



**T. C.**

**ORDU ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI KURUTMA TEKNİKLERİYLE KURUTULAN KİVİ  
DİLİMLERİNİN ADSORPSİYON İZOTERMLERİNİN  
BELİRLENMESİ**

**AYŞE KIZMAZ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ORDU 2019**

**T.C.**  
**ORDU ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**FARKLI KURUTMA TEKNİKLERİ İLE KURUTULAN KİVİ  
DİLİMLERİNİN ADSORPSİYON İZOTERMLERİNİN  
BELİRLENMESİ**

**AYŞE KIZMAZ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ORDU 2019**

## TEZ ONAY

Ayşe KIZMAZ tarafından hazırlanan "FARKLI KURUTMA TEKNİKLERİ İLE KURUTULAN KIVI DİLİMLERİNİN ADSORPSİYON İZOTERMLERİNİN BELİRLENMESİ" adlı tez çalışmasının savunma sınavı 05.08.2019 tarihinde yapılmış ve jüri tarafından oy birliği ile Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman  
Dr. Öğretim Üyesi Işıl BARUTÇU MAZI

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman  
Dr. Öğretim Üyesi Işıl BARUTÇU MAZI  
Gıda Mühendisliği, Ordu Üniversitesi

Üye

Dr. Öğretim Üyesi Hasan TÜRE  
Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Müh.  
Ordu Üniversitesi

Üye

Dr. Öğretim Üyesi Levent ŞEN  
Gıda Mühendisliği, Giresun Üniversitesi

.....  
.....  
.....

02. / 09 / 2019 tarihinde enstitüye teslim edilen bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 06/09/2019 tarih ve 2019 / 568 sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Enstitü Müdürü

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Sami GÜLER

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan ve kullanılan intihal tespit programının sonuçlarına göre; bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.



AYŞE KIZMAZ

Bu çalışma Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğünün B-1842 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## ÖZET

### FARKLI KURUTMA TEKNİKLERİ İLE KURUTULAN KİVİ DİLİMLERİNİN ADSORPSİYON İZOTERMLERİNİN BELİRLENMESİ

AYŞE KIZMAZ

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ, 93 SAYFA

(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞRETİM ÜYESİ İŞİL BARUTÇU MAZİ)

Bu çalışmada farklı kurutma yöntemleri (sıcak hava kurutma, vakum kurutma, dondurarak kurutma) ile kurutulan kivi dilimlerinin 3 farklı sıcaklıkta (25, 35 ve 45°C) adsorpsiyon izotermi elde edilmiştir. Altı farklı izoterm modelinin (BET (Brunauer-Emmett-Teller), GAB (Guggenheim-Anderson-de Boer), Oswin, Halsey, Henderson, Peleg) elde edilen adsorpsiyon verilerine uyumluluğu araştırılmıştır. Bunun yanında kurutma yöntemlerinin kurutulmuş kivi meyvelerinin toplam fenolik madde, *in vitro* yöntemle biyoerişilebilirlik, renk, toplam kuru madde, pH, kül ve titre edilebilir asitlik değerleri üzerine etkileri de tespit edilmiştir.

Kurutulmuş kivi dilimlerinin adsorpsiyon izotermi BET sınıflamasına göre tip III (J şekilli) davranış sergilemiştir. Kurutulmuş kivi meyvesi için BET eşitliği kullanılarak elde edilen tek tabakalı nem içeriği ( $M_0$ ) değerleri 5.39 – 12.96 g su/100 g kuru madde aralığında bulunmuştur. Tüm örnekler için, çalışılan su aktivitesi aralığında, verilen bir su aktivitesi değeri için, yüksek sıcaklıklarda daha düşük denge nem içeriği değerleri elde edilmiştir. Genel olarak bakıldığında, GAB ve Peleg modelleri sıcak havada kurutulmuş kivi için 45°C’de elde edilen verileri dışında tüm deneysel verileri temsil etmede oldukça iyi bulunmuştur. Dondurarak kurutulmuş kivi için 25°C’deki verileri en iyi GAB modeli ile temsil edilirken, Peleg modeli vakumda kurutulmuş örnekler için tüm sıcaklıklarda en düşük yüzde bağıl ortalama sapma değerlerini (%P) sağlamıştır. Oswin modeli genel olarak, kurutulmuş kivi için 25°C’deki verilerini temsil etmede yeterli bulunurken, vakumda kurutulmuş kivi için 35°C’deki verileri dışında 35 ve 45°C’lerde elde edilen adsorpsiyon verilerini temsil etmede yeterli bulunmamıştır. Oswin modeli, sıcak havada kurutulmuş kivi meyvesi için, 25°C’de tüm modeller içerisinde en iyi uyumu göstermiştir. Halsey modeli yalnızca sıcak havada kurutulmuş kivi dilimlerinin 25°C’de elde edilen verileri ile uyum sağlarken, Henderson modeli sıcak hava ile kurutulmuş örneklerin adsorpsiyon verilerini tanımlamada yeterli bulunmamıştır. Vakumda ve dondurarak kurutulmuş kivi için, Henderson modeli 25°C’deki adsorpsiyon davranışlarının açıklanmasında uygun bulunmazken, 35 ve 45°C’lerdeki verileri temsil etmede oldukça iyi bulunmuştur.

Taze kiviye ait suda çözünür kuru madde (SÇKM), titre edilebilir asitlik (TEA), pH ve kül değerleri sırasıyla 7.40, %1.02 sitrik asit/g (yaş baz), 3.18 ve %0.87 olarak tespit edilmiştir. Kurutulmuş kivi dilimleri için ise bu değerler sırasıyla 45.15-49.5, %5.30-6.31, 3.33-3.36 ve %4.84-4.93 aralıklarında değişmektedir. Sıcak hava ve

vakum ile kurutma işlemleri taze kivi için  $L^*$  değerinde önemli bir değişime neden olmazken dondurarak kurutma işlemiyle  $L^*$  değeri artış göstermiştir. Kurutma işlemiyle taze kivi için  $a^*$ ,  $b^*$  ve kroma değerlerinde artış, hue değerlerinde ise azalma gözlenmiştir. Kurutulmuş örnekler içerisinde, dondurarak kurutulmuş örnek en yüksek kroma ve hue değerlerine sahiptir. Sıcak hava ile ve vakum ile kurutulmuş örneklerin tüm renk parametrelerinin benzer olduğu tespit edilmiştir.

Kivi meyvesinin toplam fenolik madde miktarı simüle edilmiş gastrointestinal sindirim sistemi ve kimyasal ekstraksiyon yöntemleri kullanılarak tespit edilmiştir. Taze kivi örneğinde *in vitro* sindirim sonrası toplam fenolik madde miktarı 6.67 mg GAE/g kuru ağırlık iken kurutulmuş kivi örneklerinde 4.58 - 5.06 mgGAE/g kuru ağırlık aralığında bulunmuştur. Elde edilen sonuçlardan hesaplanan biyoerişilebilirlik değerleri taze kivi, sıcak hava, vakum ve dondurarak kurutulmuş kivi örnekleri için sırası ile %68.0, %67.9, %74.0 ve %67.8 olarak hesaplanmıştır. Vakumla kurutulmuş kivi için toplam fenolik madde biyoerişilebilirliği taze kivi ve diğer yöntemlerle kurutulmuş kivi dilimlerinden daha yüksek bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Adsorpsiyon izotermi, Biyoerişilebilirlik, Dondurarak kurutma, Kivi meyvesi, Renk, Sıcak hava kurutma, Toplam polifenol, Vakum kurutma.

## ABSTRACT

### DETERMINATION OF ADSORPTION ISOTHEMS OF KIWIFRUIT SLICES DRIED BY DIFFERENT DRYING METHODS

AYŞE KIZMAZ

ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

FOOD ENGINEERING

MASTER THESIS, 93 PAGES

(SUPERVISOR: ASST. PROF. DR. İŞİL BARUTÇU MAZI)

In this study, adsorption isotherms of kiwifruit slices dried by different drying methods (hot air drying, vacuum drying, freeze drying) were obtained at three different temperatures (25, 35 and 45°C). The fitness of six different isotherm models (BET (Brunauer-Emmett-Teller), GAB (Guggenheim-Anderson-de Boer), Oswin, Halsey, Henderson, Peleg) to moisture adsorption data was investigated. In addition, the influences of drying methods on the total phenolic compounds, *in vitro* bioaccessibility, color, total soluble solids, pH, ash and titratable acidity of the dried kiwifruits were determined.

Adsorption isotherms of dried kiwi slices followed type III (J shaped) behavior according to BET classification. The monolayer moisture content ( $M_0$ ) values obtained by the BET equation were found between 5.39 - 12.96 g water / 100 g dry matter for dried kiwifruits. In the water activity range studied, lower equilibrium moisture content values were obtained at higher temperatures at a given water activity for all dried samples. In general, GAB and Peleg models were found to represent all experimental data reasonably well except for the data obtained at 45°C of hot air dried kiwifruit. The data of the freeze-dried kiwifruit at 25°C were best represented by the GAB model, while the Peleg model provided the lowest percent relative mean deviation values (P%) for vacuum dried samples at all temperatures. The Oswin model was generally found to be sufficient to represent the data of dried kiwifruits at 25°C, but not sufficient to represent adsorption data obtained at 35 and 45°C, except for the data of vacuum dried kiwifruit at 35°C. At 25°C, Oswin model revealed the best fit for hot air dried kiwifruit. The Halsey model correlates well only to the data of hot air dried kiwifruit slices obtained at 25°C, whereas the Hendersen model was not adequate to describe the adsorption data of hot air dried samples. For vacuum and freeze-dried kiwifruits, the Henderson model was found to be inapplicable in describing the adsorption behavior at 25°C, while it described the data well at 35 and 45°C.

Total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), pH, and ash values of fresh kiwifruit were determined as 7.40, 1.02% citric acid/g (wet basis), 3.18 and 0.87% respectively. For dried kiwifruit slices, these values varied between 45.15-49.5%, 5.30-6.31%, 3.33-3.36% and 4.84-4.93%, respectively. While hot air and vacuum drying processes did not cause any significant change in  $L^*$  value of fresh kiwifruit,

L\* value increased by freeze drying process. Drying process led to an increase in a\*, b\* and chroma values and decrease in hue values of fresh kiwifruit. The freeze-dried sample had the highest chroma and hue values among the dried samples. It was determined that all color parameters of the samples dried with hot air and vacuum drying were similar.

Total phenolics of kiwifruits were evaluated using simulated *in vitro* gastrointestinal digestion and chemical extraction methods. The total phenolic content of fresh kiwifruit sample obtained after *in vitro* digestion was 6.67 mg GAE /100 g dry sample while that of dried samples ranged between 4.58 and 5.06 mg GAE /100 g dry sample. The bioaccessibility value of fresh, hot air dried, vacuum dried and freeze dried kiwifruit samples was calculated as 68.0%, 67.95%, 74.0% and 67.8%, respectively. Vacuum dried kiwifruit had higher bioaccessibility value compared to fresh fruit and kiwifruit slices dried by other methods.

**Keywords:** Adsorption isotherm, Bioaccessibility, Color, Freeze drying, Hot air drying, Kiwifruit, Total polyphenols, Vacuum drying.



## TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesi, çalışmanın yürütülmesi ve yazımı esnasında başta danışman hocam Sayın Dr. Öğretim Üyesi Işıl BARUTÇU MAZI'ya ve tez çalışmalarımın bir kısmının yürütülmesinde yardımını ve desteklerini benden esirgemeyen Sayın Dr. Öğretim Üyesi Bekir Gökçen MAZI'ya, Prof. Dr. Ozan GÜRBÜZ ve Dr. Öğretim Üyesi Duygu ALTIOK hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim. Analizlerimin bir kısmının yürütülmesinde, laboratuvar çalışmalarımda bana yardımcı olan Dr. Elif YILDIZ'a ayrıca teşekkür ederim.

Her zaman arkamda duran, bana sonsuz güvenen, üzerimdeki emeklerini asla ödeyemeyeceğim sevgili babam Mustafa KIZMAZ ve sevgili annem Fadime KIZMAZ'a çok teşekkür ederim.

Lisans eğitimimden bu yana eğitimim boyunca benden desteğini esirgemeyen, her zaman yanımda olan sevgili arkadaşım Yüksek Ziraat Mühendisi Tuba ÖZYILMAZ DOĞAN'a ve manevi desteklerinden dolayı Esra SEVİNÇ, Sena KAYNAK, Gamze GÜNEŞ'e teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarım esnasında yardımlarından dolayı tüm Ordu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı çalışanlarına teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>TEZ BİLDİRİMİ</b> .....	I
<b>ÖZET</b> .....	II
<b>ABSTRACT</b> .....	IV
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	VI
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	VII
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	IX
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	X
<b>SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ</b> .....	XI
<b>EKLER LİSTESİ</b> .....	XII
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR</b> .....	5
2.1 Kurutma.....	5
2.1.1 Kurutma Teknikleri.....	5
2.1.1.1 Sıcak Hava ile Kurutma.....	5
2.1.1.2 Dondurarak Kurutma (Liyofilizasyon).....	6
2.1.1.3 Vakum Kurutma.....	7
2.2 Gıdanın Su Aktivitesi.....	7
2.3 Kurutulmuş Ürünlerin Kalite Özellikleri.....	9
2.3.1 Renk.....	10
2.3.2 Nem Sorpsiyon İzotermi.....	11
2.3.2.1 Nem Sorpsiyon İzotermi Üzerine Etki Eden Faktörler.....	15
2.3.2.2 Nem Sorpsiyon İzotermilerinin Belirlenmesi.....	15
2.3.2.3. Nem Sorpsiyon İzotermilerinin Matematiksel Modelleri.....	17
2.3.2.3.1 BET (Brunauer, Emmett ve Teller) Modeli.....	17
2.3.2.3.2 GAB (Guggenheim-Andersen-de Boer) Modeli.....	18
2.3.2.3.3 Oswin Modeli.....	19
2.3.2.3.4 Halsey Modeli.....	20
2.3.2.3.5 Henderson Modeli.....	20
2.3.2.3.6 Peleg Modeli.....	21
2.3.3 Biyoerişilebilirlik.....	22
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM</b> .....	25
3.1 Materyal.....	25
3.2 Yöntem.....	25
3.2.1 Kurutma İşlemi.....	25
3.2.1.1 Sıcak Hava ile Kurutma.....	25
3.2.1.2 Vakum Kurutma.....	26
3.2.1.3 Dondurarak Kurutma.....	26
3.2.2 Nem Miktarı.....	26
3.2.3 Suda Çözülebilir Kuru Madde (SÇKM) Miktarı.....	26
3.2.4 Titre Edilebilir Asitlik (TEA) Miktarı.....	27
3.2.5 pH Tayini.....	27
3.2.6 Kül Miktarı.....	27
3.2.7 Renk Tayini.....	28
3.2.8 <i>İn vitro</i> Fenolik Madde Biyoerişilebilirliği.....	28
3.2.9 Adsorpsiyon İzotermilerinin Belirlenmesi.....	29

3.2.10 Adsorpsiyon İzotermlerinin Modellenmesi.....	30
3.2.11 İstatistiksel Analizler.....	32
<b>4.BULGULAR ve TARTIŞMA</b> .....	<b>33</b>
4.1 Nem Miktarı .....	33
4.2 Suda Çözünür Kuru Madde (SÇKM) Miktarı.....	33
4.3 Titre Edilebilir Asitlik (TEA) Miktarı.....	35
4.4 pH Tayini .....	35
4.5 Kül Miktarı.....	36
4.6 Renk Değerleri .....	36
4.7 <i>İn vitro</i> Fenolik Madde Biyoerişilebilirliği .....	41
4.8 Adsorpsiyon İzotermlerinin Belirlenmesi .....	44
4.9 Adsorpsiyon İzotermlerinin Modellenmesi.....	48
4.9.1 BET Modeli.....	48
4.9.2 GAB Modeli.....	53
4.9.3 Oswin Modeli.....	58
4.9.4 Halsey Modeli .....	60
4.9.5 Henderson Modeli .....	63
4.9.6 Peleg Modeli .....	66
<b>5. SONUÇ ve ÖNERİLER</b> .....	<b>70</b>
<b>6. KAYNAKLAR</b> .....	<b>72</b>
<b>EKLER</b> .....	<b>84</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>93</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1 Su aktivitesinin enzimatik aktivite, lipid oksidasyonu, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu, nem sorpsiyon izotermi ve mikroorganizma gelişimi (küf, maya, bakteri) üzerine etkisi.....	9
Şekil 2.2 Tipik bir sorpsiyon izotermi .....	11
Şekil 2.3 Adsorpsiyon - desorpsiyon histerisiz grafiği .....	12
Şekil 2.4 Sorpsiyon izoterm tipleri .....	13
Şekil 3.1 Adsorpsiyon izotermlerinin belirlenmesinde kullanılan denge sistemi şematik diyagramı .....	30
Şekil 4.1 Kurutma işlemi uygulaması yapılmış ve yapılmamış kivi görüntüleri.....	33
Şekil 4.2 Kivi meyvelerine ait $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ renk değerleri grafiği .....	37
Şekil 4.3 Kivi meyvelerine ait kroma renk değerleri grafiği .....	40
Şekil 4.4 Kivi meyvelerine ait Hue açısı ( $^{\circ}h$ ) değerleri grafiği .....	41
Şekil 4.5. Gallik asit kalibrasyon eğrisi .....	42
Şekil 4.6 Sıcak hava ile kurutulmuş kivinin 25°C, 35°C ve 45°C ‘deki adsorpsiyon izotermi .....	45
Şekil 4.7 Vakum ile kurutulmuş kivinin 25°C, 35°C ve 45°C ‘deki adsorpsiyon izotermi .....	46
Şekil 4.8 Dondurarak kurutulmuş kivinin 25°C, 35°C ve 45°C ‘deki adsorpsiyon izotermi .....	46
Şekil 4.9 Farklı kurutma teknikleri ile kurutulmuş kivi meyvesinin 25°C (a), 35°C (b), ve 45°C’de (c) deneysel ve BET izotermi.....	52
Şekil 4.10 Farklı kurutma teknikleri ile kurutulmuş kivi meyvesinin 25°C (a), 35°C (b), ve 45°C’de (c) deneysel ve GAB izotermi.....	56
Şekil 4.11 Farklı kurutma teknikleri ile kurutulmuş kivi meyvesinin 25°C (a), 35°C (b), ve 45°C’de (c) deneysel ve Oswin izotermi.....	59
Şekil 4.12 Farklı kurutma teknikleri ile kurutulmuş kivi meyvesinin 25°C (a), 35°C (b), ve 45°C’de (c) deneysel ve Halsey izotermi .....	62
Şekil 4.13 Farklı kurutma teknikleri ile kurutulmuş kivi meyvesinin 25°C (a), 35°C (b), ve 45°C’de (c) deneysel ve Henderson izotermi.....	65
Şekil 4.14 Farklı kurutma teknikleri ile kurutulmuş kivi meyvesinin 25°C (a), 35°C (b), ve 45°C’de (c) deneysel ve Peleg izotermi .....	68

## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

Çizelge 1.1 Dünya Kivi Üretiminde Başlıca Ülkeler.....	1
Çizelge 2.1 Gıdalarda bulunan önemli bazı mikroorganizmaların faaliyeti için yaklaşık minimum su aktivite değerleri .....	8
Çizelge 2.2 Çeşitli gıda ürünlerinin su aktivitesi değerleri.....	8
Çizelge 2.3 Farklı gıda maddeleri için gözlenen adsorpsiyon izoterm tipleri .....	14
Çizelge 2.4 Nem sorpsiyon izotermi elde etmek için yararlanılan bazı doymuş tuz çözeltilerinin 25 ve 30°C'deki %Denge Bağlı Nem değerleri .....	16
Çizelge 2.5 Bazı gıdalar için Oswin parametreleri .....	19
Çizelge 2.6 Bazı gıdalar için Henderson parametreleri .....	21
Çizelge 3.1 Doymuş tuz çözeltilerinin farklı sıcaklıklardaki % denge bağlı nem değerleri ve bu çözeltileri hazırlamak için gerekli tuz ve su miktarları	29
Çizelge 3.2 Kurutulmuş kivi meyvesinin adsorpsiyon izotermelerini modellemek için kullanılan eşitlikler.....	31
Çizelge 4.1 Kivi meyvelerine ait suda çözünür kuru madde değerleri .....	34
Çizelge 4.2 Kivi meyvelerine ait titre edilebilir asitlik değerleri.....	35
Çizelge 4.3 Kivi meyvelerine ait pH değerleri .....	36
Çizelge 4.4 Kivi meyvelerine ait kül değerleri .....	36
Çizelge 4.5 Taze ve kurutulmuş kivi örneklerinin toplam fenolik madde (TPC; mg GAE / g kuru ağırlık) değerleri .....	43
Çizelge 4.6 Kurutulmuş kivi dilimlerinin 25°C'de elde edilmiş denge nem içeriği değerleri.....	44
Çizelge 4.7 Kurutulmuş kivi dilimlerinin 35°C'de elde edilmiş denge nem içeriği değerleri.....	44
Çizelge 4.8 Kurutulmuş kivi dilimlerinin 45°C'de elde edilmiş denge nem içeriği değerleri .....	45
Çizelge 4.9 Kurutulmuş kivi örneklerine ait BET modeliyle hesaplanmış parametreler ve %P değeri.....	51
Çizelge 4.10 Kurutulmuş kivi örneklerine ait GAB modeliyle hesaplanmış parametreler ve %P değeri .....	55
Çizelge 4.11 Kurutulmuş kivi örneklerine ait Oswin modeliyle hesaplanmış parametreler ve %P değerleri .....	60
Çizelge 4.12 Kurutulmuş kivi örneklerine ait Halsey modeliyle hesaplanmış parametreler ve %P değeri.....	61
Çizelge 4.13 Kurutulmuş kivi örneklerine ait Henderson modeliyle hesaplanmış parametreler ve %P değerleri .....	68
Çizelge 4.14 Kurutulmuş kivi örneklerine ait Peleg modeliyle hesaplanmış parametreler ve %P değeri.....	72

## SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

---

<b>°C</b>	: Santigrat derece
<b>g</b>	: Gram
<b>ml</b>	: Mililitre
<b>W</b>	: Watt
<b>kPa</b>	: Kilopascal
<b>a<sub>w</sub></b>	: Su aktivitesi
<b>ERH</b>	: Denge Bağlı Nemi
<b>M</b>	: Denge nem içeriği
<b>M<sub>0</sub></b>	: Tek tabakalı nem içeriği
<b>A</b>	: Adsorpsiyon
<b>D</b>	: Desorpsiyon
<b>y.b.</b>	: Yaş bazda nem içeriği
<b>mbar</b>	: Milibar
<b>mm</b>	: Milimetre
<b>rpm</b>	: Dakikada devir sayısı
<b>ppm</b>	: Milyonda bir
<b>SÇKM</b>	: Suda çözünür kuru madde
<b>TEA</b>	: Titre edilebilir asitlik
<b>TPC</b>	: Toplam fenolik madde
<b>TKM</b>	: Toplam kuru madde
<b>°h</b>	: Hue açısı
<b>BET</b>	: Brunauer, Emmett, Teller
<b>GAB</b>	: Guggenheim, Andersen, de Boer
<b>L*</b>	: Renk ölçümünde açıklık-koyuluk göstergesi
<b>a*</b>	: Renk ölçümünde kırmızılık-yeşillik göstergesi
<b>b*</b>	: Renk ölçümünde sarılık-mavilik göstergesi
<b>GAE</b>	: Gallik asit eşdeğeri
<b>R<sup>2</sup></b>	: Regresyon katsayısı
<b>SSE</b>	: Hata karelerinin toplamı
<b>RMSE</b>	: Hata karelerinin ortalama karekökü
<b>%P</b>	: Yüzde bağlı ortalama sapma değeri
<b>M<sub>mean</sub></b>	: Deneysel M değerinin ortalaması
<b>M<sub>exp,i</sub></b>	: Deneysel denge nem içeriği
<b>M<sub>pred,</sub></b>	: Tahmini denge nem içeriği
<b>ANOVA</b>	: Varyans analizi
<b>SHK</b>	: Sıcak hava ile kurutma
<b>VK</b>	: Vakum ile kurutma
<b>DK</b>	: Dondurarak kurutma
<b>a/a</b>	: Ağırlık/ağırlık

---

## EKLER LİSTESİ

### Sayfa

<b>EK 1</b>	Kurutulmuş kivi meyvesinde suda çözünür kuru madde değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	85
<b>EK 2</b>	Kurutulmuş kivi meyvesinde titre edilebilir asitlik değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları .....	85
<b>EK 3</b>	Kurutulmuş kivi meyvesinde pH değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	86
<b>EK 4</b>	Kurutulmuş kivi meyvesinde kül değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	86
<b>EK 5</b>	Kurutulmuş kivi meyvesinin L*, a*, b*, Kroma ve Hue açısı renk değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları .....	87
<b>EK 6</b>	Kurutulmuş kivi meyvesinin L* renk değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları .....	87
<b>EK 7</b>	Kurutulmuş kivi meyvesinin a* renk değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları .....	88
<b>EK 8</b>	Kurutulmuş kivi meyvesinin b* renk değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları .....	88
<b>EK 9</b>	Kurutulmuş kivi meyvesinin Kroma renk değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları .....	89
<b>EK 10</b>	Kurutulmuş kivi meyvesinin Hue açısı renk değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları .....	89
<b>EK 11</b>	Kurutulmuş kivi meyvesinin TPC ekstrakt değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	90
<b>EK 12</b>	Kurutulmuş kivi meyvesinin TPC hidroliz değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları.....	91
<b>EK 13</b>	Kurutulmuş kivi meyvesinin TPC in vitro sindirim değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları .....	91
<b>EK 14</b>	Adsorpsiyon izotermelerinin belirlenmesinde kullanılan denge sistemi görüntüleri.....	92

## 1. GİRİŞ

Kivi, asma benzeri odunsu bir tırmanıcı bitki türü olan *Actinidia deliciosa*' dan ve *Actinidia deliciosa* ile diğer Actinidia türleri arası melezlerden elde edilen kültivar grubundaki bitkiler ile bu bitkilere ait yenilebilir meyvelerin ortak adıdır. Türkiye’de kivi üretimi, 1988 yılında başlatılan adaptasyon deneme çalışmaları sonucunda, şu an Karadeniz, Akdeniz, Marmara ve Ege Bölgelerinde yapılmaktadır. Bu bölgeler arasında Doğu Karadeniz Bölgesi, bitkinin ekolojik istekleri bakımından diğer bölgelerden daha uygun bulunmuştur. Karadeniz Bölgesi’nde kivi üretimi yapılan 10 ilden, Ordu ilinin Rize’den sonra ikinci sırada geldiği ve 2016 yılı itibariyle Ordu ilinde 2.974 dekar alanda 4.841 ton kivi üretildiği rapor edilmiştir (Ordu Ticaret Borsası, 2017). 2018 yılı Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre ise 2018 yılında ülkemizde 61.920 ton kivi üretimi yapılmıştır (Anonim, 2018).

Dünya kivi üretiminde Çin başta gelmektedir ve Çin’i sırasıyla İtalya, Yeni Zelanda, İran, Şili, Yunanistan, Fransa, Japonya gibi ülkeler takip etmektedir. Türkiye ise daha alt sıralarda yer almaktadır. Son yıllardaki verilere bakıldığında Türkiye'deki kivi üretim miktarının arttığı görülmektedir. Gıda ve Tarım Örgütü (FAO, Food and Agricultural Organization), yıllara göre dünyada en çok kivi üreten ülkeler sıralaması, üretim miktarları ile birlikte Çizelge 1.1'de verilmiştir.

**Çizelge 1.1** Dünya Kivi Üretiminde Başlıca Ülkeler (FAO, 2017)

Ülke	YILLAR			
	2014 (ton)	2015 (ton)	2016 (ton)	2017 (ton)
<b>Çin</b>	1.840.000	2.187.867	2.432.929	2.024.603
<b>İtalya</b>	506.958	598.558	523.595	541.150
<b>Yeni Zelanda</b>	406.714	408.801	411.301	411.783
<b>İran</b>	298.940	292.507	295.124	311.307
<b>Şili</b>	260.334	242.166	224.827	224.916
<b>Yunanistan</b>	133.575	149.515	216.580	274.600
<b>Fransa</b>	60.375	67.074	65.036	65.632
<b>Türkiye</b>	31.795	41.640	43.950	56.164

Kivi meyvesi besin değeri açısından oldukça zengin aromatik bir meyvedir. Ordu ilinde yetiştirilen Hayward kivi çeşidinin kimyasal kompozisyonu incelendiğinde, suda çözünür kuru madde miktarı (SÇKM) %10.433 ile %12.150, toplam kuru madde miktarı (TKM) %14.157 ile %15.767, pH değeri 3.317 ile 3.460, titre



edilebilir asitlik (TEA) değeri %1.170 ile %1.387, sodyum miktarı 13.167 ile 20.233 mg/kg, potasyum miktarı 2166.330 ile 2264.330 mg/kg, kül miktarı %7.030 ile %11.277, C vitamini değeri 29.000 ile 56.833 mg/100g, glukoz miktarı 36.140 ile 47.177 g/l, fruktoz miktarı 37.443 ile 49.647 g/l ve toplam fenolik madde miktarı (TFM) 565.000 mg GA/l ile 768.667 mg GA/l arasında tespit edilmiştir (Kubal, 2016). Başlıca pigmenti olan klorofil miktarı çeşide göre 1.4-2.3 mg/100 g arasında değişmektedir (Cano, 1991). ORAC yöntemi ile belirlenen antioksidan kapasitesi 6.02- 9.18 µmol TE/100 g'dır (Wang ve ark., 1996). Yüksek C vitamini, antioksidan içeriği ile insan sağlığı üzerine yararlı etkilerinin olmasının yanı sıra, yüksek üretilebilirlik ve depolamaya elverişlilik gibi özellikleri nedeniyle kivi'nin ticari üretimi birçok ülkede yaygınlaşmıştır (Ekşi ve Özen, 2012). Daha çok taze olarak tüketilen bir meyve olmasının yanında, meyve işleme sanayinde de oldukça fazla kullanılan bir meyve türüdür. Kivi; meyve suyu, dondurulmuş gıda, şarap, reçel, marmelat, konserve ve dilimlenerek kurutulmuş ürün gibi birçok şekilde değerlendirilmektedir.

Meyve ve sebzelerin kurutulması muhafazası uzun yıllardır kullanılmakta olan bir işlemdir. Kurutma ile meyve ve sebzelerin bünyesinde bulunan %80-95 oranındaki su %10-20 oranlarına düşürülmektedir. Kurutma işlemi su aktivitesini düşürerek meyve ve sebzelerin raf ömrü ve dayanıklılığını artırmanın yanında, ağırlığı ve hacminin azalmasını sağlayarak ambalaj gereksinimini de en aza indirir, taşınmalarını kolaylaştırır. Geleneksel kurutma tekniklerinin eksikliklerinin giderilmesi üzerine bilim insanları yoğun bir çaba içerisinde. Bu amaçla farklı kurutma teknikleri ve bunların kombine kullanımları üzerine çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bu tekniklerde esas olarak kurutma zamanının kısaltılması ve enerji tasarrufu sağlanması ve buna paralel olarak ürünün özelliklerinin daha iyi korunuyor olması hedeflenmektedir. Kurutma işlemi kivi meyvesinin oldukça kısa olan raf ömrünün uzatılması açısından uygulanabilecek olan bir işlemdir. Geleneksel sıcak hava ile kurutma şüphesiz en yaygın olarak uygulanan tekniktir. Geleneksel sıcak havada kurutma yöntemi, yüksek sıcaklıklarda ve uzun sürede gerçekleşmesinden dolayı ürünün önemli bazı besin öğelerinin zarar görmesi gibi ürün kalitesini etkileyen özelliklerinde ciddi hasarlara neden olabilmektedir (Sagar ve Kumar, 2010). Geleneksel kurutma işleminde var olan sorunların ortadan

kaldırılması, daha düşük enerji tüketimi ve daha kısa sürede kurutma işlemiyle daha yüksek kalitede kurutulmuş ürünler elde edebilmek isteği araştırmacıları yeni yöntemler araştırmaya yöneltmiştir. Sonuç olarak, günümüzde gıdaların kurutulmasında kullanılan çok çeşitli yeni kurutma teknikleri ortaya çıkmıştır (Sagar ve Kumar, 2010; Ekezie ve ark., 2017). Dondurarak kurutma yöntemi ile yüksek kalitede kurutulmuş ürün elde ediliyor olsa da, yüksek yatırım ve işletme maliyeti bu yöntemin meyve ve sebzelerin kurutulmasında kullanımını sınırlamaktadır (Dev ve Raghavan, 2012). Vakumla kurutma, ısıya duyarlı ürünlerin kurutulması için yıllarca başarıyla kullanılmış olan bir başka yöntemdir. Bu yöntemle daha kısa işlem süresinde ve düşük enerji tüketimi ile daha yüksek ürün kalitesi elde etmek mümkündür (Dev ve Raghavan, 2012; Orikasa ve ark., 2014).

Gıdaların raf ömrünü etkileyen etmenlerden bir tanesi buldukları ortam ile arasındaki nem alışverişidir. Kurutulmuş meyvelerin sorpsiyon özellikleri, belirli bir sıcaklık ve belirli bir basınçta gıda maddelerinin su aktivitesi ve denge bağılı nemi arasındaki ilişkiyi belirlemeye yarayan termodinamik bir özelliktir ve üretim, depolama, tüketim süreçleri için oldukça önemlidir (Erbaş ve ark., 2016). Bunun yanında nem sorpsiyon verileri su buharı ve materyalin kimyasal bileşenleri arasındaki interaksiyonların teorik olarak yorumlanmasını da sağlayabilir. Gıda kompozisyonu ve kurutma yönteminin son ürünün bazı kalite özelliklerinin yanında sorpsiyon karakteristiklerini de etkilediği bilinmektedir (Kingsly ve ark., 2009; Ciurzynska ve ark., 2012; Udomkun ve ark., 2015). Djendoubi Mrad ve ark., (2012), ozmotik olarak kurutulmuş kayısıların desorpsiyon izotermlerinin şeker kompozisyonu ve konsantrasyonundan etkilendiğini rapor etmişlerdir. Şekerler farklı fazlarda (kristal, amorf gibi) bulunabilirler ve bunların her biri spesifik sorpsiyon davranışı gösterir. Şekerin suyu bağlama özelliği kristalize olmuş, çözünmüş formları arasındaki orana bağlıdır ve proses sırasında bu oranda bir değişim olması materyalin bağlayabileceği su miktarını değiştirmektedir (Yu ve ark., 2008). Ayrıca kurutma sırasında ortaya çıkan yapısal bir takım değişimler de nem adsorpsiyon özelliklerini etkilemektedir (Acevedo ve ark., 2008; Udomkun ve ark., 2015).

Meyveler, içerdikleri fenolik bileşenlerin antioksidatif, antikanserojenik etkileri, antienflamatuar, antialerjik özellikleri nedeniyle sağlık üzerine olumlu etkilere sahiptir (Shahidi ve Ho, 2005; Bellik ve ark., 2013). Fenolik bileşiklerin biyolojik

aktivitelerini gösterebilmeleri için, sindirim sırasında gıda matrisinden salınmaları ve vücut tarafından absorbe edilmeleri gerekmektedir. Bu nedenle vücuda alınan besinlerin ve biyoaktif bileşenlerin yalnızca bir kısmı organizma tarafından etkili bir biçimde kullanılabilir. Biyoerişilebilirlik kavramı, gastrointestinal sistemde gıda matrisinden salınan ve emilim için kullanılabilir hale gelen miktar veya fraksiyon olarak tanımlanabilir (Heaney, 2001). Biyoyararlılık ise tanımında ek olarak vücudun aldığı gıdada bulunan bileşeni kullanma oranını da içermektedir (Wood, 2005). Yapılan çalışmalarda biyoerişilebilirliğin belirlenmesinde yaygın olarak *in vitro* yöntemlerin kullanıldığı görülmektedir. Gıdanın kimyasal yapısı ile matriks etkileşimlerinin, fenolik bileşiklerin biyoerişilebilirliğini etkilediği bilinmektedir. Yapılan çalışmalar bazı gıda işleme proseslerinin neden oldukları bir takım fiziksel ve kimyasal modifikasyonlar nedeni ile gıdaların biyoerişilebilirliklerini etkilediğini göstermektedir (Ribas-Agusti ve ark., 2017). Ancak literatüre bakıldığında oldukça yaygın olarak kullanılmakta olan kurutma işleminin gıdaların fenolik bileşiklerinin biyoerişilebilirliği üzerine etkilerinin incelendiği çok sınırlı sayıda çalışma olduğu görülmektedir. Kurutma işleminin meyve ve sebzelerin aktif bileşenleri üzerine genellikle olumsuz etkileri vardır. Ancak diğer yandan kurutma işlemiyle meydana gelen değişimler, raf ömrünü uzatmanın ötesinde meyve ve sebzelerin fenolik biyoyararlılığının artırılması için de bir araç olabilir.

Bu çalışmada kivi meyvesi 3 farklı kurutma yöntemi kullanılarak kurutulmuş ve kurutulmuş ürünlere ait adsorpsiyon izotermi elde edilmiştir. Kullanılmış olan kurutma yöntemleri sıcak hava ile kurutma, vakum kurutma ve dondurarak kurutmadır. Adsorpsiyon izotermelerinin sıcaklığa bağımlılığını incelemek amacıyla izotermi 3 farklı sıcaklıkta (25, 35 ve 45°C) elde edilmiştir. Literatürde yaygın olarak kullanılan altı farklı izoterm modelinin (GAB, BET, Oswin, Halsey, Henderson, Peleg) elde edilen deneysel verilere uyumu araştırılmıştır. Bunun yanında kurutma yöntemlerinin kurutulmuş örneklerin toplam fenolik maddelerin *in vitro* yöntemle biyoerişilebilirliği, renk, toplam kuru madde, pH, kül, titre edilebilir asitlik değerleri üzerine etkileri de incelenmiştir.

## **2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR**

### **2.1 Kurutma**

Kurutma işlemi, meyve ve sebzelerin bünyesinde bulundurduğu %80-95 civarındaki nem içeriğinin %10-20'ye kadar düşürülerek uzun süre dayandırılması işlemidir. Kurutma işlemi esnasında renk, görünüş, tat ve besin değeri gibi kalite özellikleri mümkün olduğunca minimum miktarda değişmelidir. Esasında kurutma işleminin amacı, depolama sırasında gıdada meydana gelebilecek bozulmaları engelleyerek raf ömrünü uzatmak, kalite ve ekonomik değer özelliklerini korumak, ürün hacmini azaltarak taşıma ve depolanmasını kolaylaştırmaktır (Karacaoğlu ve ark., 2016). Günümüzde, gıdaların kurutulmasında çok çeşitli yeni kurutma teknikleri kullanılmaktadır (Sagar ve Kumar, 2010; Ekezie ve ark., 2017).

#### **2.1.1 Kurutma Teknikleri**

##### **2.1.1.1 Sıcak Hava ile Kurutma**

Sıcak hava ile kurutma sistemleri, mutlak nemi düşürülmüş ve belli bir sıcaklığa getirilmiş hava yardımıyla gıdalardaki nemin uzaklaştırılması olarak tanımlanabilmektedir (Yurdakul, 2008). Sıcak hava ile kurutma şüphesiz en yaygın olarak uygulanan tekniktir. Ancak kurutmanın erken evrelerinde oldukça pratik bir metot olmasına rağmen, ileriki aşamalarda kurutma zorlaşır. Sıcak havada kurutma yönteminin en önemli dezavantajları kurutma süresinin azalan hız evresi boyunca uzun olması ve düşük enerji verimliliğidir. Sıcak havada kurutma yöntemi, yüksek sıcaklıklarda ve uzun sürede gerçekleşmesinden dolayı ürünün önemli bazı besin öğelerinin zarar görmesi gibi ürün kalitesini etkileyen özelliklerinde ciddi hasarlara neden olabilmektedir (Sagar ve Kumar, 2010). Shi ve ark., (1999) yapmış oldukları bir çalışmada, domates ve ürünlerinde farklı kurutma yöntemlerinin (ozmotik kurutma, vakum kurutma, geleneksel hava akımı ile kurutma ve her üçünün kombinasyonu) üründeki likopen kaybı ve proseteki optimizasyon üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda, uygulanan tüm kurutma yöntemlerinin hem likopen hem de besinsel değer ve aroma kaybına neden olduklarını, ancak likopen kaybına en fazla geleneksel hava akımında kurutmanın sebep olduğunu belirlemişlerdir. Kaya ve ark., (2010) kivi için sıcak hava ile kurutulması sırasında (65°C, %40 göreceli nem) C vitamini içeriğinin 232.18 mg/100g değerinden 27.47 mg/100g değerine düştüğünü rapor etmişlerdir. Chin ve ark., (2015) kivi dilimlerini

sıcak hava (40, 50 ve 60°C) ile kurutmuşlar, artan sıcaklık ile, askorbik asidin oksidasyon hızının artmasından dolayı, askorbik asit kaybının daha yüksek olduğunu rapor etmişlerdir.

Geleneksel kurutma tekniklerinin eksikliklerinin giderilmesi üzerine bilim insanları yoğun bir çaba içerisinde. Bu amaçla farklı kurutma teknikleri ve bunların kombine kullanımları üzerine çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bu tekniklerde esas olarak kurutma zamanının kısaltılması ve enerji tasarrufu sağlanması ve buna paralel olarakta ürünün özelliklerinin daha iyi korunuyor olması hedeflenmektedir.

### **2.1.1.2 Dondurarak Kurutma (Liyofilizasyon)**

Dondurarak kurutma işlemi, gıdaların dondurulduktan sonra vakum (düşük basınç) altında ve erime noktaları altındaki sıcaklık derecelerinde bünyesinde bulundurduğu suyun (buz halinde) büyük bir kısmının süblimasyon ile ve kalan kısmının da belli bir noktaya kadar daha yüksek sıcaklık derecelerinde desorpsiyon yolu ile alınması şeklinde gerçekleştirilmektedir (Cabı, 1978). İzli ve ark., (2017) kivi meyvesini, geleneksel sıcak hava ile kurutma (60, 70 ve 80°C), mikrodalga kurutma (120 ve 350 W) ve dondurarak kurutma yöntemlerini kullanarak kurutmuşlar ve kurutulmuş örneklerin renk, toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite özelliklerini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda dondurarak kurutulmuş örneklerin taze örneğe benzer değerler sağladığını, 120 W mikrodalga gücü kullanılarak yapılan kurutma işleminin ise toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite açısından en büyük kayba neden olduğunu rapor etmişlerdir. Movagharnejad ve Pouya, (2017), kivi meyve dilimlerini konvektif tepsili kurutucu (0.8 m/s sabit hava hızı, 60 ve 80°C), dondurarak kurutma (-50°C, 0.1 mbar) ve mikrodalga kurutma (180, 270 ve 360 W) olmak üzere üç farklı kurutma tekniği ile kurutmuşlar ve kurutulmuş kivi dilimlerinin renk, askorbik asit ve antioksidan kapasite özelliklerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda dondurarak kurutulan kivi dilimlerinde minimum düzeyde renk değişimi gözlemlenirken, 360 W mikrodalga gücü kullanılarak kurutulan kivi dilimlerinde maksimum düzeyde renk değişimi olmuştur. En yüksek askorbik asit konsantrasyonu ve en az antioksidan kapasitesi kaybının yine dondurarak kurutulmuş kivi dilimlerinde olduğu belirlenmiştir. Dondurarak kurutma yöntemi ile yüksek kalitede kurutulmuş ürün elde ediliyor olsa da, düşük kuruma hızı, yüksek yatırım ve işletme

maliyeti bu yöntemin meyve ve sebzelerin kurutulmasında kullanımını sınırlamaktadır (Dev ve Raghavan, 2012).

### **2.1.1.3 Vakum Kurutma**

Vakumla kurutma, ısıya duyarlı ürünlerin kurutulması için yıllarca başarıyla kullanılan bir başka yöntemdir. Bu yöntemle daha kısa işlem süresinde ve düşük enerji tüketimi ile daha yüksek ürün kalitesi elde etmek mümkündür (Dev ve Raghavan, 2012; Orikasa ve ark., 2014). Wu ve ark., (2007) patlıcanın vakumla kurutma karakteristiklerinin belirlenmesi amacıyla yaptıkları bir çalışmada, dilimlenmiş patlıcanları (45x25x20 mm) üç farklı vakum basıncında (2.5, 5.0 ve 10 kPa) ve üç farklı kurutma havası sıcaklığında (30, 40 ve 50°C) kurutmuşlardır. Çalışma sonucunda; vakum basıncının, kurutma işleminde önemli bir etkiye sahip olmadığını, kurutma sıcaklığının ise kurutma işleminde önemli derecede etkili olduğunu, sıcaklığın artmasıyla patlıcanların kuruma süresinin önemli ölçüde kısaldığını belirlemişlerdir.

## **2.2 Gıdanın Su Aktivitesi**

Gıdaların içerdiği su miktarı kantitatif olarak suyun bileşimini belirleyen bir faktördür. Gıdada bulunan suyun özellikleri hakkında bilgi edinilmesi için su aktivitesinin bilinmesi gerekir. Gıdaların işlenmesi ve depolanması aşamalarında uğradıkları bozulmalar ve kalite kayıpları arasındaki bağıntılar en iyi şekilde su aktivitesi ile ifade edilmektedir. Su aktivitesi, gıdalarda bulunan suyun yapıya ne şekilde bağlı olduğunu, kimyasal, enzimatik ve mikrobiyolojik faaliyetler için kullanılabilme durumunu ve derecesini belirlemektedir.

Su aktivitesi ( $a_w$ ) genel olarak, bir gıdadaki suyun buhar basıncının ( $P$ ), gıda ile aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncına ( $P_o$ ) oranı olarak tanımlanmaktadır (Bone, 1973).

$$\text{Su aktivitesi } (a_w) = P/P_o \quad (2.1)$$

Su aktivitesi kavramı bağıl nem ile de ilişkilidir.

$$\text{Denge bağıl nemi (ERH)} = 100 \times a_w \quad (2.2)$$

Saf suyun su aktivitesi 1.00 'dir ve %100 bağıl neme eşdeğerdir.

Gıdalarda bulunan önemli bazı mikroorganizmaların faaliyeti için yaklaşık minimum su aktivite değerleri Çizelge 2.1’de gösterilmektedir.

**Çizelge 2.1** Gıdalarda bulunan önemli bazı mikroorganizmaların faaliyeti için yaklaşık minimum su aktivite değerleri (Demirci, 2003)

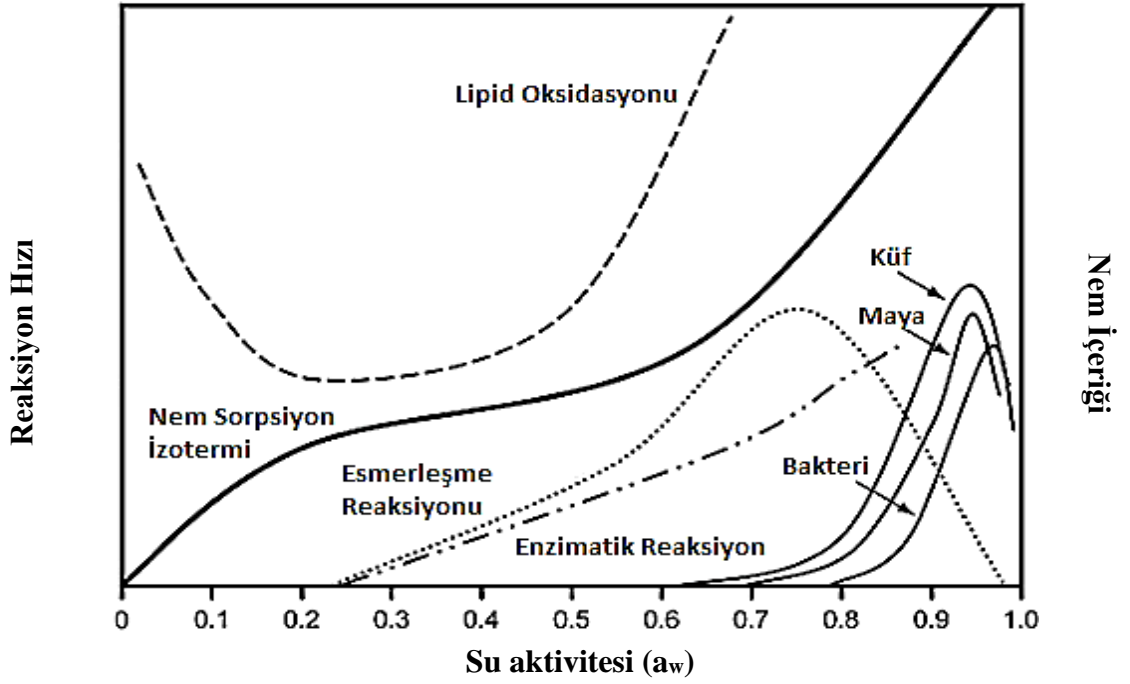
<b>Mikroorganizma Cinsi</b>	<b>Su aktivitesi (<math>a_w</math>)</b>
Bakteriler	0.91 – 0.95
Mayalar	0.88
Küfler	0.80
Halofilik Bakteriler	0.75
Ozmofilik Bakteriler	0.70
Kserofilik Bakteriler	0.65

Gıdalar, su içerikleri bakımından yüksek ( $a_w$  0.90-1.00), orta ( $a_w$  0.60-0.90) ve düşük nemli ( $a_w < 0.60$ ) olmak üzere gruplandırılmaktadır. Bu gruplandırma içinde orta nemli gıdalar doğrudan tüketilebilen gıdalardır. Orta nemli gıdalar ( $a_w$  0.60-0.90) bakteriyel gelişmeyi önleyebilmekte ancak küf ve maya gelişmesine açık  $a_w$  değerine sahip gıdalardır (Uysal Seçkin ve Taşeri, 2015). Çeşitli gıdaların su aktivitesi değerleri Çizelge 2.2’de gösterilmektedir.

**Çizelge 2.2** Çeşitli gıda ürünlerinin su aktivitesi değerleri (Pala ve Saygı, 1983)

<b>Gıda Ürünleri</b>	<b>Su aktivitesi (<math>a_w</math>)</b>
Taze et, meyve, sebze, konserve meyve ve sebzeler, tereyağ, konsantre süt, domates püresi	1.00 – 0.95
Peynir, pastalar, kuru soslar, portakal suyu	0.95 – 0.90
Çedar peyniri, tatlandırılmış kondens süt, salam, un, pirinç	0.90- 0.80
Kurutulmuş incir, tuzlu balık, reçel, marmelat	0.80 – 0.70
Kurutulmuş meyveler, permasen peyniri	0.70 – 0.60
Çikolata, bal	0.60 – 0.50
Kurutulmuş yumurta, kakao	0.40
Kurutulmuş patates, kraker	0.30
Süt tozu, kurutulmuş sebzeler	0.20

Gıdaların, bünyelerinde bulundukları protein, karbonhidrat, yağ gibi besin maddeleri gıdaların muhafazası esnasında kaliteyi etkileyen ve belirleyen major değişimlere neden olmaktadır. Bunlar lipid oksidasyonu, enzimatik aktivite, esmerleşme reaksiyonları, mikrobiyolojik değişimler olmak üzere gruplandırılabilir ve su aktivitesi ile olan ilişkisi Şekil 2.1’de gösterilmektedir.



**Şekil 2.1** Su aktivitesinin enzimatik aktivite, lipid oksidasyonu, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu, nem sorpsiyon izotermi ve mikroorganizma gelişimi (küf, maya, bakteri) üzerine etkisi (Labuza ve ark., 1970)

Sonuç olarak su aktivitesinin kontrolü ile birlikte şunları yapmak mümkündür;

- ✓ Potansiyel bozulma ve enfeksiyon kaynağı olan mikroorganizmaları tahmin etmek,
- ✓ Ürünlerin kimyasal stabilitesini korumak,
- ✓ Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarını ve otokatalitik lipid oksidasyon reaksiyonlarını en aza indirmek,
- ✓ Enzim ve vitamin aktivitesi sürdürülebilirliği,
- ✓ Ürünlerin tekstür, nem göçü, raf ömrü gibi fiziksel özellikleri optimize etmek (Rockland ve Nishi, 1980).

### 2.3 Kurutulmuş Ürünlerin Kalite Özellikleri

Kurutma, son ürünün kalitesini önemli düzeyde etkileyen bir süreçtir. Yığın yoğunluğu, partikül yoğunluğu, büzülme, gözeneklilik, sorpsiyon karakteristikleri, su aktivitesi, fenolik bileşikler, antioksidan aktivite, biyoerişilebilirlik, besin değeri ve diğer fiziksel ve kimyasal özellikler (özgül hacim, renk, tekstür, rehidrasyon vb.) kurutulmuş ürünün kalitesini belirlemektedir (Ergün, 2012). Kurutmanın birçok olumlu yönü olmasına karşın, aynı zamanda ürünlerin kalitesini olumsuz



etkileyebilmektedir. Yüksek sıcaklıktaki hava ile kurutma yapılmış ürünlerin rehidrasyon özelliği azalmakla birlikte, renk, tekstür ve lezzetinde de arzu edilmeyen bozulmalar ve besin öğelerinde de bir kısım kayıplar meydana gelmektedir. Büzülme, gıdanın kurutma işlemi ile hacim, alan ve kalınlık ölçülerindeki değişimin ilk ölçülerine oranına denir ve Ratti, (2002) yapmış olduğu bir çalışmada, dondurarak ve sıcak hava ile kurutulmuş çileklerde son üründe hacim azalması karşılaştırması yapmış ve büzülme oranının sıcak hava ile kurutulan çileklerde daha yüksek olduğunu gözlemlemiştir. Renk değişiminin üzerine yapılan çalışmalarda ise, görünüşteki farklılığın yalnızca kurutma yöntemi ile ilgili olmadığı, renk ile antioksidan ve vitamin içeriği arasındaki yakın ilişkiden dolayı da renk değişiminin olduğu belirtilmiştir (Yurdakul, 2008).

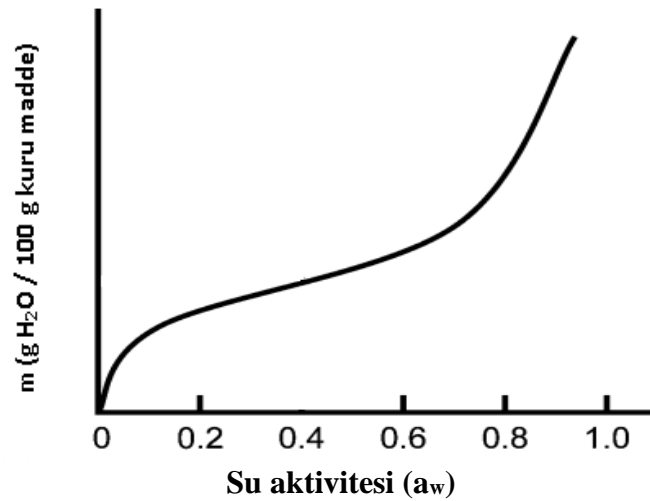
### **2.3.1 Renk**

Renk, ışığın spektral dağılımına bağlı olarak ortaya çıkan görsel bir özelliktir ve gıda maddelerinin en önemli kalite parametrelerinden birisidir (Dağcı, 2014). Ürünün rengindeki deformasyon tüketiciyi olumsuz etkilemektedir. Tüketiciler genellikle ürünlerin taze halindeki ürünün renklerine mümkün olduğunca benzer olmalarını istemektedirler. Bu sebeple birçok gıda üreticileri, ürün geliştirilmesinde tüketici üzerindeki albeni etkisini göz önünde bulundurmaktadır. Kivi ksantofil, klorofil ve karoten grubundan pigmentler içermektedir ve pigment miktarı kivi çeşidine göre farklılık göstermektedir. Hayward tipi kivi çeşidi diğer çeşitlere oranla en yüksek toplam klorofil miktarına sahiptir (Ekşi ve Özen, 2012). Meyve ve sebzelere uygulanan ısıl işlem, pigment bozulması, özellikle karotenoidler, klorofil, heksozlar ile amino bileşenlerin Maillard kondansasyonu ve askorbik asit oksidasyonu gibi esmerleşme reaksiyonlarına neden olmaktadır. Özellikle yeşil renkli meyve ve sebzelerde klorofil pigmentinin parçalanması sonucu renkte sararmalar meydana gelmektedir (Yılmaz, 2015). Rengi etkileyen diğer parametreler arasında pH, asitlik, işlem sıcaklığı ve süresi, meyve çeşidi, ağır metal kirliliği, enzim, ışık, oksijen gibi faktörler rol oynamaktadır. Renk bozulmalarını engellemek amacıyla uygun kurutma teknikleri ve kombinasyonları ile üretim ekipmanı seçilmesiyle ürünlerin renklerinin korunması sağlanmış olur (Maskan, 2011). Geleneksel sıcak hava kurutmaya alternatif olarak geliştirilen vakum kurutma, ozmotik dehidrasyon ile kurutma, dondurarak kurutma gibi yöntemler ürünün renk ve aroma özellikleri üzerinde ısısal

zararı minimize ederek enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarını azaltmaktadır. Movagharnejad ve Pouya, (2017), kivi meyvesini konvektif tepsili kurutucu, dondurarak kurutma ve mikrodalga kurutma teknikleri ile kurutmuşlar ve kurutma sonucunda dondurarak kurutulan kivi meyvesinde minimum renk değişimi olduğunu gözlemişlerdir. Başka bir çalışmada ise domates dilimlerinin mikrodalga kurutma ile renk değerlerindeki değişim incelenmiş ve sonuç olarak ürünün renk kalitesinin, mikrodalga gücünün artışı ile birlikte olumsuz etkilendiği belirlenmiştir (Çelen ve Kahveci, 2013).

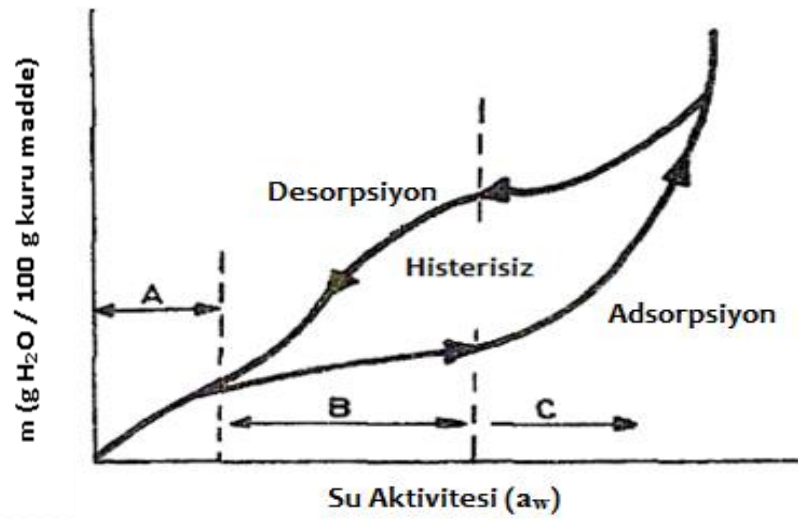
### 2.3.2 Nem Sorpsiyon İzotermi

Kurutulmuş meyvelerin sorpsiyon özellikleri, belirli bir sıcaklık ve belirli bir basınçta gıda maddelerinin su aktivitesi ve denge bağıl nemi arasındaki ilişkiyi belirlemeye yarayan termodinamik bir özelliktir ve üretim, depolama ve tüketim süreçleri için oldukça önemlidir (Erbaş ve ark., 2016). Bunun yanında nem sorpsiyon verileri su buharı ve materyalin kimyasal bileşenleri arasındaki interaksiyonların teorik olarak yorumlanmasını da sağlayabilir. Gıda kompozisyonu ve kurutma yönteminin son ürünün bazı kalite özelliklerinin yanında sorpsiyon karakteristiklerini de etkilediği bilinmektedir (Kingsly ve ark., 2009; Ciurzynska ve ark., 2012; Udomkun ve ark., 2015). Sabit sıcaklıktaki bir gıdanın su içeriğinin, su aktivitesi değerlerine karşı çizilmesiyle elde edilen eğri sorpsiyon izotermi olarak adlandırılır (Bell ve Labuza, 2000). Şekil 2.2’de gıdanın denge bağıl nemine karşı denge nem miktarının grafiksel gösterimi verilmiştir.



Şekil 2.2 Tipik bir sorpsiyon izotermi (Labuza ve Altunakar, 2007)

Kuru bir gıda maddesinin belirli sıcaklık ve basınç altında nem kazanarak dengeye ulaşması ile elde edilen izotermi adsorpsiyon izotermi, nemli bir gıda maddesinin ise nem kaybederek dengeye ulaşması halinde elde edilen izotermi desorpsiyon izotermi şeklinde tanımlamak mümkündür. Bir gıdanın adsorpsiyon ve desorpsiyon izoterm eğrileri farklı yol izlemektedir. Bu izoterm eğrileri arasında desorpsiyon izotermi daha fazla su içeriğine sahip olduğundan denge nem miktarı arasında fark meydana gelmektedir. Bu eğriler arasındaki açıklığa ise histerisiz denir (Erbaş ve ark., 2016) (Şekil 2.3)

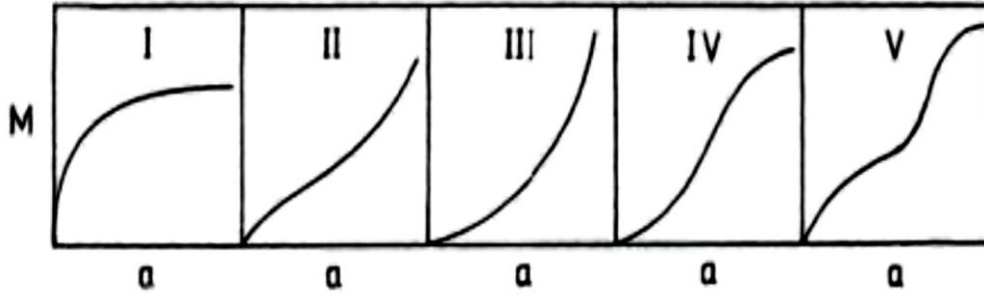


**Şekil 2.3** Adsorpsiyon - desorpsiyon histerisiz grafiği (Pala ve Saygı, 1983)

Adsorpsiyon – desorpsiyon histerisiz grafiğinde gösterilen üç ayrı bölge (A, B, C bölgeleri) ile gıda maddesinde bulunan suyun durumunu belirlemek mümkündür. A bölgesinde bulunan su monomoleküler (tek katmanlı) tabaka yapısında bulunur. Su, yapıya sıkı bir şekilde bağlı olmasından dolayı donmaz ve kurutarak uzaklaştırmak olanaksız olup, bu istenmeyen bir durumdur. Bu bölge 0.1-0.2 su aktivitesi değerleri aralığını kapsamaktadır. B bölgesinde bulunan su multimoleküler (çok katmanlı) tabaka yapısında bulunur. Bu bölgedeki suyun yapıya tek katmanlı tabakaya nispeten daha gevşek bir şekilde bağlı olduğu kabul edilmektedir. Bu bölge ise 0.2 – 0.7 su aktivitesi değerlerini kapsamaktadır (Cadden, 1988). Grafiğin 3. kısmı olan C bölgesindeki su doku ve kılcal gözenek yapısında yoğunlaşmış serbest suyu ifade etmektedir. Gıda maddelerindeki su miktarının %95 gibi oranını bu bölge grubundaki su oluşturmaktadır. Su, yapıya çok zayıf bir şekilde bağlı olmasından dolayı

kolaylıkla donar ve kurutma işlemi ile uzaklaştırmak mümkündür. C bölge su aktivitesi değerinde bulunan gıdalar mikrobiyal bozulmaya karşı oldukça duyarlıdır (Fellows, 2000).

Brunauer ve ark., (1940) sorpsiyon izotermelerini, gözeneksiz katı substratlar üzerinde adsorbe eden polar olmayan gazların Van der Waals adsorpsiyonuna dayanan beş genel gruba sınıflandırmıştır (Şekil 2.4). Su, ürüne güçlü bir şekilde bağlandığında Tip I izotermi oluşmaktadır. Tip II, su ürüne az miktarda bağlandığında ve sıklıkla küçük kılcal damarlarda mevcut olduğunda oluşmaktadır. Tip III ise, ürünün su içeriği büyük kılcal kısımdadır ve serbest su olarak kabul edilebilir. IV ve V tipleri için maksimum adsorpsiyon, gazın buhar basıncından daha düşük bir basınçta gerçekleşmektedir (Barbosa-Canovas ve Juliano, 2007).



Şekil 2.4 Sorpsiyon izoterm tipleri (Brunauer ve ark., 1940)

Çoğu gıda maddesinin nem sorpsiyon izotermi doğrusal değildir ve çoğunlukla Tip II (sigmoidal, S tipi) izoterm göstermektedir. Bu durum gıda maddesinin kimyasal bileşimi ve fizikokimyasal durumunun farklılığından kaynaklanmaktadır (Labuza ve Altunakar, 2007). Literatürde yapılmış olan çalışmalara bakıldığında kurutulmuş meyvelerin yaygın olarak Tip II veya Tip III izoterm gösterdiği görülmektedir. Örneğin kurutulmuş papaya (Thalerngnawachart ve Duangmal, 2016), vişne, Frenk üzümü (Klewicki ve ark., 2009), armut (Mitreviski ve ark., 2015) Tip III izoterm uyum gösterirken, hurma (Chukwu, 2010), muz (Caballero-Cerón ve ark., 2018), yaban mersini (Lim ve ark., 1995) gibi meyvelerde Tip-II izoterm rapor edilmiştir. Çizelge 2.3'te çeşitli gıda maddelerinin nem adsorpsiyon izoterm tipleri verilmiştir.

**Çizelge 2.3** Farklı gıda maddeleri için gözlenen adsorpsiyon izoterm tipleri (Al-Muhtaseb ve ark., 2002)

<b>Adsorpsiyon İzoterm Tipleri</b>	<b>Gıda maddeleri</b>
Tip II	Nişasta jeli, mısır, patates, havuç, domates, yeşil biber, soğan, kestane, fındık, kakao çekirdekleri, Makademya fıncığı
Tip III	Ananas, muz, şekerler, elma, üzüm, kayısı, şeker alkolü, pirinç, sakkaroz nişastası, sığır eti

Koroş, (2007) güneşte kurutulmuş sebzeler ile yaptığı bir çalışmada kurutulmuş domates, biber ve patlıcanın 25°C’de ve %11-%90 bağıl nem aralığında adsorpsiyon izotermelerini elde etmiştir. Kurutulmuş domatese ilişkin adsorpsiyon izoterminin tipik sigmoid şekilli (S şekilli) Tip II izoterm tipine uygun olduğu, kurutulmuş biber ve patlıcana ilişkin izotermilerin ise, J şekilli Tip III izoterm tipine uygun olduğu belirlenmiştir.

Ciurzynska ve ark., (2012) yaptıkları çalışmada farklı sıcaklık (50, 70°C) ve basınçlarda (4-16 kPa) vakumda kurutma işlemi uygulanan çileklerin 25°C’deki sorpsiyon izotermelerini belirlemişlerdir. Elde edilen izotermilerin tipik sigmoid şekilli (S şekilli) Tip II izoterm tipine uygun olduğunu saptamışlardır.

Alcantara ve ark., (2009) yapmış oldukları bir çalışmada kurutulmuş kaju fıncığının 25, 30, 35 ve 40°C sıcaklıklarda adsorpsiyon izotermelerini belirlemişlerdir. Elde edilen izotermilerin tipik sigmoid şekilli (S şekilli) Tip II izoterm tipine uygun olduğu gözlenmiştir.

Akoy ve ark., (2013) yaptıkları bir çalışmada güneşte kurutulmuş mango dilimlerinin nem adsorpsiyon izotermelerini gravimetrik yöntem kullanarak 0.111 ile 0.813 su aktivitesi aralığında, üç farklı sıcaklıkta (20°C, 30°C ve 40°C) belirlemişlerdir. Mango dilimlerinin adsorpsiyon özelliğinin diğer yüksek şeker içeren meyvelere benzer şekilde tip III (J-şekilli) izoterm tipine uygun olduğu görülmüştür.

Klewicki ve ark., (2009) yapmış oldukları bir çalışmada frukto-oligosakkarit çözeltisinde veya konsantre elma suyunda ozmotik kurutma ön işlemine tabi tuttuktan sonra iki farklı yöntem ile (dondurarak ve sıcak hava (60°C)) kuruttukları elma, kiraz ve frenk üzümü meyvelerinin sorpsiyon izotermelerini belirlemişlerdir.

Elde edilen izotermin Tip III (J şekilli) izoterm tipine uygun olduğu saptanmıştır. Tek tabakalı (100 g<sup>-1</sup> kuru madde) su içeriği, kurutulmuş elma için 12.0 g, kurutulmuş vişne için 17.0 g tespit edilmiştir. Sonuç olarak dondurularak kurutulmuş meyvelerin 0.45-0.54, konvektif olarak kurutulmuş meyvelerin 0.46-0.63 su aktivitesi aralığında tutulmasını önermişlerdir.

Yan ve ark., (2008) yapmış oldukları bir çalışmada tünel tipi kurutucu ile kurutulan muzun (%2 nispi nem, 70°C'de ve 3.2±0.2 ms<sup>-1</sup> hava hızı) sorpsiyon izotermelerini 4 farklı sıcaklıkta (10, 20, 30 ve 40°C) belirlemişlerdir. Tüm sorpsiyon eğrileri Tip II izoterm tipine uygun olarak bulunmuştur.

### **2.3.2.1 Nem Sorpsiyon İzotermi Üzerine Etki Eden Faktörler**

Nem sorpsiyon izotermi üzerine etki eden etmenler arasında gıdanın bileşimi, gıdaya uygulanan işlem, sıcaklık, basınç, bağıl nem gibi parametreler bulunmaktadır (Labuza ve Altunakar, 2007). Bu bölümde sıcaklığın nem sorpsiyon izotermi üzerindeki etkisinden bahsedilmiştir.

Sıcaklığın nem sorpsiyon izotermi üzerindeki etkisi, gıdaların depolama ve işleme sırasında çeşitli sıcaklıklara maruz kalması ve su aktivitesinin sıcaklıkla değişmesi nedeniyle büyük önem taşımaktadır (Al-Muhtaseb ve ark., 2002). Yüksek sıcaklıklarda, üründe su tutma kuvvetlerinin etkisi azalmaktadır. Yani sıcaklık arttıkça, adsorbe edilen su miktarı da azalmış olmakta ve bu durum nem sorpsiyonunu olumsuz şekilde etkilemektedir (Hussin, 2014). Ertugay ve ark., (2000) yapmış oldukları bir çalışmada tarhananın nem sorpsiyon izotermi 25 ve 35°C sıcaklıklarında belirlemişler ve sıcaklık artışı ile birlikte 0.2-0.9 arasındaki su aktivitelerinde adsorbe edilmiş nem içeriğinin azaldığını gözlemlemişlerdir.

### **2.3.2.2 Nem Sorpsiyon İzotermilerinin Belirlenmesi**

Gıdalarda nem sorpsiyon izotermilerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler gravimetrik, manometrik ve higrometrik yöntem olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır. Gravimetrik yöntem gıdalarda en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Bu yöntemde gıda örneği sabit bağıl neme sahip bir ortamda tutulmakta ve ağırlık kaybı veya kazancı statik veya dinamik olarak takip edilmektedir. Sabit su aktivitesine sahip ortamların elde edilmesinde genellikle doymuş tuz çözeltilerinden yararlanılmaktadır. Bir süre sonra, doymuş tuz çözeltisi ve gıda arasındaki nem göçü

dengeye ulaşacak ve herhangi bir ağırlık değişikliği görülmeyecektir. Son örnek ağırlığına göre hesaplanan nem içeriği, denge nem içeriğidir. Sabit sıcaklıkta gıdanın su içeriğinin su aktivitesi değerlerine karşı çizilmesiyle de nem sorpsiyon izoterm grafiği elde edilir. Nem sorpsiyon izotermi elde etmek için yararlanılan bazı doymuş tuz çözeltileri Çizelge 2.4' te verilmiştir.

**Çizelge 2.4** Nem sorpsiyon izotermi elde etmek için yararlanılan bazı doymuş tuz çözeltilerinin 25 ve 30°C'deki %Denge Bağlı Nem değerleri (Greenspan, 1977)

Tuz	% Denge Bağlı Nem	
	25°C	30°C
Sezyum Florür (CsF)	3.39±0.94	3.01±0.77
Lityum Bromür (LiBr)	6.37±0.52	6.16±0.47
Çinko Bromür (ZnBr <sub>2</sub> )	7.75±0.39	7.62±0.3
Potasyum Hidroksit (KOH)	8.23±0.72	7.38±0.56
Sodyum Hidroksit (NaOH)	8.24±2.1	7.58±1.7
Lityum Klorür (LiCl)	11.30±0.27	11.28±0.24
Lityum İyodür (LiI)	17.56±0.13	16.57±0.10
Potasyum Asetat (CH <sub>3</sub> CO <sub>2</sub> K)	22.51±0.32	21.61±0.53
Potasyum Florür (KF)	30.85±1.3	27.27±1.1
Magnezyum Klorür (MgCl <sub>2</sub> )	32.78±0.16	32.44±0.14
Sodyum İyodür (NaI)	38.17±0.50	36.15±0.43
Potasyum Karbonat (K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	43.16±0.39	43.17±0.50
Magnezyum Nitrat (Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> )	52.89±0.22	51.40±0.24
Sodyum Bromür (NaBr)	57.057±0.40	56.03±0.38
Kobalt Klorür (CoCl <sub>2</sub> )	64.92±3.5	61.83±2.8
Potasyum İyodür (KI)	68.86±0.24	67.89±0.23
Stronsiyum Klorür (SrCl <sub>2</sub> )	70.85±0.04	69.12±0.03
Sodyum Nitrat (NaNO <sub>3</sub> )	74.25±0.32	73.14±0.31
Sodyum Klorür (NaCl)	75.29±0.12	75.09±0.11
Amonyum Klorür (NH <sub>4</sub> Cl)	78.57±0.40	77.90±0.57
Potasyum Bromür (KBr)	80.89±0.21	80.27±0.21
Amonyum Sülfat ((NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	80.99±0.28	80.63±0.30
Potasyum Klorür (KCl)	84.34±0.26	83.62±0.25
Potasyum Nitrat (KNO <sub>3</sub> )	93.58±0.55	92.31±0.60
Potasyum Sülfat (K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	97.30±0.45	97.00±0.40
Potasyum Kromat (K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> )	97.88±0.49	97.08±0.41

### 2.3.2.3. Nem Sorpsiyon İzotermlerinin Matematiksel Modelleri

Gıdaların nem sorpsiyon izotermini tanımlayan birçok farklı matematiksel model bulunmaktadır. Gıda maddelerinin heterojen yapıya sahip olmaları ve modellerin sınırlı su aktivite değerleri aralığında uygulanabilirlik durumu gibi sebepler matematiksel modellerin çeşitliliğinin artmasına sebep olmuştur. Sorpsiyon izotermlerini tanımlayan ve yaygın olarak kullanılan modelleri ise şu şekilde sıralamak mümkündür; BET, GAB, Oswin, Halsey, Henderson, Peleg vb. (Al-Muhtaseb ve ark., 2002; Andrade ve ark., 2011).

#### 2.3.2.3.1 BET (Brunauer, Emmett ve Teller) Modeli

BET modeli (Brunauer, Emmett ve Teller), düşük su aktivitesine sahip çok çeşitli ürünler için iyi bir uyum sağladığından, nem sorpsiyon izotermlerini tanımlamak için en yaygın kullanılan modellerden biridir (Lavoyer ve ark., 2013). BET modeli 1938 yılında geliştirilmiştir ve genellikle 0.05–0.45  $a_w$  aralığında uygulanabilmektedir (Andrade ve ark., 2011).

BET denklemi aşağıdaki eşitlikle gösterilmektedir (2.3).

$$M = \frac{M_0 \times C \times a_w}{(1 - a_w) \times [1 + C \times a_w - a_w]} \quad (2.3)$$

M : Denge nem içeriği (g H<sub>2</sub>O/g kuru madde)

$a_w$  : Su aktivitesi

$M_0$  : Tek tabaka nem içeriği (g H<sub>2</sub>O/g kuru madde)

C : Sorpsiyon ısısı ile ilgili bir sabit

Şentürk, (2009) kuru dutun 10°C, 20°C ve 30°C sıcaklıklardaki adsorpsiyon ve 10°C’de desorpsiyon izotermlerini belirlemiş ve BET, GAB, Oswin ve Halsey modellerine uyumlarını incelemiştir. Dört sorpsiyon modelinin arasında, bütün sıcaklıklarda kuru dutun adsorpsiyon davranışını tanımlayan en uygun model 0-0.65  $a_w$  aralığında BET modeli, 0-0.92  $a_w$  aralığında ise sırasıyla GAB>Oswin>Halsey>BET modelleri olarak tespit edilmiştir.



### 2.3.2.3.2 GAB (Guggenheim-Andersen-de Boer) Modeli

GAB modeli Guggenheim, Anderson ve de Boer tarafından çok katmanlı adsorpsiyon için BET modelinin geliştirilmiş bir versiyonu olarak türetilmiştir (Van den Berg ve Bruin, 1981). GAB eşitliğinin gıda nem sorpsiyon izotermelerini 0 – 0.95  $a_w$  değeri gibi geniş bir aralıkta etkili bir şekilde temsil ettiği kabul edilmektedir. Literatürde en çok yönlü sorpsiyon modeli olduğu savunulur. GAB eşitliği, sadece tek tabaka nem miktarı değeri hakkında bilgi vermekle kalmayıp, aynı zamanda da sorpsiyonda tek tabaka ve çoklu tabakadaki sıcaklık ile ilgili de bilgi vermektedir. GAB denklemi aşağıdaki eşitlikle gösterilmektedir (2.4).

$$M = \frac{M_0 \times K \times C \times a_w}{(1 - K \times a_w) \times [1 + (C - 1) \times K \times a_w]} \quad (2.4)$$

M : Denge nem içeriği (g H<sub>2</sub>O/g kuru madde)

$a_w$  : Su aktivitesi

$M_0$  : Tek tabaka nem içeriği (g H<sub>2</sub>O/g kuru madde)

C : Sorpsiyon ısısı ile ilgili bir sabit

K : Çoklu tabakaya ait düzeltme faktörü

Koroş, (2007) güneşte kurutulmuş sebzeler ile yaptığı bir çalışmada kurutulmuş domates, biber ve patlıcanın 25°C’de ve %11-%90 bağıl nem aralığında adsorpsiyon izotermi elde etmiştir. Elde edilen sorpsiyon deney sonuçlarının, kurutulmuş sebzeler için yaygın olarak kullanılan 4 eşitliğe (Lineerize edilmiş BET ile doğrusal olmayan GAB, Oswin ve Halsey eşitlikleri) uygunluğu araştırıldığında, tüm örnekler için en uygun model GAB modeli olarak saptanmıştır.

Akın ve ark., (2009) *Capsicum annuum* cinsi biberin sorpsiyon izotermelerini, üç farklı sıcaklıktaki (30°C, 45°C ve 60°C), %10 ile %98 arasındaki bağıl hava neminde gravimetrik yöntem kullanarak belirlemişlerdir. Elde edilen deneysel veriler Oswin, GAB, Modified Henderson, Halsey ve Modified Halsey gibi bazı matematiksel modellere uygulanmıştır. Sonuç olarak GAB modelinin, verilen sıcaklık aralığında sorpsiyon izotermi en iyi tanımlayan model olduğunu tespit etmişlerdir.

Akoy ve ark., (2013) yaptıkları bir çalışmada güneşte kurutulmuş mango dilimlerinin nem adsorpsiyon izotermi gravimetrik yöntem kullanarak 0.111 ile 0.813 su

aktivitesi aralığında, üç farklı sıcaklıkta (20°C, 30°C ve 40°C) belirlemiştir. Deneysel veriler iki iyi bilinen model olan GAB ve BET eşitliğine uygulanmıştır. GAB modeli, bu araştırmada incelenen sıcaklık ve su aktivitesi aralığı boyunca verileri iyi bir şekilde temsil etmiştir.

Tsami ve ark., (1990) kurutulmuş meyvelerin (Sultana kuru üzüm, siyah kuş üzümü, incir, kuru erik ve kayısı) nem sorpsiyon izotermelerini 15, 30, 45 ve 60°C sıcaklıklarda standart statik gravimetrik yöntem kullanarak belirlemiştir. Deneysel eğriler, kurutulmuş meyvelerin yüksek şeker içeriğine bağlı olarak yüksek nem içeriğinde sıcaklığın tersine bir etki göstermiştir. Sonuç olarak GAB denklemi, hemen hemen tüm 0-0.95 su aktivitesi aralığında deneysel verilerin temsil edilmesinde başarılı olmuştur.

### 2.3.2.3.3 Oswin Modeli

Oswin modeli, Oswin, (1946) tarafından sigmoid şekilli (Tip II) eğriler için bir seri genişleme şeklinde iki parametrelili bir deneysel model olarak geliştirilmiştir. Bu model nişastalı gıdalar, etler ve sebzelerin nem sorpsiyon izotermeleri için oldukça uyumludur (Boquet ve ark., 1978). Oswin modeli sıcaklığın etkisini dikkate almaz. Eşitlik şu şekildedir (2.5);

$$M = C \times \left( \frac{a_w}{1 - a_w} \right)^n \quad (2.5)$$

M : Denge nem içeriği (g H<sub>2</sub>O/g kuru madde)

a<sub>w</sub> : Su aktivitesi

C, n : Denklem sabitleri

**Çizelge 2.5** Bazı gıdalar için Oswin parametreleri (Andrade ve ark., 2011)

Ürün	Sıcaklık (°C)	C	n	Tip	Referans
Kurutulmuş patates	30	0.103	0.548	A	Iguedjal ve ark., 2008
Kurutulmuş domates pulpu	30	0.303	0.441	A	Goula ve ark., 2008
Muz pulpu	20	0.164	1.122	D	Gouveia ve ark., 2004
Mango pulpu	20	0.114	0.855	D	Da Silva ve ark., 2002
Elma	50	0.332	0.670	D	Moraes ve ark., 2008

A: Adsorpsiyon D: Desorpsiyon

#### 2.3.2.3.4 Halsey Modeli

Halsey (1948) tarafından geliştirilen bu denklem çoklu tabakaların yüzeyden nispeten büyük bir mesafede yoğunlaştırılmasını ifade eder (Andrade ve ark., 2011). Halsey modeli Tip I, Tip II ve Tip III sorpsiyon izotermine uygun verileri iyi bir şekilde temsil etmektedir ve nişasta içeren gıda ürünlerinin deneysel modellenmesinde kullanılır.

Halsey model eşitliği aşağıdaki gibidir (2.6);

$$M = \left( \frac{-C}{\ln a_w} \right)^{\frac{1}{n}} \quad (2.6)$$

M : Denge nem içeriği (g H<sub>2</sub>O/g kuru madde)

a<sub>w</sub> : Su aktivitesi

C, n : Denklem sabitleri

Udomkun ve ark., (2015) ozmotik ön kurutma sonrasında 70°C’de sıcak hava ile kurutulmuş olan papaya meyvesinin sorpsiyon özelliklerini incelemiştir. Sorpsiyon izotermi 0.113-0.907 su aktivitesi aralığında ve 30, 50 ve 70°C’lerde elde edilmiştir. Halsey denkleminin kurutulmuş papayaların sorpsiyon davranışını en iyi açıklayan model olduğu belirlenmiştir.

Kaymak Ertekin ve Gedik, (2004) yapmış oldukları bir araştırmada üzüm, kayısı, elma ve patateslerin nem sorpsiyon izotermine, gravimetrik yöntem kullanarak 30°C, 45°C ve 60°C sıcaklıklarda belirlemiştir. Deneysel verilere altı adet iki parametrelili ve beş adet üç parametrelili olmak üzere toplam 11 adet farklı sorpsiyon izoterm modeli uygulanmıştır. Halsey denklemi, araştırılan sıcaklık ve su aktivite aralığı boyunca test edilen tüm örnekler için deney sorpsiyon verilerine en uygun model seçilmiştir. Sorpsiyon verileri, geniş bir su aktivitesinde GAB denklemi ve 0.1- 0.5 su aktivitesi aralığında BET denklemi tarafından uygun bulunmuştur. Ayrıca patates ve elma için Oswin denklem verileri oldukça iyi sonuçlar göstermiştir.

#### 2.3.2.3.5 Henderson Modeli

Henderson modeli, Henderson, (1952) tarafından iki parametrelili bir deneysel model olarak geliştirilmiştir (Labuza ve Altunakar, 2007). Henderson model eşitliğinin gıda nem sorpsiyon izotermine 0.05–0.8 a<sub>w</sub> değer aralığında etkili bir şekilde temsil

ettiği kabul edilmektedir. Yaygın olarak kullanılan bir modeldir ve eşitlik aşağıda gösterildiği şekildedir (2.7);

$$M = \left( \frac{-\ln(1 - a_w)}{C} \right)^{\frac{1}{n}} \quad (2.7)$$

M : Denge nem içeriği (g H<sub>2</sub>O/g kuru madde)

a<sub>w</sub> : Su aktivitesi

C, n : Denklem sabitleri

**Çizelge 2.6** Bazı gıdalar için Henderson parametreleri (Andrade ve ark., 2011)

Ürün	Sıcaklık (°C)	C	n	Tip	Referans
Ananas kabuğu	25	2.04	0.601	D	Oliveira ve ark., 2006
Tatlı patates	45	0.126	0.126	D	Montes ve ark., 2009
Kuru kaju	30	0.0509	1.08	A	Alcântara ve ark.,2009
Ceviz	25	0.123	1.267	A	Togrul & Arslan, 2007

A: Adsorpsiyon D: Desorpsiyon

### 2.3.2.3.6 Peleg Modeli

Peleg tarafından türetilen bu model, en basit dört parametrelilik ampirik modeldir ve hem sigmoid hem de nonsigmoid şekillerin nem sorpsiyon izotermi için kullanılır (Peleg, 1993). GAB modeline benzer uygunluk sağlamaktadır. Modelde yalnız bir tabaka bulunmaz ve eşitlik aşağıdaki gibidir (2.8);

$$M = C_1 a_w^{C_3} + C_2 a_w^{C_4} \quad (2.8)$$

M : Denge nem içeriği (g H<sub>2</sub>O/g kuru madde)

a<sub>w</sub> : Su aktivitesi

C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> : Denklem sabitleri

Oufaia ve ark., (2015) yapmış oldukları bir çalışmada defne yaprağının (*Laurus nobilis L.*) sorpsiyon izotermi için standart statik gravimetrik yöntem kullanarak üç farklı sıcaklık (40, 50 ve 60°C) ve nispi nem (%5-90) aralığında belirlemişlerdir. Deneysel veriler, desorpsiyon ve adsorpsiyonu tahmin etmek için en iyi modeli belirlemek üzere, 6 matematiksel modele (GAB, Peleg, Henderson, Smith, Caurie,

White and Eiring) uygulanmıştır. Peleg modelinin defne yaprağı sorpsiyon davranışını en iyi açıklayan model olduğu belirlenmiştir.

### 2.3.3 Biyoerişilebilirlik

Vücuda alınan besinlerin ve biyoaktif bileşenlerin yalnızca bir kısmı organizma tarafından etkili bir biçimde kullanılabilir. Biyoerişilebilirlik kavramı, gastrointestinal sistemde gıda matriksinden salınan ve emilim için kullanılabilir hale gelen miktar veya fraksiyon olarak tanımlanabilir (Heaney, 2001). Biyoyararlılık ise tanımında ek olarak vücudun aldığı gıdada bulunan bileşeni kullanma oranını da içermektedir (Wood, 2005). Diğer bir deyişle bu kavram, bağırsak emilimi, mikroflora tarafından metabolizma, bağırsak ve karaciğer metabolizması, albümine bağlanma, hücre alımı, dokularda birikme ve safra ve idrar atılımı gibi pek çok değişkeni içine almaktadır (D'Archivio ve ark., 2007). Biyoyararlılığın tespit edilmesinde pratik ve etik açıdan zorluklar olması nedeniyle, bu terim genellikle sistemik sirkülasyona ulaşan belirli bir bileşiğin veya metabolitin fraksiyonu şeklinde tanımlanmaktadır (Holst ve Williamson, 2008). Biyolojik etkinlik *in vivo* ve *in vitro* olarak test edilebilir. *In vivo* çalışmalar doğrudan canlı üzerinde yapılan çalışmalar olup, ciddi sorumluluk ve etik kurul onayı gerektirir. *In vitro* çalışmalar ise laboratuvar ortamında canlı organizma kullanılmaksızın yapılan her tür deneysel araştırmalardır. Bu nedenle, gastrointestinal sistemi taklit eden basit *in vitro* sindirim modelleri *in vivo* deneylere alternatif olarak önerilmiştir. Sindirim sisteminin karmaşıklığını tam olarak yansıtmak için çeşitli sınırlamaları olmasına rağmen, *in vitro* modeller bilimsel çalışmalarda giderek daha fazla kullanılmaktadır (Carbonell-Capella ve ark., 2014). Bohn ve ark., (2017), gıda sindiriminde *in vitro* ve *in vivo* veriler arasındaki korelasyonu araştırdıkları derlemelerinde, ana sonuç olarak, *in vitro* modellerin basitliğine rağmen, *in vivo* sindirimin sonuçlarını tahmin etmede sıklıkla yararlı olduklarını gösterdiğini belirtmişlerdir. Guo ve ark., (2017), yabani iğde meyvesinin (sea buckthorn berry) fenolik profil, antioksidan aktivite, antiproliferatif aktivite ve biyoerişilebilirliğini *in vitro* metod kullanarak araştırmış ve kimyasal ekstrakt ile karşılaştırıldığında sindirim içeriğinde daha düşük fenolik içerik ve daha zayıf ekstrasellüler antioksidan kapasite tespit etmişlerdir. Jiao ve ark., (2018), *in vitro* gastrointestinal sindirim sistemi simülasyonunun yabanmersini polifenollerinin stabilitesi ve antioksidan aktivitesi üzerine etkilerini inceledikleri

çalışmalarında, fenolik bileşiklerin, gastrik ortam altında nispeten stabil iken, polifenoller ve antosiyaninlerin bağırsak ortamında kararsız olduğunu, polifenolik profilin ve antioksidan aktivitenin değiştiğini rapor etmişlerdir. Literatüre bakıldığında, *in vitro* gastrointestinal sindirim simülasyonu ile birlikte böğürtlen, yabanmersini, çilek, ahududu, dut, nar, üzüm (Şengül, 2013; Marhuenda ve ark., 2016; Olivas-Aguirre, 2017), üzüm (Tagliazucchi ve ark., 2010; Chen ve ark., 2014; Olivas-Aguirre, 2017); mürver meyvesi (*Sambucus lanceolata*) (Pinto ve ark., 2017), maqui berry meyvesi (*Aristotelia chilensis*) (Molina) Stuntz (Lucas-Gonzalez ve ark., 2016), muz (Bhatt ve Patel, 2015), çakal eriği (*Prunus spinosa* L.) (Pinacho ve ark., 2015), yabani iğde (*Hippophaë rhamnoides* L.) (Guo ve ark., 2017), juçara meyvesi (*Euterpe edulis* Martius) (Schulz ve ark., 2017), portakal, mandalina (de Ancos ve ark., 2017), elma (Bouayed ve ark., 2011; Peng ve ark., 2016) gibi meyvelerde polifenolik profil, antioksidan kapasite, antosiyanin miktarının belirlendiği pek çok sayıda çalışmanın olduğu görülmektedir. Chen ve ark., (2014) tarafından, yukarıda ismi geçenlerin dışında, kavun, karpuz, domates, durian meyvesi, liçi meyvesi, malta eriği, şeftali, armut, erik gibi 33 farklı meyvenin sindirim öncesi, *in vitro* sindirim sonrası (gastrik, bağırsak) toplam fenolik bileşen ve antioksidan kapasiteleri (DPPH, FRAP, ABTS) belirlenmiştir.

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde, polifenolik ve antioksidan bileşenlerin biyoerişilebilirliklerinin; gıdanın türü, gıda ürününün varyetesi, gıda matrisi, gıdada bulunan polifenollerin yapısı, konsantrasyonu, gıdanın birlikte tüketildiği gıdalardaki mevcut diğer bileşenler ile bu biyoaktif maddelerin etkileşimleri, intestinal ve sistemik faktörler, *in vitro* sindirim çalışmalarındaki yaklaşımlar, gıdanın işlenmesiyle ilgili faktörler gibi pek çok faktöre bağlı olarak değişkenlik gösterdiği rapor edilmiştir (D'Archivio ve ark., 2007; Şengül, 2013; Carbonell-Capella ve ark., 2014; Ribas-Agusti ve ark., 2017). Ribas-Agusti ve ark., (2017) gıda işleme yöntemlerinin bitkisel gıdaların fenolik bileşenlerinin biyoerişilebilirlik veya biyoyararlılıkları üzerine etkilerini derledikleri çalışmalarında, vurgulu elektrik alan (PEF), yüksek basınç (HPP) gibi ısı işlem içermeyen işlemlerin, kızartma, kavurma, haşlama, pişirme, pastörizasyon, kurutma gibi ısı işlemi içeren işlemlerin, enkasülasyon işleminin, enzimatik uygulamaların, öğütme, parçalama gibi mekanik işlemlerin, fenolik bileşiklerin biyoerişilebilirlik veya biyoyararlılıklarında değişimlere neden

olduğunu rapor etmişlerdir. Horasan Sağbasan, (2015) Türkiye'ye özgü bazı kuru meyvelerin (siyah üzüm, mor erik, kıvılcık ve yaban mersini) fenolik bileşenlerini tayin etmiş ve bu bileşenlerin biyoerişilebilirlik düzeylerini *in vitro* sindirim yöntemiyle belirlemiştir. Çalışma sonucunda yaban mersini haricinde kuru meyvelerin sindirim sonrasındaki fenol değerlerinin başlangıç değerlerinden daha düşük olduğu, benzer şekilde monomerik antosiyanin miktarlarının sindirim sonrasında stabiliteğini koruyamadığı ve önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir.

Bunun yanında, genel olarak kuru meyvelerde bulunan fenolik bileşen ve antioksidan bileşenlerin sindirim sonrası stabilitesini korumakta olduğu, ancak stabilitenin örnekten örneğe ve kullanılan farklı yöntemlere göre değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. Kamiloglu ve ark., (2014) kurutulmuş domatesin toplam likopen, fenolik, flavonoid ve antioksidan kapasite değerlerini tespit etmiş ve bu bileşenlerin biyoyararlılık düzeylerini *in vitro* gastrointestinal sindirim modeli kullanarak belirlemiştir. Bu çalışmanın sonuçları kurutulmuş domatesin biyolojik olarak yararlanılabilir likopen, toplam fenolik madde, toplam flavonoid içeriğinin daha yüksek olduğunu göstermiştir. Zhao ve ark., (2017) *Rhodomyrtus tomentosa* meyvelerini 3 farklı kurutma yöntemi (sıcak hava kurutma, mikrodalga kurutma, sıcak-hava mikrodalga kurutma) kullanarak kurutmuş ve elde edilen örneklerde fenoliklerin biyoyararlılığı *in vitro* gastrointestinal sindirim metodu kullanılarak belirlenmiş ve sıcak havada kurutulmuş örneklerde en yüksek bulunmuştur. Literatüre bakıldığında oldukça yaygın olarak kullanılmakta olan kurutma işleminin gıdaların fenolik bileşiklerinin biyoerişilebilirliği üzerine etkilerinin incelendiği çok sınırlı sayıda çalışma olduğu görülmektedir.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1 Materyal

Araştırmada kullanılmak üzere yerel marketlerden temin edilen kivi meyveleri (*Actinidia deliciosa*) bir sonraki kullanıma kadar buzdolabında ( $4\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ) muhafaza edilmiştir. Analitik sınıf Potasyum Klorür (KCl), Sodyum Klorür (NaCl), Potasyum Nitrat ( $\text{KNO}_3$ ) Sigma Aldrich'ten (St. Louis, ABD), Magnezyum Nitrat ( $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ), Lityum Klorür (LiCl) Merck'ten (Darmstadt, Almanya), Magnezyum Klorür ( $\text{MgCl}_2$ ), Potasyum Karbonat ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ), Sodyum Nitrit ( $\text{NaNO}_2$ ) Kimetsan'dan (Ankara, Türkiye) temin edilmiş ve doymuş tuz çözeltilerinin hazırlanması için kullanılmıştır. Toplam fenolik madde için, Sodyum Hidroksit (NaOH), Sodyum Karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), Sodyum Potasyum Tartarat ( $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ ), Bakır II Sülfat ( $\text{CuSO}_4$ ), Gallik asit kimyasalları Merck'ten, Folin-Ciocalteu Fenol reaktifi Sigma Aldrich'ten temin edilmiştir. Ekstrakte ve hidroliz örnek hazırlamak için kullanılan kimyasallar ve standartlar ise (Hidroklorik asit (HCl), Metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) ve Sülfirik asit ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )) Sigma Aldrich'ten temin edilmiştir. *In vitro* gastorintestinal sindirim çalışmasını gerçekleştirmek için; pepsin (Fisher chemical), Sodyum Bikarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ) (AnalaR Normapur), Bile (Biolife), Pankreatin, Sodyum Klorür (NaCl) ve Potasyum Klorür (KCl) Merck'ten temin edilmiştir.

#### 3.2 Yöntem

##### 3.2.1 Kurutma İşlemi

Kivi meyveleri (*A. deliciosa*) el yapımı bir dilimleyici aparat ile 5 mm kalınlıkta dilimlenmiş ve yine el yapımı dairesel bir kalıp yardımıyla 50 mm çapında kesilmiştir. Belli boyutlarda dilimlenen kivi meyvelerinin kurutulmasında geleneksel sıcak havada kurutma, vakum kurutma ve dondurarak kurutma olmak üzere 3 farklı kurutma yöntemi kullanılmıştır. Kurutma işlemi, ürünün son nemi %10 yaş baz (y.b.) değerine ulaşıncaya kadar sürdürülmüştür (Movagharnejad ve Pouya, 2017). Örneklerin optimum kurutma süresi yapılan ön denemeler ile belirlendikten sonra, her koşul için 3 tekerrür çalışılmıştır.

##### 3.2.1.1 Sıcak Hava ile Kurutma

Sıcak havada kurutma işlemi,  $60^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta laboratuvar ölçekli bir fırında (Memmert, Almanya) gerçekleştirilmiştir.



### 3.2.1.2 Vakum Kurutma

Vakum kurutma işlemi, 60°C sıcaklık ve 100 mbar basınç altında vakum kurutucuda (Memmert VO 500, Almanya) gerçekleştirilmiştir.

### 3.2.1.3 Dondurarak Kurutma

Dondurarak kurutma işlemi, -50°C'de ve 0.1 mbar vakum basıncında laboratuvar ölçekli bir liyofilizatör (FreeZone 2.5L 7670530, Labconco) kullanarak gerçekleştirilmiştir.

### 3.2.2 Nem Miktarı

Nem miktarı, örneklerin önceden ısıtılmış 70°C' deki vakum etüvde (100 mm Hg) sabit ağırlığa ulaşınca kadar tutulmasıyla oluşan ağırlık kaybına göre hesaplanmıştır (AOAC, 1980).

$$\% \text{ Nem miktarı} = \frac{m - k}{k} \times 100 \quad (3.1)$$

m : Örneğin başlangıçtaki ağırlığı, g

k : Örneğin kuru ağırlığı, g

### 3.2.3 Suda Çözülebilir Kuru Madde (SÇKM) Miktarı

Örneklerin suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) miktarı el refraktometresi (A. Krüss Optronic, Almanya) vasıtasıyla % olarak belirlenmiştir (Cingey, 2018). Kivi örnekleri bir öğütücüde (Premier PRG 259, Türkiye) parçalanmıştır. Öğütülmüş kivi örnekleri meyve: su oranı 1:4 (a/a) olacak şekilde distile su ilave edilerek vortex (IsoLab, MX) işleminden geçirilmiştir. Ardından ultrasantrifüjde (IsoLab, D2012 Plus Green) 4°C'de 10.000xg'de 5 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüjden çıkarılan örneklerin berrak sıvısından refraktometreye damlatılmış ve okuma gerçekleştirilmiştir. %SÇKM değeri eşitlik 3.2'de gösterildiği gibi hesaplanmıştır (Yaşa, 2016).

$$\% \text{Suda çözünebilir kuru madde (SÇKM)} = \frac{B \times V}{M} \quad (3.2)$$

B: Seyreltilmiş örnekte saptanmış Brix derecesi

V: Örneğin seyreltildiği hacim, ml

M: Örnek ağırlığı, g

### 3.2.4 Titre Edilebilir Asitlik (TEA) Miktarı

Titre edilebilir asit miktarı (TEA) pH metre takibi ile titrasyon yöntemine göre belirlenmiştir. 4 gr örnek 40 ml distile su içerisinde ultra-trax ile (WiseTis HG-15D, Kore) homojenize edilmiş ve ardından kaba filtre kağıdından geçirilerek süzülmüştür. Daha sonra pH 8.1 değerine kadar 0.1N NaOH ile titre edilmiş ve harcanan NaOH miktarından (ml), % titre edilebilir asit (TEA) miktarı bulunmuştur. (Marsh ve ark., 2004; Marsh ve ark., 2011).

$$\% \text{ Titre edilebilir asitlik (Sitrik asit cinsinden)} = \frac{V_x F_x N_x E}{m} \times 100 \quad (3.3)$$

V: Titrasyonda harcanan NaOH çözelti miktarı, ml

F: NaOH çözeltisinin faktörü

N: NaOH çözeltisinin normalitesi

E: Sitrik asitin egiivalent değeri (0,064)

m: Örnek miktarı, ml

### 3.2.5 pH Tayini

Örneklerin pH değeri, pH metrenin (Ohaus starter 3100, USA) titre edilebilir asitlik (TEA) tayini için homojen hale getirilen meyve sıvısına daldırılması ve değer sabitlenince okuma yapılması ile bulunmuştur (Kubal, 2016).

### 3.2.6 Kül Miktarı

Öğütülen (Premier PRG 259, Türkiye) kivi örnekleri ile kivi örneklerinin konulacağı krozeler 1 gece 110°C etüvde bekletilmiş ve ardından desikatöre alınmıştır. Daraları alınan krozelere kivi örneklerinden 1 g konulmuş ve tartım yapılmıştır. Daha sonra örneklerin üzerine birkaç damla %67'lik etil alkol (EtOH) damlatılmış ve 350°C ye ayarlanan kül fırınında ön yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Alev alan örnekler kül fırınının kapağı açılarak sönmeye beklenmiştir. Daha sonra kapak kapatılıp fırın 520°C'ye ayarlanarak örnekler gri-beyaz renk oluncaya kadar yakma işlemi uygulanmıştır. Yanma işlemi sonucunda krozeler desikatöre alınarak oda sıcaklığına gelene kadar bekletilmiş ve tartım yapılmıştır.

$$\% \text{Kül} = \frac{(M_2 - M_1)}{m} \times 100 \quad (3.4)$$

$M_2$ : Yakmadan sonraki kroze+ kül ağırlığı, g

$M_1$ : Sabit tartıma getirilen krozenin ağırlığı, g

m: Alınan örnek ağırlığı, g

### 3.2.7 Renk Tayini

Kivi meyvelerinin, taze olarak ve kurutma sonrasında L\* (açıklık-koyuluk), +a\* (kırmızılık-yeşillik), +b\* (sarılık-mavilik) renk değerleri enstrümantal renk tayini cihazı (Minolta CR-400, Osaka, Japan) ile tespit edilmiştir. Okuma aynı bölgeden 3 farklı okumanın ortalaması olarak alınır. Renk ölçümleri beş tekrar halinde gerçekleştirilmiştir.

Örneklerin kroma ve hue açısı (McLellan ve ark., 1994) değerleri aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır.

$$\text{Hue} = \arctan (b^*/a^*), \quad a^*, b^* > 0 \quad (3.5)$$

$$\text{Hue} = \arctan (b^*/a^*) + 180, \quad a^* < 0 \text{ ve } b^* > 0 \quad (3.6)$$

$$\text{Kroma} = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (3.7)$$

### 3.2.8 *In vitro* Fenolik Madde Biyoerişilebilirliği

Örneklerin içeriğindeki ekstrakte edilebilir fenolik bileşiklerin eldesi için 2.0 gr örnek, 20 ml HCl/methanol/su (1:80:10 v/v) çözgeni ile karıştırılarak, 250 rpm de 20°C'de 2 saat süre ile bir çalkalayıcıda bekletildikten sonra 4°C'de, 3500 rpm'de 10 dk süre ile santrifüj edilmiştir (Sahan ve ark., 2017).

Hidrolize olabilen fenolikler için, ekstrakte edilebilir fenoliklerin ekstraksiyonundan sonra kalan kalıntı, 20 ml methanol/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (10:1) eklenerek su banyosunda 85°C'de 20 saat süre ile bekletilmiş, daha sonra oda sıcaklığına soğutulularak, 3500 rpm'de 4°C'de 10 dakika süre ile santrifüj edilmiştir (Sahan ve ark., 2017).

Biyolojik olarak kullanılabilir fenoliklerin belirlenebilmesi için gastrointestinal sistemdeki koşulların taklit edileceği bir *in vitro* sindirim metodu kullanılmıştır (Sahan ve ark., 2017). *In vitro* sindirim analizleri; mide sindirimi ve bağırsak sindirimi olmak üzere 2 aşama şeklinde yapılmıştır. Fenolik bileşenlerin sindirim sonrası kararlılıkları bağırsak sindirimi sonrası baz alınarak, örneklerde biyolojik olarak kullanılabilir fenolikler, toplam fenolik madde yüzdesi olarak belirlenmiştir. Toplam fenolik içeriğin biyoerişilebilirliği (%), *in vitro* sindirim ekstraktlarındaki toplam fenolik maddelerin toplamının, toplam fenolik maddeye (ekstrakte edilebilen ve hidrolize olabilen ekstrakt) oranından hesaplanmıştır (Anson ve ark., 2009).

Örneklerin toplam fenolik madde miktarları Folin-Ciocalteu kolorimetrik metodunun modifiye edilmiş şekli (Apak ve ark., 2008) kullanılarak tespit edilmiştir. Toplam fenol miktarının hesaplanabilmesi için 10-100 ppm konsantrasyon aralığında gallik asit kullanılarak kalibrasyon eğrisi elde edilmiştir. Sonuçlar gallik asit cinsinden (g GAE /100 g kuru ağırlık) hesaplanmıştır.

### 3.2.9 Adsorpsiyon İzotermlerinin Belirlenmesi

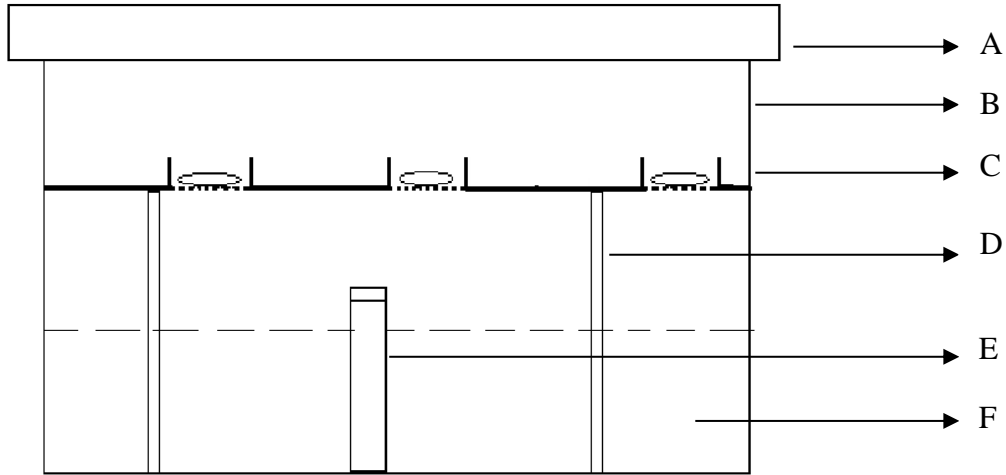
Kurutulmuş kivi örneklerinin denge nem oranları, sabit sıcaklıkta (25, 35 ve 45°C), farklı sabit su aktivitesine sahip ortamlarda COST-90 Projesi kapsamında Wolf ve ark., (1985) tarafından önerilen gravimetrik yöntemle göre belirlenmiştir. Örnek çevresinde 0.11-0.90 su aktivitesi ( $a_w$ ) aralığını sağlamak için doymuş tuz çözeltilerinden yararlanılmıştır. Çizelge 3.1’de kullanılan doymuş tuz çözeltilerinin farklı sıcaklıklardaki denge bağıl nem (%) değerleri ve bu çözeltileri hazırlamak için gerekli tuz ve su miktarları verilmiştir.

**Çizelge 3.1** Doymuş tuz çözeltilerinin farklı sıcaklıklardaki % denge bağıl nem değerleri ve bu çözeltileri hazırlamak için gerekli tuz ve su miktarları (Greenspan, 1977; Labuza ve ark., 1985; Young, 1967)

Tuz	Tuz Çözeltisi		%Denge Bağıl Nem		
	Tuz miktarı (g)	Su miktarı (ml)	25°C	35°C	45°C
Lityum Klorür (LiCl)	200	200	11.30	11.25	11.16
Magnezyum Klorür (MgCl <sub>2</sub> )	150	200	32.78	32.05	31.10
Potasyum Karbonat (K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	275	200	44.30	43.60	42.90
Magnezyum Nitrat (Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> )	355	70	52.89	49.91	46.93
Sodyum Nitrit (NaNO <sub>2</sub> )	250	200	64.40	62.20	60.50
Sodyum Klorür (NaCl)	100	200	75.29	74.87	74.52
Potasyum Klorür (KCl)	100	200	84.34	82.95	81.74
Potasyum Nitrat (KNO <sub>3</sub> )	250	200	93.58	90.79	87.03

Hazırlanan doymuş tuz çözeltilerinden kapaklı kavanozlara 1/3 oranında konularak 1 hafta kadar boyunca günde bir kez karıştırılarak uygun denge nem ortamı oluşması sağlanmıştır. Kurutulmuş olan kivi meyveleri, gıdanın tamamını temsil edecek özellikte olması için, tek parça halinde, kavanoz içerisine yerleştirilmiş ayak üzerine

delikli alüminyum kap içerisine yerleştirilmiştir (Şekil 3.1) (Tatar ve ark., 2014; Yogendrarajah ve ark., 2015) (EK 14). Denge bağıl nemi %60 değerinden yüksek ortamlara, küf gelişimini engellemek amacıyla içerisinde toluen (3 ml) bulunan cam tüpler yerleştirilmiştir (Tatar ve ark., 2014; Yogendrarajah ve ark., 2015). Daha sonra kavanozlar sıkıca kapatılarak 25, 35 ve 45°C’de örneklerin denge nemine erişmesi beklenmiştir. Denge nemine ulaşması yaklaşık 2 ay kadar sürmüştür. Bu süre içerisinde örnekler periyodik olarak tartılmıştır. Tartım işlemine, son üç tartım arasındaki fark %1’den düşük oluncaya kadar devam edilmiştir. Adsorpsiyon işlemi sonunda her bir örneğin denge nem içeriği 70°C’ deki vakum etüvde (100 mm Hg) sabit ağırlığa ulaşuncaya kadar tutulmasıyla oluşan ağırlık kaybına göre hesaplanmıştır. Çalışmada kullanılan ölçümler 2 tekerrür olacak şekilde çalışılmıştır.



**Şekil 3.1** Adsorpsiyon izotermelerinin belirlenmesinde kullanılan denge sistemi şematik diyagramı. A)Kapak B)Cam kavanoz C)Delikli alüminyum kap içerisinde bulunan kivi örneği D)Ayak E)Toluen içeren cam tüp F)Tuz çözeltisi

### 3.2.10 Adsorpsiyon İzotermelerinin Modellenmesi

Adsorpsiyon izotermeleri 25, 35 ve 45°C sıcaklıklar için, gıdanın denge nem içeriğinin su aktivitesine karşı çizilmesi ile elde edilmiştir. Elde edilen deneysel verilerin Çizelge 3.2’de verilen 6 ayrı modele uyumu incelenmiştir.

**Çizelge 3.2** Kurutulmuş kivi meyvesinin adsorpsiyon izotermelerini modellemek için kullanılan eşitlikler

Model adı	Eşitlik	Referans
GAB Modeli	$M = \frac{M_0 \times K \times C \times a_w}{(1 - K \times a_w) \times [1 + (C - 1) \times K \times a_w]}$	Al-Muhtaseb ve ark. (2002)
BET Modeli	$M = \frac{M_0 \times C \times a_w}{(1 - a_w) \times [1 + C \times a_w - a_w]}$	Kaymak-Ertekin ve Gedik (2004)
Oswin Modeli	$M = C \times \left(\frac{a_w}{1 - a_w}\right)^n$	Andrade ve ark. (2011)
Halsey Modeli	$M = \left(\frac{-C}{\ln a_w}\right)^{\frac{1}{n}}$	Andrade ve ark. (2011)
Henderson Modeli	$M = \left(\frac{-\ln(1 - a_w)}{C}\right)^{\frac{1}{n}}$	Andrade ve ark. (2011)
Peleg Modeli	$M = C_1 a_w^{C_3} + C_2 a_w^{C_4}$	Andrade ve ark. (2011)

M: Denge bağıl nemi (g H<sub>2</sub>O/ g kuru madde), a<sub>w</sub>: Su aktivitesi, M<sub>0</sub>: Tek tabaka nem içeriği, K,C,n: Denklem sabitleri

Modellere ait model sabitlerinin hesaplanması doğrusal olmayan regresyon analizi ile, MATLAB yazılımı (R2018b, Mathwork, Inc., MA, ABD) kullanılarak yapılmıştır. Seçilen modellerin uyum doğruluğunu değerlendirmek için, istatistiksel parametreler, regresyon katsayısı (R<sup>2</sup>), hata karelerinin toplamı (SSE), hata karelerinin ortalama karekökü (RMSE) ve yüzde bağıl ortalama sapma değeri (%P) aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır.

$$SSE = \sum_{i=1}^N (M_{\text{exp},i} - M_{\text{pred},i})^2 \quad (3.8)$$

$$R^2 = 1 - \left[ \frac{\sum_{i=1}^N (M_{\text{exp},i} - M_{\text{pred},i})^2}{\sum_{i=1}^N (M_{\text{exp},i} - M_{\text{mean}})^2} \right] \quad (3.9)$$

$$\text{RMSE} = \left[ \frac{\text{SSE}}{v} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{burada } v = N - m \quad (3.10)$$

$$P(\%) = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|M_{\text{exp},i} - M_{\text{pred},i}|}{(M_{\text{exp},i})} \quad (3.11)$$

Burada N, deneysel veri sayısıdır, m, her bir denklemde bulunan model katsayıların sayısıdır,  $M_{\text{mean}}$ , deneysel M değerlerinin ortalamasıdır,  $M_{\text{exp},i}$  ve  $M_{\text{pred},i}$ , sırasıyla deneysel ve tahmini denge nem içeriği değerleridir.

Literatürde, BET modelinin 0.5  $a_w$  değeri altında uygulanabileceği, daha yüksek su aktivite değerlerinde bu eşitliğin kullanımının uygun olmadığı bildirilmiştir (Brunauer ve ark., 1938; Iglesias ve Chirife, 1976). Bu nedenle elde edilen deneysel verilerin BET modeline uyumunun incelenmesi için 0.11-0.52  $a_w$  aralığındaki veriler kullanılmıştır. Diğer modeller için tüm veriler kullanılmıştır.

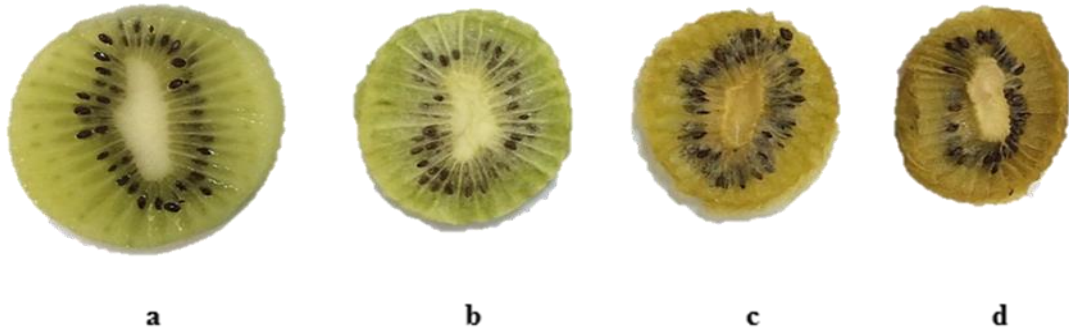
### 3.2.11 İstatistiksel Analizler

Analizlerden elde edilen sonuçlar Minitab 17 istatistik paket programı kullanılarak istatistiki değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Tek yönlü ve iki yönlü varyans analiz tekniği ile (ANOVA) grup ortalamaları arasındaki farklar belirlenmiştir. Önemli bulunan ana varyasyon kaynaklarının ortalamaları Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi'yle karşılaştırılmıştır ( $p \leq 0.05$ ).

## 4.BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1 Nem Miktarı

Kurutulmuş gıdalarda % nem miktarı değeri kurutma işleminin tam yapılıp yapılmadığı hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Yapmış olduğumuz bu tez çalışmasında belli boyutlarda dilimlenen kivi meyvelerinin sıcak hava ile kurutma, vakum kurutma ve dondurarak kurutma olmak üzere 3 farklı kurutma yöntemi kullanılarak kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.1). Taze kivi meyvesine ait ortalama nem değeri  $80.62 \pm 0.59$  (y.b.) olarak belirlenmiştir. Literatüre bakıldığında farklı türde taze kivi meyvesine ait nem değerlerinin  $83.90$  (y.b.) (Ergün, 2012),  $80.42$  (Zolfaghari ve ark, 2010),  $82.38$  (y.b.) (Movagharnejad ve Pouya, 2017),  $84.45$  (y.b.) (Karacaoğlu ve ark., 2016),  $86.25$  (y.b.) (Darıcı ve Şen, 2012),  $85 \pm 0.02$  (y.b.) (Öztürk, 2014),  $75.93 \pm 0.2$  (y.b.) (Polatçı ve ark., 2017),  $81$  (y.b.) (Kaya ve ark., 2010) olarak tespit edildiği görülmektedir. Kivi dilimlerinin sıcak hava kurutma, vakum kurutma ve dondurarak kurutma yöntemleri ile  $10$  (y.b.) nem değerine kurutulması sırası ile 720, 745 ve 1478 dakika sürmüştür.



**Şekil 4.1** Kurutma işlemi uygulaması yapılmış ve yapılmamış kivi görüntüleri.  
a)Taze kivi b)Dondurarak kurutma c)Vakum kurutma d)Sıcak hava ile kurutma

### 4.2 Suda Çözünür Kuru Madde (SÇKM) Miktarı

Kivi meyvesinin hasat zamanının belirlenmesinde standart uygulama meyvenin suda çözünür kuru madde (SÇKM) değerine bakılmasıdır. Kivi meyvesinin hasat döneminde yüksek olan nişasta miktarının olgunlaşmayla birlikte hızla hidrolize olarak şekere dönüşmekte ve bu nedenle hasat döneminde SÇKM değerinde artış olmaktadır (Mitchell, 1988). İyi bir meyve kalitesi için, kivi meyvesinin SÇKM değerinin  $6.5-7.0^{\circ}$ Briks aralığında olduğunda hasat edilmesi önerilmektedir (Tavarini



ve ark., 2008; Ghasemnezhad ve ark., 2013). Bununla ilgili literatürde birçok çalışmaya rastlanmaktadır. Cangı ve Karadeniz., (1999) Ordu'da değişik rakımlarda (0-900 m) yetiştirilen Hayward (*A. deliciosa*) kivi çeşidinin hasat olum döneminde SÇKM değerlerinin %7.55–11.03, yeme olum döneminde ise %14.10–17.03 olduğunu saptamışlardır. Altuntaş ve ark., (2009) Hayward kivi çeşidinin SÇKM değerlerini hasat ve yeme olumu dönemlerinde %7.43-14.7 olarak saptamışlardır. Bostan ve Günay, (2014), Ordu ekolojisinde yetiştirilen hasat olum dönemindeki Hayward kivi çeşidinin farklı rakım ve yöreye göre SÇKM değerlerinin %12.70 ile %13.83 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Yılmaz, (2016) Giresun koşullarında yetiştirilen Hayward kivi çeşidinin SÇKM değerinin %2.944 ile %13.306 aralığında olduğunu tespit etmiştir.

Çizelge 4.1'de taze ve kurutulmuş kivi meyvelerine ait suda çözünür kuru madde değerleri verilmiştir. Bu çalışmada kullanılan kivi meyvesinin ortalama SÇKM değeri 7.40 olarak ölçülmüştür. Kurutma işlemi ile kivi meyvesinin SÇKM değerinin önemli derecede arttığı görülmektedir. Bu durum kivi meyvesinin kurutulmasıyla bünyesindeki su miktarının azalması ile ilişkili olarak çözünen madde konsantrasyonunun yükselmesi şeklinde açıklanabilir. Kurutma işlemi uygulanmış kivi dilimleri arasında SÇKM miktarı kıyaslandığında istatistiksel olarak benzer olduğu belirlenmiştir (EK 1). Literatüre bakıldığında, bu çalışmadakine benzer olarak, Çalışkan ve ark., (2015) dondurarak kurutulmuş kivi püresi tozunun SÇKM değerini %51.6 olarak tespit etmiştir. Polatçı ve ark., (2017) ilk nem seviyesi %75.93±0.2 (y.b.) olan kivi meyve dilimlerini 60, 65 ve 70°C sıcaklıklarda kurutarak nem değerini %10-13 (y.b.) seviyesine kadar düşürdükleri çalışmalarında, taze ve kurutulmuş (60, 65, 70°C) kivilere ait SÇKM değerlerini sırasıyla %7.34, %44.00, %54.67 ve %82.00 olarak belirlemişlerdir.

**Çizelge 4.1** Kivi meyvelerine ait suda çözünür kuru madde değerleri

<b>Örnek</b>	<b>Ortalamalar ± Standart sapma</b>
Taze kivi	7.40 <sup>b</sup> ±0.40
Sıcak hava ile kurutulmuş	49.50 <sup>a</sup> ±2.47
Vakum ile kurutulmuş	47.10 <sup>a</sup> ±3.78
Dondurarak kurutulmuş	45.15 <sup>a</sup> ±2.08

Çizelgede  $p < 0.05$ , <sup>a ve b</sup> harfleri ile gösterilen örnekler arasındaki farklar istatistik olarak önemlidir.

### 4.3 Titre Edilebilir Asitlik (TEA) Miktarı

Taze ve kurutulmuş kivi meyvelerine ait titre edilebilir asitlik değerleri Çizelge 4.2'de verilmiştir. Taze kivi meyvesine ait TEA değeri %1.02 sitrik asit/g olarak tespit edilmiştir. Bu değer literatür ile uyum içerisindedir (Kılıç, 1995; Cangi ve Karadeniz, 1999, Uslu, 2006; Altuntaş ve ark., 2009; Bostan ve Günay, 2014; Yılmaz, 2016; Kubal, 2016) TEA değeri kurutma işlemi ile artmıştır. Kurutma işlemi uygulanmış kivi dilimlerinin TEA değerleri %5.30–6.31 arasında tespit edilmiştir. Bu durumu kuru madde artmasına bağlı olarak organik asitin oransal olarak yükselmesi şeklinde açıklamak mümkündür. Literatüre bakıldığında, Polatçı ve ark., (2017) bu çalışmadakine benzer şekilde, taze ve kurutulmuş (60, 65, 70°C) kivilere ait TEA değerlerini sırasıyla %1.80, %4.52, %6.00 ve %8.12 olarak belirlemişlerdir. Vakum ile kurutulmuş örneklerin asitlik değeri, diğer yöntemler ile kurutulmuş örnekler ile istatistiki olarak benzer bulunmuştur ( $p>0.05$ ). Dondurarak kurutulmuş örneğin asitlik değeri ise sıcak hava ile kurutulmuş örnekten daha yüksek bulunmuştur (EK2).

**Çizelge 4.2** Kivi meyvelerine ait titre edilebilir asitlik değerleri

Örnek	Ortalamalar $\pm$ Standart sapma
Taze kivi	1.02 <sup>*c</sup> $\pm$ 0.08
Sıcak hava ile kurutulmuş	5.30 <sup>*b</sup> $\pm$ 0.32
Vakum ile kurutulmuş	5.83 <sup>*ab</sup> $\pm$ 0.62
Dondurarak kurutulmuş	6.31 <sup>*a</sup> $\pm$ 0.30

Çizelgede  $p<0.05$ , <sup>a,b,c</sup> ve <sup>ab</sup> harfleri ile gösterilen örnekler arasındaki farklar istatistik olarak önemlidir.

\* Kuru madde üzerinden hesaplanmıştır.

### 4.4 pH Tayini

Taze kivi meyvesine ait pH değeri 3.18 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Farklı araştırmacılar kivi meyvesinin pH değerini araştırmışlar ve birbirine yakın sonuçlar elde etmişlerdir. Cingey, (2018) kivi meyvesinin pH değerini 3.23 ile 3.88 arasında bulmuştur. Kubal, (2016) Hayward tipi taze kivilinin pH değerini 3.317 ile 3.460 arasında tespit etmiştir. Kurutma işlemi ile birlikte pH değerinde bir miktar artış söz konusu olsa da istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ) (EK 3). Kurutma işlemi, kivi meyvesinin yapısında bulunan bazı asitlerde (sitrik, glukonik, galakturonik, oksalik, süksinik, fumarik, okzaloasetik, p-kumarik asit gibi) kayba

neden olmakta ve dolayısıyla pH artmasına sebep olabilmektedir. Daha önce yapılmış çalışmalar ile yapmış olduğumuz tez çalışmasındaki değerler arasında paralellik gözlenmektedir. Ergün, (2012) taze kivinin pH değerini 3.16 olarak, dondurarak kurutulmuş kivi püresi tozunun pH değerini ise 3.60 olarak bulmuştur. Polatçı ve ark., (2017) taze ve kurutulmuş (60, 65, 70°C) kivilere ait pH değerlerini sırasıyla %3.18, %3.71, %3.55 ve %3.44 olarak tespit etmişlerdir.

**Çizelge 4.3** Kivi meyvelerine ait pH değerleri

Örnek	Ortalamalar ± Standart sapma
Taze kivi	3.18 <sup>a</sup> ±0.11
Sıcak hava ile kurutulmuş	3.36 <sup>a</sup> ±0.11
Vakum ile kurutulmuş	3.36 <sup>a</sup> ±0.10
Dondurarak kurutulmuş	3.33 <sup>a</sup> ±0.06

Çizelgede  $p>0.05$ , örnekler arasındaki farklar istatistik olarak önemli değildir.

#### 4.5 Kül Miktarı

Yaş kivi meyvesinin ortalama kül değeri %0.874 (y.b.) olarak bulunmuştur. Elde edilen bu değer literatür ile uyumludur. Literatürde Hayward tipi taze kivi meyvesine ait kül değerleri %0.7-1.0 (Ferguson, 1984), 0.89 g/100 g (Fourie ve Hansmann, 1992), 0.71 g/100 g (Çelik ve ark., 2007), %0.71 (Zolfaghari ve ark., 2010) ve %0.871 (Kubal, 2016) olarak bulunmuştur. Aşağıdaki tabloda taze ve kurutulmuş kivi örneklerinin kuru bazda verilen kül değerleri görülmektedir. Elde edilen değerlere bakıldığında, örneklerin kül değerleri arasında istatistiki olarak fark olmadığı ( $p>0.05$ ) gözlenmiştir (Çizelge 4.4) (EK 4).

**Çizelge 4.4** Kivi meyvelerine ait kül değerleri

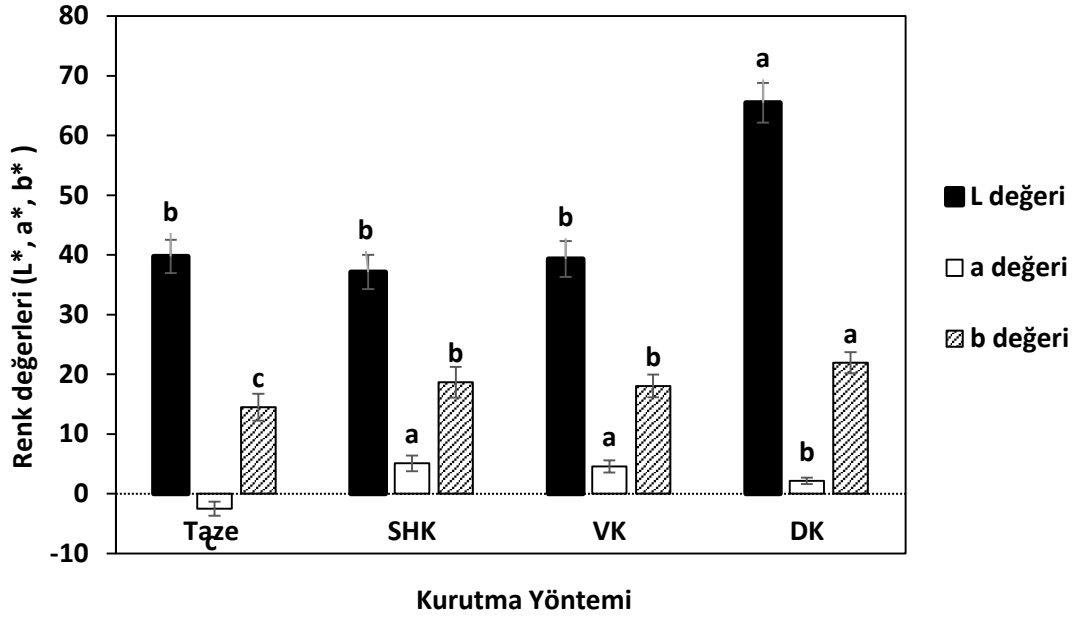
Örnek	Ortalamalar ± Standart sapma
Taze kivi	4.51 <sup>a</sup> ±0.77
Sıcak hava ile kurutulmuş	4.84 <sup>a</sup> ±0.49
Vakum ile kurutulmuş	4.93 <sup>a</sup> ±0.72
Dondurarak kurutulmuş	4.93 <sup>a</sup> ±1.19

Çizelgede  $p>0.05$ , örnekler arasındaki farklar istatistik olarak önemli değildir.

#### 4.6 Renk Değerleri

Meyve ve sebzelere uygulanan kurutma işlemi birçok avantaja sahip olmasına rağmen beraberinde, üründe renk kayıpları veya esmerleşme gibi istenmeyen bazı kimyasal veya fiziksel değişiklikleri de beraberinde getirmektedir. Yapılan bu çalışma kapsamında taze ve kurutulmuş kivi dilimlerine ait  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değerleri

ölçülmüş ve ölçülen bu değerlerden kroma ve hue açısı değerleri hesaplanmıştır. Kivi örneklerine ait  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  renk değerleri grafiği Şekil 4.2’de verilmiştir.



**Şekil 4.2** Kivi meyvelerine ait  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  renk değerleri grafiği

*SHK: Sıcak hava ile kurutulmuş, VK: Vakum ile kurutulmuş, DK: Dondurarak kurutulmuş*

Parlaklığı ifade eden  $L^*$  değeri incelendiğinde sıcak hava ve vakum ile kurutulmuş örneklerin taze kiviye benzer renk değerine sahip olduğu istatistiki olarak belirlenmiştir ( $p>0.05$ ) (EK 6). Taze kivi meyvesine ait  $L^*$  değeri 39.74 olarak bulunmuştur. Literatürde taze kivi meyvesine ait  $L^*$  değerinin farklı araştırmacılar tarafından, 57.18 (Çelik ve ark., 2007), 42.40 (Ergün ve ark., 2016), 53.50 (Movagharnejad ve Pouya, 2017) olarak tespit edildiği görülmektedir. Kaynaş ve ark. (1992), Hayward kivi meyvelerinde yaptıkları çalışmada hasat edilen meyvelerin depolamayla birlikte  $L^*$  değerinde bir azalmanın olduğunu, iç renkteki parlaklığın kaybolmaya başladığını ve rengin daha mat bir görünüm kazandığını bildirmişlerdir. Uslu, (2006), kivide budamanın meyve kalitesi üzerine etkisini incelediği araştırmasında kısa budamada meyve eti renginde  $L^*$  değerinin yaz budaması uygulamalarında 47.35-54.21 arasında, orta budamada ise 41.11-50.81 arasında değiştiği bildirilmiştir. Yapılmış olan bu çalışmalar, taze kivi meyvesinin  $L^*$  değerlerinde budama, depolama gibi faktörlerden kaynaklanabilecek farklılıklar olabileceğini göstermektedir. Sıcak hava ile kurutulmuş, vakum ile kurutulmuş ve dondurarak kurutulmuş kivilere ait  $L^*$  değerleri sırasıyla 37.13, 39.31, 65.47 olarak

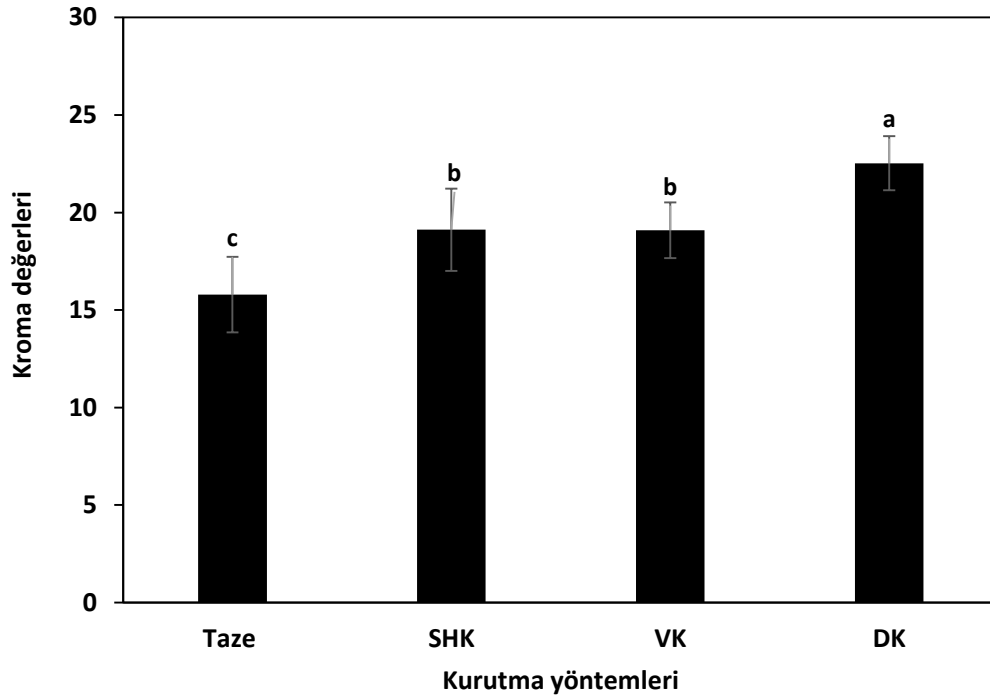
bulunmuştur. Sıcak hava ile kurutulmuş örneğin  $L^*$  değerinin, taze örneğin  $L^*$  değerine göre bir miktar düşük olduğu ancak bu farkın istatistiksel anlamda önemli olmadığı görülmektedir. Dondurarak kurutulmuş örneğin  $L^*$  değerinin diğer kurutulmuş örneklerle kıyasla önemli derecede yüksek olduğu görülmektedir. Bu sonuç literatür ile de uyum içerisindedir. Ergün ve ark., (2016), kivi dilimlerini dondurarak kurutmuşlar ve renk değişimini incelemişlerdir. Taze kivi için kurutma süresi boyunca  $L^*$  değerinin 42.40 değerinden 76.38 değerine kadar artış gösterdiğini tespit etmişlerdir. Movagharnejad ve Pouya, (2017), kivi dilimlerini farklı kurutma yöntemleriyle kurutmuşlar ve kurutma işlemlerinin renk parametreleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Taze kiviye ait  $L^*$  değerinin 53.5'ten, 60°C sıcak havada kurutma sonrası 48.1 değerine düştüğünü, dondurarak kurutma sonrası ise 57.7 değerine yükseldiğini tespit etmişlerdir. Sıcak hava ile kurutulmuş kiviye ait renk değerinin taze kividan daha düşük olmasının nedenini uzun süre sıcaklığa maruz kalmasıyla ortaya çıkan esmerleşme reaksiyonu ile açıklamak mümkündür.

$a^*$  değeri kivi meyvesi için en önemli renk parametrelerinden biridir. Negatif  $a^*$  değeri ürünün yeşilliğini temsil ederken pozitif  $a^*$  değeri ise kırmızılığını temsil etmektedir. Taze kiviye ait  $a^*$  değeri -2.97 olarak belirlenmiştir. Sıcak hava ile kurutulmuş, vakum ile kurutulmuş ve dondurarak kurutulmuş kivilere ait  $a^*$  değerleri sırasıyla 5.10, 4.52, 2.23 olarak bulunmuştur. Taze kivi meyvesine ait  $a^*$  değerinin kurutma işlemi ile birlikte artması, renginin yeşilden kahverengiye dönmeye başladığının bir göstergesi olarak belirtilebilir. Sıcak hava ile kurutulmuş ve vakumda kurutulmuş kivilerin  $a^*$  değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ) (EK 7). Dondurarak kurutulmuş kivi için  $a^*$  değeri ise diğer kurutulmuş örneklerle kıyasla önemli derecede düşüktür. Dondurarak kurutulmuş örneklerde ısı uygulaması olmadığından minimum düzeyde renk esmerleşmesi olduğu bilinmektedir. İzli ve ark., (2016) yapmış oldukları bir çalışmada, kivi dilimlerini konvektif (60, 70 ve 80°C), mikrodalga (120 ve 350 W) ve dondurarak kurutucu ile kurutmuşlardır.  $a^*$  değerini taze kivi için -2.77, konvektif kurutma için 2.79-6.50 aralığında, mikrodalga kurutma için 5.05-5.88 ve dondurarak kurutma için ise -4.36 olarak tespit etmişlerdir.

$b^*$  sarılık – mavilik değeri incelendiğinde taze kiviye ait  $b^*$  değeri 14.50 olarak tespit edilmiştir. Sıcak hava ile kurutulmuş, vakum ile kurutulmuş ve dondurarak

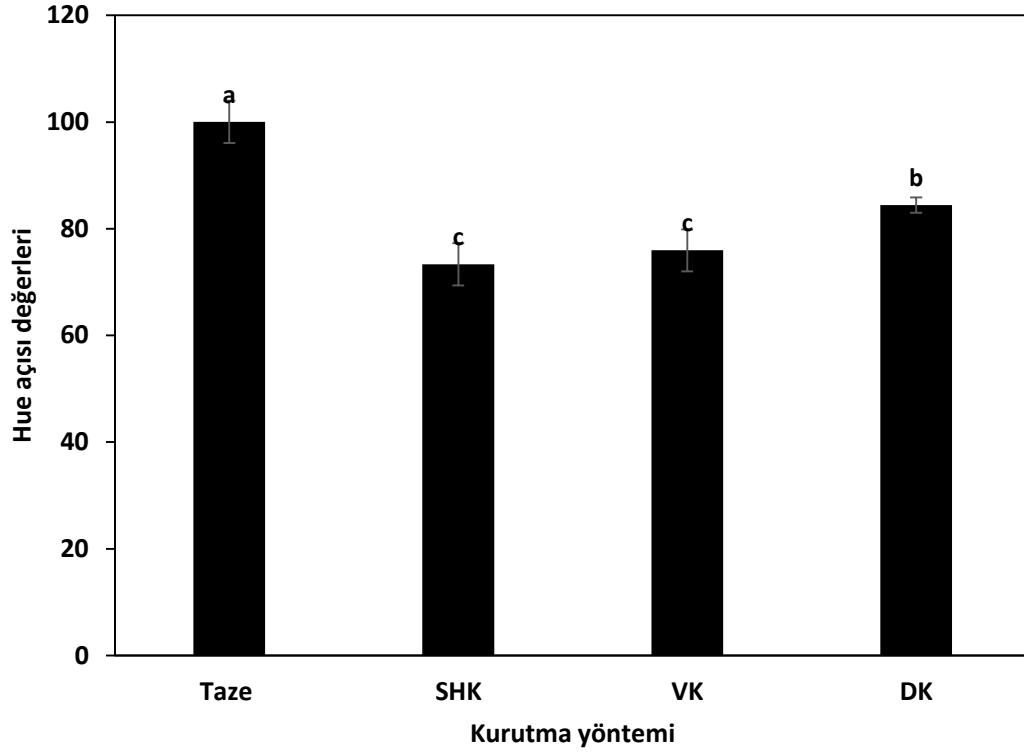
kurutulmuş kivilere ait  $b^*$  değerleri sırasıyla 18.70, 18.04, 21.96 olarak bulunmuştur. Tüm örneklerin  $b^*$  değerlerinde kurutma işlemi ile birlikte artış olduğu görülmektedir ( $p < 0.05$ ). Bu durum, örnekteki klorofilin parçalanması sonucu renkte sararmalar meydana gelmesi sonucu sarı rengindeki belirginleşme ile açıklanabilir. Vakum ile kurutulmuş ve sıcak hava ile kurutulmuş örneklerin benzer  $b^*$  değerlerine sahip olduğu görülmektedir. (EK 8). Polatçı ve ark., (2017), 0.5 cm kalınlığında dilimlenmiş olan taze kivi için  $b^*$  değerinin 6.49'dan 60°C sıcak havada kurutma sonrası 9.12 değerine yükseldiğini tespit etmişlerdir.

Kroma değeri, ölçülen  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri kullanılarak hesaplanmakta ve ürünlerin renginin şiddetini (doygunluğunu) ifade etmektedir (Dirim ve Talih, 2018). Kroma değerlerine ait grafik Şekil 4.3'te verilmiştir. Taze kivi, sıcak hava ile kurutulmuş, vakum ile kurutulmuş ve dondurarak kurutulmuş kivilere ait kroma değeri sırasıyla 15.79, 19.12, 19.09, 22.53 olarak bulunmuştur. Kurutma işlemi ile tüm örneklerin kroma değerlerinde artış olduğu görülmektedir. Dondurarak kurutulmuş örneğin en yüksek doygunluğa sahip olduğu görülmektedir. Kurutulmuş örnekler kıyaslandığında ise dondurarak kurutulmuş kivi hariç diğer örneklerin kroma değerleri arasında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlenmiştir ( $p > 0.05$ ). Kivi meyvesi ksantofil, klorofil ve karoten grubundan pigmentler içermektedir, başlıca yeşil rengi veren renk pigmenti ise klorofildir (Ekşi, 2012). Temel klorofil pigmentleri klorofil a ve klorofil b'dir. Bu nedenle suyun uzaklaşması ile örnekteki klorofil pigmenti konsantrasyonunun artmış olmasının kroma değerinin yükselmesinin bir nedeni olduğu düşünülmektedir.



**Şekil 4.3** Kivi meyvelerine ait kroma renk değerleri grafiği

Hue açısı ( $^{\circ}h$ ) bir renk dairesi olup  $0^{\circ}$  -  $360^{\circ}$  (kırmızı-mor renkler),  $90^{\circ}$  (sarı),  $180^{\circ}$  -  $270^{\circ}$  (mavi-yeşil renkler) arasında açı değerlerini almaktadır (McGuire, 1992). Hue açısı ( $^{\circ}h$ ) değerlerine ait grafik Şekil 4.4'te verilmiştir. Taze kivi, sıcak hava ile kurutulmuş, vakum ile kurutulmuş ve dondurarak kurutulmuş kivilere ait  $^{\circ}h$  değeri sırasıyla 100.02, 73.34, 75.95, 84.44 olarak bulunmuştur. Hesaplanan  $^{\circ}h$  değerleri incelendiğinde, kurutma işlemi sonucu hue açısı değerlerinin önemli derecede azaldığı görülmektedir. ( $p < 0.05$ ). Bu durum rengin kurutma işlemi sonucu kırmızılık eksenine ( $0^{\circ}$ ) yaklaştığını göstermektedir. Ancak bu değerlerin taze kiviinin  $^{\circ}h$  değerine yakınlığı kalite göstergesi olup en yakın değer dondurarak kurutulmuş kiviye ait olduğu görülmektedir.



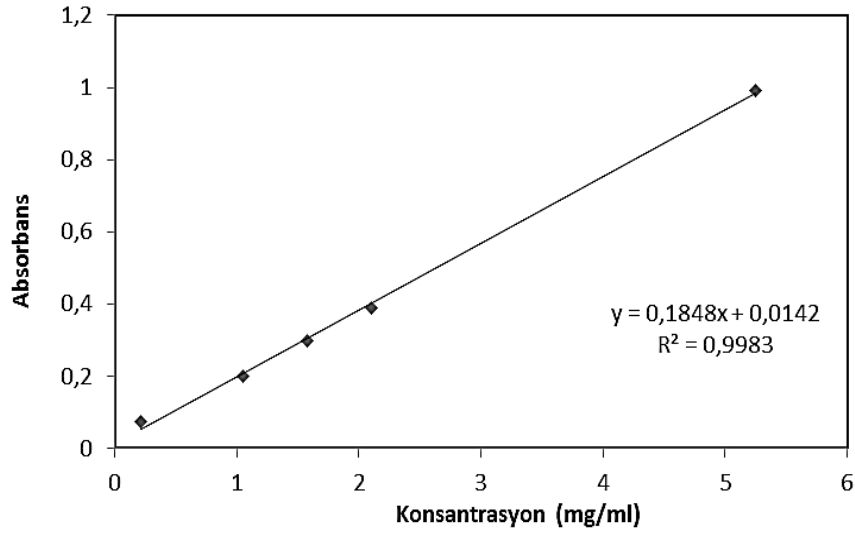
**Şekil 4.4** Kivi meyvelerine ait Hue açısı (°h) değerleri grafiği

Maskan, (2001) kivi dilimlerini sıcak hava, mikrodalga (MW) ve sıcak hava-MW kombinasyon kurutma yöntemleri ile kurutmuş ve renk değişimlerinin kinetiğini incelemiştir. Tüm kurutma koşulları boyunca °h değerlerinde azalma olduğunu tespit etmiştir. Taze kiviye ait hue değeri 97.02 iken, 60°C sıcak hava ile kurutma sonunda bu değer 80.42 değerine düşüş göstermiştir.

#### **4.7 *In vitro* Fenolik Madde Biyoerişilebilirliği**

Kivi örneklerinin toplam fenolik madde miktarları, spektrofotometrede okunan absorbans değerlerinin gallik asit kalibrasyon eğrisinde yerine konulmasıyla mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/100 g taze ağırlık olarak hesaplanmıştır. Gallik asit kalibrasyon eğrisi Şekil 4.5'te verilmiştir.





**Şekil 4.5.** Gallik asit kalibrasyon eğrisi

Taze kivi örneğinde ekstrakte edilebilir ve hidrolize olabilen toplam fenolik madde (TPC) miktarları sırası ile 3.61 ve 6.18 mg GAE/g kuru ağırlık olarak bulunmuştur (Çizelge 4.5). Literatüre bakıldığında Hayward türüne ait taze kivi meyvesindeki TPC miktarının, İzli ve ark., (2016) tarafından 3.81 mg GAE/g kuru ağırlık ve Leontowicz ve ark., (2016) tarafından 5.41 mg GAE/g kuru ağırlık olarak tespit edildiği görülmektedir. Kubal ve ark., (2017) Ordu ilinin farklı bölgelerinden hasat edilen ‘Hayward’ kivi çeşidinin TPC değerlerinin 2.40-3.53 mg GAE/g kuru ağırlık arasında olduğunu rapor etmişlerdir. Elde edilen TPC değeri, literatürde rapor edilen değerler arasındadır. Elde edilen değerler ile literatürdeki değerler arasında farklılık olması, TPC değerinin meyveye ait özelliklerin yanısıra ekstraksiyon koşullarına da bağlı olması nedeniyle beklenen bir durumdur. Kurutma işlemi ile taze kivi nin TPC miktarında azalma olduğu görülmektedir. İzli ve ark., (2016) dondurarak kurutma ve sıcak havada (60°C) kurutma işlemleri sonucu kivi nin TPC değerinin 3.81 değerinden sırası ile 3.61 ve yaklaşık 2.2 mg GAE/g kuru ağırlık değerlerine düştüğünü rapor etmişlerdir. Benzer şekilde Moreira (2018), 70°C sıcak havada kurutma işlemi sonucu TPC değerinin 8.64’den 3.29 mg GAE/g kuru ağırlık değerine düştüğünü rapor etmişlerdir. Elde edilen sonuçlardan hesaplanan biyoerişilebilirlik değerleri taze meyve ve sıcak hava, vakum ve dondurarak kurutulmuş meyveler için sırası ile %68.0, %67.9, %74.0 ve %67.8 olarak hesaplanmıştır. Kurutulmuş örnekler

içerisinde vakumda kurutulmuş olan kivi meyvesinin biyoerişilebilirliğinin daha yüksek olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.5** Taze ve kurutulmuş kivi örneklerinin toplam fenolik madde (TPC; mg GAE / g kuru ağırlık) değerleri

Örnek	Kimyasal Ekstraksiyon			Biyoerişilebilirlik (%)
	Ekstrakte edilebilir fenolikler	Hidrolize olabilen fenolikler	<i>İn vitro</i> sindirim	
Taze	3.61 <sup>a</sup> ±0.12	6.18 <sup>a</sup> ±0.64	6.67 <sup>a</sup> ±0.43	68.0
SH	2.31 <sup>c</sup> ±0.17	4.43 <sup>b</sup> ±0.30	4.58 <sup>b</sup> ±0.15	67.9
VK	3.25 <sup>b</sup> ±0.13	3.59 <sup>b</sup> ±0.13	5.06 <sup>b</sup> ±0.07	74.0
DK	2.40 <sup>c</sup> ±0.08	4.61 <sup>b</sup> ±0.72	4.76 <sup>b</sup> ±0.23	67.8

Aynı sütun içinde bulunan farklı küçük harfler (a, b, c, d) ile gösterilen ortalama değerler arasında istatistiksel olarak fark vardır (p<0.05). *SHK*: Sıcak hava ile kurutulmuş, *VK*: Vakum ile kurutulmuş, *DK*: Dondurarak kurutulmuş.

Daha önceki çalışmalarda, gastrik sindirim sonrası biyolojik olarak erişilebilir fenoliklerin geri kazanım yüzdesinin, kuru meyvelerden siyah üzüm, mor erik, kıızılcık ve yaban mersini için sırasıyla; %66, %157 ve %91 ve %108 (Horasan Sağbasan, 2015) olduğu bildirilmiştir. Sindirim sonrasında siyah üzüm ve kıızılcık örneklerinde toplam fenol değerleri başlangıç değerine göre daha düşük, mor erik ve yaban mersini için ise daha yüksek bulunmuştur. Bu durum, sindirim sırasında değişen pH değerleri, sindirim sıvıları ve enzimlerin etkisiyle gıda matrisinden fenollerin açığa çıkmasına bağlı olarak yükseldiği düşünülmektedir. Aynı zamanda sindirim sonrası toplam fenol değerinin düşük veya yüksek çıkması meyveye bağlı olarak da değişmektedir. Bu çalışmaya benzer şekilde Koçak, (2014) sıvı azotla özütlenen ve ardından dondurarak kurutulmuş Osmanlı çileği, dağçileği (*Arbutus unedo*) ve işlem uygulanmayan Osmanlı çileği reçelinin antioksidan ve toplam fenolik madde biyoerişilebilirliği üzerine bir araştırma yapmıştır. Araştırma sonucunda, tüm örnekler için mideden alınan ekstraktların toplam fenolik madde değerlerini, bağırsaktaki geri kazanıma oranla daha yüksek tespit etmiştir. Geri kazanım oranları incelendiğinde ise, Osmanlı çileğinin farklı türleri için, midede gerçekleştirilen sindirimden sonra toplam fenolik madde geri kazanım oranlarının (%59.79; %77.30; %74.49; %72.61) diğer örneklerin geri kazanım oranlarından daha yüksek olduğunu gözlemlemiştir.

#### 4.8 Adsorpsiyon İzotermlerinin Belirlenmesi

Kurutulmuş kiviler için 25°C, 35°C ve 45°C sıcaklıklarda elde edilen deneysel ortalama denge nem içeriği değerleri sırasıyla Çizelge 4.6, Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8’de verilmiştir. Her su aktivitesindeki denge nem değerleri iki örnekten elde edilen sonucun ortalaması olarak verilmiştir.

**Çizelge 4.6** Kurutulmuş kivi dilimlerinin 25°C’de elde edilmiş denge nem içeriği değerleri (g H<sub>2</sub>O / g kuru madde)

<b>a<sub>w</sub></b>	<b>Sıcak hava ile kurutma</b>	<b>Vakum ile kurutma</b>	<b>Dondurarak kurutma</b>
0.113	0.0329±0.0018	0.0325±0.0005	0.0286±0.0024
0.328	0.0711±0.0000	0.0736±0.0002	0.0815±0.0002
0.443	0.1141±0.0082	0.1292±0.0101	0.1403±0.0132
0.529	0.1237±0.0019	0.1298±0.0010	0.1413±0.0023
0.644	0.1935±0.0014	0.1999±0.0031	0.2105±0.0004
0.753	0.3224±0.0063	0.3313±0.0023	0.3308±0.0018
0.843	0.5123±0.0011	0.5273±0.0182	0.5106±0.0084
0.936	1.0905±0.0886	0.9264±0.0178	1.0074±0.0684

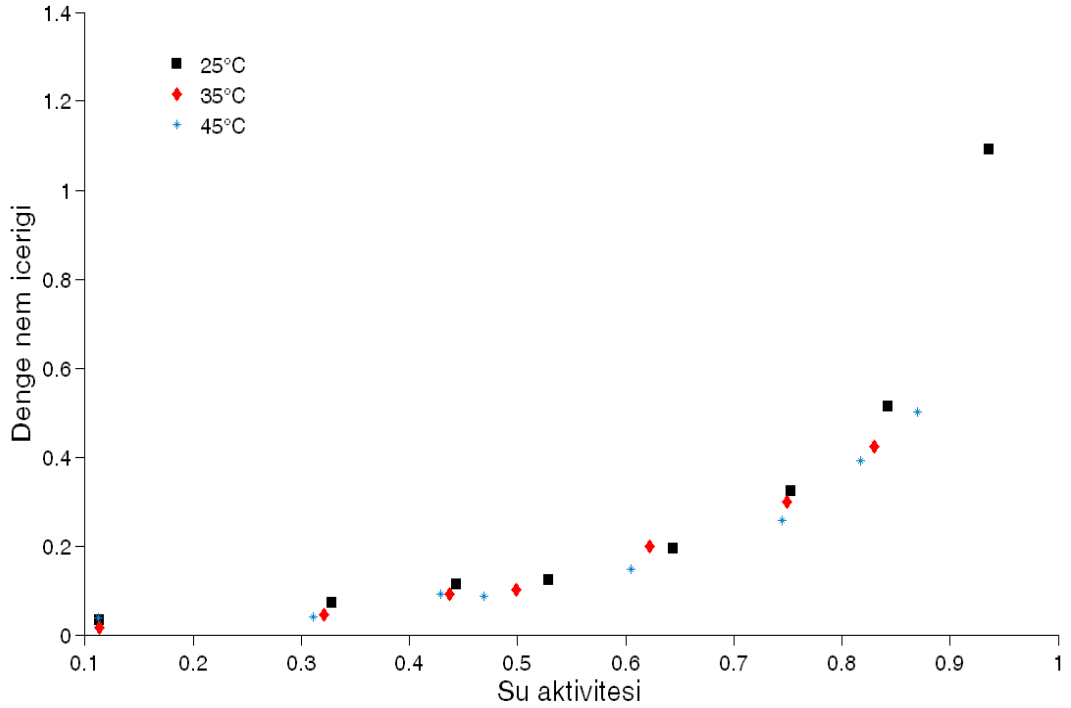
**Çizelge 4.7** Kurutulmuş kivi dilimlerinin 35°C’de elde edilmiş denge nem içeriği değerleri (g H<sub>2</sub>O / g kuru madde)

<b>a<sub>w</sub></b>	<b>Sıcak hava ile kurutma</b>	<b>Vakum ile kurutma</b>	<b>Dondurarak kurutma</b>
0.113	0.0148±0.0022	0.0176±0.0045	0.0124±0.0002
0.321	0.0443±0.0004	0.0524±0.0008	0.0517±0.0016
0.437	0.0921±0.0162	0.0951±0.0033	0.0994±0.0253
0.499	0.1003±0.0008	0.1072±0.0002	0.1133±0.0028
0.622	0.1988±0.0389	0.1712±0.0032	0.1874±0.0125
0.749	0.2998±0.0022	0.2989±0.0060	0.3079±0.0023
0.830	0.4220±0.0092	0.4200±0.0014	0.4223±0.0034

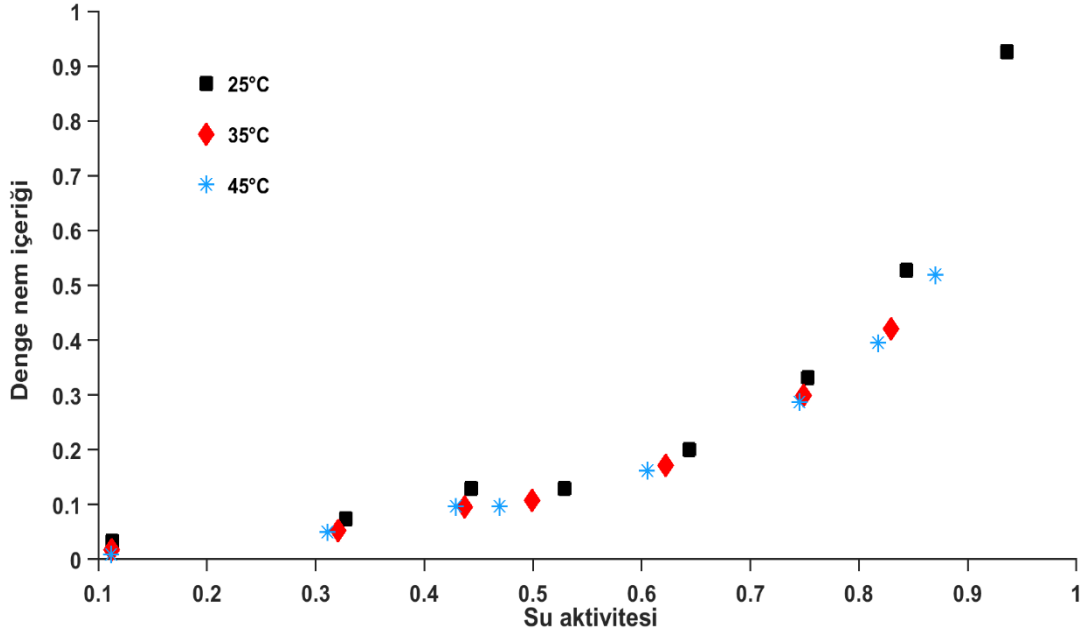
**Çizelge 4.8** Kurutulmuş kivi dilimlerinin 45°C’de elde edilmiş denge nem içeriği değerleri (g H<sub>2</sub>O / g kuru madde)

$a_w$	Sıcak hava ile kurutma	Vakum ile kurutma	Dondurarak kurutma
0.112	0.0367±0.0007	0.0089±0.0012	0.0139±0.0014
0.311	0.0409±0.0006	0.0500±0.0032	0.0624±0.0009
0.429	0.0918±0.0009	0.0966±0.0013	0.1022±0.0003
0.469	0.0860±0.0003	0.0969±0.0034	0.1103±0.0030
0.605	0.1468±0.0036	0.1621±0.0018	0.1664±0.0020
0.745	0.2572±0.0030	0.2872±0.0042	0.2972±0.0051
0.817	0.3911±0.0056	0.3953±0.0022	0.4405±0.0278
0.870	0.5011±0.0272	0.5197±0.0206	0.5500±0.0145

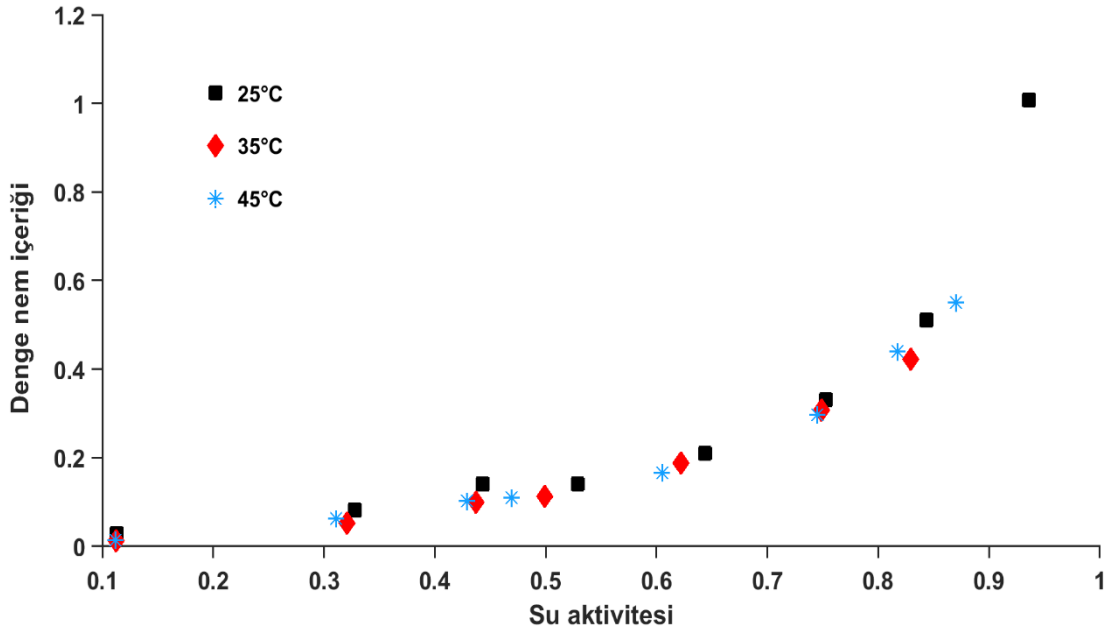
Kurutulmuş kivi örneklerine ait denge nem içeriklerine karşı su aktivitesi değerleri aritmetik ölçekli bir grafiğe aktarılarak adsorpsiyon izotermi elde edilmiştir. Sıcak hava ile kurutulmuş, vakumda kurutulmuş ve dondurarak kurutulmuş kivi dilimlerine ait adsorpsiyon izotermi sırası ile Şekil 4.6, 4.7 ve 4.8’de gösterilmektedir.



**Şekil 4.6** Sıcak hava ile kurutulmuş kivi dilimlerinin 25°C, 35°C ve 45°C’deki adsorpsiyon izotermi



Şekil 4.7 Vakum ile kurutulmuş kivi için 25°C, 35°C ve 45°C 'deki adsorpsiyon izotermi



Şekil 4.8 Dondurarak kurutulmuş kivi için 25°C, 35°C ve 45°C 'deki adsorpsiyon izotermi

Elde edilen adsorpsiyon izoterminden, kurutulmuş kivi örneklerinin düşük su aktivitesi değerlerinde az higroskopik, ancak su aktivitesi değeri yükseldikçe çok daha fazla higroskopik özellik gösterdiği anlaşılmaktadır. Tüm sıcaklıklarda, kurutulmuş kivi örneklerinin denge nem içeriklerinin, belirli bir su aktivitesi değerine

kadar yavaşça yükseldiği ve sonrasında hızlıca arttığı görülmektedir. Bu nedenle kurutulmuş kivi için depolanmasında 0.85  $a_w$  değeri kritik bir değerdir. Diğer bir ifade ile, kurutulmuş kivi dilimleri %85 bağıl nemli ( $a_w=0.85$ ) ortamdaki daha yüksek bağıl nemli ortamlarda depolandığında, adsorbe ettiği su miktarı hızla artmaktadır. Her ne kadar çoğu gıda ürünü tipik olarak Tip II (sigmoid şekilli) izoterm tipine uygunluk gösterse de (Al Mutaseb ve ark., 2002; Andrade ve ark., 2011), kurutulmuş kivi dilimlerine ilişkin izotermin B.E.T. sınıflandırmasına göre, Tip III (J şekilli) izoterm tipine uygun olduğu belirlenmiştir. Literatürde, bu çalışmaya benzer şekilde, elma ve mango (Falade ve ark., 2004a; Akoy ve von Hörsten, 2013), ananas (Falade ve ark., 2004b), papaya (Thalerngnawachart ve Duangmal, 2016), armut (Mitreviski ve ark., 2015), yaban mersini (Lim ve ark., 1995) gibi bazı kurutulmuş meyvelerin adsorpsiyon izotermelerinin Tip III (J-biçimli) davranış sergilediği görülmektedir. Şekerler gibi çözülebilir bileşenler bakımından zengin gıdaların Tip III izoterme uygunluk gösterdiği bildirilmiştir (Chinachoti ve ark., 1984; Labuza ve ark., 1985). Kaymak-Ertekin ve Gedik, (2004) vakumda kurutulmuş elma, kayısı, üzüm ve patatesin 30, 45 ve 60°C'de adsorpsiyon izotermelerini elde etmiş ve şeker bakımından zengin meyvelerin tip III izoterm gösterdiğini kaydetmiştir. Şeker gibi kristal katıların çözünmeden önce, düşük miktardaki su kazancına karşı, su aktivitesindeki artışın büyük olduğu, bunun tersine kristal çözülmeye başladıktan sonra yüksek miktardaki su kazancına karşı, su aktivitesindeki artışın küçük olduğu bilinmektedir (Van Campen ve ark., 1983; Labuza ve Altunakar, 2008; Aygün ve ark., 2015). Ortamdan nem çekme sonucu kristal katının erimeye karşı yüksek ilgi gösterdiği bu nokta sınırlanma noktası (deliquescent point) olarak bilinmektedir. Kurutma yönteminin, kurutulmuş kivi dilimlerinin adsorpsiyon eğrilerinin şekli üzerinde bir etkisi olmadığı görülmektedir.

Çalışılan su aktivitesi aralığında, tüm örnekler için, 25°C'ye kıyasla 45°C'de, verilen bir su aktivitesindeki denge nem değerinin daha düşük olduğu görülmektedir. Caballero-Ceron ve ark., (2018) kurutulmuş muz, elma ve mangonun 25, 32 ve 40°C'de adsorpsiyon izotermelerini elde etmişler ve bu çalışmadakine benzer şekilde 0.11-0.90 su aktivitesi aralığında sıcaklığın 25'ten 40°C'ye yükselmesi ile elma için daha düşük nem değerleri elde ettiklerini rapor etmişlerdir. Ancak, kurutulmuş muz veya mango meyveleri için sıcaklığın denge nem içeriği üzerine net bir etkisini tespit

edememişlerdir. Genel olarak, yüksek sıcaklıklarda denge nem içeriğinin düşük olması beklenen bir durumdur (Labuza ve ark., 1985; Al-Muhtaseb ve ark., 2002). Fakat, bazı araştırmacılar şeker içeriği yüksek gıdalar için, yüksek su aktivitesi değerlerinde bu trendin değiştiğini ve bu nedenle yüksek su aktivitesi değerlerinde izotermilerin kesiştiğini rapor etmişlerdir (Cervenka, 2008; Vega-Galvez ve ark., 2008; Akoy ve ark., 2013; Mitrevski ve ark., 2015). Yüksek su aktivitesi değerlerinde kristal şekerin çözünmesi nedeniyle adsorpsiyon bölgelerinin artmış olması bu davranışın nedeni olarak açıklanmıştır (Ayranci ve ark., 1990). Bu çalışmada 0.11-0.87 su aktivitesi aralığında artan sıcaklıklarda adsorpsiyon izotermelerinde benzer bir kesişme noktası tespit edilmemiştir. Kaya ve ark., (2010) sıcak hava ile kurutulmuş kivi dilimleri için beş farklı sıcaklıkta (25, 35, 45, 55, 65°C) sorpsiyon izotermeleri elde etmişler ve 0.11-1.0 su aktivitesi aralığında kivi meyvesinin denge nem içeriğinin artan sıcaklıklarda bu çalışmadakine benzer olarak daha düşük olduğunu rapor etmişleridir.

#### **4.9 Adsorpsiyon İzotermelerinin Modellenmesi**

##### **4.9.1 BET Modeli**

BET eşitliği gıda sistemlerinde çok tabakalı sorpsiyon izotermelerini, özellikle Tip II ve Tip III izotermelerini, açıklamada en yaygın kullanılan modellerden bir tanesidir (Andrade ve ark., 2011). Doğrusal olmayan regresyon analizi ile 0.11-0.52  $a_w$  aralığındaki deneysel veriler BET eşitliği kullanılarak modellenmiş ve elde edilen model katsayıları ile istatistiksel parametreler Çizelge 4.9'da verilmiştir. Yüzde bağıl ortalama sapma değeri (P) %10'un altında olduğunda model uyumunun iyi olduğu kabul edilmektedir (Lomauro ve ark., 1985). Çizelge incelenecek olursa, sıcak hava ile ve vakum ile kurutulmuş olan örneklerin 25 ve 35°C'lerde elde edilen adsorpsiyon verilerinin BET eşitliğine oldukça iyi uyum sağladığı görülmektedir. Ancak bu örnekler için 45°C'de elde edilen veriler BET eşitliğine uyum göstermemiştir. Dondurarak kurutulmuş örneklere ait adsorpsiyon verilerinin de 9.1-11 aralığında elde edilen P değerleri ile BET modeline uyum sağladığı görülmektedir.

BET eşitliğinin, özellikle kurutulmuş gıdalarda iyi bir depolama stabilitesi için optimum nem koşullarının belirlenmesinde faydalı bir model olduğu bilinmektedir (Andrade ve ark., 2011). BET eşitliğinde yer alan  $M_0$  değeri gıdanın stabilitesinin

dayandırıldığı tek tabaka nem içeriğini ifade etmektedir. Tek tabaka nem içeriği gıdanın özel gruplarına güçlü bir şekilde bağlanarak gıdanın yüzeyini saran nem içeriğidir.  $M_0$  değerinde başta enzimatik reaksiyonlar olmak üzere birçok kimyasal reaksiyon ya durmakta ya da çok düşük bir hızda gerçekleşmektedir. Bu nedenle  $M_0$  değerinin bir çok gıda için en stabil su içeriği değeri olduğu ve özellikle kurutulmuş ürünlerin depolanmasında minimum güvenli nem içeriğini verdiği bildirilmektedir (Caurie, 1981). Kurutulmuş kivi meyvesi için BET eşitliği kullanılarak elde edilen  $M_0$  değerleri 5.39 – 12.96 g su/100 g kuru madde aralığında değişmektedir. 25 ve 35°C’lerde sıcak hava ve vakumda kurutulan örneklerin  $M_0$  değerleri benzerlik gösterirken dondurarak kurutulmuş örneklerin  $M_0$  değeri daha yüksek bulunmuştur. Sıcak hava ve vakumda kurutulmuş örnekler için 45°C’de elde edilen veriler ise BET eşitliğine uyum göstermemiştir.



**Çizelge 4.9** Kurutulmuş kivi örneklerine ait BET modeliyle hesaplanmış parametreler ve %P değeri

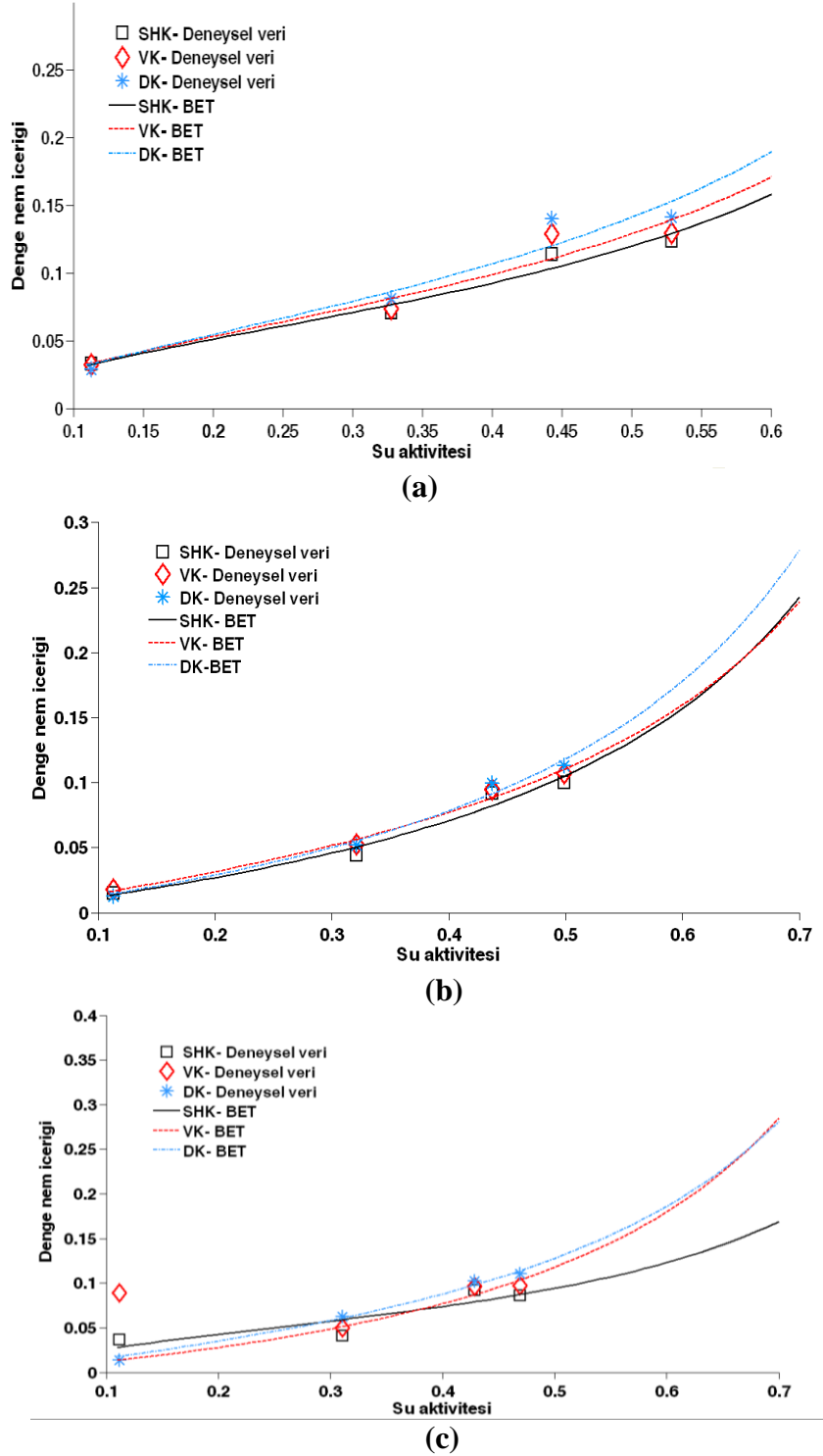
MODEL	Sabitler	SICAK HAVA İLE KURUTMA			VAKUM İLE KURUTMA			DONDURARAK KURUTMA		
		25°C	35°C	45°C	25°C	35°C	45°C	25°C	35°C	45°C
BET	M <sub>0</sub>	0.0709	0.1017	0.0539	0.0779	0.09217	0.1296	0.0888	0.1217	0.1114
	C	5.431	1.078	6.919	4.809	1.512	0.832	3.875	0.943	1.343
	SSE	0.00017	0.0002	0.0006	0.0005	7.368*10 <sup>-5</sup>	0.0002	0.0006	0.0001	5.073*10 <sup>-5</sup>
	R <sup>2</sup>	0.9663	0.9678	0.6620	0.9266	0.9854	0.9710	0.9331	0.9842	0.9913
	RMSE	0.0094	0.00888	0.0169	0.01568	0.0061	0.0088	0.0171	0.0071	0.0050
	%P	5.6	9.1	20.8	8.7	5.8	18.5	11	9.1	10

Kurutulmuş kivi için elde edilen  $M_0$  değerlerinin literatürde benzer çalışmalarda elde edilen değerler aralığında olduğu görülmektedir. Koroş, (2007) kurutulmuş domates, patlıcan ve biberin  $M_0$  değerlerini, bu ürünlerin adsorpsiyon izotermlerine ilişkin 0.11–0.52  $a_w$  aralığında 25°C’de saptanmış deneysel verileri kullanarak, BET eşitliğinden sırası ile 9.833, 6.487 ve 7.696 g su/100 g kuru madde olarak tespit etmiştir. Falade ve ark., (2004b) farklı ön işlemlere tabi tuttuktan sonra 60°C de kuruttukları ananas meyvesi için 20 ve 40°C’lerdeki sorpsiyon verilerinden BET eşitliğini kullanarak elde ettikleri  $M_0$  değerlerinin, 20°C için 5.54-5.70, 40°C için ise 4.95-5.29 aralığında olduğunu rapor etmişlerdir. Kaymak-Ertekin ve Gedik, (2004) 70°C’de vakumda kurutulmuş üzüm, kayısı ve elma için 30, 45 ve 60°C’lerde, 0.11-0.52  $a_w$  aralığında elde ettikleri adsorpsiyon verilerinin BET eşitliğine oldukça iyi uyum gösterdiğini tespit etmişler ve  $M_0$  değerlerinin üzüm, kayısı ve elma için sırası ile 9.0-12.8, 3.7-9.1 ve 10.4-13.7 g su/100 g kuru madde aralıklarında olduğunu rapor etmişlerdir. Yapılan çalışmada artan sıcaklık ile  $M_0$  değerlerinde düşüş olduğu gözlenmiştir.

Yapılan çalışmada artan sıcaklık ile  $M_0$  değerleri arasında belirgin bir ilişki bulunamamıştır. Bu çalışmada sıcaklığın 25°C’den 35°C’ye artması ile tüm örnekler için  $M_0$  değerlerinde artış olduğu görülmektedir. Ancak sıcaklığın 35°C’den 45°C’ye artması ile  $M_0$  değerlerindeki artış sadece vakumda kurutulmuş örnek için devam etmiştir. Bu nedenle genel olarak artan sıcaklık ile kurutulmuş kivi dilimlerinin  $M_0$  değerleri arasında belirgin bir ilişkiden bahsetmek mümkün değildir.

C değeri net sorpsiyon ısısını hesaplamakta kullanılan bir sabittir. Bu çalışmada C değerlerinin 0.832-6.919 aralığında değiştiği bulunmuştur. Literatürde BET eşitliğinden elde edilen C değerine ilişkin çeşitli değerler bulunmaktadır. Farklı çalışmalarda kurutulmuş ananas için 0.08-0.09 (Falade ve ark., 2004), kurutulmuş muz ve mango için sırası ile 1.7-2.6 ve 6.7-15.3 (Caballero-Ceron ve ark., 2018), kurutulmuş üzüm ve kayısı için sırasıyla 7.4-21.2 ve 3.0-10.5 (Kaymak-Ertekin ve Gedik, 2004) aralığında tespit edilmiş C değerleri rapor edilmiştir. Kurutulmuş elma için, Caballero-Ceron ve ark., (2018) 25-40°C arasında elde ettikleri adsorpsiyon izotermine ait C değerlerini BET eşitliğinden 2.5-4.9 aralığında bulurken, Kaymak-Ertekin ve Gedik, (2004) 30-60°C’ler arasında C değerini 13.7-26.4 aralığında bulmuştur. Bu çalışmada kurutulmuş kivi için elde edilen değerlerin de

literatürde yer alan değerler aralığında olduğu görülmektedir. Kurutulmuş kivilerin deneysel ve BET izotermelerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.9’da verilmiştir.



**Şekil 4.9** Farklı kurutma teknikleri ile kurutulmuş kivi meyvesinin 25°C (a), 35°C (b), ve 45°C’de (c) deneysel ve BET izotermeleri

#### 4.9.2 GAB Modeli

GAB eşitliği de BET eşitliği gibi tek tabaka sorpsiyon değerlerini vermektedir ancak BET eşitliğiyle karşılaştırıldığında, GAB eşitliği sorpsiyon davranışını daha geniş bir su aktivitesi aralığında (0-0.90) tanımladığından özellikle gıda teknolojisi alanında kullanımı daha yaygındır (Andrade ve ark., 2011). Ayrıca bu eşitlik European COST-Project 90 projesinde gıdaların sorpsiyon izotermelerinin analitik olarak ifade edilebileceği temel eşitlik olarak tanımlanmıştır (Bizot, 1983). GAB eşitliği neredeyse her çeşit gıda ürününün sorpsiyon davranışını tanımlamada kullanılabilen bir eşitliktir Doğrusal olmayan regresyon analizi ile 0.11-0.94  $a_w$  aralığındaki deneysel veriler GAB eşitliği kullanılarak modellenmiş ve elde edilen model katsayıları ile istatistiksel parametreler Çizelge 4.10'da verilmiştir. Tüm kurutma koşulları ve sıcaklıklarda  $R^2$  değerleri 0.9945- 0.9993, SSE değerleri ise  $1.5698 \cdot 10^{-4}$  - 0.0015 aralığında bulunmuştur. Sıcak hava ile ve vakumda kurutulmuş örnekler ile karşılaştırıldığında, dondurarak kurutulmuş örneklere ait adsorpsiyon verilerinin tüm sıcaklıklarda GAB modeli ile uyumunun daha iyi olduğu görülmektedir. GAB eşitliği en yüksek P değerini %14.3 ile 45°C'de sıcak hava ile kurutulmuş örnekte vermiştir.

GAB eşitliği 3 parametrelili bir eşitliktir. Eşitlikte yer alan  $M_0$  tek tabaka nem içeriğini, C sabiti tek tabaka sorpsiyon ısısı ile ilgili Guggenheim sabitini, K değeri de çoklu tabaka sorpsiyon ısısı ile ilgili üzeltme faktörünü ifade etmektedir. GAB eşitliğinde yer alan  $M_0$  ve C sabitleri BET eşitliğindeki sabitlerin eşdeğerleri olarak değerlendirilebilmektedir. Tüm koşullar için GAB eşitliği ile elde edilen  $M_0$  değerlerinin, BET eşitliği ile elde edilen  $M_0$  değerlerinden daha yüksek, C değerlerinin ise daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durum beklenen bir durumdur (Timmermann, 2003).

**Çizelge 4.10** Kurutulmuş kivi örneklerine ait GAB modeliyle hesaplanmış parametreler ve %P değeri

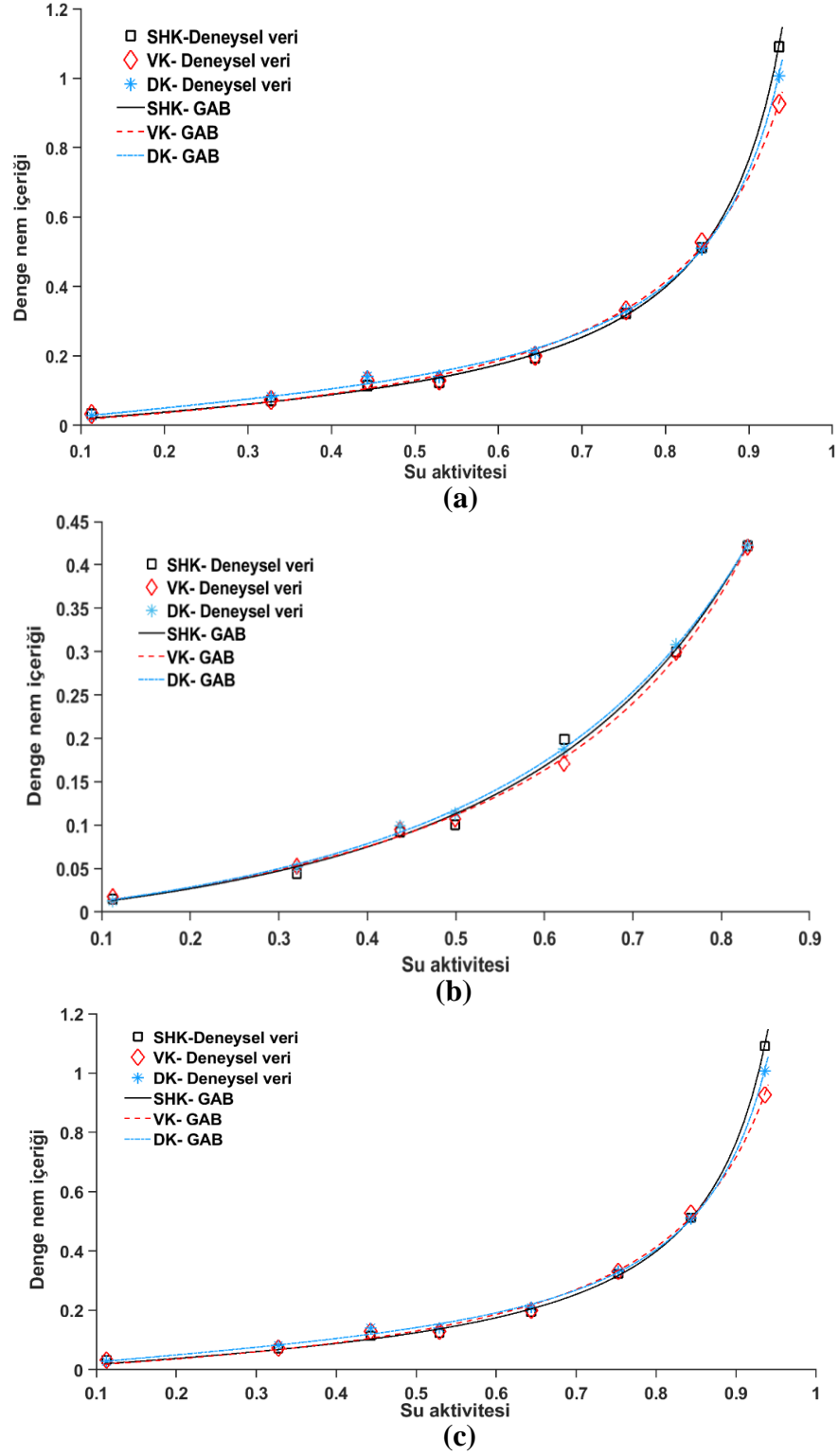
MODEL	Sabitler	SICAK HAVA İLE KURUTMA			VAKUM İLE KURUTMA			DONDURARAK KURUTMA		
		25°C	35°C	45°C	25°C	35°C	45°C	25°C	35°C	45°C
GAB	M <sub>0</sub>	0.1022	0.5369	0.1126	0.1374	0.1654	0.1368	0.1028	0.6071	0.1421
	K	0.9738	0.7553	0.9377	0.9282	0.8849	0.9107	0.9639	0.7328	0.9140
	C	1.7660	0.2489	1.0770	1.1960	0.7611	0.9649	2.7010	0.2426	1.0340
	SSE	6.0406*10 <sup>-4</sup>	4.991*10 <sup>-4</sup>	0.0012	0.0015	1.5698*10 <sup>-4</sup>	1.2790*10 <sup>-4</sup>	7.3429*10 <sup>-4</sup>	9.9064*10 <sup>-5</sup>	6.7697*10 <sup>-4</sup>
	R <sup>2</sup>	0.9993	0.9962	0.9945	0.9976	0.9988	0.9992	0.9990	0.9993	0.9974
	RMSE	0.0113	0.0112	0.0152	0.0175	0.0063	0.0060	0.0121	0.0050	0.0116
	%P	8.8	7.8	14.3	11.5	5.6	11.3	4.1	4.7	6.5

GAB modelinden elde edilen  $M_0$  değerlerinin de artan sıcaklıkla birlikte belirli bir eğilim göstermediği görülmektedir. 35°C sıcaklıktaki  $M_0$  değeri 25°C ve 45°C sıcaklıktakinden daha yüksek bulunmuştur. Benzer şekilde literatürde Cadden, (1988), buğdayın  $M_0$  değerinin, lifsiz bileşenlerin olası çözünebilirlik farklarından dolayı; 25°C sıcaklıkta 4 ve 37°C sıcaklıktaki  $M_0$  değerlerinden daha yüksek olduğunu ifade etmiştir. İbanoğlu ve ark., (1998), tarhananın 20°C sıcaklıktaki  $M_0$  değerinin 10 ve 30°C sıcaklıktaki  $M_0$  değerlerinden daha yüksek olduğunu tespit etmiştir. Şentürk, (2009), kuru dutun 20°C sıcaklıktaki  $M_0$  değerini 10°C ve 30°C sıcaklıktaki  $M_0$  değerlerinden daha yüksek bulmuştur ve  $M_0$  değerinin sıcaklıkla bu şekilde değişiminin, sistem içindeki suyun konfigürasyonunun, farklı sıcaklıklardaki değişiminden kaynaklanabileceğinden bahsetmiştir. Bu çalışmalara ek olarak literatürde, GAB modelinden elde edilen  $M_0$  değerlerinin kurutulmuş papaya, mango, armut gibi meyvelerde artan sıcaklık ile azaldığını rapor eden çalışmalar da mevcuttur (vega-Galvez ve ark., 2008; Akoy ve ark., 2013; Mitrevski ve ark., 2015).

Kurutulmuş kivi örneklerinin, dondurarak kurutulmuş ( $C=2.7010$ ) örnek haricinde,  $C$  değerleri 0.2426- 1.7660 aralığında bulunmuştur. Erbaş ve ark., (2016),  $C$  sabitini hem BET hem de GAB eşitliğinde izoterm tipine bağlı olarak 1 ile 200 arasında bir değer aldığını bildirmiştir.  $K$  değerinin çoğunlukla Tip I izotermi için 50 ile 200, Tip II izotermi için 2 ile 50 ve Tip III izotermi için ise 0 ile 2 değerleri arasında olduğunu bildirmişlerdir.

Yalnızca GAB eşitliğinde kullanılan  $K$  sabiti 0.7328-0.9738 değerleri arasındadır.  $K$  sabiti ideal olarak 0.70-1 arasında yer almakta ve bu değer 1'den büyük olarak hesaplanması çoğunlukla modelin uyumsuzluğunun da bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir (Timmermann, 2003). Kivi için elde edilen değerler literatürde farklı gıdalar için GAB eşitliğinden elde edilen  $K$  değerleri ile tutarlıdır (Andrade ve ark., 2011). Kivi meyvesinin 25 ve 35°C'lerdeki  $K$  değerleri, Caballero-Ceron ve ark., (2018) tarafından belirlenen sıcak hava ile kurutulmuş elma (0.915-0.972), muz (0.947-0.983) ve mango (0.907-0.95) meyvelerine ait  $K$  değerlerine yakın tespit edilmiştir. Timmermann, (2003),  $K$  değerinin buğday nişastasında yaklaşık 0.68 ile elektrolitik sistemler için yaklaşık 0.92 arasında değiştiğini belirtmiştir. En yüksek  $K$  değeri, sırasıyla 25°C ve 45°C'deki, sıcak havayla kurutulmuş ve 25°C'de elde edilen

verilerde dondurarak kurutulmuş örnekler için elde edilmiştir. Kurutulmuş kivilerin deneysel ve GAB izotermelerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.10'da verilmiştir.



**Şekil 4.10** Farklı kurutma teknikleri ile kurutulmuş kivi meyvesinin 25°C (a), 35°C (b), ve 45°C'de (c) deneysel ve GAB izotermeleri

### 4.9.3 Oswin Modeli

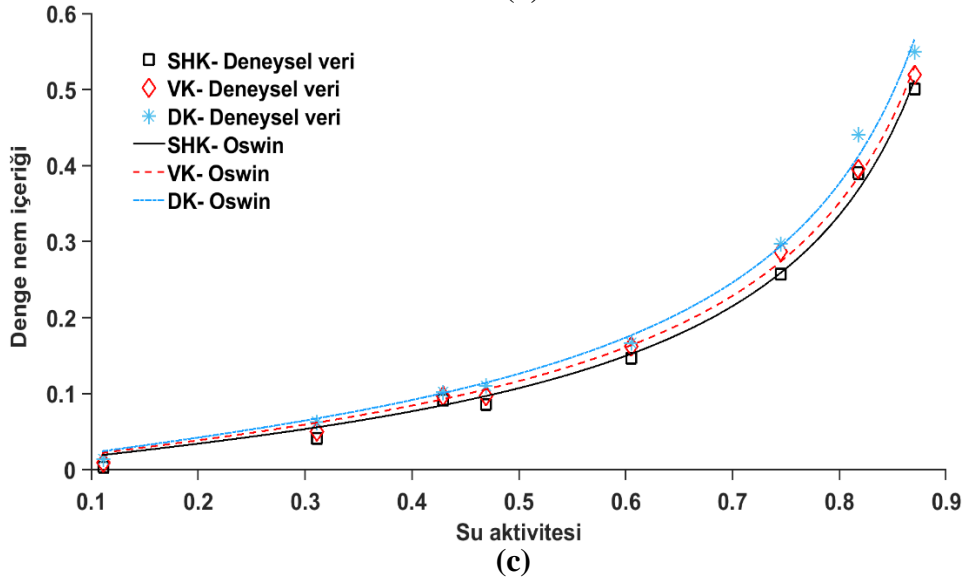
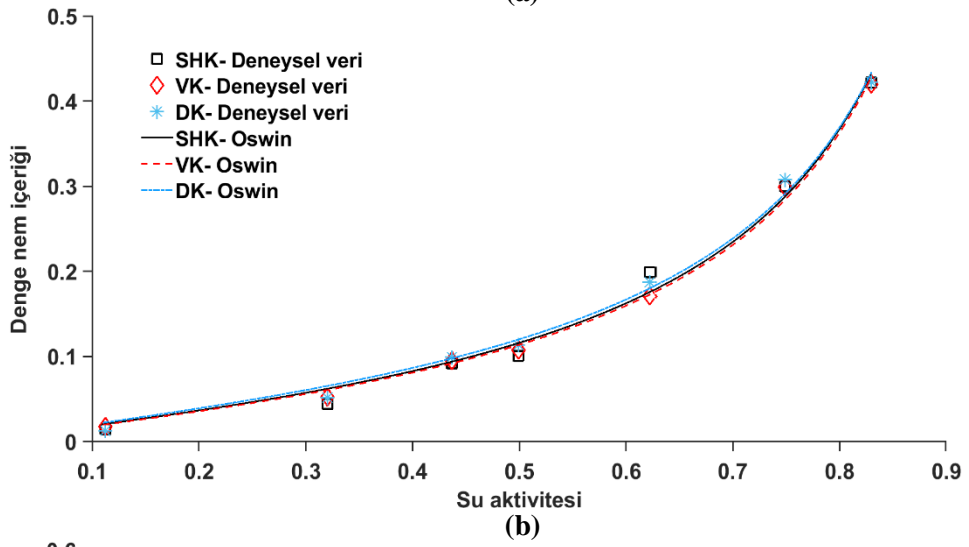
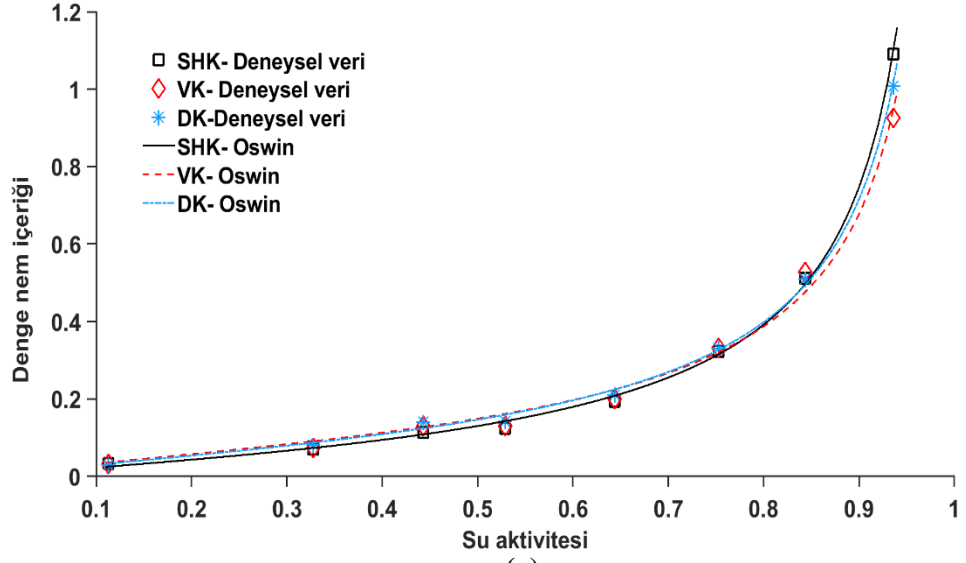
Doğrusal olmayan regresyon analizi ile 0.11-0.94  $a_w$  aralığındaki deneysel veriler Oswin eşitliği kullanılarak modellenmiş, model katsayıları ve istatistiksel parametreler hesaplanarak Çizelge 4.11’de verilmiştir. Tüm koşullar için elde edilen  $R^2$  değerleri 0.9895-0.9988, SSE değerleri  $4.16 \times 10^{-4}$  - 0.005 aralığındadır. 25°C’de sıcak hava, vakum ve dondurarak kurutulmuş örnekler için P değerlerinin sırasıyla 7.5, 10.9 ve 7.3 olduğu görülmektedir. Bu nedenle 25°C’de elde edilen deneysel verilerin Oswin modeline uyum sağladığı söylenebilir. 35°C’de yalnızca vakumda kurutulmuş örneğin P değeri %10’un altındadır. Bu örnek 6.7 ile tüm örnekler içerisinde en düşük P değerine sahiptir. P değerlerine bakıldığında Oswin modelinin 45°C’de elde edilen adsorpsiyon verilerine iyi uyum göstermediği söylenebilir. Kiviye ait C değerinin 0.11-0.14 ve n değerlerinin 0.69-0.83 arasında değiştiği görülmektedir. Vega –Galvez ve ark., (2008) Oswin modelinin 60°C’de kurutulmuş papaya meyvesine ait 5, 20 ve 45°C sıcaklıklarda elde edilen adsorpsiyon verilerini tanımlamada uygun bir model olduğunu, C ve n değerlerinin sırasıyla 0.115-0.260 ve 0.420-0.838 aralığında değiştiğini rapor etmişlerdir. Yapılan bu çalışmada 20°C’ de Oswin modelinin GAB modelinden daha uyumlu bulunduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada da sıcak havada ve vakumda kurutulan kivi meyvesi için 25°C’de Oswin modelinin GAB’dan daha uyumlu bulunduğu görülmektedir. Diğer sıcaklıklarda ise GAB modelinden elde edilen P değerleri Oswin modelinden elde edilen P değerlerine benzer veya daha düşük bulunmuştur. Dondurarak kurutulmuş örnekler için ise GAB modeli tüm sıcaklıklarda Oswin modelinden daha iyi sonuç vermiştir. Ciurzynska ve ark., (2013) dondurarak kurutulmuş balkabağı örneklerinin Oswin modeline uyumundan elde edilen C ve n değerlerinin sırası ile 0.20-0.29 ve 0.51-0.62 aralığında değiştiğini rapor etmişlerdir.

Kurutulmuş kivilerin deneysel ve Oswin izotermelerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.11’de verilmiştir.



**Çizelge 4.11** Kurutulmuş kivi örneklerine ait Oswin modeliyle hesaplanmış parametreler ve %P değerleri

MODEL	Sabitler	SICAK HAVA İLE KURUTMA			VAKUM İLE KURUTMA			DONDURARAK KURUTMA		
		25°C	35°C	45°C	25°C	35°C	45°C	25°C	35°C	45°C
Oswin	C	0.1301	0.1160	0.1073	0.1491	0.1137	0.1166	0.1464	0.1202	0.1263
	n	0.7950	0.8315	0.8220	0.6886	0.8374	0.7962	0.7218	0.8099	0.7889
	SSE	0.0010	0.0014	0.0014	0.0050	4.1674*10 <sup>-4</sup>	8.2823*10 <sup>-4</sup>	0.0012	7.8879*10 <sup>-4</sup>	0.0014
	R <sup>2</sup>	0.9988	0.9895	0.9933	0.9921	0.9967	0.9964	0.9984	0.9939	0.9947
	RMSE	0.0129	0.0167	0.0153	0.0289	0.0091	0.0117	0.0139	0.0126	0.0151
	%P	7.5	16.6	14.6	10.9	6.7	24.7	7.3	18.2	13.4



Şekil 4.11 Farklı kurutma teknikleri ile kurutulmuş kivi meyvesinin 25°C (a), 35°C (b), ve 45°C'de (c) deneysel ve Oswin izotermi

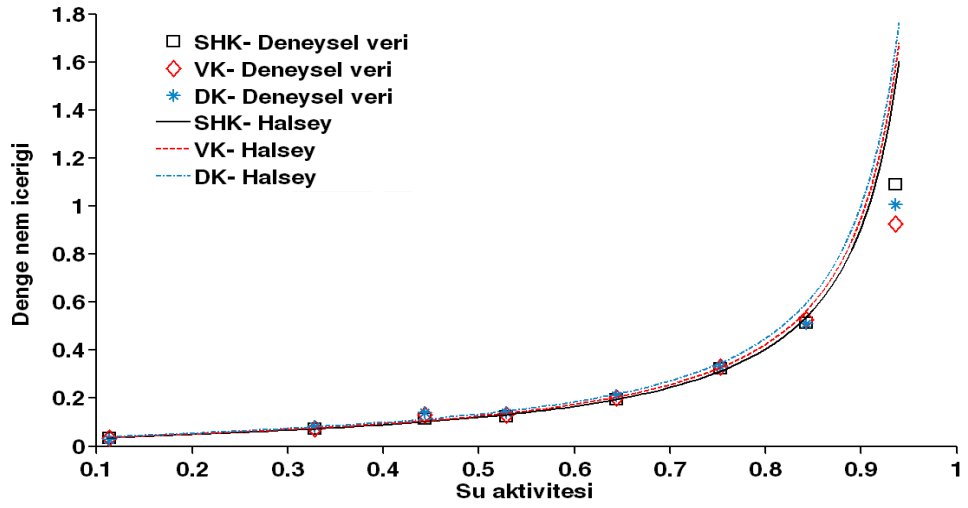
#### 4.9.4 Halsey Modeli

Halsey eşitliği tip I, tip II, tip III izoterm tipine uygun adsorpsiyon verilerinin temsil edilmesinde kullanılan bir eşitliktir (Van den Berg, 1991). Doğrusal olmayan regresyon analizi ile 0.11-0.94  $a_w$  aralığındaki deneysel veriler Halsey eşitliği kullanılarak modellenmiş, model katsayıları ile istatistiksel parametreler hesaplanarak Çizelge 4.12’de verilmiştir. Tüm koşullar için elde edilen  $R^2$  değerleri 0.9643-0.9948, SSE değerleri 0.0028-0.017 aralığındadır. Ancak P değerlerine bakıldığında yalnızca 25°C sıcak hava ile kurutulmuş örneğin deneysel adsorpsiyon verilerinin, %10’dan düşük P değeri (%9.0) ile Halsey modeline uyum sağladığı görülmektedir. Ciurzynska ve ark., (2012) vakum altında kurutulmuş çilek meyvesinin adsorpsiyon izotermine tip II izoterm tipine uygun olduğunu, GAB modelinin, nem adsorpsiyon davranışlarını tarif etmede uygulanabilir olmadığını rapor etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada, Peleg ve Lewicki modelleri deneysel verilere tam olarak temsil ederken, Halsey modeli bu çalışmadakine benzer şekilde deneysel verilere uyum sağlamamıştır. Vega –Galvez ve ark., (2008) 60°C’de kurutulmuş papaya meyvesine ait 5, 20 ve 45°C sıcaklıklarda elde edilen adsorpsiyon verilerinin tip II izoterm tipine uygun olduğunu, Halsey modelinin adsorpsiyon izotermine tanımlamada uygun bir model olduğunu, ancak GAB ve Oswin modellerinin verilere uyum açısından daha iyi sonuç verdiğini rapor etmişlerdir. Kaymak-Ertekin ve Gedik, (2004) yapmış oldukları bir çalışmada, 70°C’de vakum ile kurutulmuş üzüm, kayısı ve elma için adsorpsiyon izotermelerini elde etmişlerdir. Örneklerin 30, 45 ve 60°C sıcaklıklarda elde edilen sorpsiyon verilerinin en iyi Halsey denklemi tarafından tanımlandığını bildirmişlerdir. GAB denkleminin de, tüm örnekler için sorpsiyon verilerini temsil etmede uygun olduğunu, Oswin denkleminin ise yalnızca elmanın sorpsiyon verileriyle iyi korele olduğunu belirtmişlerdir.

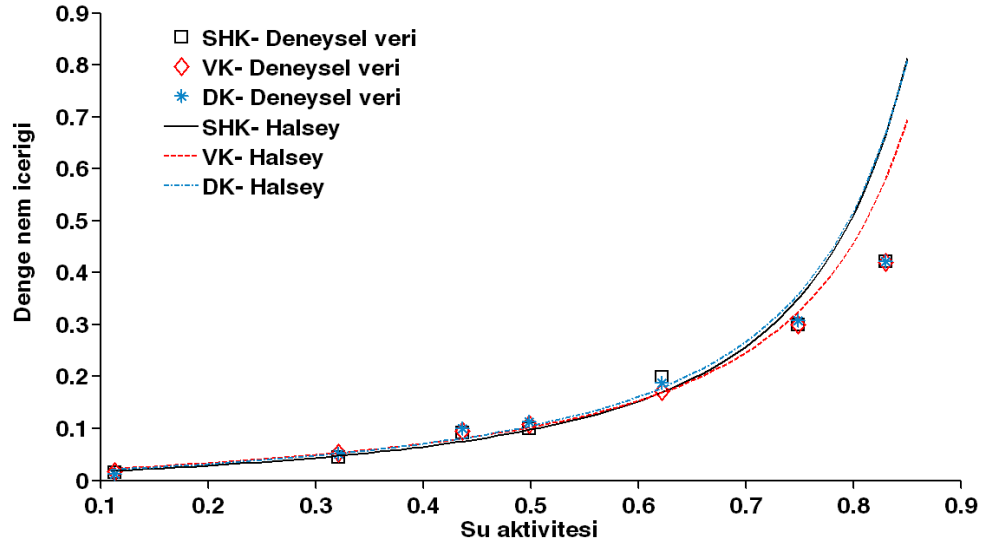
Kurutulmuş kivilerin deneysel ve Halsey izotermelerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.12’de verilmiştir.

**Çizelge 4.12** Kurutulmuş kivi örneklerine ait Halsey modeliyle hesaplanmış parametreler ve %P değeri

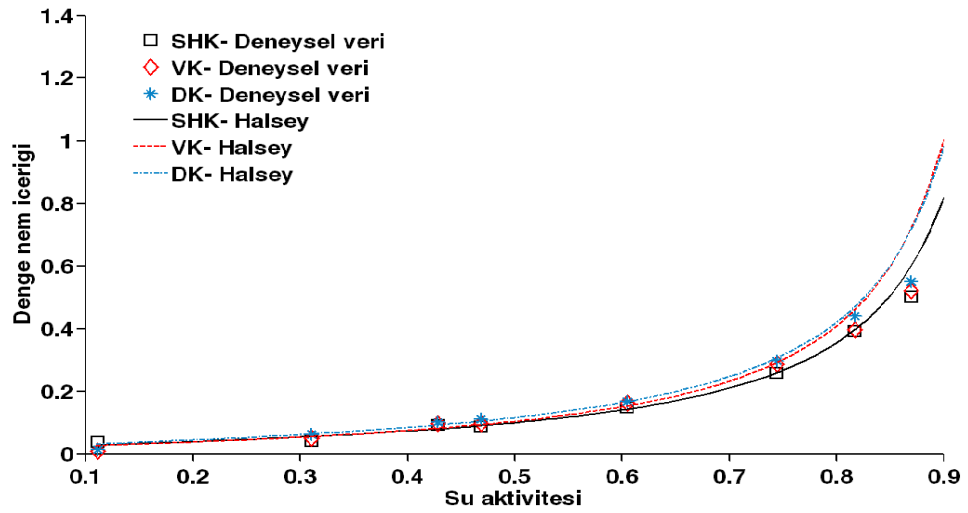
MODEL	Sabitler	SICAK HAVA İLE KURUTMA			VAKUM İLE KURUTMA			DONDURARAK KURUTMA		
		25°C	35°C	45°C	25°C	35°C	45°C	25°C	35°C	45°C
Halsey	C	0.0960	0.1411	0.0884	0.1003	0.1233	0.1060	0.1054	0.1399	0.1040
	n	0.9327	0.6840	0.8932	0.9332	0.7581	0.8305	0.9379	0.7095	0.8808
	SSE	0.0028	0.0082	0.0173	0.0070	0.0056	0.0170	0.0109	0.0116	0.0125
	R <sup>2</sup>	0.9948	0.9779	0.9643	0.9868	0.9850	0.9651	0.9796	0.9686	0.9742
	RMSE	0.0215	0.0405	0.0537	0.0342	0.0334	0.0532	0.0426	0.0483	0.0457
	%P	9.0	19.9	13.1	15.0	13.8	20.4	18.9	24.6	23.1



(a)



(b)



(c)

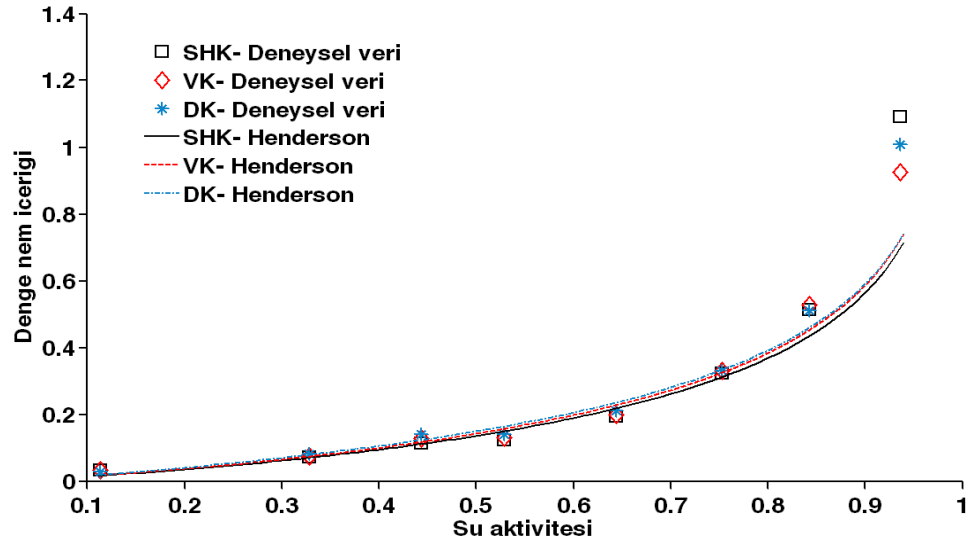
Şekil 4.12 Farklı kurutma teknikleri ile kurutulmuş kivi meyvesinin 25°C (a), 35°C (b), ve 45°C'de (c) deneysel ve Halsey izotermi

#### 4.9.5 Henderson Modeli

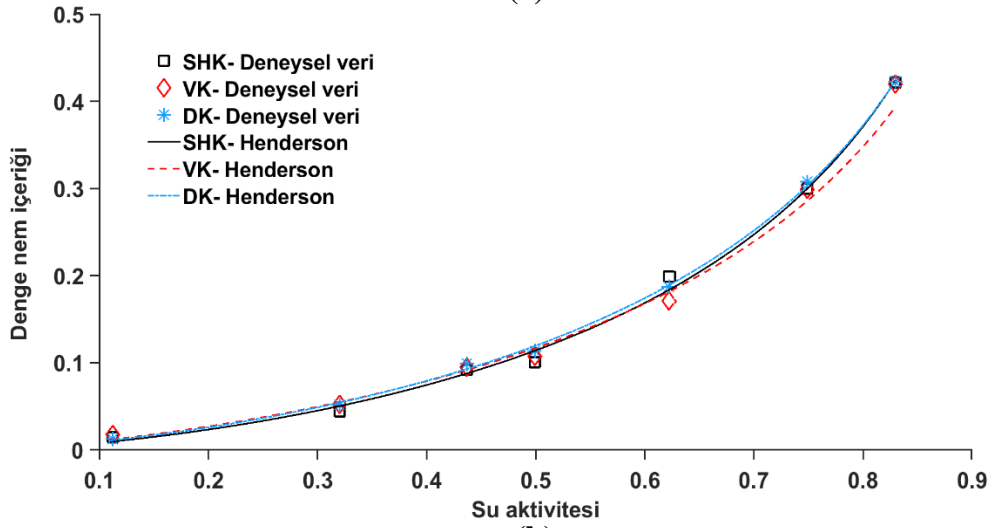
Doğrusal olmayan regresyon analizi ile 0.11-0.94  $a_w$  aralığındaki deneysel veriler Henderson eşitliği kullanılarak modellenmiş, model katsayıları ve istatistiksel parametreler Çizelge 4.13'te verilmiştir. Henderson modeli, sıcak hava ile kurutulmuş kivi'nin adsorpsiyon verilerini tanımlamada yeterli bulunmamıştır. Vakumda ve dondurarak kurutulmuş kiviler için ise model uyumunda sıcaklığın etkili olduğu görülmektedir. 25°C'deki veriler Henderson eşitliğine uyum göstermezken, 35 ve 45°C'lerdeki verilerin uyumu iyi bulunmuştur. Tüm koşullar için elde edilen C ve n model katsayılarının oldukça benzer olduğu, C değerleri 3.2-4.0 arasında değişirken, n değerlerinin 0.71-0.87 arasında değiştiği görülmektedir. Caballero Ceron ve ark., (2018) bu çalışmadakine benzer olarak, Henderson modelinin, kurutulmuş elma ve muzun 25 ve 32°C 'lerde elde edilen adsorpsiyon verilerini tanımlamada oldukça yetersiz olmasına rağmen, 40°C'de iyi sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir. Verilerin tanımlanmasında GAB modelinin tüm sıcaklıklarda iyi sonuç verdiği rapor edilmiştir. Bu çalışmada Henderson modelinin dondurarak kurutulmuş kivi'nin 35 ve 45°C' lerdeki izotermelerini tanımlamada GAB modeli ile benzer sonuçlar verdiği, vakum ile kurutulmuş kivi'nin 45°C' deki adsorpsiyon izotermi tanımlamada GAB'tan daha iyi sonuç verdiği, ancak diğer tüm örnekler için GAB modelinin daha uyumlu olduğu görülmektedir. Yapılan diğer bir çalışmada ise Henderson modelinin, vakum ile kurutulmuş üzüm, kayısı ve elma için 30, 45 ve 60°C sıcaklıklarda elde edilen sorpsiyon verilerinin tanımlanmasında yetersiz olduğu tespit edilmiştir (Kaymak-Ertekin ve Gedik, 2004) Kurutulmuş kivilerin deneysel ve Henderson izotermelerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.13'te verilmiştir.

**Çizelge 4.13** Kurutulmuş kivi örneklerine ait Henderson modeliyle hesaplanmış parametreler ve %P değerleri

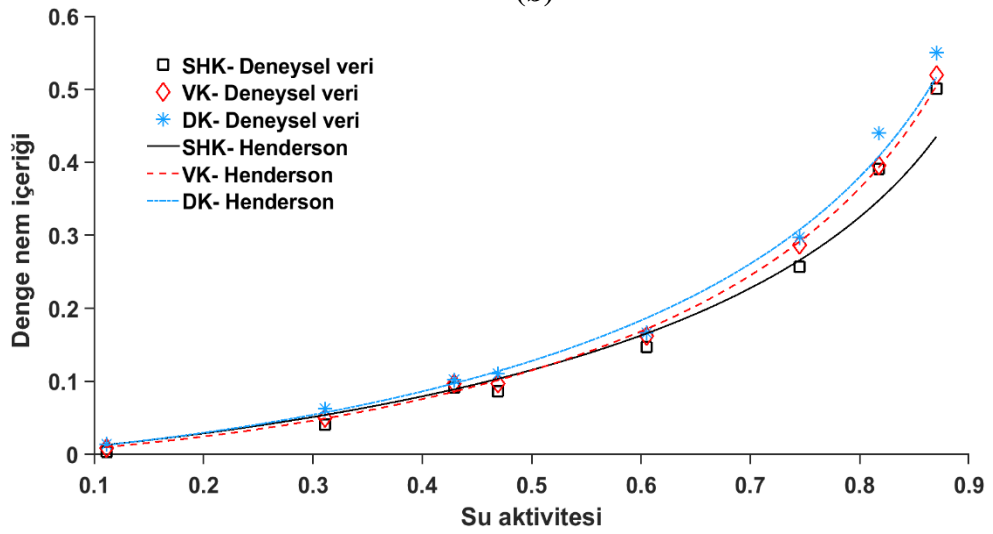
MODEL	Sabitler	SICAK HAVA İLE KURUTMA			VAKUM İLE KURUTMA			DONDURARAK KURUTMA		
		25°C	35°C	45°C	25°C	35°C	45°C	25°C	35°C	45°C
<b>Henderson</b>	C	3.7340	3.2700	4.0200	3.6300	3.6400	3.3600	3.6480	3.3490	3.4010
	n	0.8433	0.7150	0.8146	0.8501	0.7732	0.7297	0.8743	0.7418	0.7734
	SSE	0.0139	0.0034	0.0245	0.0122	0.0026	0.0013	0.0085	6.3245*10 <sup>-4</sup>	0.0022
	R <sup>2</sup>	0.9739	0.9909	0.9495	0.9771	0.9930	0.9973	0.9840	0.9983	0.9955
	RMSE	0.0481	0.0260	0.0639	0.0451	0.0228	0.0147	0.0377	0.0112	0.0191
	%P	17.6	10.6	20.0	16.0	9.4	5.4	14.0	4.2	6.5



(a)



(b)



(c)

Şekil 4.13 Farklı kurutma teknikleri ile kurutulmuş kivi meyvesinin 25°C (a), 35°C (b), ve 45°C'de (c) deneysel ve Henderson izotermleri

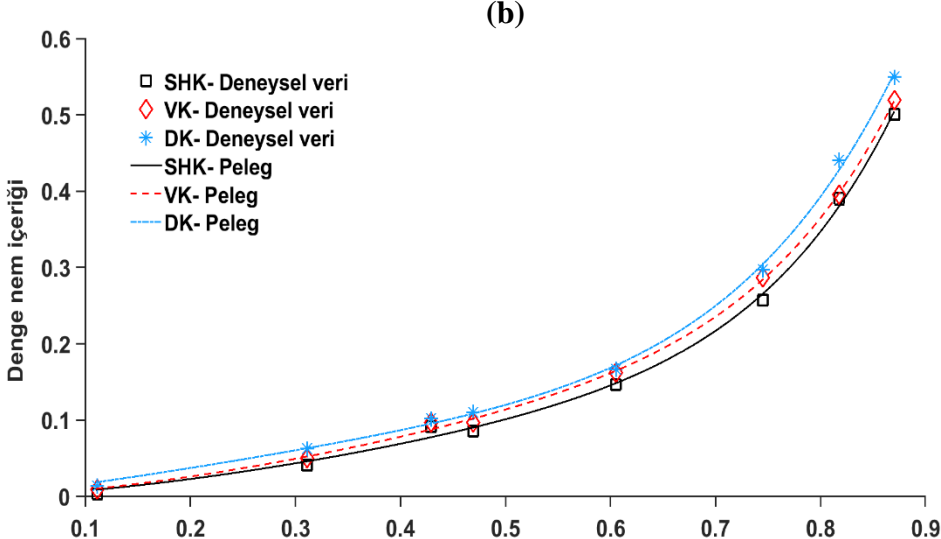
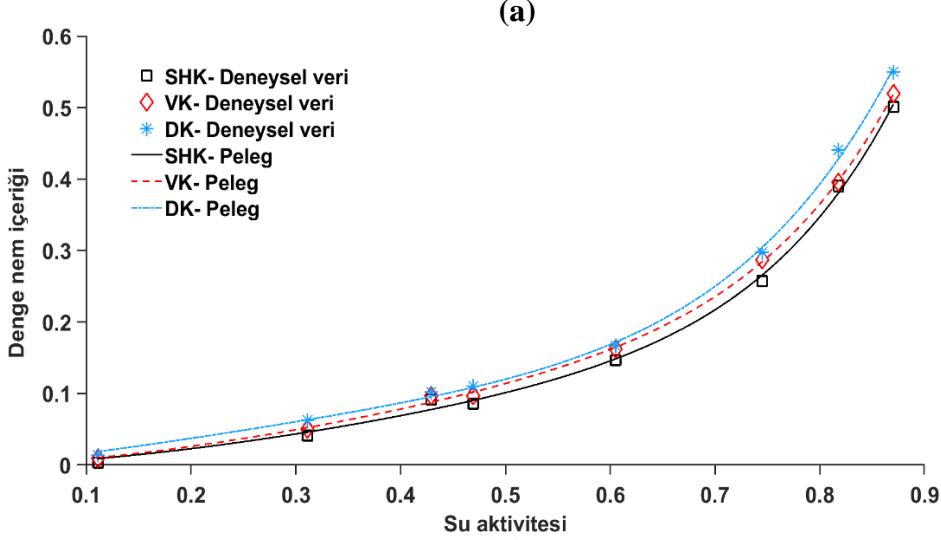
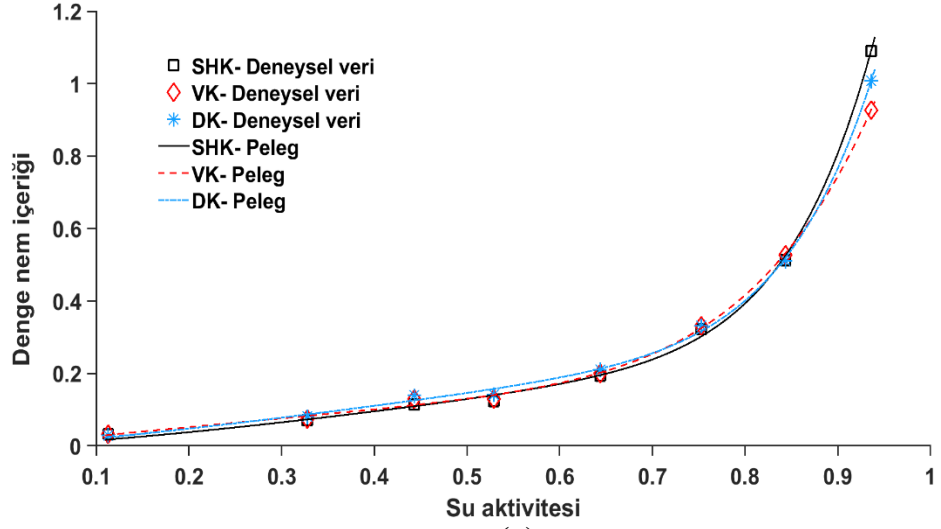


#### 4.9.6 Peleg Modeli

Doğrusal olmayan regresyon analizi ile 0.11-0.94  $a_w$  aralığındaki deneysel veriler Peleg eşitliği kullanılarak modellenmiş, model katsayıları ve istatistiksel parametreler Çizelge 4.14'te verilmiştir. Peleg modeli, dört sabiti olan ve fiziksel önemi olmayan ampirik bir nem emilim modelidir. Genel olarak, Peleg denkleminin, sıcak havada kurutulmuş kivi için 45°C'de elde edilen izoterm hariç, tüm adsorpsiyon izotermelerini tanımlamada yeterli olduğu görülmektedir. Vakumda kurutulmuş kivinin 35°C ve 45°C'lerde, dondurarak kurutulmuş kivinin 35°C'de elde edilen izotermilerin Peleg modeline uyumundan elde edilen P değerler %5 değerinden düşüktür. Literatürde P değerinin % 5'in altında olmasının, bir modelin son derece iyi bir uyum gösterdiğini ifade ettiği belirtilmiştir (Lomauro ve ark., 1985). Kurutulmuş kivilerin deneysel ve Peleg izotermelerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.14'te verilmiştir. Agnieszka ve Andrzej, (2010) dondurarak kurutulmuş çileklerin adsorpsiyon izotermine tanımlanmasında Peleg modelini en uygun model olarak bulmuşlardır. Ciurzynska ve ark., (2012) farklı sıcaklık ve basınç kombinasyonlarında vakum altında kurutulan çileklerin nem adsorpsiyon davranışlarını tarif etmede Peleg ve Lewicki modellerini deneysel verilere uygun bulurken, Halsey modelini uygun bulmamışlardır. Oufaia ve ark. (2015), yapmış oldukları bir çalışmada defne yaprağının (*Laurus nobilis L.*) sorpsiyon izotermelerini standart statik gravimetrik yöntem kullanarak üç farklı sıcaklık (40, 50 ve 60°C) ve nispi nem (%5-90) aralığında belirlemişlerdir. Peleg modelinin defne yaprağı sorpsiyon davranışını en iyi açıklayan model olduğunu rapor etmişlerdir.

**Çizelge 4.14** Kurutulmuş kivi örneklerine ait Peleg modeliyle hesaplanmış parametreler ve %P değeri

MODEL	Sabitler	SICAK HAVA İLE KURUTMA			VAKUM İLE KURUTMA			DONDURARAK KURUTMA		
		25°C	35°C	45°C	25°C	35°C	45°C	25°C	35°C	45°C
<b>Peleg</b>	C <sub>1</sub>	0.3226	0.1382	0.2904	0.2356	0.2012	0.3278	0.3360	0.2913	0.2477
	C <sub>2</sub>	1.5900	0.6117	0.7842	1.1420	0.6837	0.7393	1.3540	0.5432	0.8314
	C <sub>3</sub>	1.3300	1.0970	1.5790	0.9420	1.1400	1.5730	1.2130	1.4830	1.1770
	C <sub>4</sub>	10.4800	3.7100	7.6200	7.2800	5.2060	7.6400	10.0300	5.2960	6.3270
	SSE	0.0011	4.448*10 <sup>-4</sup>	4.9714*10 <sup>-4</sup>	5.4205*10 <sup>-4</sup>	1.0504*10 <sup>-4</sup>	1.2842*10 <sup>-4</sup>	8.0367*10 <sup>-4</sup>	8.6125*10 <sup>-5</sup>	3.5454*10 <sup>-4</sup>
	R <sup>2</sup>	0.9988	0.9966	0.9978	0.9991	0.9992	0.9994	0.9989	0.9993	0.9986
	RMSE	0.0140	0.0122	0.0111	0.0116	0.0059	0.0057	0.0142	0.0054	0.0094
	% P	9.5	7.6	14.6	5.6	3.9	4.8	9.4	3.8	6.7



Şekil 4.14 Farklı kurutma teknikleri ile kurutulmuş kivi meyvesinin 25°C (a), 35°C (b), ve 45°C'de (c) deneysel ve Peleg izotermi

Genel olarak bakıldığında Peleg ve GAB modellerinin, sıcak havada kurutulmuş örneğin 45°C’de elde edilen izotermi hariç diğer tüm adsorpsiyon izotermine uyumundan elde edilen P değerlerinin 3.8-11.5 aralığında olduğu görülmektedir. Bu durum Peleg ve GAB modellerinin bu izotermi tanımlamada oldukça iyi olduğunu göstermektedir. Peleg ve GAB modellerinin sıcak havada kurutulmuş örneğin 45°C’deki deneysel verilerine uyumundan elde edilen R<sup>2</sup> ve RMSE değerlerine bakıldığında, modellerin uyumlu bulunduğu görülse de, P değerlerinin yaklaşık olarak %14 olması diğer örneklere kıyasla model uyumunun düşük olduğunu göstermektedir. Halsey modeli genel olarak elde edilen izotermi temsil etmede en uyumsuz model olarak bulunmuştur. Halsey modeli yalnızca sıcak havada kurutulmuş örneğin 25°C’de elde edilen izotermi için %10 değerinden küçük P değeri sağlamıştır. Henderson modeli sıcak hava kurutulmuş kivilerin adsorpsiyon izotermine uyum göstermemiştir. Ancak vakum ile ve dondurarak kurutulmuş örneklerin 35 ve 45°C’deki verilerini tanımlamada oldukça iyi bulunmuştur. Vakumda kurutulmuş ve dondurarak kurutulmuş örnekler için genel olarak 25°C’de Oswin modelinin,4°C’de de ise Henderson modelinin adsorpsiyon verilerine daha iyi uyum sağladığı söylenebilir.

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada sıcak havada kurutulmuş, vakum ile kurutulmuş ve dondurarak kurutulmuş kivi dilimlerinin üç farklı sıcaklıkta nem adsorpsiyon izotermi elde edilmiş ve altı farklı adsorpsiyon modelinin elde edilen deneysel verilere uyumluluğu araştırılmıştır. Bunun yanında taze ve kurutulmuş örneklerin pH, SÇKM, TEA, kül miktarı, renk, fenolik madde *in vitro* biyoerişilebilirlik değerleri de tespit edilmiştir.

Kurutulmuş örneklerin SÇKM değerleri taze kiviye kıyasla, örnekteki su miktarının azalmasına bağlı olarak çözünen madde konsantrasyonunun artışı nedeni ile daha yüksek tespit edilmiştir. Kurutulmuş örneklerin SÇKM değerleri benzer bulunmuştur. Taze kivi için TEA değeri kurutma ile birlikte kuru madde artışına bağlı olarak artış göstermiştir. Dondurarak kurutulmuş örneğin TEA değeri sıcak hava ile kurutulmuş örneğe yakındır. Kurutma işleminin pH ve kül değerleri üzerine bir etkisi gözlenmemiştir. Kurutulan örnekler arasında, dondurarak kurutulmuş örneğin  $L^*$  değeri ve  $b^*$  değeri en yüksek,  $a^*$  değeri ise daha düşük bulunmuştur. Kurutma işlemi ile taze kivi için kroma değerinin arttığı ve en yüksek değerin dondurarak kurutulmuş kivi örneğine ait olduğu bulunmuştur. Hue açısı değerlerinin, kurutma işlemi sonucu önemli derecede azaldığı tespit edilmiştir.

Gıdalarda bulunan fenolik bileşenlere olan ilgi, insan sağlığına yararlı etkilerinin kanıtlanmasıyla birlikte büyük oranda artmıştır. Polifenollerin biyolojik olarak erişilebilirliğini etkileyen koşulların tanımlanması, kullanımlarının etkinliğinin artırılması açısından önemli bir bilgi kaynağı oluşturmaktadır. Bu çalışmada vakumda kurutulmuş kivi için fenolik madde biyoerişilebilirlik değerinin taze kiviye göre artış gösterdiği tespit edilmiştir. Diğer kurutulmuş örnekler ise taze kivi ile benzer biyoerişilebilirlik değerlerine sahiptir.

Kurutulmuş gıdaların raf ömrünün tahmininde, depolama koşullarının belirlenmesinde, ürün spesifikasyonu hazırlanmasında ve ambalaj seçiminde nem sorpsiyon izotermi önemli bir rol oynamaktadır. Kurutulmuş meyveler için depolama sıcaklıkları oldukça değişken olabilmektedir, bu nedenle sorpsiyon verilerinin farklı sıcaklıklarda elde edilmesi önemlidir. Yapılan bu çalışmada kurutulmuş kivi meyvelerinin adsorpsiyon izotermi şekli olarak benzer bulunmuştur ve BET sınıflamasına göre Tip III (J-şekilli) davranış sergilemiştir. BET

modelinden elde edilen  $M_0$  değerlerinin tüm koşullar için GAB eşitliği ile elde edilen  $M_0$  değerlerinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. BET modelinden elde edilen  $M_0$  değerlerinin artan sıcaklıkla birlikte belirli bir eğilim göstermediği görülmüştür. Genel olarak, sıcak havada kurutulmuş örneğin  $45^{\circ}\text{C}$ 'de elde edilen verileri hariç, tüm örnekler için elde edilen nem adsorpsiyon verilerinin Peleg modeliyle uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte,  $25^{\circ}\text{C}$ 'de, GAB modeli dondurarak kurutulmuş örneğin adsorpsiyon verilerini, temsil etmede en uygun model olarak bulunmuştur. Sıcak havada kurutulan kivi meyvesi için ise  $25^{\circ}\text{C}$ 'de Oswin modeli en iyi uyumu gösteren model olarak tespit edilmiştir. Halsey modeli yalnızca sıcak havada kurutulmuş örneklerin  $25^{\circ}\text{C}$ 'de elde edilen verileri ile uyum sağlarken, Hendersen modeli sıcak hava ile kurutulmuş kivinın adsorpsiyon verilerini tanımlamada yeterli bulunmamıştır. Vakumda ve dondurarak kurutulmuş kiviler için elde edilen verilerin Henderson modeline uyumunda sıcaklığın etkili olduğu görülmüştür.  $25^{\circ}\text{C}$ 'deki veriler Henderson eşitliğine uyum göstermezken, 35 ve  $45^{\circ}\text{C}$ 'lerdeki verilerin uyumu iyi bulunmuştur. Genel olarak bakıldığında GAB ve Peleg modellerinin kurutulmuş kivinın 25, 35 ve  $45^{\circ}\text{C}$  sıcaklıklarda elde edilen adsorpsiyon verilerini temsil etmede oldukça yeterli olduğu söylenbilir.

## 6. KAYNAKLAR

- Acevedo, N.C, Briones, V., Buera, P., Aguilera, J.M. (2008). Microstructure affects the rate of chemical, physical and color changes during storage of dried apple disc. *Journal of Food Engineering*, 85, 222–231.
- Agnieszka, C., Andrzej, L. (2010). Rehydration and sorption properties of osmotically pretreated freeze-dried strawberries. *Journal of Food Engineering*, 97, 267-274.
- Akın A., Özbalta N., Güngör A. (2009). Equilibrium moisture content and equations for fitting sorption isotherms of *Capsicum Annuum*. *Gıda*, 34(4), 205-211.
- Akoy, E.O.M., Von Hörsten, D., Ismail, M. (2013). Moisture adsorption characteristics of solar-dried mango slices. *International Food Research Journal*, 20(2), 883-890.
- Alcantara, S.R., Almeida, F.A.C., Silva, F.L.H., Gomes, J.P. (2009). Adsorption isotherms of the dry cashew apple. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13(1), 81-87.
- Al-Muhtaseb, A.H., McMinn, W.A.M., Magee, T.R.A. (2002). Moisture sorption isotherm characteristics of food products: A review. *Food and Bioproducts Processing*, 80(C2), 118-128.
- Altuntaş, E., Cangı, R., Kaya, C., Dilmaç, M., Saraçoğlu, O. (2009). Hayward kivi çeşidinin hasat ve yeme olumu dönemlerindeki bazı fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi. III. Ulusal Üzümü Meyveler Sempozyumu, 293-301.
- Andrade R.D., Lemus M.R., Perez, C.E. (2011). Models of sorption isotherms for food: Uses and limitations. *Vitae*, 18(3), 325-334.
- Anonim, (2017). FAO. Food and agriculture organization of the united nations. <http://www.fao.org/statistics/en/> (Erişim Tarihi:10.12.2018).
- Anonim, (2017). Ordu Ticaret Borsası, Kivi raporu. [www.ordutb.org.tr](http://www.ordutb.org.tr). (Erişim Tarihi: 08.09.2018).
- Anonim, (2018). Türkiye İstatistik Kurumu, Türkiye kivi üretim miktarları. [www.resmiistatistik.gov.tr](http://www.resmiistatistik.gov.tr) (Erişim Tarihi:10.04.2019).
- Anson, N.M., Selinheimo, E., Havenaar, R., Aura, A.M., Mattila, I., Lehtinen, P., Bast, A., Poutanen, K., Haenen, G.R.M. (2009). Bioprocessing of wheat bran improves in vitro bioaccessibility and colonic metabolism of phenolic compounds. *J. Agric. Food Chem.*, 57: 6148–6155.
- AOAC, (1980). Official methods of analysis (13th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., Çelik, S.E. (2008). Mechanism of antioxidant capacity assays and the CUPRAC (cupric ion reducing antioxidant capacity) assay. *Microchim. Acta*, 160: 413–419.
- Aygın, E., Arslan, S., Durak, A.N., Erbaş, M. (2015). Gıdalarda bulunan suyun fizikokimyasal durumu ve sorpsiyon izotermi. *Gıda*, 40(2): 109-116.

- Ayranci, E., Ayranci, G., Dogantan, Z. (1990). Moisture sorption isotherms of dried apricot, fig and raisin at 20°C and 36°C. *Journal of Food Science*, 55(6), 1591-1593.
- Barbosa Canovas, G.V., Juliano, P. (2007). Desorption phenomena in food dehydration processes. G.V. Barbosa Canovas, A.J. Fontana Jr, S.J. Schmidt, T.P. Labuza (Edt.). *Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications*. Blackwell Publishing and IFT Press, USA, 313-340 pp.
- Bell, L.N., Labuza, T.P. (2000). *Moisture sorption: Practical aspects of isotherm measurement and use* (2nd Edition). American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, MN.
- Bellik, Y., Boukraa, L., Alzahrani, H.A, Bakhotmah, B.A., Abdellah, F., Hammoudi, S.M., Iguer-Ouada, M. (2013). Molecular mechanism underlying anti-inflammatory and anti-allergic activities of phytochemicals: An update, *Molecules*,18(1), 322-353.
- Bhatt, A., Patel, V. (2015). Antioxidant potential of banana: Study using simulated gastrointestinal and conventional extraction. *Indian Journal of Experimental Biology*, 53(7), 457-461.
- Bizot, H. Using the GAB model to construct sorption isotherms, in: R. Jowitt, et al. (Eds.), *Physical Properties of Foods* (European Project Group COST 90 on physical properties of foods), Applied Science Publishers, London, 1983, p. 43.
- Bohn, T., Carriere, F., Day, L., Deglaire, A., Egger, L., Freitas, D., Golding, M., Le Feunteun, S., Macierzanka, A., Menard, O., Miralles, B., Moscovici, A., Portmann, R., Recio, I., Remond, D., Sante-Lhoutelier, V., Wooster, T.J., Lesmes, U., Mackie, A.R., Dupont, D. (2017). Correlation between in vitro and in vivo data on food digestion. What can we predict with static in vitro digestion models?. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(13), 2239-2261.
- Bone, D. (1973). Water activity in intermediate moisture foods. *Food Technology*, 27(4), 71-76.
- Boquet, R., Chirife, J., Iglesias, H.A. (1978). Equations of fitting water sorption isotherms of foods: II. Evaluation of various two parameters models. *International Journal of Food Science & Technology*, 13(4), 319–327.
- Bostan, S.Z., Günay, K. (2014). Hayward (*Actinidia deliciosa* planch) kivi çeşidinin meyve kalitesi üzerine rakım ve yöneyin etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 3 (1), 13-22.
- Bouayed, J., Hoffmann, L., Bohn, T. (2011). Total phenolics, flavonoids, anthocyanins and antioxidant activity following simulated gastro-intestinal digestion and dialysis of apple varieties: Bioaccessibility and potential uptake. *Food Chemistry*, 128(1), 14-21.
- Brunauer, S., Deming, L.S., Deming, W.E., Troller, E. (1940). On the theory of van der waals adsorption of gases. *Journal of American Chemical Society*, 62, 1723–1732.



- Brunauer, S., Emmett, P., Teller, E. (1938). The adsorption of gases in multimolecular layers. *Journal of American Chemical Society*, 60, 309–320.
- Caballero-Ceron, C., Serment-Moreno, V., Velazquez, G., Torres, J.A., Welti-Chanes, J. (2018). Hygroscopic properties and glass transition of dehydrated mango, apple and banana. *Journal of Food Science and Technology*, 55(2), 540-549.
- Cabı, O. (1978). Dondurularak kurutmanın tanımı, tekniği ve kullanım alanları. *Gıda*,1,3-8.
- Cadden, A.M. (1988). Moisture sorption characteristics of several food fibers. *Journal of Food Science*, 53 (4), 1150-1155.
- Çalışkan, G., Ergun, K., Dirim, S.N. (2015). Freeze drying of kiwi (*Actinidia deliciosa*) puree and the powder properties, *Italian Journal of Food Science*, 27(3), 385-396.
- Cangi, R., Karadeniz, T. (1999). Ordu’da değişik rakımlarda yetiştirilen Hayward kivi çeşidinde verim ve meyve özellikleri üzerine araştırmalar. Karadeniz Bölgesi Tarım Sempozyumu 4-5 Ocak 1999. Bildiriler. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Samsun. 425-432 s.
- Cano, M.P. (1991). HPLC separation of chlorophyll and carotenoid pigments of four kiwifruit cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 39(10), 1786-1791.
- Carbonell-Capella, J.M., Buniowska, M., Barba, F.J., Esteve, M.J., Frigola, A. (2014). Analytical methods for determining bioavailability and bioaccessibility of bioactive compounds from fruits and vegetables: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(2), 155-171.
- Caurie, M. (1981). A monolayer equation for use in sorption studies. *Journal of Food Science*, 47, 332-333.
- Çelen, S., Kahveci, K. (2013). Microwave drying behaviour of tomato slices. *Czech Journal of Food Science*, 31(2), 132-138.
- Çelik, A. Ercişli, S. Turgut, N. (2007). Some physical, pomological and nutritional properties of kiwifruit cv. Hayward. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 58(6), 411-418.
- Cervenka, L. (2008). Adsorption of Moisture on dried juniper berries (*Juniperus communis* L.) at various temperatures and properties of sorbed water. *Journal of Food and Nutrition Research*, 47(3), 131–138.
- Chen, G.L., Chen, S.G., Zhao, Y.Y., Luo, C.X., Li, J., Gao, Y.Q. (2014). Total phenolic contents of 33 fruits and their antioxidant capacities before and after in vitro digestion. *Industrial Crops and Products*, 57, 150–157.
- Chin, S.K., Siew, E.S., Soon, W.L. (2015). Drying characteristics and quality evaluation of kiwi slices under hot air natural convective drying method. *International Food Research Journal*, 22(6), 2188-2195.

- Chinachoti, P., Steinberg, M.P. (1984). Interaction of sucrose with starch during dehydration as shown by water sorption. *Journal of Food Science*, 49(6), 1604-1608.
- Chukwu, O. (2010). Moisture-sorption study of dried date fruits, *AU J.T.* 13(3), 175-180.
- Cingey, A. (2018). Mersin'in Erdemli ilçesinde değişik koşullarda 'Hayward' (*A. Deliciosa planch*) kivi çeşidinin pomolojik ve kimyasal özelliklerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Ciurzynska, A., Lenart, A., Kawka, P. (2013). Influence of chemical composition and structure on sorption properties of freeze-dried pumpkin. *Drying Technology*, 31, 655-665.
- Ciurzynska, A., Piotrowski, D., Lenart, A., Lukasik, P. (2012). Sorption properties of vacuum-dried strawberries. *Drying Technology*, 30, 850–858.
- D'Archivio, M., Filesi, C., Di Benedetto, R., Gargiulo, R., Giovannini, C., Masella, R. (2007). Polyphenols, dietary sources and bioavailability. *Annali dell'Istituto Superiore Di Sanita*, 43(4), 348-361.
- Dağcı, G. (2014). Ozmotik ön kurutma yapılmış kivi meyvesinin kızılötesi dalga destekli akışkan yatak kurutucu ile kurutulması. Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Manisa.
- Darıcı, S., şen, S. (2012). Kivi meyvesinin kurutulmasında kurutma havası hızının kurumaya etkisinin incelenmesi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 130, 51-58.
- De Ancos, B., Cilia, A., Barbera, R., Sanchez-Moreno, C., Cano, M.P. (2017). Influence of orange cultivar and mandarin postharvest storage on polyphenols, ascorbic acid and antioxidant activity during gastrointestinal digestion. *Food Chemistry*, 225, 114-124.
- Demirci, M. (2003). Gıda Kimyası, Trakya Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, ikinci baskı, Tekirdağ, 84-86.
- Dev, S.R.S., Raghavan, V.G.S. (2012). Advancements in drying techniques for food, fiber, and fuel. *Drying Technology*, 30: 1147-1159.
- Dirim, S.N., Talih, M. (2018). Kurutma yardımcı maddelerinin dondurarak kurutulmuş taflan tozlarının özellikleri üzerine etkisi. *Gıda*, 43(3), 461-475.
- Djendoubi Mrad, N., Bonazzi, C., Boudhrioua, N., Kechaou, N., Courtois, F. (2012). Influence of sugar composition on water sorption isotherms and on glass transition in apricots. *Journal of Food Engineering*, 111(2), 403–411.
- Ekezie, F.G.C, Sun, D.W, Han, Z., Cheng, J.H. (2017). Microwave-assisted food processing technologies for enhancing product quality and process efficiency: A review of recent developments. *Trends in Food Science and Technology*, 67, 58-69.
- Ekşi, A., Türkmen Özen, İ. (2012). Kivi meyvesinin kimyasal bileşenleri ve fonksiyonel özellikleri. *Ordu Üni. Bil. Tek. Derg.*, 2(2), 54-67.

- Erbaş, M., Candal, C., Kılıç, Ö. ve Mutlu, C. (2016). Gıdaların nem sorpsiyon izotermelerinin belirlenmesi ve eşitliklerinin çözümü. *Gıda*, 41(3), 171-178.
- Ergün, K. (2012). Dondurularak kurutulmuş kivi püresi tozu kullanılarak hazırlanan keklerde pişirme yöntemi ve formülasyonun kalite kriterlerine etkisinin incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İZMİR.
- Ergün, K., Çalışkan, G., Dirim, S.N. (2016). Determination of the drying and rehydration kinetics of freeze dried kiwi (*Actinidia deliciosa*) slices. *Heat and Mass Transfer*, 52(3), 2697-2705.
- Ertugay, M.F., Certel, M., Gürses, A. (2000). Moisture adsorption isotherms of Tarhana at 25°C and 35°C and the investigation of fitness of various isotherm equations to moisture sorption data of Tarhana. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(14), 2001-2004.
- Falade, K.O., Aworh, O.C. (2004a). Adsorption isotherms of osmo-oven dried African star apple (*Chrysophyllum albidum*) and African mango (*Irvingia gabonensis*) slices. *European Food Research and Technology*, 218(3), 278–83.
- Falade, K.O., Olukini, I., Adegoke, G.O. (2004b). Adsorption isotherm and heat of sorption of osmotically pretreated and air-dried pineapple slices. *European Food Research and Technology*, 218(6), 540–3.
- Fellows, P. (2000). Properties of foods and processing theory. *Food Processing Technology; Principles and Practice*. Second Edition, Woodhead Publishing Ltd. Cambridge England, 9-62 pp.
- Ferguson, A.R. (1984). Kiwifruit: A botanical review. In: *Horticultural Reviews*, (Ed. J. Janick). Avi. Publishing Company, Inc. Westport Connecticut, 6, 1-64.
- Fourie, P.C., Hansmann, C.F. (1992). Fruit composition of four South African-grown kiwifruit cultivars. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 20, 449-452.
- Garcia-Martinez, E., Martinez-Monzo, J., Camacho, M.M., Martinez-Navarrete, N. (2002). Characterisation of reused osmotic solution as ingredient in new product formulation. *Food Research International*, 35, 307-313.
- Ghasemnezhad, M., Ghorbanalipour, R., Shiri, M.A. (2013). Changes in physiological characteristics of kiwifruit harvested at different maturity stages after cold storage. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 78(1), 41–47.
- Greenspan, L. (1977). Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions. *Journal of Research of the National Bureau of Standards-A. Physics and Chemistry*, Vol. 81 A, No.1, 89-96.
- Guo, R., Chang, X., Guo X., Brennan, C.S., Li, T., Fu, X., Liu, R.H. (2017). Phenolic compounds, antioxidant activity, antiproliferative activity and bioaccessibility of Sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) berries as affected by in vitro digestion. *Food and Function*, 8(11), 4229-4240.
- Heaney, R.P. (2001). Factors influencing the measurement of bioavailability, taking calcium as a model. *Journal of Nutrition*, 131(4), 1344S-1348S.

- Holst, B., Williamson, G. (2008). Nutrients and phytochemicals: from bioavailability to bioefficacy beyond antioxidants. *Current Opinion in Biotechnology*, 19(2), 73–82.
- Horasan Sağbasan, B. (2015). Türkiye’de yaygın olarak tüketilen kuru kırmızı meyvelerin içerdiği antioksidan maddelerin biyoerişilebilirliğinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Hussin, A.H. (2014). Siyez buğdayının sorpsiyon izotermelerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Ankara.
- Ibanoğlu, S., Kaya, S., Kaya, A. (1999). Evaluation of sorption properties of Turkish tarhana powder. *Nahrung*, 43(2), 122-125.
- Iglesias, H.; Chirife, J. (1976). Prediction of effect of temperature on water sorption isotherms of food material. *Journal of Food Technology*, 11, 109–118.
- Izli, N., Izli, G., Taskin, O. (2017). Drying kinetics, colour, total phenolic content and antioxidant capacity properties of kiwi dried by different methods. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11, 64-74.
- Jiao, X., Li, B., Zhang, Q., Gao, N., Zhang, X., Meng, X. (2018). Effect of in vitro-simulated gastrointestinal digestion on the stability and antioxidant activity of blueberry polyphenols and their cellular antioxidant activity towards HepG2 cells. *International Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 61–71.
- Kamiloglu, S., Capanoglu, E. (2013). Investigating the *in vitro* bioaccessibility of polyphenols in fresh and sun-dried figs (*Ficus carica L.*). *International Journal of Food Science and Technology*, 48 (12), 2621–2629.
- Karacaoğlu, C., Gürsoy, O., Yılmaz, Y. (2016). Ultrasonikasyon destekli vakum impregnasyon (emdirme) tekniği ile muamele işleminin kivi dilimlerinin kuruma kinetiği üzerine etkisi. *Akademik Gıda*, 14(3), 256-266.
- Kaya, A., Aydın, O., Kolaylı, S. (2010). Effect of different drying conditions on the vitamin C (ascorbic acid) content of Hayward kiwifruits (*Actinidia deliciosa Planch*). *Food and Bioproducts Processing*, 88(2), 165-173.
- Kaymak-Ertekin, F., Gedik, A., (2004). Sorption isotherms and isosteric heat of sorption for grapes, apricots, apples and potatoes. *Lebensmittel-Wissenschaft und –Technologie*, 37(4), 429-438.
- Kaynaş, K., Özelkök, İ.S., Samancı, H. (1992). Yalova koşullarında yetiştirilen kivi (*Actinidia chinensis cv: Hayward*) meyvesinde en uygun hasat olumunun saptanması üzerine bir araştırma. IV. Bağcılık Sempozyumu, Yalova, 293-297.
- Kılıç, A. (1995). Kivinin Ege Bölgesi koşullarına adaptasyonu ve meyve özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, İzmir.
- Kingsly, A.R.P., Ileleji, K.E. (2009). Sorption isotherm of corn distillers dried grains with solubles (DDGS) and its prediction using chemical composition. *Food Chemistry*, 116 (4), 939–946.

- Klewicki, R., Konopacka, D., Uczciwek, M., Irzyniec, Z., Piasecka, E., Bonazzi, C. (2009). Sorption isotherms for osmo-convectively-dried and osmo-freeze-fried apple, sour cherry, and blackcurrant. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 84(6), 75-79.
- Koçak, E. (2014). The determination of the antioxidant capacities and the *in-vitro* bioavailabilities of Osmanlı strawberry, Osmanlı strawberry jam and strawberry tree (*Arbutus unedo*). M.Sc. Thesis, İstanbul Technical University, Graduate School of Science Engineering and Technology, Department of Food Engineering, İstanbul.
- Koroş, B. (2007). Geleneksel türk gıdalarının adsorpsiyon izotermelerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendiliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Kubal, C. (2016). Ordu’da yetiştirilen ‘Hayward’ kivi çeşidinin önemli kimyasal bileşenler ve fiziksel özellikler yönünden tanımlanması. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Ordu.
- Labuza, T.P., Altunakar B. (2007). Water Activity Prediction and Moisture Sorption Isotherms. G.V. Barbosa-Canovas, A.J. Fontana Jr, S.J. Schmidt, T.P. Labuza (Edt.). *Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications*, Blackwell Publishing and IFT Press, USA, 109-154 pp.
- Labuza, T.P., Kaanane, A., Chen, J.Y. (1985). Effect of temperature on the moisture sorption isotherms and water activity shift of two dehydrated foods. *Journal of Food Science*, 50 (2), 385-391.
- Labuza, T.P., Tannenbaum, S.R., Karel, M. (1970). Water content and stability of low moisture and intermediate moisture foods. *Journal of Food Technology*, 24, 543–550.
- Lavoyer, F.C.G., Gabas, A.L., Oliveira, W.P., Telis-Romero, J. (2013). Study of adsorption isotherms of green coconut pulp. *Food Science and Technology*, 33(1), 68-74.
- Leontowicz, H., Leontowicz, M., Latocha, P., Jesion, I., Park, Y.S., Katrich, E., Barasch, D., Nemirovski, A., Gorinstein, S. (2016). Bioactivity and nutritional properties of hardy kiwi fruit *Actinidia arguta* in comparison with *Actinidia deliciosa* ‘Hayward’ and *Actinidia eriantha* ‘Bidan’. *Food Chem.*, 196, 281–291.
- Lim, L.T., Tang, J.M., He, J.S. (1995). Moisture sorption characteristics of freeze dried blueberries. *Journal of Food Science*, 60 (4), 810-814.
- Lomauro, C.J., Bakshi, A.S., Labuza, T.P. (1985). Evaluation of food moisture sorption isotherm equations. Part I: Fruit, vegetable and meat products. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie*. 18(2), 111-117.
- Lucas-Gonzalez, R., Navarro-Coves, S., Perez-Alvarez, J.A., Fernandez-Lopez, J., Munoz, L.A., Viuda-Martos, M. (2016). Assessment of polyphenolic profile stability and changes in the antioxidant potential of maqui berry (*Aristotelia*

- chilensis (Molina) Stuntz) during in vitro gastrointestinal digestion. *Industrial Crops and Products*, 94, 774-782.
- Marhuenda, J., Aleman, M.D., Girones-Vilaplana, A., Perez, A., Caravaca, G., Figueroa, F., Mulero, J., Zafrilla, P. (2016). Phenolic composition, antioxidant activity, and in vitro availability of four different berries. *Journal of Chemistry*, 2016, 7.
- Marsh, K., Attanayake, S., Walker, S., Gunson, A., Boldingh, H., MacRae, E. (2004). Acidity and taste in kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*, 32, 159-168.
- Marsh, K., Sullivan, M., Thorp, T.G. (2011). Titratable acidity in kiwifruit, a comparison of different methods of analysis. *Acta Horticulturae*, 913, 657-660.
- Maskan, M. (2001). Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48, 177-182.
- McGuire, R.G. (1992). Reporting of objective color measurements. *Hort Science*, 27(12), 1254-1255.
- McLellan, M.R., Lind, L.R., Kime, R.W. (1995). Hue angle determinations and statistical analysis for multiquadrant Hunter L, a, b data. *Journal of Food Quality*, 18(3): 235–240.
- Mitchell, F.G. (1988). Kiwifruit Maturity. *Perishables Handling Postharvest Technology of Fresh Horticultural Crops*. Coop. Ext. Univ. Cal., No. 63:4.
- Mitrevski, V., Lutovska, M., Mijakovski, V., Pavkov, I.S., Babic, M.M., Radojcin M.T. (2015). Adsorption isotherms of pear at several temperatures. *Thermal Science*, 19(3), 1119-1129.
- Moreira, I.S., da Silva, W.P., de Castro, D.S., de Melo Silva, L.M., Gomes, J.P., e Silva, C.M.D.P.S. (2018). Production of kiwi snack slice with different thickness: Drying kinetics, sensory and physicochemical analysis. *Australian Journal of Crop Science*, 12(05), 778-787.
- Movagharnjad, K., Pouya, S. (2017). The effect of the drying method on the quality of dried kiwi slices. *International Journal of Health and Medicine*, 2(1), 1-5.
- Olivas-Aguirre, F.J., Gaytan-Martinez, M., Mendoza-Diaz, S.O., Gonzalez-Aguilar, G.A., Rodrigo-Garcia, J., Martinez-Ruiz, N.D.R., Wall-Medrano, A. (2017). In vitro digestibility of phenolic compounds from edible fruits: could it be explained by chemometrics?. *International Journal of Food Science and Technology*, 52(9), 2040-2048.
- Orikasa, T., Koide, S., Okamoto, S., Imaizumi, T., Muramatsu, Y., Takeda, J., Shiina, T., Tagawa, A. (2014). Impacts of hot air and vacuum drying on the quality attributes of kiwifruit slices. *Journal of Food Engineering*, 125, 51–58.
- Ouafia, N., Moghrani, H., Benaouada, N., Yassaa, N., Maachi, R., Younsi, R. (2015). Moisture sorption isotherms and heat of sorption of algerian bay leaves (*Laurus nobilis*). *Maderas: Ciencia y Tecnología*, 17(4), 759-772.

- Öztürk, S. (2014). Muz ve kivi'nin dielektrik özelliklerinin mikrodalga ve kızılötesi-mikrodalga kombinasyonu ile kurutma karakteristikleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Pala, M., Saygı, B. (1983). Su aktivitesi ve gıda işlemedeki önemi. *The Journal of Food*, 8(1), 33-39.
- Peleg, M. (1993). Assessment of a semi-empirical four parameter general model for sigmoid moisture sorption isotherms. *Journal of Food Processing and Engineering*, 16(1), 21-37.
- Peng, M.X., Cong, Y.L., Liu, D. (2016). Evaluation of phenolics, flavonoids and antioxidant activity of apples following simulated gastro-intestinal digestion. *Modern Food Science and Technology (Chinese)*, 32, 122-128.
- Pinacho, R., Cavero, R.Y., Astiasaran, I., Ansorena, D., Calvo, M.I. (2015). Phenolic compounds of blackthorn (*Prunus spinosa* L.) and influence of in vitro digestion on their antioxidant capacity. *Journal of Functional Foods*, 19, 49-62.
- Pinto, J., Spinola, V., Llorent-Martinez, E.J., Fernandez-de Cordova, M.L., Molina-Garcia, L., Castilho, P.C. (2017). Polyphenolic profile and antioxidant activities of Madeiran elderberry (*Sambucus lanceolata*) as affected by simulated in vitro digestion. *Food Research International*, 100, 404-410.
- Polatcı, H., Yıldız, A.K., Saraçoğlu, O., Adsız, E., Aksüt, B. (2017). Görüntü işleme yöntemleri kullanılarak kivi meyvesinin kuruma performansı ve renk değişiminin belirlenmesi. *JAFAG*, 34, 105-112.
- Ratti, C., Makhlouf, J., Shishegarha, F. (2002). Freeze drying characteristics of strawberries, *Drying Technology*, 20 (1), 131- 145.
- Ribas-Agusti, A., Martin-Belloso, O., Soliva-Fortuny, R., Elez-Martinez, P., (2017). Food processing strategies to enhance phenolic compounds bioaccessibility and bioavailability in plant-based foods, *Crit. Rev. Food Sci. Nut.*, 58(15), 2531-2548.
- Rockland, L.B., Nishi, S.K. (1980). Influence of water activity on food product quality and stability. *Food Technology*, 34(4), 42-51.
- Sagar, V.R., Kumar, P.S. (2010). Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 47(1), 15-26.
- Sahan, Y., Gurbuz, O., Guldas, M., Degirmencioglu, N., Begenirbas, A. (2017). Phenolics, antioxidant capacity and bioaccessibility of chicory varieties (*Cichorium* spp.) grown in Turkey. *Food Chemistry*, 217, 483-489.
- Schulz, M., Biluca, F.C., Gonzaga, L.V., Borges, G.D.C., Vitali, L., Micke, G.A., de Gois, J.S., de Almeida, T.S., Borges, D.L.G., Miller, P.R.M., Costa, A.C.O., Fett, R. (2017). Bioaccessibility of bioactive compounds and antioxidant potential of juçara fruits (*Euterpe edulis* Martius) subjected to in vitro gastrointestinal digestion. *Food Chemistry*, 228, 447-454.
- Science*, 47, 332-333.

- Şengül, H. (2013). Narda bulunan antosiyaninlerin biyoyararlılığına gıda matrisi ve bileşenlerinin etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şentürk, R.N. (2009). Kuru dutun sorpsiyon izotermelerinin modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Gebze.
- Shahidi, F., Ho, C.T. (2005). Phenolic compounds in foods and natural health products, ACS Symposium Series; American Chemical Society: Washington, DC.
- Shi, J., Maguer, L.M., Kakuda, Y., Liptay, A., Niekamp, F. (1999). Lycopene degradation and isomerization in tomato dehydration. *Food Research International*, 32(1), 15-21.
- Tagliazucchi, D., Verzelloni, E., Bertolini, D., Conte, A. (2010). In vitro bio-accessibility and antioxidant activity of grape polyphenols, *Food Chemistry*, 120(2), 599-606.
- Tatar, E., Cengiz, A., Kahyaoglu, T. (2014). Effect of hemicellulose as a coating material on water sorption thermodynamics of the microencapsulated fish oil and artificial neural network (ANN) modeling of isotherms. *Food and Bioprocess Technology*, 7(10), 2793–2802.
- Tavarani, S., Degl’Innocenti, E., Remorini, D., Massai, R., Guidi, L. (2008). Antioxidant capacity, ascorbic acid, total phenols and carotenoids changes during harvest and after storage of Hayward kiwifruit. *Food Chemistry*, 107, 282–288.
- Thalerngnawachart, S., Duangmal, K. (2016). Influence of humectants on the drying kinetics, water mobility, and moisture sorption isotherm of osmosed air-dried papaya. *Drying Technology*, 34(5), 574-583.
- Timmermann, E.O. (2003). Multilayer sorption parameters: BET or GAB values? *Colloids and Surfaces A-Physicochemical and Engineering Aspects*. 220(1-3), 235-260.
- Tsami, E., Marinos-Kouris, D., Maroulis, Z.B. (1990). Water sorption isotherms of raisins, currants, figs, prunes and apricots. *Journal of Food Science*, 55(6), 1594-1597.
- Udomkun, P., Argyropoulos, D., Nagle, M., Mahayothee, B., Müller, J. (2015). Sorption behaviour of papayas as affected by compositional and structural alterations from osmotic pretreatment and drying. *Journal of Food Engineering*, 157, 14-23.
- Uslu, N.A. (2006). Kivide budama ve sürgün gelişiminin meyve kalitesi ve verim üzerine kantitatif ve kalitatif etkileri. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Samsun.
- Uysal Seçkin, G., Taşeri, L. (2015). Yarı kurutulmuş sebze ve meyveler. *Pamukkale Üniv. Müh. Bilim Derg.*, 21(9), 414-420.



- Van Campen, L., Amidon, G.L., Zografi, G. (1983). Moisture sorption kinetics for water-soluble substances I: Theoretical considerations of heat transport control. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 72(12), 1381-1388.
- Van den Berg, C. (1991). Food-water relations: progress and integration, comments and thoughts, *Water Relations in Foods*, Levine, H. and Slade, L. (ed) (Plenum Press, New York, USA). pp 21–28.
- Van der Berg, C., Bruin, S. (1981). Water activity and its estimation in food systems. In: Rockland, L.B. and Stewarts, G.F., Eds., *Theoretical Aspects in Water Activity: Influence on Food Quality*, Academic Press, New York, 12-45.
- Vega- Galvez, A., Palacios, M., Lemus- Mondaca, R., Passaro, C. (2008). Moisture sorption isotherms and isosteric heat determination in Chilean papaya (*Vasconcellea pubescens*). *Quim. Nova*, 31 (6), 1417-1421.
- Wang, H., Cao, G., Prior, R.L. (1996). Total antioxidant capacity of fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44 (3), 701-705.
- Wolf, W., Spiess, W.E.L., Jung, G. (1985). Properties of water in foods in relation to food quality and stability. D. Stamatou, J.L. Multon (Edt.). *Standardization of Isotherm Measurement*, Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers, pp 661–679.
- Wood, R.J. (2005). Bioavailability: definition, general aspects and fortificants. In: Caballero B, Prentice A, Allen L, editors. *Encyclopedia of human nutrition*. 2nd ed. Oxford: Elsevier Ltd., 195-201.
- Wu, L., Orikasa, T., Ogawa, Y., Tagawa, A. (2007). Vacuum drying characteristics of eggplants. *Journal of Food Engineering*, 83(3), 422-429.
- Yan, Z., Sousa-Gallagher, M.J., Oliveira, F.A.R. (2008). Effect of temperature and initial moisture content on sorption isotherms of banana dried by tunnel drier. *International Journal of Food Science Technology*, 43(8), 1430-1436.
- Yaşa, F., (2016). Türkiye’de yetiştirilen hünnap meyvesinin bileşimi ve meyvenin kurutulması sırasında bileşiminde meydana gelen değişimler. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Yılmaz, B. (2016). Giresun koşullarında yetiştirilen Hayward kivi çeşidinde meyve gelişim sürecinde önemli kalite özelliklerinin değişimi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Ordu.
- Yılmaz, M.S. (2015). Brokolinin mikrodalga kurutma karakteristiklerinin belirlenmesi ve modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Yogendrarajah, P., Samapundo, S., Devlieghere, F., De Saeger, S., De Meulenaer, B. (2015). Moisture sorption isotherms and thermodynamic properties of whole black peppercorns (*Piper nigrum* L.). *LWT-Food Science and Technology*, 64(1), 177-188.
- Young, J.F. (1967). Humidity control in the laboratory using salt solutions-a review. *Journal of Applied Chemistry*, 17, 241-245.

- Yu, X., Kappes, S.M., Bello-Perez, L.A., Schmidt, S.J. (2008). Investigating the moisture sorption behaviour of amorphous sucrose using dynamic humidity generating instrument. *Journal of Food Science*, 73(1), E25–E35.
- Yurdakul, E. (2008). Kahvaltılık gevrekleri zenginleştirmek amacıyla üretilen dondurarak kurutulmuş kestanenin kalite kriterlerinin değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.
- Zhao, G., Zhang, R., Liu, L., Deng, Y., Wei, Z., Zhang, Y., Ma, Y., Zhang, M. (2017). Different thermal drying methods affect the phenolic profiles, their bioaccessibility and antioxidant activity in *Rhodomyrtus tomentosa* (Ait.) Hassk berries. *LWT-Food Science and Technology*, 79, 260-266.
- Zolfaghari, M., Sahari, M.A., Barzegar, M., Samadloiy, H. (2010). Physicochemical and enzymatic properties of five kiwifruit cultivars during cold storage. *Food Bioprocess Technology*, 3, 239–246.

# **EKLER**

**EK 1** Kurutulmuş kivi meyvesinde suda çözünür kuru madde değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Örnek	4	Taze kivi; Sıcak hava ile kurutulmuş; Vakum ile kurutulmuş; Dondurarak kurutulmuş			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Örnek	3	3601.54	1200.51	192.27	0.000
Hata	8	49.95	6.24		
Toplam	11	3651.49			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Örnek</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart sapma</b>
Taze kivi	3	7.40 <sup>b</sup> ±0.40
Sıcak hava ile kurutulmuş	3	49.50 <sup>a</sup> ±2.47
Vakum ile kurutulmuş	3	47.10 <sup>a</sup> ±3.78
Dondurarak kurutulmuş	3	45.15 <sup>a</sup> ±2.08

**EK 2** Kurutulmuş kivi meyvesinde titre edilebilir asitlik değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Örnek	4	Taze kivi; Sıcak hava ile kurutulmuş; Vakum ile kurutulmuş; Dondurarak kurutulmuş			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Örnek	3	53.269	17.7562	121.62	0.000
Hata	8	1.168	0.1460		
Toplam	11	54.437			

### Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

Örnek	N	Ortalamalar ± Standart sapma
Taze kivi	3	1.02 <sup>c</sup> ±0.08
Sıcak hava ile kurutulmuş	3	5.30 <sup>b</sup> ±0.32
Vakum ile kurutulmuş	3	5.83 <sup>ab</sup> ±0.62
Dondurarak kurutulmuş	3	6.31 <sup>a</sup> ±0.30

### EK 3 Kurutulmuş kivi meyvesinde pH değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

Faktör	Levels	Değerler
Örnek	4	Taze kivi; Sıcak hava ile kurutulmuş; Vakum ile kurutulmuş; Dondurarak kurutulmuş

Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Örnek	3	0.05204	0.017346	1.95	0.210
Hata	7	0.06227	0.008895		
Toplam	10	0.11430			

### Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

Örnek	N	Ortalamalar ± Standart sapma
Taze kivi	2	3.18 <sup>a</sup> ±0.11
Sıcak hava ile kurutulmuş	3	3.36 <sup>a</sup> ±0.11
Vakum ile kurutulmuş	3	3.36 <sup>a</sup> ±0.10
Dondurarak kurutulmuş	3	3.33 <sup>a</sup> ±0.06

### EK 4 Kurutulmuş kivi meyvesinde kül değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

Faktör	Levels	Değerler
Örnek	4	Taze kivi; Sıcak hava ile kurutulmuş; Vakum ile kurutulmuş; Dondurarak kurutulmuş

Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Örnek	3	0.3582	0.1194	0.19	0.904
Hata	9	5.7943	0.6438		
Toplam	12	6.1525			

#### Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

Örnek	N	Ortalamalar ± Standart sapma
Taze kivi	3	4.51 <sup>a</sup> ±0.77
Sıcak hava ile kurutulmuş	4	4,84 <sup>a</sup> ±0.49
Vakum ile kurutulmuş	3	4,93 <sup>a</sup> ±0.72
Dondurarak kurutulmuş	3	4,93 <sup>a</sup> ±1.19

**EK 5** Kurutulmuş kivi meyvesinin L\*, a\*, b\*, Kroma ve Hue açısı renk değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

**EK 6** Kurutulmuş kivi meyvesinin L\* renk değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

Faktör	Levels	Değerler
Örnek	4	Taze kivi; Sıcak hava ile kurutulmuş; Vakum ile kurutulmuş; Dondurarak kurutulmuş

Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Örnek	3	7027.3	2342.44	252.39	0.000
Hata	40	371.2	9.28		
Toplam	43	7398.6			

#### Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

Örnek	N	Ortalamalar ± Standart sapma
Taze kivi	11	39.74 <sup>b</sup> ±2.79
Sıcak hava ile kurutulmuş	8	37.13 <sup>b</sup> ±2.87
Vakum ile kurutulmuş	10	39.31 <sup>b</sup> ±3.02
Dondurarak kurutulmuş	15	65.47 <sup>a</sup> ±3.32

**EK 7** Kurutulmuş kivi meyvesinin a\* renk değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

Faktör	Levels	Değerler
Örnek	4	Taze kivi; Sıcak hava ile kurutulmuş; Vakum ile kurutulmuş; Dondurarak kurutulmuş

Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Örnek	3	410.46	136.820	291.63	0.000
Hata	41	19.24	0.469		
Toplam	44	429.70			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

Örnek	N	Ortalamalar ± Standart sapma
Taze kivi	10	-2.97 <sup>c</sup> ±0.65
Sıcak hava ile kurutulmuş	10	5.10 <sup>a</sup> ±0.87
Vakum ile kurutulmuş	11	4.52 <sup>a</sup> ±0.75
Dondurarak kurutulmuş	14	2.23 <sup>b</sup> ±0.47

**EK 8** Kurutulmuş kivi meyvesinin b\* renk değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

Faktör	Levels	Değerler
Örnek	4	Taze kivi; Sıcak hava ile kurutulmuş; Vakum ile kurutulmuş; Dondurarak kurutulmuş

Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Örnek	3	322.0	107.319	24.03	0.000
Hata	44	196.5	4.466		
Toplam	47	518.5			

### Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

Örnek	N	Ortalamalar ± Standart sapma
Taze kivi	11	14.50 <sup>c</sup> ±2.27
Sıcak hava ile kurutulmuş	10	18.70 <sup>b</sup> ±2.58
Vakum ile kurutulmuş	15	18.04 <sup>b</sup> ±1.91
Dondurarak kurutulmuş	12	21.96 <sup>a</sup> ±1.76

### EK 9 Kurutulmuş kivi meyvesinin Kroma renk değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

Faktör	Levels	Değerler
Örnek	4	Taze kivi; Sıcak hava ile kurutulmuş; Vakum ile kurutulmuş; Dondurarak kurutulmuş

Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Örnek	3	226.18	75.394	26.61	0.000
Hata	34	96.35	2.834		
Toplam	37	322.53			

### Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

Örnek	N	Ortalamalar ± Standart sapma
Taze kivi	9	15.79 <sup>c</sup> ±1.94
Sıcak hava ile kurutulmuş	7	19.12 <sup>b</sup> ±2.11
Vakum ile kurutulmuş	11	19.09 <sup>b</sup> ±1.43
Dondurarak kurutulmuş	11	22.53 <sup>a</sup> ±1.38

### EK 10 Kurutulmuş kivi meyvesinin Hue açısı renk değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

Faktör	Levels	Değerler
Örnek	4	Taze kivi; Sıcak hava ile kurutulmuş; Vakum ile kurutulmuş; Dondurarak kurutulmuş



Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Örnek	3	6508.4	2169.48	178.27	0.000
Hata	56	681.5	12.17		
Toplam	59	7189.9			

#### Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

Örnek	N	Ortalamalar ± Standart sapma
Taze kivi	15	100.02 <sup>a</sup> ±3.96
Sıcak hava ile kurutulmuş	15	73.34 <sup>c</sup> ±3.95
Vakum ile kurutulmuş	15	75.95 <sup>c</sup> ±3.92
Dondurarak kurutulmuş	15	84.44 <sup>b</sup> ±1.44

#### EK 11 Kurutulmuş kivi meyvesinin TPC ekstrakt değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

Faktör	Levels	Değerler
Örnek	4	Taze kivi; Sıcak hava ile kurutulmuş; Vakum ile kurutulmuş; Dondurarak kurutulmuş

Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Örnek	3	3.6791	1.22636	66.84	0.000
Hata	8	0.1468	0.01835		
Toplam	11	3.8259			

#### Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

Örnek	N	Ortalamalar ± Standart sapma
Taze kivi	3	3.61 <sup>a</sup> ±0.12
Sıcak hava ile kurutulmuş	3	2.45 <sup>b</sup> ±0.17
Vakum ile kurutulmuş	3	3.44 <sup>a</sup> ±0.13
Dondurarak kurutulmuş	3	2.40 <sup>b</sup> ±0.08

**EK 12** Kurutulmuş kivi meyvesinin TPC hidroliz değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>
Örnek	4	Taze kivi; Sıcak hava ile kurutulmuş; Vakum ile kurutulmuş; Dondurarak kurutulmuş

<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Örnek	3	8.892	2.9639	11.33	0.003
Hata	8	2.093	0.2616		
Toplam	11	10.984			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Örnek</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart sapma</b>
Taze kivi	3	6.18 <sup>a</sup> ±0.64
Sıcak hava ile kurutulmuş	3	4.69 <sup>b</sup> ±0.32
Vakum ile kurutulmuş	3	3.80 <sup>b</sup> ±0.14
Dondurarak kurutulmuş	3	4.61 <sup>b</sup> ±0.72

**EK 13** Kurutulmuş kivi meyvesinin TPC in vitro sindirim değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

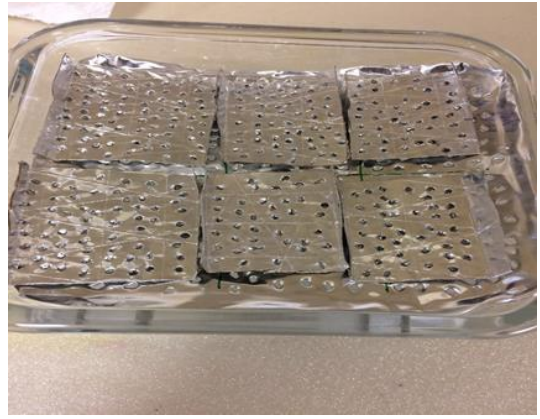
<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>
Örnek	4	Taze kivi; Sıcak hava ile kurutulmuş; Vakum ile kurutulmuş; Dondurarak kurutulmuş

<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Örnek	3	6.9683	2.32275	33.73	0.000
Hata	8	0.5510	0.06887		
Toplam	11	7.5192			

### Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

Örnek	N	Ortalamalar $\pm$ Standart sapma
Taze kivi	3	6.67 <sup>a</sup> $\pm$ 0.43
Sıcak hava ile kurutulmuş	3	4.85 <sup>b</sup> $\pm$ 0.16
Vakum ile kurutulmuş	3	5.36 <sup>b</sup> $\pm$ 0.08
Dondurarak kurutulmuş	3	4.76 <sup>b</sup> $\pm$ 0.23

### EK 14 Adsorpsiyon izotermelerinin belirlenmesinde kullanılan denge sistemi görüntüleri



## ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler		
Adı Soyadı	Ayşe KIZMAZ	
Doğum Yeri	BURSA	
Doğum Tarihi	18.05.1993	
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:	
Telefon	0542 234 43 90	
E-Posta Adresi	kzmazayse@gmail.com	
Eğitim Bilgileri		
Lisans		
Üniversite	Ordu Üniversitesi	
Fakülte	Ziraat Fakültesi	
Bölümü	Gıda Mühendisliği	
Mezuniyet Yılı	2015	
Yüksek Lisans		
Üniversite	Ordu Üniversitesi	
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü	
Anabilim Dalı	Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı	
Mezuniyet Tarihi	2019	
Çalıştığı Kurum/ Kurumlar		
Görev	Görev yeri	Yıl
Gıda Mühendisi	Tirebolu Gıda Paz. San. ve Tic. AŞ.	2017- Devam ediyor
Yayınlar		
<p>Kızmaz, A., Altıok, D., Barutçu Mazı, I. (2019). Adsorption isotherms of kiwifruit dried by different drying methods. <i>Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi</i> 7(1), 167 – 174.</p> <p>Kızmaz, A., Barutçu Mazı, I., Yıldız, E., Gürbüz, O. (2019). Effects of different drying techniques on the <i>in vitro</i> bioaccessibility of total polyphenols and antioxidant activity of Hayward kiwifruit. 3. International Conference on Agriculture, Food, veterinary and Pharmacy Sciences (Full Paper/Oral presentation) pg, 1583-1592.</p> <p>Barutçu Mazı, I., Akar, G., Kızmaz, A. (2016). Konvektif mikrodalga ve konvektif vakum mikrodalga kombinasyon yöntemleri ile kurutulan kivi dilimlerinin çeşitli ince tabaka kurutma modelleriyle modellenmesi. Türkiye 12. Gıda Kongresi (Özet Bildiri/Poster) (Yayın No:3180627).</p> <p>Akar G., Kızmaz A., Mazı, B.G., Barutçu Mazı, I. (2015). Total phenolic contents of seeds skin stems and flesh of red grape <i>Vitis labrusca</i> extracted under different extraction conditions. International Congress of Agriculture, Food and Gastronomy, Antalya, 2015 (Özet Bildiri) (Yayın No:1857644)</p>		