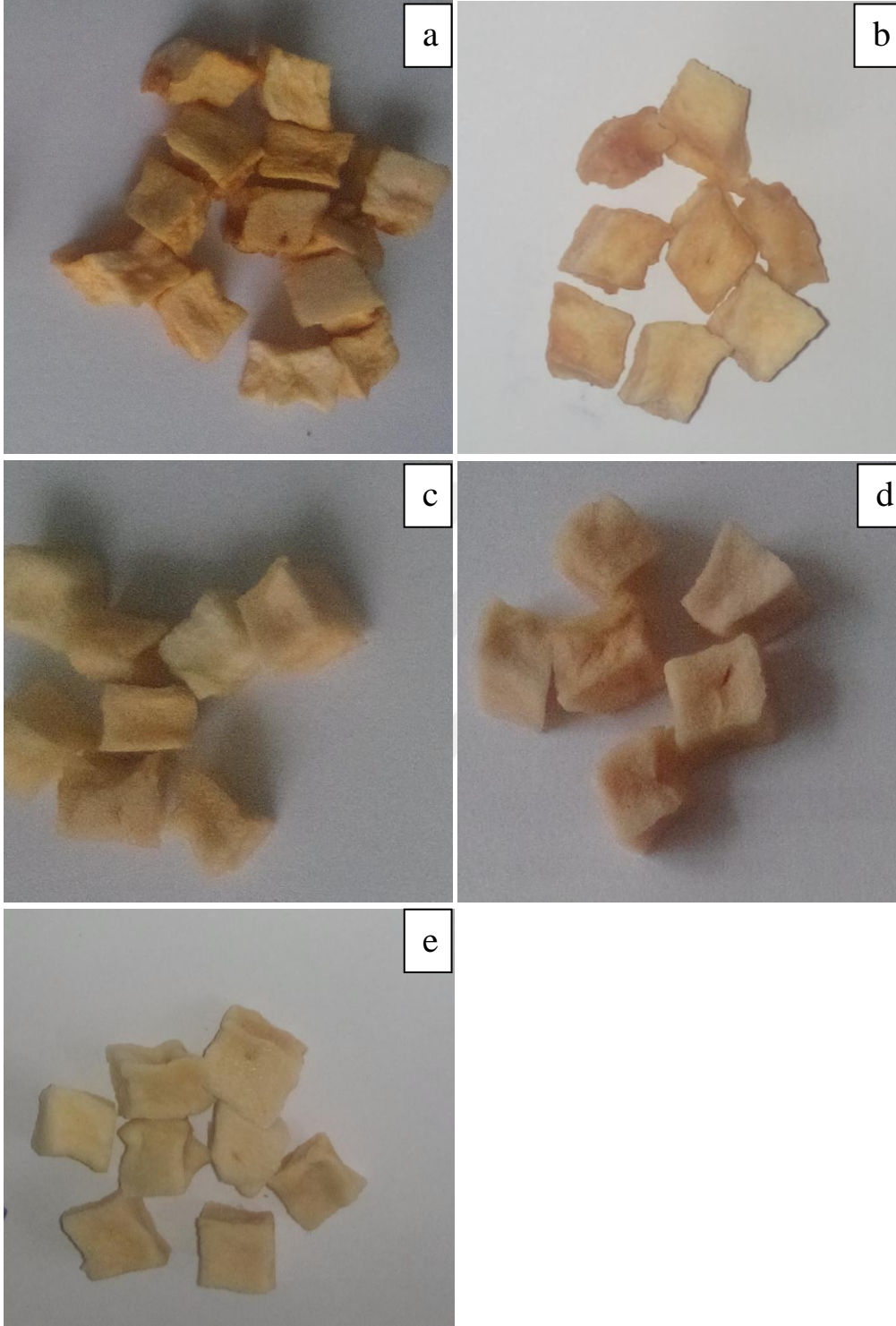


**Ek Tablo 3.12.** Ozmotik dehidrasyon sonrası muz dilimlerine ait bazı parametrelerin korelasyon tablosu

		WL	SG	Sertlik	Dış Yapışkanlık	Esneklik	İç Yapışkanlık	Sakızimsılık	Çiğnenebilirlik	Elastikiyet	Rehidrasyon oranı
WL	Pearson Correlation	1	.716**	-.358**	.265**	.233**	.623**	-.214**	-.116	.406**	-.427**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.001	.000	.002	.088	.000	.000
SG	Pearson Correlation	.716**	1	-.583**	.473**	.244**	.622**	-.447**	-.345**	.421**	-.565**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
Sertlik	Pearson Correlation	-.358**	-.583**	1	-.854**	-.165*	-.420**	.957**	.803**	-.153*	.489**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000	.015	.000	.000	.000	.024	.000
Dış Yapışkanlık	Pearson Correlation	.265**	.473**	-.854**	1	-.088	.312**	-.821**	-.762**	.265**	-.366**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.198	.000	.000	.000	.000	.000
Esneklik	Pearson Correlation	.233**	.244**	-.165*	-.088	1	.254**	-.114	.303**	-.087	-.262**
	Sig. (2-tailed)	.001	.000	.015	.198		.000	.096	.000	.202	.000
İç Yapışkanlık	Pearson Correlation	.623**	.622**	-.420**	.312**	.254**	1	-.158*	-.080	.785**	-.332**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000		.020	.240	.000	.000
Sakızimsılık	Pearson Correlation	-.214**	-.447**	.957**	-.821**	-.114	-.158*	1	.854**	.085	.422**
	Sig. (2-tailed)	.002	.000	.000	.000	.096	.020		.000	.211	.000
Çiğnenebilirlik	Pearson Correlation	-.116	-.345**	.803**	-.762**	.303**	-.080	.854**	1	.009	.281**
	Sig. (2-tailed)	.088	.000	.000	.000	.000	.240	.000		.893	.000
Elastikiyet	Pearson Correlation	.406**	.421**	-.153*	.265**	-.087	.785**	.085	.009	1	-.144*
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.024	.000	.202	.000	.211	.893		.034
Rehidrasyon Oranı	Pearson Correlation	-.427**	-.565**	.489**	-.366**	-.262**	-.332**	.422**	.281**	-.144*	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.034	

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).



**Ek Resim 3.1.** Ozmotik dehidrasyon işlemi sonrası kurutulan Amasya elması küplerinin görüntüsü a) Ozmotik dehidrasyon uygulanmamış örnekler, b) 25°C'de %25 çözelti konsantrasyonu, c) 25°C'de %45 çözelti konsantrasyonu, d) 25°C'de % 55 çözelti konsantrasyonu ve e) 45°C'de %65 çözelti konsantrasyonu ile ozmotik dehidrasyon işlemi

## ÖZGEÇMİŞ

1985 yılında Keban’da doğdu. İlköğretim ve lise eğitimini Keban’da tamamladıktan sonra 2002 yılında kazandığı Harran Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nü 2006 yılında bitirdi. 2009 yılında Tunceli Üniversitesi Tunceli Meslek Yüksekokulu Gıda İşleme Bölümünde Öğretim Görevlisi olarak atandı. 2010 yılında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimini tamamladı. Tunceli-Atatürk Üniversitesi Ortak Doktora Programı Kapsamında Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora eğitimi halen devam etmektedir.

