

**T.C.**  
**ORDU ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI KURUTMA TEKNİKLERİ İLE KURUTULAN KİVİ  
MEYVESİNİN BAZI KALİTE ÖZELLİKLERİ İLE ASKORBİK  
ASİT VE RENK DEĞİŞİM KİNETİĞİNİN BELİRLENMESİ**

**GÖKSU AKAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ORDU 2017**

## TEZ ONAY

Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Göksu AKAR tarafından hazırlanan ve Yrd. Doç. Dr. Işıl BARUTÇU MAZI danışmanlığında yürütülen “Farklı Kurutma Teknikleri ile Kurutulan Kivi Meyvesinin Bazı Kalite Özellikleri ile Askorbik Asit ve Renk Değişimi Kinetiğinin Belirlenmesi” adlı bu tez, jürimiz tarafından 27/07/2017 tarihinde oy birliği ile Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Işıl BARUTÇU MAZI

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Işıl BARUTÇU MAZI  
Gıda Mühendisliği  
Ordu Üniversitesi

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hasan TÜRE  
Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Müh.  
Ordu Üniversitesi

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Kemal ŞEN  
Gıda Mühendisliği  
Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi

İmza :

ONAY:

17 / 08 / 2017 tarihinde enstitüye teslim edilen bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 17 / 08 / 2017 tarih ve ... 2017 / 378 sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Enstitü Müdürü

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Sami GÜLER

9.

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan 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.

İmza

Göksu AKAR

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 MEYVESİNİN BAZI KALİTE ÖZELLİKLERİ İLE ASKORBİK ASİT VE RENK DEĞİŞİM KİNETİĞİNİN BELİRLENMESİ

Göksu AKAR

Ordu Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 2017

Yüksek Lisans Tezi, 92s.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Işıl BARUTÇU MAZI

Bu çalışmada, kivi meyvesinin, farklı kurutma teknikleri kullanılarak kurutulması sırasında askorbik asit ve renk değişim kinetiğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun yanında elde edilen kurutulmuş ürünlerin rehidrasyon yetenekleri iki farklı sıcaklıkta (20 ve 50 °C ) belirlenmiş ve rehidrasyon davranışlarını açıklamak için literatürde yaygın olarak kullanılan üç farklı modele (Peleg, Weibull ve birinci derece kinetik model) uyumu incelenmiştir. Bu amaçla dilimlerde kesilen kivi meyvesi geleneksel sıcak hava (60 °C) kurutma, vakum kurutma (60 °C), dondurarak kurutma ve sıcak hava ön kurutma (60 °C) mikrodalga destekli vakum kurutma kombinasyonu (450W) (MVK) yöntemleri kullanılarak kurutulmuştur.

Kivi meyvesinin kurutulmadan önceki askorbik asit miktarı 249.17 mg/100g kuru madde olarak belirlenmiştir. Askorbik asit miktarında sıcak hava kurutma, vakum kurutma, MVK yöntemi ve dondurarak kurutma işlemleri sonucunda sırası ile % 77.52, % 75.41, % 39.86 ve % 29.64 oranlarında azalma olduğu saptanmıştır. Askorbik asit miktarlarının zamanla değişiminden elde edilen verilerin üç farklı modele (sıfırıncı ve birinci derece kinetik model, Weibull modeli) uyumu incelenmiştir. Tüm kurutma işlemleri için, askorbik asit miktarının zamanla değişimini en iyi ifade eden modelin Weibull model olduğu belirlenmiştir. Renk değerlerine bakıldığında, sıcak hava, MVK ve vakum kurutma yöntemleriyle kurutulmuş ürünlerin parlaklık (L\*) değerleri taze örneğinki ile benzerlik gösterirken, dondurarak kurutulan örneklerin parlaklık değeri taze örnekten daha yüksek bulunmuştur. Dondurarak kurutma yöntemi dışında tüm kurutma yöntemlerinde örneklerin a\* değerleri artış göstermiştir. Dondurarak kurutulan örnekler en düşük a\* değerlerine sahiptir. Tüm kurutma yöntemlerinde örneklerin b\* değerleri kurutmanın ilk zamanlarında önemli derecede artış göstermiştir. L\*, a\* ve b\* değerlerinin zamanla değişiminden elde edilen verilerin üç farklı modele (sıfırıncı ve birinci derece kinetik model ve kombinasyon kinetik model) uyumu incelenmiştir. Liyofilizatör ile kurutulan kivi örneği dışında tüm örneklerin yalnızca a\* renk değerlerinin kurutma süresi ile değişiminin sıfırıncı derece kinetiğe uyum sağladığı görülmektedir. Dondurarak ve MVK yöntemi ile kurutulan kivi dilimlerinin L\* değerlerinin kombinasyon kinetik modeli takip ettiği saptanmıştır. Tüm kurutma prosesleri için b\* değerleri değişiminin de bu modelle uyumlu olduğu, a\* değerlerindeki değişimin ise liyofilizatör örneği hariç modelle uyumlu olduğu belirlenmiştir. Kurutma yönteminin ve rehidrasyon sıcaklığının kurutulmuş kivi dilimlerinin rehidrasyon oranı üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Tüm kurutma yöntemleri için, rehidrasyondan her iki sıcaklıkta da elde edilen deneysel verilerin Weibull modeli ile uyumlu olduğu görülmüştür. Bu çalışmada ayrıca kurutulan ürünlerin SEM görüntüleri de elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kivi, Kurutma, Askorbik asit, Renk, Rehidrasyon, Kinetik

## ABSTRACT

### DETERMINATION OF SOME QUALITY PARAMETERS AND ASCORBIC ACID AND COLOR CHANGE DEGRADATION KINETICS IN KIWIFRUIT DRIED BY DIFFERENT DRYING METHODS

Göksu AKAR

University of Ordu  
Institute for Graduate Studies in Science and Technology  
Department of Food Engineering, 2017  
MSc. Thesis, 92p.

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Işıl BARUTÇU MAZI

In this study, it was aimed to determine the ascorbic acid and color change kinetics during drying of kiwifruit using different drying techniques. In addition, the rehydration capabilities of the dried products were determined at two different temperatures (20 and 50 °C) and three different models (Peleg, Weibull and first-order kinetic model) that are widely used in the literature were examined to explain rehydration behaviors. For this purpose, kiwi fruit cut in slices was dried by using conventional hot air drying (60 °C), vacuum drying (60 °C), freeze drying and hot air pre-drying (60 °C) microwave assisted vacuum drying combination (450 W) methods.

The ascorbic acid content of the kiwi fruit before drying was determined as 249.17 mg / 100g dry matter. Ascorbic acid content was found to decrease by 77.52%, 75.41%, 39.86% and 29.64% by hot air drying, vacuum drying, MVK drying and freeze drying, respectively. Three different models (zero and first order kinetic model, Weibull model) were examined to fit data of ascorbic acid content change with time. For all drying processes, it was determined that the model that best describes the change in the amount of ascorbic acid over time is the Weibull model. When looking at the color values, the lightness ( $L^*$ ) values of the products dried by hot air, MVK and vacuum drying methods were similar to those of the fresh sample, while the values of the lyophilized samples were higher than the fresh sample. The  $a^*$  values of the samples increased in all drying methods except freeze drying method. Freeze-dried samples have the lowest  $a^*$  values. The  $b^*$  values of the samples in all drying methods increased significantly in the initial times of drying. Three different models (zero and first order kinetic model, combination model) were examined to fit data of  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  values versus drying time. It is seen that only the  $a^*$  color values of all samples except for the kiwi sample dried with the lyophilizer fit zero -order kinetics. It was determined that  $L^*$  values of kiwi slices dried by freeze drying and MVK method followed the combined kinetic model. It was determined that the change in  $b^*$  values also fit this model for all drying processes, while the change in  $a^*$  values fit this model except for the lyophilized sample. It has been determined that the drying method and the rehydration temperature are effective on the rehydration rate of dried kiwifruit slices. For all drying methods, experimental rehydration data obtained at both temperatures were found to fit the Weibull model. SEM images of the dried products were also obtained in this study.

**KeyWords:** Kiwifruit, Drying, Ascorbic acid, Color, Rehydration, Kinetic

## TEŞEKKÜR

Lisans ve lisansüstü eğitimim boyunca bana her konuda destek olan, araştırmam süresince yol gösteren, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan değerli danışmanım Yrd. Doç. Dr. Işıl BARUTÇU MAZI'ya teşekkürlerimi sunarım.

Bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, çalışmalarım esnasında desteğini benden esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Bekir Gökçen MAZI'ya, çalışmalarım esnasında manevi desteğini benden esirgemeyen Gıda Mühendisliği Bölümü Arş. Gör. Ömer Faruk ÇELİK'e teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca bu çalışmaya verdikleri destekten dolayı Ordu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı çalışanlarına teşekkür ederim. İsmi saymadığım, herhangi bir biçimde bu çalışmada emeği geçen herkese, destek ve katkılarından dolayı şükranlarımı sunarım.

İlgi ve manevi desteklerini sürekli yanımda hissettiğim, sonsuz sabır ve özveri gösteren çok sevgili aileme yürekten teşekkürü bir borç bilirim.

Bu tez Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje No: BAP TF-1647).

## İÇİNDEKİLER

<b>TEZ BİLDİRİMİ</b> .....	I
<b>ÖZET</b> .....	II
<b>ABSTRACT</b> .....	III
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	IV
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	V
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	VII
<b>ÇİZELGELER LİSTESİ</b> .....	VIII
<b>SİMGELER ve KISALTMALAR</b> .....	X
<b>EK LİSTESİ</b> .....	XII
<b>1.GİRİŞ</b> .....	1
<b>2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR</b> .....	4
2.1. Kivi ( <i>Actinidia deliciosa</i> ).....	4
2.1.1. Kivinin Sistematikteki Yeri.....	4
2.1.2. Kivinin Kimyasal Bileşimi.....	5
2.2. Kurutma.....	6
2.3. Gıda Kurutma Yöntemleri.....	7
2.3.1. Güneşte Kurutma.....	7
2.3.2. Kabin Kurutucular.....	8
2.3.3. Bant Kurutucular.....	8
2.3.4. Tünel Kurutucular.....	9
2.3.5. Akışkan Yatak Kurutucular.....	9
2.3.6. Vakum Kurutma.....	10
2.3.7. Dondurarak Kurutma.....	11
2.3.8. Ozmotik Kurutma.....	12
2.3.9. Mikrodalga Kurutma.....	13
2.3.9.1. Mikrodalga Destekli Sıcak Hava Kurutma.....	15
2.3.9.2. Mikrodalga Destekli Vakum Kurutma.....	16
2.3.9.3. Mikrodalga Destekli Dondurarak Kurutma.....	19
2.3.9.4. Mikrodalga Destekli Ozmotik Kurutma.....	19
2.4. Kurutulmuş Ürünlerin Kalite Kriterleri.....	20
2.4.1. Gıdaların Kurutulması Sırasında Meydana Gelen Değişimler.....	20
2.4.1.1. Fiziksel Değişimler.....	20
2.4.1.2. Kimyasal Değişimler.....	23
2.4.1.3. Biyokimyasal Değişimler.....	26

<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM</b> .....	28
3.1. Materyal.....	28
3.2. Yöntem.....	28
3.2.1. Kurutma İşlemi.....	28
3.3. Uygulanan Analizler.....	29
3.3.1. Rehidrasyon Kapasitesi.....	29
3.3.2. Askorbik Asit Miktarının Belirlenmesi.....	30
3.3.3. Askorbik Asit Degradasyon Kinetiği.....	30
3.3.4. Renk Kinetiği.....	31
3.3.5. SEM Analizi.....	32
3.3.6. Motorize Görüntüleri.....	32
3.3.7. İstatistiksel Değerlendirme.....	32
<b>4. BULGULAR ve TARTIŞMA</b> .....	33
4.1. Rehidrasyon Analizi Bulguları.....	33
4.1.1. Matematiksel Modelleme.....	37
4.2. Renk Analizi Bulguları.....	42
4.2.1. Renk Değişim Kinetiği.....	46
4.3. Askorbik Asit (Vitamin C) Bulguları.....	52
4.3.1. Askorbik Asit Degradasyon Kinetiği.....	54
4.4. SEM Analizi Bulguları.....	58
<b>5. SONUÇ ve ÖNERİLER</b> .....	60
<b>6. KAYNAKLAR</b> .....	62
<b>EKLER</b> .....	73
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	92



## ŞEKİLLER LİSTESİ

<b><u>Şekil No</u></b>		<b><u>Sayfa</u></b>
<b>Şekil 2.1.</b>	Kivi meyvesinin genel görünüşü.....	4
<b>Şekil 4.1.</b>	Farklı yöntemlerle kurutulan ve 20 °C sıcaklıkta rehidre edilen kivi dilimlerinin ağırlıklarının zamana bağlı değişiminin Weibull model ile uyumu.....	40
<b>Şekil 4.2.</b>	Farklı yöntemlerle kurutulan ve 50 °C sıcaklıkta rehidre edilen kivi dilimlerinin ağırlıklarının zamana bağlı değişiminin Weibull model ile uyumu.....	41
<b>Şekil 4.3.</b>	Liyofilizatör ile kurutulan kivi dilimlerinin L* renk değerlerinin kurutma süresince zamana bağlı değişiminin kombinasyon model ile uyumu.....	50
<b>Şekil 4.4</b>	Sıcak hava, vakum ve liyofilizatör ile kurutulan kivi dilimlerinin b* renk değerlerinin kurutma süresince zamana bağlı değişiminin kombinasyon model ile uyumu.....	50
<b>Şekil 4.5.</b>	MVK yöntemi ile kurutulan kivi dilimlerinin L*, a*, b* renk değerlerinin kurutma süresince zamana bağlı değişiminin kombinasyon model ile uyumu.....	51
<b>Şekil 4.6.</b>	Sıcak hava ve vakum kurutma yöntemleri ile kurutulan kivi dilimlerinin a* renk değerlerinin kurutma süresince zamana bağlı değişiminin kombinasyon model ile uyumu.....	51
<b>Şekil 4.7.</b>	Sıcak hava, vakum ve liyofilizatör ile kurutulan kivi dilimlerinin askorbik asit değerlerinin kurutma süresince zamana bağlı değişiminin Weibull model ile uyumu.....	57
<b>Şekil 4.8.</b>	MVK ile kurutulan kivi dilimlerinin askorbik asit değerlerinin kurutma süresince zamana bağlı değişiminin Weibull model ile uyumu.....	57
<b>Şekil 4.9.</b>	Farklı yöntemlerle kurutulan kivi dilimlerinin SEM görüntüleri (100 kV) (a: Sıcak hava, b: Vakum, c: MVK, d: Liyofilizatör).....	59

## ÇİZELGELER LİSTESİ

<u>Çizelge No</u>		<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1.	100 gram taze kiviinin besin değeri.....	6
Çizelge 2.2.	Bazı meyve sebzelerin kurutma sırasında renk değışim kinetiğine ilişkin seçilmiş yayınlar.....	25
Çizelge 3.1.	Çalışmada kullanılan rehidrasyon modelleri.....	29
Çizelge 4.1.	Farklı yöntemlerle kurutulan kivi dilimlerinin 20 °C'deki rehidrasyon oranları (g ıslak ağırlık/g kuru ağırlık).....	35
Çizelge 4.2.	Farklı yöntemlerle kurutulan kivi dilimlerinin 50 °C'deki rehidrasyon oranları (g ıslak ağırlık/g kuru ağırlık).....	36
Çizelge 4.3.	Farklı yöntemlerle kurutulmuş kivi örneklerinin 20 ve 50 °C sıcaklıklarda elde edilen rehidrasyon verilerinin doğrusal olmayan regresyon analizi ile hesaplanan katsayıları ve Peleg modeline uyumunun incelenmesi.....	38
Çizelge 4.4.	Farklı yöntemlerle kurutulmuş kivi örneklerinin 20 ve 50 °C sıcaklıklarda elde edilen rehidrasyon verilerinin doğrusal olmayan regresyon analizi ile hesaplanan katsayıları ve Weibull modeline uyumunun incelenmesi.....	38
Çizelge 4.5.	Farklı yöntemlerle kurutulmuş kivi örneklerinin 20 ve 50 °C sıcaklıklarda elde edilen rehidrasyon verilerinin doğrusal olmayan regresyon analizi ile hesaplanan katsayıları ve Birinci-derece kinetik modeline uyumunun incelenmesi.....	39
Çizelge 4.6.	Sıcak hava ile kurutulan kivi dilimlerinin L*, a* ve b* renk değeri.....	43
Çizelge 4.7.	Vakum ile kurutulan kivi dilimlerinin L*, a* ve b* renk değeri...	44
Çizelge 4.8.	MVK yönteminin mikrodalga destekli vakum kurutma aşamasında kivi dilimlerinin L*, a* ve b* renk değeri.....	45
Çizelge 4.9.	Liyofilizatör ile kurutulan kivi dilimlerinin L*, a* ve b* renk değeri.....	45
Çizelge 4.10.	Farklı yöntemlerle kurutulmuş kivi örneklerinin kurutma süresince elde edilen L*, a*, b* renk verilerinin sıfırncı derece kinetik model parametreleri.....	47
Çizelge 4.11.	Farklı yöntemlerle kurutulmuş kivi örneklerinin kurutma süresince elde edilen L*, a*, b* renk verilerinin birinci derece kinetik model parametreleri.....	48
Çizelge 4.12.	Farklı yöntemlerle kurutulmuş kivi örneklerinin kurutma süresince elde edilen L*, a*, b* renk verilerinin kombinasyon kinetik model parametreleri.....	49
Çizelge 4.13.	Sıcak havada kurutulan kivi dilimlerinin, kurutma süresince askorbik asit (Vitamin C) miktarları.....	52

<b>Çizelge 4.14.</b>	Vakumla kurutulmuş kivi dilimlerinin kurutma süresince askorbik asit (Vitamin C) miktarları.....	53
<b>Çizelge 4.15.</b>	MVK yönteminin mikrodalga destekli vakum kurutma aşamasında kivi dilimlerinin askorbik asit (Vitamin C) miktarları.....	53
<b>Çizelge 4.16.</b>	Liyofilizatör ile kurutulmuş kivi dilimlerinin kurutma süresince askorbik asit (Vitamin C) miktarları.....	54
<b>Çizelge 4.17.</b>	Farklı yöntemlerle kurutulmuş kivi örneklerinin kurutma süresince elde edilen askorbik asit değerlerinin sıfırıncı derece, birinci derece kinetik model ve Weibull model parametreleri.....	56

## SİMGELER ve KISALTMALAR

<b>aw</b>	:	Su Aktivitesi
<b>a*</b>	:	Renk Ölçümünde Kırmızılık-Yeşillik Göstergesi
<b><math>\alpha</math></b>	:	Weibull model sabiti
<b>b*</b>	:	Renk ölçümünde mavilik-sarılık göstergesi
<b>°B</b>	:	Briks
<b><math>\beta</math></b>	:	Weibull model sabiti
<b>°C</b>	:	Sıcaklık
<b>C<sub>0</sub></b>	:	Örneğin ilk andaki askorbik asit konsantrasyonu
<b>C<sub>t</sub></b>	:	Örneğin t anındaki askorbik asit konsantrasyonu
<b>dk</b>	:	Dakika
<b>G</b>	:	Santrifüj kuvveti
<b>g</b>	:	Gram
<b>k</b>	:	Kinetik model sabiti
<b>k<sub>1</sub></b>	:	Peleg hız sabiti
<b>k<sub>2</sub></b>	:	Peleg kapasite sabiti
<b>kg</b>	:	Kilogram
<b>kPa</b>	:	Kilopaskal
<b>kV</b>	:	İvmelendirme voltajı
<b>L</b>	:	Litre
<b>L*</b>	:	Renk ölçümünde parlaklık-koyuluk göstergesi
<b>M</b>	:	Rehidrasyonun t zamanında örneğin nem içeriği
<b>M<sub>0</sub></b>	:	Rehidre edilmemiş örneğin başlangıç nem içeriği
<b>mbar</b>	:	Milibar
<b>Md</b>	:	Kurutulmuş ürünün ağırlığı
<b>M<sub>e</sub></b>	:	Denge nem içeriği

<b>Mhz</b>	:	Hız birimi
<b>ml</b>	:	Mililitre
<b>mm</b>	:	Milimetre
<b>Mr</b>	:	Islak ürün ağırlığı
<b>P</b>	:	İstatistikte anlamlılık seviyesi
<b>R<sup>2</sup></b>	:	Belirleme katsayısı
<b>RMSE</b>	:	Ortalama karesel hatanın karekökü
<b>s</b>	:	Saat
<b>SSE</b>	:	Standart hata kareleri toplamı
<b>t</b>	:	Zaman
<b>y<sub>b</sub></b>	:	Yaş bazda nem içeriği
<b>W</b>	:	Watt
<b>ΔE</b>	:	Toplam renk değişimi

## EK LİSTESİ

<b><u>Ek No</u></b>		<b><u>Sayfa</u></b>
<b>Ek 1.</b>	20 °C'deki rehidrasyon oranlarına, kurutma yöntemi ve rehidrasyon süresinin etkisini gösteren ANOVA (Genel Doğrusal Model) test tablosu...	73
<b>Ek 2.</b>	50 °C'deki rehidrasyon oranlarına, kurutma yöntemi ve rehidrasyon süresinin etkisini gösteren ANOVA (Genel Doğrusal Model) test tablosu...	73
<b>Ek 3.</b>	Sıcak hava ile kurutulan kivi dilimlerine ait 20 °C'deki rehidrasyon oranlarının zamana göre tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma test tabloları.....	74
<b>Ek 4.</b>	MVK ile kurutulan kivi dilimlerine ait 20 °C'deki rehidrasyon oranlarının zamana göre tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma test tabloları.....	74
<b>Ek 5.</b>	Vakum ile kurutulan kivi dilimlerine ait 20 °C'deki rehidrasyon oranlarının zamana göre tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu karşılaştırma test tabloları.....	75
<b>Ek 6.</b>	Liyofilizatör ile kurutulan kivi dilimlerine ait 20 °C'deki rehidrasyon oranlarının zamana göre tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma test tabloları.....	75
<b>Ek 7.</b>	Sıcak hava ile kurutulan kivi dilimlerine ait 50 °C'deki rehidrasyon oranlarının zamana göre tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma test tabloları.....	76
<b>Ek 8.</b>	MVK ile kurutulan kivi dilimlerine ait 50 °C'deki rehidrasyon oranlarının zamana göre tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma test tabloları.....	76
<b>Ek 9.</b>	Vakum ile kurutulan kivi dilimlerine ait 50 °C'deki rehidrasyon oranlarının zamana göre tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma test tabloları.....	77
<b>Ek 10.</b>	Liyofilizatör ile kurutulan kivi dilimlerine ait 50 °C'deki rehidrasyon oranlarının zamana göre tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma test tabloları.....	77
<b>Ek 11.</b>	Sıcak hava ile kurutulan kivi dilimlerinin rehidrasyon oranlarına rehidrasyon sıcaklığı ve süresinin etkisini gösteren ANOVA (Genel Doğrusal Model) test tablosu.....	78
<b>Ek 12.</b>	MVK ile kurutulan kivi dilimlerinin rehidrasyon oranlarına rehidrasyon sıcaklığı ve süresinin etkisini gösteren ANOVA (Genel Doğrusal Model) test tablosu.....	78
<b>Ek 13.</b>	Vakum ile kurutulan kivi dilimlerinin rehidrasyon oranlarına rehidrasyon sıcaklığı ve süresinin etkisini gösteren ANOVA (Genel Doğrusal Model) test tablosu.....	78
<b>Ek 14.</b>	Dondurarak kurutulan kivi dilimlerinin rehidrasyon oranlarına rehidrasyon sıcaklığı ve süresinin etkisini gösteren ANOVA (Genel Doğrusal Model) test tablosu.....	79
<b>Ek 15.</b>	Sıcak hava ile kurutulan kivi dilimlerinin L* değerlerinin zamanla değişimine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma test tabloları.....	79

<b>Ek 16.</b>	Sıcak hava ile kurutulan kivi dilimlerinin a* değerlerinin zamanla değişimine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma test tabloları.....	80
<b>Ek 17.</b>	Sıcak hava ile kurutulan kivi dilimlerinin b* değerlerinin zamanla değişimine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma test tabloları.....	80
<b>Ek 18.</b>	Vakum ile kurutulan kivi dilimlerinin L* değerlerinin zamanla değişimine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma test tabloları.....	81
<b>Ek 19.</b>	Vakum ile kurutulan kivi dilimlerinin a* değerlerinin zamanla değişimine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma test tabloları.....	81
<b>Ek 20.</b>	Vakum ile kurutulan kivi dilimlerinin b* değerlerinin zamanla değişimine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma test tabloları.....	82
<b>Ek 21.</b>	MVK ile kurutulan kivi dilimlerinin L* değerlerinin zamanla değişimine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma test tabloları.....	82
<b>Ek 22.</b>	MVK ile kurutulan kivi dilimlerinin a* değerlerinin zamanla değişimine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma test tabloları.....	83
<b>Ek 23.</b>	MVK ile kurutulan kivi dilimlerinin b* değerlerinin zamanla değişimine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma test tabloları.....	83
<b>Ek 24.</b>	Liyofilizatör ile kurutulan kivi dilimlerinin L* değerlerinin zamanla değişimine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma test tabloları.....	84
<b>Ek 25.</b>	Liyofilizatör ile kurutulan kivi dilimlerinin a* değerlerinin zamanla değişimine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma test tabloları.....	84
<b>Ek 26.</b>	Liyofilizatör ile kurutulan kivi dilimlerinin b* değerlerinin zamanla değişimine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma test tabloları.....	85
<b>Ek 27.</b>	Farklı yöntemlerle kurutulan kivi dilimlerinin L* değerlerinin tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma test tabloları.....	85
<b>Ek 28.</b>	Farklı yöntemlerle kurutulan kivi dilimlerinin a* değerlerinin tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma test tabloları.....	86
<b>Ek 29.</b>	Farklı yöntemlerle kurutulan kivi dilimlerinin b* değerlerinin tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma test tabloları.....	86
<b>Ek 30.</b>	Sıcak hava ile kurutulan kivi dilimlerinin askorbik asit miktarlarının zamana göre tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma test tabloları.....	87
<b>Ek 31.</b>	MVK ile kurutulan kivi dilimlerinin askorbik asit miktarlarının zamana göre tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma test tabloları.....	87
<b>Ek 32.</b>	Vakum ile kurutulan kivi dilimlerinin askorbik asit miktarlarının zamana göre tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma test tabloları.....	88
<b>Ek 33.</b>	Liyofilizatör ile kurutulan kivi dilimlerinin askorbik asit miktarlarının zamana göre tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma test tabloları.....	88

<b>Ek 34.</b>	Farklı yöntemlerle kurutulan kivi dilimlerinin askorbik asit miktarlarının tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma test tabloları.....	89
<b>Ek 35.</b>	Kurutma öncesi kivi dilimlerine ait görüntü.....	90
<b>Ek 36.</b>	Motorize görüntüler.....	91



## 1. GİRİŞ

Kivi, *Actinidia deliciosa* ve diğer *Actinidia* türleri arası melezlerden elde edilen meyvelerin ortak adıdır. Anavatanı doğu Çin'dir. 1970'li yıllardan sonra dünya genelinde kivi meyvesinin üretimi hızla artmıştır. Dünya'da kivi üretimi 3 261 474 ton olup bunun % 54'ünün Çin'den, % 14'ünün İtalya'dan ve % 12'sinin Yeni Zelanda'dan karşılandığı bilinmektedir. Türkiye 41 635 ton üretimi ile 7. sırada yer almıştır. Kivi üretimi, Türkiye'de 1994 yılında başlamıştır. 1994 yılında 7 ton olan üretim, 2000 yılında 1400 tona, 2010 yılına ise 26 554 tona ulaşmıştır. Türkiye'de kivi üretimi 25 ilde, çoğunlukla Karadeniz Bölgesi'nde yapılmaktadır. Bunda Karadeniz Bölgesi'nin yağış rejimi, toprak yapısı ile ikliminin etkisi büyüktür. Meyve üretiminin dağılımına bakıldığında illere göre sırasıyla ilk sırada Yalova'nın geldiği bunu Ordu, Rize, Samsun, Giresun, Trabzon, Bursa ve Kocaeli'nin takip ettiği görülmektedir (TÜİK, 2015). Ülkemizde üretilen kivin % 45.3'ü Yalova, % 15.0'i Ordu, % 12.31'i Rize, % 6.52'si Samsun, % 4.51'i Giresun, % 4.39'u Trabzon ve geri kalan % 11.86'sı da diğer 18 ilden sağlanmıştır (TÜİK, 2015). Belirtilen iller Türkiye'de toplam kivi üretiminin % 89.7'sini karşılamaktadır.

Ülkemizde son yıllarda yetiştirilmeye başlanan kivi meyvesi özellikle Karadeniz Bölgesi tarımında çay ve fındıktan sonra yerini almıştır. Ayrıca ülkemizde geçmiş yıllarda taneyle piyasaya sunulan kivi meyvesi kiloyla satılır duruma gelmiştir. Meyvenin kolay muhafaza edilebilir olması, değerlendirme çeşitliliği, geniş adaptasyon kabiliyeti ve meyve etinin dekoratif görünüşlü olması sebebiyle insanlar tarafından sevilmiş ve kısa sürede kivi üretiminin hızla artmasını sağlamıştır (Özdemir ve Özyazıcı, 2006). Bunun yanında üretimin artışı bazı depolama sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Kivi meyvesinin yüksek nem içeriği raf ömrünü kısaltmaktadır. Raf ömrünü artırmak için çeşitli koruma yöntemlerinin kullanılması gerekmektedir. Bileşimlerinde bulunan maddeler meyvelerin işlenmesiyle depolanması sırasında kolayca kayba uğrarlar. Işık, şeker ve şekerin bozunma ürünleri, oksijen gibi birçok faktör bu kaybı artırmaktadır (Cemeroğlu, 2004). Kivinin farklı dayanıklı ürünlere işlenmesiyle hem tüketimin daha geniş bir alana yayılması, hem de gıda sanayinde, ticarete çeşitlilik ve katma değer artışı sağlanmış olacaktır (Demirbaş, 2010). Kivi, genelde taze olarak tüketilmekle birlikte,

marmelat, meyve suyu, şarap, reçel, dondurulmuş gıda, konserve ve dilimlenerek kurutulmuş ürün gibi birçok şekilde değerlendirilmekte ve ayrıca eti yumuşatma amacıyla da kullanılmaktadır. Kivi meyvesinin C vitamini ve mineral maddeler yönünden zengin olması nedeniyle gıdalara besin değerini arttırmak üzere katılmasıyla tüketici açısından daha sağlıklı gıdaların üretimi mümkün olmaktadır. Kivi, unlu mamuller, şekerli ürünler, pudingler ve pasta soslarında da kullanılabilir (Özdemir ve Özyazıcı, 2006).

Meyve ve sebzelerde kurutma işlemi eski çağlardan beri kullanılan, gıda koruma yöntemlerinden biridir. Kurutma işleminin amacı genel bir bakış açısıyla, gıda içerisindeki % 80-90 oranındaki suyun % 10-20'lere düşürerek, ürünün raf ömrünü arttırmaktır. Su oranı düşük olan gıdada, mikrobiyolojik bozulma ve enzim aktivitesi en alt seviyededir. Kurutulmuş ürünün depolanması ve sevkiyatı da kolaydır. Kurutma işlemi diğer yöntemlere göre az masraflı, daha az işçilik ve daha az alet ekipman gerektirdiğinden sıklıkla kullanılmaktadır. Ek olarak, kurutulmuş gıdalar diğer koruma yöntemleri uygulanmış gıdalara göre, besin öğeleri özellikle de lif içeriği açısından daha zengin durumdadır (Cemeroğlu, 2004).

Kurutma sistemleri, konveksiyon, kondüksiyon ve radyasyonla kurutma olmak üzere üç farklı yöntem ayrılabilir (Cemeroğlu ve Acar, 1986). Konveksiyon kurutmada (sıcak hava ile kurutma), buharlaştırma için gerekli olan ısı, kurutulacak ürünün içinden, üzerinden ve arasından geçirilir, kurutucu yüzeye temas yoktur. Bu yöntemle örnek olarak akışkan yatak kurutucular ve püskürtmeli kurutucular verilebilir (Bulduk, 2006). Kondüksiyon kurutmada, buharlaştırma için gerekli ısı, sıcak bir yüzeyden kurutulacak olan maddeye iletilir. Radyasyonla kurutmada ise, kurutulacak maddeye ısı, elektromanyetik dalgalar şeklinde verilir (Cemeroğlu ve Acar, 1986). Günümüzde kurutma işleminin endüstriyel anlamda yapılabildiği birçok kurutma sistemi geliştirilmiştir. Kurutma sistemi için geliştirilen tekniklerden bazıları şöyledir; kabin tipi kurutucular, vakum kurutucular, tepsili kurutucular, tünel kurutucular, akışkan yataklı kurutucular, mikrodalga, döner kurutucular, dondurmalı kurutucular, püskürtmeli kurutuculardır (Cemeroğlu, 2004).

Kivi meyvesi, yüksek miktarda askorbik asit (C vitamini) içeriğiyle insan beslenmesi açısından önemlidir. Ancak askorbik asit miktarının sıcaklık, nem gibi birtakım

faktörlere bağlı olarak değiştiği bilinmektedir. Bu çalışmada kivi meyvesinin dört farklı kurutma tekniği (sıcak hava ile kurutma, vakum kurutma, sıcak hava n kurutma-vakum mikrodalga kombinasyonu (MVK) ve dondurarak kurutma) ile kurutulması sırasında askorbik asit değişimlerinin zamana bağlı olarak kinetik çalışmasının yapılması amaçlanmıştır. Aynı zamanda örneklerin kurutma işlemleri süresince renk değişimleri de belirlenmiş, farklı kurutma yöntemleri sresindeki renk değişim kinetikleri karşılaştırılmıştır. Kurutulmuş rnlerin rehidrasyon yetenekleri önemli bir kalite kriteri olduğundan kurutma yöntemlerinin, rehidrasyon kapasiteleri üzerindeki etkisi de incelenmiştir. Bu amaçla örneklerin rehidrasyon eğrileri iki farklı sıcaklıkta (20 ve 50 C) elde edilmiştir. Elde edilen verilerinin 3 farklı modele (Peleg, Weibull ve birinci-derece kinetik model) uyumu incelenmiştir. Son olarak kurutma yönteminin kurutulmuş ürünlerin iç yapısına etkisinin gözlenmesi amacı ile örneklerin SEM görüntüleri elde edilmiştir.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

### 2.1. Kivi (*Actinidia deliciosa*)

Kivi, üretimi hızla artan ve son yarım yüzyılda adı en fazla duyulan meyve türlerindedir. Kültürü yapılan bu meyvenin dışı kahverengi ve tüylerle kaplı, içi yeşil ve siyah çekirdekli olup Şekil 2.1’de gösterilmiştir. Yüksek vitamin C içeriği ve düşük kalori düzeyinden dolayı sağlıklı beslenme açısından oldukça önemlidir ve bu nedenle üretimi ve tüketimi yıldan yıla hızla artmaktadır (Ekşi ve Özen, 2012).



Şekil 2.1. Kivi meyvesinin genel görünüşü

#### 2.1.1. Kivinin Sistematikteki Yeri

Bölüm : *Spermatophyta*

Kültivar Grubu : Kiwifruit Grubu

Grup Üyeleri : Ticari açıdan önemli olanlar ‘‘Hayward, Chico, Saanichton 12’’

Alt Bölüm : *Angiospermae*

Sınıf : *Dicotyledones*

Alt Sınıf : *Choripetalea*

Takım : *Biolypetale*

Familya : *Actinidiaceae*

Cins : *Actinidia*

Tür : *Actinidiachinensisplanch*

*Actinidia* cinsi içerisinde kivi'nin 60 kadar türü bulunmakla birlikte, türler içerisinde ekonomik yönden önemli olan *A.deliciosa*, *A.chinensis* türleridir (Ferguson, 1991). Lezzetli ve besleyici özellikte olması, veriminin yüksek olması, uzun süre muhafaza edilebilir olması nedeniyle, yeşil meyve etli Hayward çeşidi üretici ve tüketicilerin en çok tercih ettiği çeşittir (Beever ve Hopkirk, 1990). Hayward çeşidi, bu nedenlerle dünyadaki kivi üretiminin büyük bir kısmını oluşturmaktadır.

### **2.1.2. Kivi'nin Kimyasal Bileşimi**

Kivi'nin çözünen katı madde miktarının % 12.2-15.8 arasında olduğu ve esas olarak glukoz (20-57 g/kg) ve fruktozdan (28.2-61.9 g/kg) oluştuğu rapor edilmiştir (Castaldo ve ark., 1992). C vitamini ve magnezyum içeriği bakımından zengin bir meyve olan kivi, yüksek potasyum, düşük sodyum içeriği ile besleyicilik bakımından meyveler içerisinde ön sıralarda yer almaktadır. Ayrıca, A, E ve B<sub>2</sub> vitamini, bakır, fosfor, karotenoidler (beta karoten, lutein ve ksantofil), fenolik bileşikler (flavanoidler ve antosiyaninler) ve antioksidan bileşenler yönünden de zengin bir meyvedir (Imeh ve Khokhar, 2002; Mattila ve ark., 2006). Taze kivide (100 g) 1.0-1.6 g organik asit ve 100-400 mg C vitamini bulunmaktadır. Kivi meyvesinin C vitamini içeriği elma, portakal ve şeftali gibi meyvelerden daha fazladır (Güldaş, 2007). Kivi meyvesinin içerdiği organik asitler arasında başlıcası sitrik asit (9.06-16.02 g/kg) olarak belirlenmiştir (Esti ve ark., 1998). Bunun yanında glukonik, galakturonik, oksalik, süksinik, fumarik, okzaloasetik, p-kumarik asit gibi asitleri içermesinden dolayı pH değeri 3 ile 4 arasında değişmektedir (Souflerosa ve ark., 2001). Bu yüzden kivi yüksek asitli gıdalar arasında yer almaktadır. Potasyum miktarı oldukça yüksek (2990-3403 mg/kg), sodyum miktarı ise düşüktür (15-75 mg/kg) (Castaldo ve ark., 1992). 100 gram taze kivi'nin besin içeriği Çizelge 2.1'de verilmektedir. Başlıca pigmenti olan klorofil miktarı çeşide göre 1.4-2.3 mg/100 g arasında değişmektedir (Cano, 1991).

**Çizelge 2.1.** 100 gram taze kiviinin besin değerleri (Anonim, 2012a)

<b>Bileşenler</b>	<b>Birim</b>	<b>Miktar</b>
Su	G	83.05
Enerji	Kcal	61.00
Enerji	Kj	255.00
Protein	G	0.99
Toplam Lipid (yağ)	G	0.44
Kül	G	0.64
Karbonhidrat	G	14.88
Toplam diyet lifi	G	3.40
<b>Mineraller</b>		
Kalsiyum	Mg	26.00
Demir	Mg	0.41
Magnezyum	Mg	30.00
Fosfor	Mg	40.00
Potasyum	Mg	332.00
Sodyum	Mg	5.00
<b>Vitaminler</b>		
C Vitamini	Mg	75.00
Tiamin	mg	0.02
Riboflavin	mg	0.05
Niasin	mg	0.50
B <sub>12</sub> Vitamini	µg	0.00
A Vitamini	IU	175.00
A Vitamini	µg	9.00
Retinol	µg	0.00

## **2.2. Kurutma**

Tarımsal ürünlerin hasadından tüketimine kadar geçen sürede bir takım kayıplar söz konusu olmaktadır. Bu kayıpları önlemek, ürünün ekonomik ömrünü artırmak ve kalitesini korumak için çok sayıda koruma yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemler arasında uygulama alanı en geniş olan yöntemlerden biri kurutmadır (Tarhan ve ark., 2009). Kurutma, gıdalardaki suyun uzaklaştırılması ile gerçekleştirilmektedir. Gıdaların kurutulmasıyla birlikte ürün hacminin küçültülmesi ile depolama ve

taşımada ekonomi sağlanmaktadır. Ayrıca yeni ürün formülasyonları da geliştirilebilmektedir ( Cemeroğlu, 2004).

Kurutma enzimatik, kimyasal bozulma ve mikrobiyal gelişmede azalmaya neden olan en eski kuruma yöntemlerinden biridir. Geleneksel sıcak hava ile kurutma eş zamanlı ısı ve kütle aktarımına dayanan bir kurutma yöntemidir. Geleneksel sıcak hava ile kurutma şüphesiz en yaygın olarak uygulanan tekniktir. Ancak kurutmanın erken evrelerinde oldukça pratik bir metot olmasına rağmen, ileriki aşamalarda kurutma zorlaşır. Geleneksel sıcak havada kurutma yönteminin en önemli dezavantajları, kurutma süresinin azalan hız evresi boyunca uzun olması ve düşük enerji verimliliğidir. Kullanılan kurutma yöntemi ayrıca kurutulmuş ürünlerin kalitesi açısından da oldukça önemlidir. Geleneksel sıcak havada kurutma yöntemi, yüksek sıcaklıklarda ve uzun sürede gerçekleşmesinden dolayı ürünün önemli bazı besin öğelerinin zarar görmesi (Marfil ve ark., 2008), renk değişimi (Chua ve ark., 2001), tekstür (Sjöholm ve Gekas, 1995; Lewicki ve Pawlak, 2003) gibi ürün kalitesini etkileyen özelliklerinde ciddi hasarlara neden olabilmektedir. Son zamanlarda yapılan çalışmalar enerjiyi daha verimli kullanan, düşük maliyetli, kurutma süresi kısa ve yüksek kalitede kuru ürün üretimine olanak veren alternatif kurutma tekniklerinin geliştirilmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Bu yeni teknikler arasında vakum kurutucular, mikrodalgalı kurutucular, kızılötesi kurutma, dondurarak kurutma yapan sistemler ve ozmotik kurutma yer almaktadır (İspir, 2006; Erbay ve Küçüköner, 2008; Soysal ve ark., 2009; Özkoç, 2010; Eroğlu ve Yıldız, 2011). Bununla birlikte birden fazla kurutma tekniğinin beraber kullanıldığı kombine yöntemler üzerine çalışmaların arttığı görülmektedir.

Günümüzde bu olumsuzlukları en aza indirmek için çok sayıda kurutma tekniği bulunmaktadır. Bu yöntemlerden hangisinin kullanılması gerektiği kurutulacak gıdaya, kurutucunun ekonomikliğine ve yatırım maliyetine göre değişmektedir.

### **2.3. Gıda Kurutma Yöntemleri**

#### **2.3.1. Güneşte Kurutma**

Güneş enerjisinden yararlanılarak açık havada yapılan kurutma yöntemidir. Doğal ya da tabii kurutma olarak da isimlendirilmektedir. Bu yöntemin en önemli avantajı

maliyetinin düşük olmasıdır. Buna karşın en önemli dezavantajı ise açık havada kurutulan gıdada kontaminasyon riskinin bulunmasıdır. Bunun yanında her zaman ve her yerde güneş ısının kurutma işlemine yeterli olmaması, ürünlerin toz, böcek vb. dış etkiye maruz kalması ve kurutmaya birlikte oluşabilecek fermantasyon riskinin bulunması farklı kurutma sistemleri arayışına sebep olmuştur (Cemeroğlu, 2004). Ayrıca bu yöntemde ürünler, bez üzerinde açıkta yayıldıklarından dolayı çok büyük alanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tür dezavantajlar nedeniyle bu yöntem günümüzde çok tercih edilmemektedir. Bu tür sistemlerde kurutma, havanın solar kolektörlerde ısıtılarak ve ısınan havanın kurutulacak olan gıdaların bulunduğu bölümden geçirilerek suyun buharlaşması ile sağlanmaktadır (Dalgıç ve ark., 2001). Bu sistemler birçok gıdanın kurutulmasında kullanılabilir. Meyve ve sebzelerin yanında hububat, baharat, çay, kahvenin kurutulmasında öncelikli olarak tercih edilen bir yöntemdir (Cemeroğlu, 2010).

### **2.3.2. Kabin Kurutucular**

Tepsili kurutucu olarak da bilinmektedir. Tepsili kurutucular, en basit şekli ile sıcaklığı sağlayan bir motor, fan ve tepsilerden oluşmaktadır. Tepsi, birden fazla katlı olabilmektedir. Bu tür kurutucularda sürekli olarak ürün miktarlarındaki değişimi ölçen bir terazi bulunur. Bu sayede, nem kaybının zamanla değişimi gözlemlenebilmektedir. Tepsilere yerleştirilen gıdaların içerisinden sıcak hava geçirilerek kurutma işlemi gerçekleştirilir. Tepsili kurutucuların dezavantajı, tepsiler üzerinde aynı kurutma hızının olmamasından kaynaklıdır. Tepsinin farklı yerlerinde hava hızı ve hava sıcaklığı değerleri değişiklik göstermektedir. Bu nedenle kurutma işlemi homojen olmamaktadır. Aynı zamanda, tepsili kurutucuların günlük kapasiteleri sınırlı olup, en fazla 10 ton yaş ürün işlenebilmektedir (Cemeroğlu, 2010).

### **2.3.3. Bant Kurutucular**

Konveyör kurutucular olarak da bilinmektedir. Doğranmış meyve ve sebzeler için uygun olan bu tip kurutucularda gıda delikli metal veya plastik banta konur. Kurutma bantların altından sıcak hava üflenmesiyle gerçekleştirilir. Hava sıcaklığı, hava sirkülasyon hızı ve yönü ile bant hızı ayrı ayrı kontrol edilebilmektedir. Kurumanın



sonlarına doğru havanın yönü üstten aşağı doğru yapılır. Konveyör kurutucuların boyutları kapasiteye bağlı olarak değişmektedir (Cemeroğlu, 2004).

#### **2.3.4. Tünel Kurutucular**

Tünel şeklindedir. Sistem basit şekli ile fan, ısıtıcı ve kurutulacak ürünlerin taşındığı arabalardan oluşmaktadır. Tünel kurutucular, yaklaşık 20 m uzunluğunda ve 12-15 araba kapasitesindedir. Kurutulacak ürün, aralıklarla yerleştirilmiş tablaların üzerine yayılır ve tünel içerisinden geçirilir. Tablaların hareketi arabalar ile sağlanır. Ürünler kuruduktan sonra ilk giren araba çıkıştan alınıp, girişten yeni araba gönderilir. Bu nedenle bu tür kurutma sistemleri sürekli dir. Kurutma süresi ürüne göre değişmekle birlikte 6-16 saat sürebilir. Tünel kurutucularda homojen bir kurutma için, sıcak havanın tünelde homojen olması çok önemlidir. Kurutulacak ürüne ve ürünün sıcak havaya duyarlılığına bağlı olarak havanın yönü ürünle paralel ya da zıt yönlü olabilir. Meyve ve sebze ürünlerinin, çoğunlukla da balık ürünlerinin kurutulmasında kullanılır (Cemeroğlu, 2010).

#### **2.3.5. Akışkan Yatak Kurutucular**

Akışkan yatak kurutucuların esası, ürünün parçacıklar halinde güçlü bir hava akımı kurutulmasına dayanmaktadır. Kurutulacak ürün, elek şeklindeki bir zeminde bulunan, alttan yüksek hızla üflenen hava ile askıda kalır. Askıda kalan ürünün tüm yüzeyi sıcak hava ile temas halinde olur ve kurutma bu şekilde gerçekleşir. Sistemin üstünlüğü işlemin kısa sürede gerçekleşmesi, otomatik yükleme ve boşaltmanın yapılabilmesi ile açıklanabilir. Ayrıca bu tür kurutucularda en önemli faktörlerden biri, kurutulacak ürünün homojen parçacık iriliğine sahip olmasıdır. Bezelye ve benzeri küçük boyuttaki gıda ürünlerinin kurutulmasında kullanılırlar (Cemeroğlu, 2010).

Dağcı, (2014), kivi meyvesini ozmotik kurutma ve takip eden tepsili kurutucu kullanılarak yapılan ön kurutma işlemlerinden sonra iki farklı yöntemle (sıcak hava ile kurutma yapan akışkan yatak kurutucu kullanarak kurutma ve sıcak hava + kızılötesi dalga kombinasyonu ile akışkan yatak kurutucuda kurutma), % 80.31±1.26 toplam kuru madde içeriğine kadar kurutmuştur. Elde edilen kurutulmuş kivi örneklerinin bazı kalite özelliklerini inceleyerek akışkan yatak kurutucuda kızılötesi

dalga kullanımının etkilerinin belirlenmesini amaçlamıştır. Yapılan çalışmada elde edilen son üründe toplam kuru madde, C vitamini, invert ve toplam şeker içeriği, renk, su aktivitesi, rehidrasyon yeteneği, büzüşme, yığın yoğunluğu ve partikül yoğunluğu tayinleri yapılarak son kurutma yöntemlerinin kurutulmuş kivi için kalite özellikleri üzerine etkilerini belirlemiştir. Hem ozmotik kurutma hem de ön kurutma işlemlerini takip eden son kurutma işlemi sonrası kivilerin L, a, b, Hue ve  $\Delta E$  değerlerinde önemli değişiklikler gerçekleştiğini tespit etmiştir. Sonuç olarak kuruma süresinin kısa, C vitamini içeriğinin yüksek, büzüşmenin az olduğu, L değerinin yüksek, a ve  $\Delta E$  değerinin düşük olduğu örneğin en iyi ürün olduğunu kabul etmiştir. Kivi meyvesinin ön kurutma işlemleri ardından 70 °C'de sıcak hava+kızılötesi kombinasyonu ile kurutulduğunda en iyi kuru ürün özelliğine sahip olduğunu belirlemiştir.

### **2.3.6. Vakum Kurutma**

Gıda içerisindeki suyun düşük sıcaklıklarda atmosferik koşullardan daha kolay buharlaşması vakum kurutma işlemiyle gerçekleştirilmektedir. Bu sistemlerde üründen buharlaşacak suyun evaporasyon gizli ısı, ürünün radyasyonla veya kondüksiyonla ısıtılmasıyla sağlanmaktadır. Kurutulacak ürün, raf veya bant içerisinden sıcak bir sıvı dolaştırılmasıyla ya da doğrudan elektrikli ısıtıcılarla ısıtılabilir (Cemeroğlu, 2004). Bu yöntemle yapılan çalışmalar, diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında kurutma işleminin çok daha kısaldığını göstermiştir. Kurutma işlemleri düşük sıcaklıklarda gerçekleştirildiği için işlem sonunda daha kaliteli ürün elde etmek mümkündür. Suyun uzaklaştırılması sırasında ortamda hava bulunmadığı için oksidasyon reaksiyonlarını azaltmaktadır (Erbay ve Küçüköner, 2008). Vakum kurutma ile kurutulmuş ürünler yüksek gözeneklilik, düşük renk hasarı ve düşük aroma kaybı gibi özelliklere sahip olmaktadır (Somogyi ve Luh, 1986). Vakumda kurutma yöntemi renk, yapı, vitamin gibi özelliklerin sıcak havada kurutma yönteminde artan sıcaklıkla zarar gördüğü ısıya duyarlı ürünleri kurutmak için kullanılan bir yöntemdir (Methakhup ve ark., 2005). Ancak vakumlu kurutma yönteminin kesikli olması, ilk yatırım ve işletme giderlerinin yüksek olması nedeniyle yapılan uygulamalar sınırlı düzeyde kalmıştır (Soysal ve ark, 2009).

Alibaş, (2012), kereviz dilimlerini sıcak hava (55, 65, ve 75 °C) ve vakumda kurutma yöntemleri ile kurutmuş ve 0.1 kPa ve 75 °C'de vakumda kurutma yönteminin sıcak havada kurutmaya göre kurutma süresi, renk ve enerji tüketimi açısından daha iyi sonuçlar verdiğini rapor etmiştir.

### **2.3.7. Dondurarak Kurutma**

Dondurarak kurutma gıda maddelerindeki nemin uzaklaştırılması için uygulanan bir yöntemdir (Heldman ve Singh, 1981). Gıda maddeleri için “liyofilizasyon” ya da dondurarak kurutma canlılığı askıya alma anlamına gelmektedir. Dondurarak kurutulacak ürün; önce dondurulur, böylece gıda içerisindeki su bulunduğu yere buz halinde bağlanır, sonrasında bu buz uygun koşullar altında süblime edilir (Cemeroğlu, 2004). Süblimasyonun gerçekleştirilmesi için sistem basıncı kritik noktanın altına indirilir, sıcaklık artırılır (Bingöl, 2010). Dondurarak kurutma ile yüksek kaliteli ürün elde etmek mümkündür. Bu yöntemle kurutma, diğer geleneksel kurutma yöntemlerine göre sıcaklığın çok düşük, bağıl nemin düşük olmasını, lokal olarak su kaybının çok hızlı olmasını sağlarken, enzimatik olmayan kararmayı, gıdanın yapısındaki proteinlerin bozulmasını ve enzimatik reaksiyonları minimuma indirmektedir. Biyolojik materyallerin dondurularak kurutulması son üründe yüksek kalitenin elde edilmesi açısından etkili bir yöntem olarak önerilmektedir (Sagar ve Kumar, 2010). Dondurarak kurutma yöntemi kurutma teknolojisi açısından iyi bir yöntem olmasına rağmen, diğer yöntemlere kıyasla yatırım maliyeti ve işletme masrafları daha yüksektir. Aynı zamanda ürünün kalitesinin korunabileceği şekilde kurumasını sağlayabilmek için, kurutulan ürünlerin küçük parçalar halinde doğranmış olmaları gerekmektedir. Aksi takdirde büyük parçalı ürünler bu yöntemle kurutulduğunda ısının dıştaki kuru tabaka üzerinden içteki buz fazına ulaştırılması güç olmaktadır. Bu nedenle endüstriyel anlamda gıdalarda kullanımı kahve, baharat, et gibi birkaç örnekle sınırlıdır (Ratti, 2001).

Krokida ve ark., (2001), muz, elma, havuç ve patatesi 5 farklı yöntemle kurutarak, kurutmanın renk üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında, sıcak hava kurutma (70±0.2 °C, % 7 nispi nem), vakum kurutma (70±0.2 °C, 33±0.03 mbar basınç) ve mikrodalga kurutma (810 W) yöntemleriyle kurutulmuş ürünlerde önemli derecede

esmerleşmenin meydana geldiği, dondurarak kurutma yönteminde ise ürün renginde esmerleşme olmadığı sonucunu elde etmişlerdir.

### **2.3.8. Ozmotik Kurutma**

Özellikle meyve ve sebze gibi ürünlerin, konsantre çözeltiler içinde sularının uzaklaştırılması işlemi ozmotik kurutma ile gerçekleştirilmektedir. Ozmotik kurutma yönteminde üç farklı kütle aktarımı söz konusudur. Birincisi aynı anda üründen çözeltiliye doğru olan su akışı, ikincisi çözeltiden ürüne (herhangi bir besin ögesi, koruyucu ya da duyusal kalite geliştiriciyi ürüne katmayı sağlamak için) çözünen aktarımı, üçüncüsü ürüne ait çözünenlerin çözeltiliye geçmesidir. Ürüne ait çözünenlerin çözeltiliye geçmesi, su kaybı ve çözünen kazancının yanında nicelik bakımından çok az miktarlarda ise de, son ürünün bileşimi açısından önemlidir. Böylece ozmotik kurutmaya üründeki suyun uzaklaştırılması ve çözünen kuru madde kazancının artışı sağlanabilir.

Fathi ve ark., (2011), kivi dilimlerinin büzülme, rehidrasyon kapasitesi ve nem içeriği üzerine ozmotik kurutma ve sıcak hava ile kurutma koşullarının etkisini incelemişlerdir. Kivi dilimleri farklı sıcaklıklarda (20, 40 ve 60 °C), farklı konsantrasyonlardaki ozmotik çözeltiliye (% 30, 40, 50 ve 60 sakkaroz çözeltisi) batırılmış ve 60, 70 ve 80 °C'de 5, 6 ve 7 saat boyunca kurutmuşlardır. Kurutma süresi ve sıcaklığının artması, rehidrasyon kapasitesi ve nem içeriğini azaltırken büzülmede artışa sebep olmuştur. En düşük askorbik asit kaybı % 31, % 40 ozmotik çözelti konsantrasyonunda ve 40 °C sıcaklıkta ozmotik işlem sonrasında, 70 °C sıcaklıkta 5 saat boyunca kurutulmuş kivi dilimlerinde elde etmişlerdir.

Kıroğlu (2002), kivi meyvesinin ozmotik dehidrasyon mekanizması ve bu mekanizma üzerine ozmotik çözelti bileşimi ile konsantrasyonunun (50-60 °B) ve sıcaklığın (30-45 °C) etkisini incelemiştir. Ozmotik olarak dehidre edilen örnekler ile ön işlem görmemiş taze kivileri (kontrol) 65 °C'de sıcak hava ile kurutmuştur. Çalışmada kuru kivilerin 10 °C'de adsorpsiyon izotermi çıkarılmış ve deneysel verilerin matematiksel modellere uyumu incelenmiştir. Ayrıca kuru kivilerin toplam kuru madde, pH, titrasyon asitliği, L-askorbik asit ve toplam şeker düzeyleri ile rehidrasyon kapasiteleri belirlenmiştir. Ozmotik yolla kurutulan örneklerin

rehidrasyon kapasitesinin, kontrol örneklerine göre daha düşük çıktığını rapor etmişlerdir.

Kivinin ozmotik kurutulmasının optimize edildiği diğer bir çalışmada ise yanıt yüzey yöntemi kullanılarak kivi dilimlerinin kütle aktarım hızları ozmotik kurutma boyunca nicel olarak incelenmiştir. Bağımsız işlem değişkenleri olarak sakkaroz konsantrasyonu (% 20-80 w/w), sakkaroz çözeltisinin sıcaklığı (15-75 °C), işlem süresi (60-420 dk) ve dilim kalınlığı (2-10 mm) kullanılmıştır. Bütün faktörlerin kivinin ozmotik kurutulması sırasında su kaybı üzerinde önemli ölçüde etkili olduğu bulunmuştur. Katı kazanımı üzerine ise sıcaklık, süre ve dilim kalınlığının etkisi sakkaroz çözeltisinin konsantrasyonunun etkisinden daha belirgin bulunmuştur. Ozmotik çözelti sıcaklığı, askorbik asit kaybını etkileyen en önemli faktördür. Kivinin ozmotik kurutulması için en uygun koşullar, 8 mm dilim kalınlığı, % 60'lık sakkaroz çözeltisi, 30-40 °C işlem sıcaklığında 150 dk ozmotik işlem süresi olarak belirlenmiştir. En uygun koşullar kullanılarak yaklaşık % 24-31.4 su kaybı, % 2.3-3.2 katı kazanımı ve % 12-30.4 askorbik asit kaybı elde edilmiştir (Cao ve ark., 2006).

Tylewicz ve ark., (2011), yaptıkları bir çalışmada, 25 °C'de sakkaroz çözeltisinde (61.5 °Briks) 300 dakika süre ile uygulanan ozmotik kurutma boyunca kivideki yapısal ve fizikokimyasal değişimleri incelemişlerdir. Çalışmada ozmotik çözeltinin hazırlanmasında ticari şeker kullanılmıştır. 1 cm kalınlığında kesilen kivi dilimleri sürekli karıştırma ile 5, 15, 30, 60, 120 ve 300 dk sürelerde ozmotik kurutmaya tabi tutulmuştur. Kivi meyvesinin iç kısımları Cryo-SEM (düşük sıcaklık taramalı elektron mikroskobu) kullanılarak incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda; kivi bünyesindeki suyun iç bölümden çıktığı ve sakkarozun dış bölümde ve damarlı yapıda depolandığı tespit edilmiştir.

### **2.3.9. Mikrodalga Kurutma**

Mikrodalga kurutma yöntemi kuru ürün kalitesini iyileştirmek için alternatif bir yöntem olarak son yıllarda kullanılmaktadır. Mikrodalga kurutma yönteminin esası gıda içerisindeki su moleküllerinin polarize edilerek, hızla hareket etmelerinin ve bu suretle ortaya çıkan moleküler sürtünmeyle ısının ortaya çıkmasının sağlanmasıdır. Mikrodalga ile ürün içerisinde hacimsel ısınma sağlandığından geleneksel kurutma

yöntemlerinde karşılaşılan ısı transferi sorunu ortadan kalkmaktadır. Bu nedenle mikrodalga ile kurutma geleneksel kurutma ile karşılaştırıldığında, çok daha hızlı bir kurutma sağlar (Vadivambal ve Jayas, 2007). Çelen, (2010), yapmış olduğu çalışmada mikrodalga ve vakum kurutucu kullanılarak kurutulan domates ve elma dilimlerinin kalite özelliklerini karşılaştırmıştır. Çalışma sonucunda mikrodalga kurutma ile kuruma işleminin daha hızlı, ürünün daha kaliteli ve enerji tüketiminin daha az olduğu belirtilmiştir. Mikrodalga ile kurutmanın en önemli özelliklerinden bir tanesi de doğrudan materyal bünyesindeki su moleküllerinin hedef alınmasıyla ürünün iç kısımlarında seçici bir ısıtma yapılabilmesidir. Sıcak hava ile kurutmada nem transferi nemli iç kısım ve kuru yüzey arasındaki konsantrasyon farkı tarafından kontrol edilirken, mikrodalga ile kurutma işleminde materyal içerisindeki suyun hızlı buharlaşması nedeniyle oluşan basınç farkı suyun gıdadan uzaklaştırılmasında önem kazanmaktadır (Schiffmann, 2001). Mikrodalga ile kurutma işlemi özellikle kuruma hızının yavaşladığı son kurutma aşamasında daha etkilidir. Bu yöntem, geleneksel yöntemlerle kombine edildiğinde kuruma süresini kısaltmakta ve enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Mikrodalga ile kurutma yöntemi tek başına kullanıldığında birçok avantaj sağlarken dezavantajları da beraberinde getirmektedir. İlk yatırım maliyetlerinin yüksek olması, belirli boyut ve şekildeki tekdüze yapıya sahip ürünlerin kurutulabilmesi, kurutma ortamında homojen mikrodalga dağılımının sağlanmasının güçlüğü, üründe aroma kaybı ve fiziksel zararın oluşması, yüksek güvenlik önlemlerinin alınmasının gerekliliği ve eğitimsiz insanların kullanması yöntemin dezavantajları olarak sıralanabilmektedir (Soysal ve ark., 2009). Mikrodalga enerjisinin farklı kurutma teknikleri ile bir arada kullanılması, mikrodalga tek başına kullanılmasıyla ilişki olan bir takım dezavantajların giderilmesi açısından önerilmektedir (Kardum ve ark., 2001). Böylelikle kurutma zamanında önemli ölçüde azalma sağlanırken, kurutulmuş ürün kalitesinde de gelişme sağlanabilir. Mikrodalga, sıcak hava kurutma (Yelmen ve ark., 2011, Balbay ve Şahin, 2012; Estürk, 2012; Jiao ve ark., 2014; Roknul ve ark., 2014; İzli ve ark., 2014), dondurarak kurutma (Duan ve ark., 2010), vakumda kurutma (Giri ve Prasad, 2009; Nahimana ve Zhang, 2011; Motevali ve ark., 2011; Argyropoulos ve ark., 2014; Bettega ve ark., 2014; Bruijn ve Bórquez, 2014) veya

ozmotik kurutma (Eroğlu ve Yıldız, 2011) yöntemleri gibi farklı kurutma yöntemleri ile de bir arada uygulanmaktadır.

Mikrodalga ile farklı kombinasyon yöntemler kullanılarak, sazan balığı (Zhang ve ark., 2007), ceviz içi (Figiel ve Kita, 2008), mantar (Argyropoulos ve ark., 2014), adaçayı (Estürk, 2012), marul kökü (Roknul ve ark., 2014), hazır pirinç (Jiao ve ark., 2014) gibi pek çok farklı gıda maddesinin kurutulması üzerine literatürde yapılmış pek çok çalışma vardır.

### **2.3.9.1. Mikrodalga Destekli Sıcak Hava Kurutma**

Örneğın kurutma zamanını düşürmek ve ürün kalitesini geliştirmek amacıyla mikrodalga sıcak hava ile kombinasyon halinde kullanılmaktadır (Tulasidas ve ark., 1993; Sharma ve Prasad, 2001; Beaudry ve ark., 2004; Sunjka ve ark., 2004; Yelmen ve ark., 2011; Balbay ve Şahin, 2012; Estürk, 2012; Jiao ve ark., 2014; Roknul ve ark., 2014; İzli ve ark., 2014). Mikrodalga sıcak hava ile bir arada kullanıldığında, sıcak hava ürün yüzeyindeki serbest durumdaki nemi uzaklaştırırken, mikrodalga enerjisi ürünün içerisindeki nemi uzaklaştırmaktadır (Sham ve ark., 2001). Mikrodalga, kurutmada ek bir enerji kaynağı olarak kullanıldığında daha düşük hava sıcaklıklarında kurutma yapılabilir. Bu şekilde, kurutma hızının artmasının yanında kurutulmuş ürünün kalitesinde de artış gözlenmektedir (Beaudry ve ark., 2004; Sunjka ve ark., 2004).

Maskan, (2001a), sıcak hava kurutma, mikrodalga kurutma ve sıcak hava-mikrodalga kombinasyonu ile kurutma işlemlerinin kivi meyvesinin kurutma hızı, büzülme ve rehidrasyon kapasitesi üzerine etkilerini karşılaştırmıştır. Mikrodalga enerjisi ile kurutmanın, kuruma hızında artış meydana getirdiğı gözlenmiştir. Mikrodalgada kurutulmuş kivi dilimlerinin, diğerk kurutma yöntemlerine göre daha düşük rehidrasyon kapasitesine ve daha hızlı su absorblama özelliğine sahip olduğı belirlenmiştir. Mikrodalga kurutmanın sıcak hava ile kurutmaya göre kurutma süresini % 89 oranında azalttığını, sıcak hava ile kurutma+mikrodalga kurutma kombinasyonunun ise kurutma süresini % 40 oranında azalttığını saptamıştır.

İzli ve ark., (2014), konvektif mikrodalga fırının, yalnız sıcak hava (75 °C, 100 °C), yalnız mikrodalga (160 W) ve sıcak hava ile mikrodalga (160 W-75 °C ve 160 W-100 °C) fonksiyonlarını bir arada kullanarak altın çilek meyvesini kurutmuşlar ve

kurutma hızında mikrodalga-sıcak hava kombinasyon uygulamasıyla önemli ölçüde azalma olduğunu, renk ve toplam fenol içeriğinde ise sıcak hava ile kurutmaya göre bir fark gözlenmediğini rapor etmişlerdir.

### **2.3.9.2. Mikrodalga Destekli Vakum Kurutma**

Vakum altında mikrodalga ile kurutma çalışmaları, konvansiyonel sıcak hava ile kurutmada meydana gelen üründeki bozulmaların önüne geçerek kaliteyi yükseltmek ve mikrodalga uygulama süresini kısaltarak enerji ekonomisini sağlamak amacıyla yapılmaktadır. Vakum, gıda içerisindeki suyun düşük sıcaklıklarda daha kolay buharlaşmasını sağlamaktadır. Mikrodalga ısıtma ile sağlanan hızlı enerji transferi nedeniyle ürün içerisinde oluşan yüksek buhar basıncı nemin dışarıya hızlı bir şekilde transfer olmasını sağlar. Bu sayede mikrodalga destekli vakum kurutma işlemiyle düşük sıcaklıkta oldukça hızlı kurutma sağlanmaktadır (Giri ve Prasad, 2006, 2009; Jałoszyński ve ark., 2008; Figiel, 2010; Wojdyło ve ark., 2014). Mikrodalga-vakum kurutma muz, havuç, patates gibi ısıya duyarlı gıdaların kurutulmasında kullanılmaktadır. Bu yöntemde gıda ısı ve oksijene maruz kalmadığı için vitamin,  $\alpha$  ve  $\beta$  karoten gibi bileşenlerin kaybı minimumdur (Lina ve ark., 1998; Cui ve ark., 2004).

Litvin ve ark., (1998), mikrodalga-vakum, dondurarak ve sıcak hava kurutma yöntemleri ile kurutulan havuç dilimlerinde, kurutma ile meydana gelen en az renk kaybının mikrodalga-vakum ile kurutulmuş örneklerde olduğunu bildirmişlerdir. Bunun yanında mikrodalga-vakum ile kurutulmuş olan havuç dilimlerinin sıcak hava kullanılarak kurutulanlara göre daha yumuşak ve daha yüksek rehidrasyon kapasitesine sahip olduğu bildirilmiştir.

Mikrodalga ve mikrodalga destekli vakum kurutma (MVK) ile havuç kurutulmasının karşılaştırıldığı diğer bir çalışmada 60 kPa vakum uygulanmasının kurutma kinetiği üzerine önemli bir etkisinin olmadığı ancak ürünlerin fiziksel özelliğini etkilediği tespit edilmiştir. Vakum uygulaması ile elde edilen kurutulmuş örneklerde daha düşük yoğunluk ve büzülme değeri elde edilmiştir. Havuç örneklerinin  $\beta$  karoten değerlerinin ise her iki yöntemde de artan mikrodalga gücü ile arttığı gözlenmiştir (Bettega ve ark., 2014).



MVK ile kurutmanın keklik otunun kurutma kinetiği ve antioksidan aktivitesi üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, örneklerin neminin 50 °C’de istenilen kurutma oranına 310 dakikada, 4-6 kPa vakum altında 480 W mikrodalga gücünde ise aynı değere 15 dakikada ulaştığı tespit edilmiştir. Bu şartlarda yapılan kurutmada örneklerin toplam fenol miktarlarındaki azalma MVK ile kurutma ve 50 °C de konvansiyonel kurutma için sırasıyla % 71 ve % 65 olarak gözlenmiştir. Kurutma havasının sıcaklığının 60 °C ye artması ile kurutma süresinde bir miktar azalma olmakla birlikte kayıp oranı % 84 değerine yükselmektedir (Jałoszyński ve ark., 2008).

Yapılan bir diğer çalışmada, MVK yöntemiyle kurutulmuş olan mantarların, sıcak hava ile kurutulmuş olan örnekler ile karşılaştırıldığında daha yüksek bir rehidrasyon potansiyeli, daha düşük yoğunluk, daha iyi renk ve daha yumuşak bir dokuya sahip olduğu bulunmuştur. Aynı çalışmada dondurarak kurutulmuş örnekler ile karşılaştırıldığında ise, MVK ile kurutulan örneklerin benzer sertlik değerleri ve duyusal değerlendirme sonuçlarına sahip olduğu sonucu elde edilmiştir (Giri ve Prasad, 2009).

Figiel (2010), pancar kökünün kurutulması ile ilgili yaptığı çalışmasında, farklı nem oranlarına kadar, 60 °C sıcak hava kullanılarak ön kurutma yapılmış örnekleri farklı mikrodalga güçleri kullanarak MVK ile kurutmuş, geleneksel sıcak hava ile kurutmaya göre MVK kullanımı ile toplam kurutma süresinin önemli ölçüde azaldığını ve bunun yanında kurutulmuş ürünlerin daha iyi rehidrasyon kapasitesi, büzülme ve antioksidan aktivite değerlerine sahip olduğunu rapor etmiştir. Ayrıca yüksek mikrodalga gücü kullanıldığında mikrodalga-vakum kurutmanın kurutma sırasında erken periyotta uygulanması ile elde edilen ürün kalitesinin dondurarak kurutma işlemi ile sağlanan yüksek ürün kalitesini yakaladığı sonucunu çıkarmıştır.

Mikrodalğanın meyvelerin kurutulmasında kullanımı da potansiyel bir yöntem olarak araştırılmaktadır (Yongsawatdigul ve Gunasekaran, 1996a, b; Beaudry ve ark., 2004; Sunjka ve ark., 2004; Clary ve ark., 2005; Öztekin ve ark., 2011; Bruijn ve Bórquez, 2014; İzli ve ark., 2014; Wojdylo ve ark., 2014). Mikrodalga destekli vakum kurutma (MVK) tekniği kızılcık (Sunjka ve ark., 2004; Dorofejeva ve ark., 2011;), çilek (Krulis ve ark., 2005; Böhm ve ark., 2006), muz (Mousa ve Farid, 2002), elma

(Sham ve ark., 2001; Han ve ark., 2010), çekirdeksiz üzüm (Clary ve ark., 2005) gibi meyvelerde uygulanmış ve oldukça tatmin edici sonuçlar elde edilmiştir.

Yongsawatdigul ve Gunasekaran (1996b), çalışmalarında mikrodalga destekli vakum kurutma (MVK) tekniği ile kurutulan yaban mersininin renk değişimini ve su aktivitesini incelemişler ve sıcak hava ile kurutulanlarla karşılaştırmışlardır. Vakum destekli mikrodalga ile kurutulmuş yaban mersinlerinin renklerinin sıcak havayla kurutulanlara göre daha kırmızı olduğunu ayrıca daha yumuşak bir yapıya sahip olduklarını belirtmişlerdir.

Sunjka ve ark., (2004), kızılıklık meyvesinin kurutulmasında mikrodalga destekli vakum kurutma (MVK) tekniğinin enerji verimliliğinin (buharlaşan suyun kütlesi/sağlanan enerji) mikrodalga-konvektif kurutma tekniğine göre daha yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir. Yine aynı çalışmada renk yönünden örnekler arasında önemli bir fark gözlenmez iken MVK ile daha yumuşak bir yapı elde ettiklerini belirtmişlerdir.

Mejia-Meza ve ark., (2008), MVK işlemiyle kurutulan yaban mersininin, sıcak hava ile kurutulanlara göre daha yüksek oranda polifenol içeriğine ve antioksidan aktivitesine sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Wojdylo ve ark., (2014), kurutulmuş vişnenin biyoaktivitesinin düşük kurutma sıcaklığı, kısa işlem süresi ve materyalin havadaki oksijen ile sınırlı teması ile daha iyi korunabildiğini, bu açıdan MVK ile kurutma işleminin konvansiyonel sıcak hava ile kurutmaya göre çok daha iyi olduğunu rapor etmişlerdir. Bu çalışmada vişnenin sıcak hava ile kurutulması sırasındaki polifenol kaybının (% 44-49), MVK ile kurutma işlemine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Monteiro ve ark., (2015), muz, üzüm, domates ve havuçlarla yaptıkları çalışmada, dondurarak kurutma ve vakumlu mikrodalga (döner tablalı) kurutma yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda ürün kalitesine bakıldığında vakumlu mikrodalga kurutmanın dondurarak kurutmaya benzer ya da daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Bunun yanında vakumlu mikrodalga kurutmada işlem süresinin dondurarak kurutmaya göre oldukça kısa olduğu bildirilmiştir.

### **2.3.9.3. Mikrodalga Destekli Dondurarak Kurutma**

Dondurarak kurutmada ürünün sıcaklığı düşürülerek nemin büyük bir kısmı katı hale getirilir ve daha sonra ürün etrafındaki basınç düşürülerek yapıdaki buz süblimleştirilir (Cohen ve Yang, 1995). Mikrodalga-dondurarak kurutma iki şekilde uygulanır. Birinci yöntemde dondurarak kurutma mikrodalga yardımıyla gerçekleştirilir. İkinci yöntemde ise dondurarak kurutmadan sonra mikrodalga kurutma yapılır (Duan ve ark., 2010).

Huang ve ark., (2009), elma dilimlerinin dondurarak kurutulmaları sırasındaki enerji tüketiminin azaltılması amacıyla, dondurarak kurutma işleminden sonra mikrodalga-vakum kurutma işlemi uygulamışlardır. İlk olarak 8,28 saatte dondurarak kurutulan, ardından mikrodalga-vakum kurutma yöntemiyle kurutulan elma dilimlerinde, en iyi görünüşün yanı sıra enerji tüketiminden % 39.2 oranında tasarruf elde etmişlerdir. Elma dilimlerinin 6 saat süresince dondurarak kurutulması ve ardından mikrodalga-vakum yöntemiyle kurutulması sonucunda ise kabul edilebilir bir görünüşün yanında enerji tüketiminden % 54.02 oranında tasarruf sağlanmıştır.

### **2.3.9.4. Mikrodalga Destekli Ozmotik Kurutma**

Ozmotik kurutma hipertonic bir sıvı içerisine daldırılan gıda maddesinde bulunan suyun osmoz ile kısmen uzaklaştırılması işlemidir. Ozmotik kurutma, konvektif ve dondurarak kurutmaya göre enerji gereksinimi daha az olan bir işlemdir (Çınar, 2009). İşlem süresinin kısaltılması amacıyla ozmotik kurutma ile yeni tekniklerin kombine edilmesi üzerine çalışmalar yapılmaktadır (Eroğlu ve Yıldız, 2011). Mikrodalga destekli ozmotik kurutma da bunlardan biridir.

Venkatachalapathy ve Raghavan (1999), yapmış oldukları çalışmada % 2 etil oleat ve % 0,5 NaOH kullanılarak ön işleme tabi tutulan ve sonrasında ozmotik olarak kurutulan çilek örneklerini geleneksel sıcak hava ile kurutma (35 ve 45 °C), mikrodalga ile kurutma (750 W ve 2450 MHz) ve dondurarak kurutma işlemlerine tabi tutmuşlardır. Mikrodalga gücü arttıkça rehidrasyon oranının arttığı ve mikrodalgada kurutmanın dondurarak kurutma ile karşılaştırıldığında benzer veya daha iyi rehidrasyon özelliği gösterdiği rapor edilmiştir. Mikrodalga kullanılarak kurutulan örnekler dondurarak kurutulan örneklere göre daha yumuşak ve koyu renkli bulunmuş, duyu analizlerde ise önemli bir fark tespit edilmemiştir. Sonuç

olarak ozmotik kurutma ve mikrodalga kurutma kombinasyonunun çilek kurutmada dondurarak kurutmaya bir alternatif olarak kullanılabileceği yorumu yapılmıştır.

Yapılan bir diğer çalışmada araştırmacılar, ozmotik kurutma uygulanmış ananas dilimlerini, mikrodalga destekli sıcak hava kurutma ile kurutmuşlardır. Ozmotik kurutma 40 °C, 90 dakikada 55° Brikslik sakkaroz çözeltisinde uygulanmıştır. Çalışmada 30 ve 70 °C arasındaki farklı giriş sıcaklıklarına karşı değişken mikrodalga güç çıkışı programları tasarlanmıştır. Uygulanan mikrodalga sistemi maksimum 1000 W gücünde ve 2450 MHz frekansta çalışabilmektedir. Mikrodalga güç seviyesi, uygulamanın ilk 1,5 saatlik diliminde en etkili sonuçları vermiştir. Düşük sıcaklıklarda (30-50 °C) yüksek mikrodalga gücü uygulamanın, kurutmanın ilk aşamasında avantaj sağladığı fakat işlemin sonlarına doğru kurutmayı yavaşlattığı tespit edilmiştir (Botha ve ark., 2012).

#### **2.4. Kurutulmuş Ürünlerin Kalite Kriterleri**

Kurutma işleminde amaç; ortamın su aktivitesini ( $a_w$ ) azaltarak, ürünü mikrobiyolojik, enzimatik ve kimyasal yönden dayanıklı hale getirmektir. Kurutma, son ürünün kalitesini önemli düzeyde etkileyen bir işlemdir. Yığın yoğunluğu, büzülme, gözeneklilik ve diğer fiziksel özellikler (özgül hacim, renk, tekstür, rehidrasyon vb.) kurutulmuş ürünün kalitesini belirlemektedir (Krokida ve Maroulis, 1997). Rehidrasyon kapasitesinin yüksek olması kurutulmuş bir ürünün kaliteli olarak kabul edilebilmesinin en önemli şartlarından birisidir (Üstün ve ark., 1999). Gıdaların kurutulması sırasında birtakım fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal değişimler gerçekleşmektedir. Bunlara aşağıda kısaca değinilmiştir.

#### **2.4.1. Gıdaların Kurutulması Sırasında Meydana Gelen Değişimler**

##### **2.4.1.1. Fiziksel Değişimler**

Meyve ve sebzelerin kurutulması sırasında meydana gelen yöresel kurumadde yığılımının, kurumadde hareketiyle ilişkili olduğu bilinmektedir. Dokudaki suyun gözenekler içindeki hareketi değişik şekillerle gerçekleşmektedir. Bunlar, sıvı hareketi, su buharı ya da bireysel serbest su molekülleri şeklindedir. Dokudaki suyun hareketi, sıvı hareketi şeklinde gerçekleşirken, su içerisindeki çözülmüş maddeleri

de taşımaktadır. Böylelikle alt tabakalardaki kuru madde, su ile yüzeye taşınır ve suyun uzaklaşmasıyla yüzeyde bir kuru madde yığılımı meydana gelir.

Meyve ve sebzelerin dokusunda bulunan su, hücre duvarını aşarak dışarı çıkar. Hücre zarının selektif geçirgen olması özelliğiyle su ile hareket eden maddelerin niteliği farklı olmaktadır. Ancak bunlar genellikle küçük moleküllü bileşiklerdir (Cemeroğlu ve ark., 2003).

Kabuk bağlama, gıdaların kurutulması sonrasında meydana gelen fiziksel değişimdir. Bu değişim, hatalı kurutma koşulu ya da kurutmanın ilk aşamasında yüksek sıcaklık uygulanmasından kaynaklı olabilmektedir. Bu sebeple yüzeyde hızla kuru tabaka oluşur, büzüşmeyle birlikte alt tabakalara baskı yapar fakat alt tabakaların ıslak olması üsten yapılan basınca karşı direnç gösterir. Üst tabaka kuruma sonucu büzüşme olanağı bulamadığından gerilir ve sert bir kabuk haline dönüşür. Oluşan sert kabuk ise kurumanın ilerleyen aşamalarında, alt tabakalar kuruyup buruşsa bile bir daha geçmez ve alt tabakalardan ayrılarak yapısını korur. Kabuk bağlama ile kuruma hızı birden azalır. Kabuk bağlama olayı kurutma koşullarının ayarlanmasıyla önlenmektedir (Cemeroğlu ve ark., 2003).

Bir diğer fiziksel değişim de kurutma sırasında meydana gelen yapıdaki büzülmelemdir. Lifli gıdaların (meyve-sebze gibi) kurutulmasında, özellikle kurutmanın ilk aşamalarında % 40-50 oranında büzülme meydana gelir. Büzülme ile, kurutulan gıdanın yüzeyinde daralma meydana gelir ve ürün sert bir hal alarak su geçişine izin vermez. Bu nedenden dolayı büzülme, kurutma hızını düşüren bir faktör olarak bilinmektedir. Yüksek sıcaklıklarda kurutma işlemi yapıldığında birçok gıdada yüzeyden birim zamanda transfer olan su miktarının artmasıyla büzülme miktarı da artmaktadır (Dadalı, 2007). Gıdanın düşük sıcaklıklarda ya da nemli havada kurutulmasıyla birlikte büzülmenin engellenmesi mümkün olmaktadır.

Kitle yoğunluğundaki değişim de fiziksel değişim sonucunda oluşmaktadır. Kitle yoğunluğu, herhangi bir ürünün birim hacminin ağırlığı olarak tanımlanmaktadır. Kitle yoğunluğu, ürünün kurutulmasında uygulanan koşulların bir belirteci olmasının yanında kurutulmuş ürünün kalite olgusudur. Kitle yoğunluğu düşük olan ürün tüketici tarafından tercih edilir. Aynı zamanda bu ürünlerin rehidrasyon yeteneklerinin daha iyi olduğu bilinmektedir. Kurumuş ürünün orijinaliyle benzer

olduğu ancak bunların ambalaj, depolama ve taşınma masraflarının daha fazla olduğu bildirilmiştir (Cemeroğlu ve ark., 2003).

Kurutulmuş bir üründe aranan en önemli özelliklerden bir tanesi de ürünün rehidrasyon yeteneğidir. Kurutulmuş ürün suda bekletildiğinde taze halinde sahip olduğu su miktarına tekrar ulaşıyor, eski haline ve şekline dönüşüyor ise ürünün mükemmel niteliklerde olduğu kabul edilir. Bu olay rehidrasyon işlemleri olarak tanımlanmaktadır. Rehidrasyon yeteneğine etki eden faktörler, ürün çeşiti, kurutma koşulları, rehidrasyon sırasındaki koşullar özellikle suyun sıcaklığı ve süredir. Gıdanın rehidrasyon yeteneğine ilişkin sayısal bir değer verilirken, bunun nasıl belirlendiğine ait yöntemin ve koşullarının ayrıntıyla tanımlanması gerekmektedir. Rehidrasyon yeteneği fiziksel olay olarak değerlendirilse bile bunun kurutma işlemleri sırasında azalmasının, ürünlerdeki kimyasal, fiziko-kimyasal ve fiziksel değişimlerle de alakalı olduğu belirlenmiştir. Rehidrasyonu olumsuz yönde etkileyen fiziksel faktörler, kurutma koşullarına bağlı olarak gerçekleşen buruşma ve parçalanma sonucu, hücreler ve dokunun kapılar yapısının bozulması ile açıklanabilmektedir. Buna karşın rehidrasyon yeteneği daha çok kimyasal ve fiziko-kimyasal faktörlerden etkilenmektedir. Donmuş ürünlerin donunun çözülmesinde olduğu gibi, rehidrasyon işlemleri sırasında kaybedilen kuru madde, kuru ürünün kalite ölçüsüdür. Rehidrasyonda yeterli miktarda su kullanıldığında bu kayıplar azaltılabilir (Cemeroğlu ve ark., 2003).

Dehidrasyon işlemleri sırasında, nemin iç hücrelerden ürünün yüzeyine ve daha sonra çevreye aktarılmasında gıdaların mikroyapılarında değişiklikler meydana gelmektedir. Mikroyapı çalışmaları, kurutma prosesi ve gıdanın karakteristik özellikleri hakkında bilgi verir ve modelleme için yeterli veri sağlar. Üründe nem kaybı sebebiyle gıdaların mikroyapısında deformasyon oluşabilir. Hızlı dehidrasyon işlemlerinden dolayı ürün yüzeyi merkeze göre daha hızlı kurur ve bu da iç gerilmelere sebep olur. Bunun sonucunda kırık ve gözenekli ürün meydana gelir. Gıdanın mikroyapısında meydana gelen değişiklikler kurutulmuş ürünün doğrudan boyut, şekil, yapı gibi fiziksel özellikleriyle bağlantılı olmasından dolayı önem arz eder ve bunlar müşterinin ürünü kabul etmesinde önemli faktörlerdir (Ghahramanlou, 2013).

Su absorpsiyon kinetiğini tanımlamada literatürde farklı empirik modeller bulunmaktadır. Peleg modeli elma, havuç, mantar gibi farklı ürünlerin rehidrasyonunu temsil etmede başarıyla uygulanmıştır (Planinic ve ark., 2005, Bilbao-Sainz ve ark., 2005; Garcia-Pascual ve ark., 2006). Demiray ve Tülek, (2016), Peleg ve Weibull modelinin kurutulmuş bamyanın rehidrasyonunu en iyi şekilde temsil ettiğini belirtmişlerdir.

#### **2.4.1.2. Kimyasal Değişimler**

Kurutma sırasında fiziksel değişimlere benzer olarak çeşitli kimyasal değişimler de gerçekleşmektedir. Bunlar, kurutulmuş ürünün veya rehidre edilmiş ürünün, renginde, tekstüründe, viskozitesinde, lezzetinde, beslenme değeri ve depolama stabilitesinde meydana gelen değişiklikler olarak sıralanabilir. Bu değişikliklerin oluşumu veya düzeyi her üründe kendine özgü bir şekilde gerçekleşmektedir. Kurutma yönteminde uygulanan sıcaklık ve süre bu değişikliklerin düzeyini etkileyen en önemli faktördür (Cemeroğlu ve ark., 2003).

Renk, taze ve işlenmiş gıdaların en önemli kalite bileşenlerinden birisidir. Gıdanın rengi tüketiciler tarafından kabulü açısından değerlendirilen ilk kalite parametresidir. Renk ölçümü kurutma işleminde üretilen ürünlerin kalitesini ve duyuusal albenisini gösteren önemli bir kalite faktörüdür (Quek ve ark., 2006).

Kurutulan bütün ürünlerde meydana gelen en büyük olumsuzluk renk esmerleşmesidir. Esmerleşme reaksiyonları gıda stabilitesini korumak ve teknolojileri geliştirmek için önemli bir konudur. Bu reaksiyonlar, ürünün besin değerleri, tat, renk ve görünüm gibi özelliklerin değişmesine neden olurlar. Esmerleşme reaksiyonunun hızı birkaç faktöre bağlı olarak değişkenlik gösterir. Bunlar; kuruma hızı, pH, gıdanın bileşimi ve nem içeriği, kurutma süresidir. Renk esmerleşmesi kurutmadan önce, kurutma sırasında ya da depolama sırasında oluşabilir. Reaksiyon hızı, yüksek sıcaklıkta kurutma işleminde ve şeker içeriği yüksek olan gıdalarda daha fazladır (Maskan, 2001b). Kuru ürünlerdeki renk esmerleşmesi daha çok enzimatik olmayan reaksiyonlarla meydana gelmektedir. Kurutma yönteminde yüksek sıcaklık uygulaması, şekerlerin karamelizasyonuna ve bazı maddelerin yanması sonucunda renk esmerleşmesine neden olmaktadır (Cemeroğlu, 2004).

Gıda ürünlerinin renk değişim kinetiği karmaşık bir olaydır. Literatürde gıda maddelerinin renk değişim kinetiğinin incelendiği pek çok sayıda çalışma vardır. Bu çalışmaların çoğunluğunda renk değişiminin sıfırncı derece veya birinci derece kinetiği takip ettiği rapor edilmiştir (Pathare ve ark., 2013). Farklı kurutma işlemleri sırasında meyve ve sebzelerdeki renk değişim kinetiğinin incelendiği çok sayıda çalışma literatürde mevcuttur. Bunlardan bazılarına ait bilgiler Çizelge 2.2’de gösterilmektedir.



**Çizelge 2.2.** Bazı meyve sebzelerin kurutma sırasında renk değişim kinetiğine ilişkin seçilmiş yayınlar (Pathare ve ark., 2013)

Ürün	Kurutma Metodu	Çalışma Koşulları	Renk Parametreleri	Kinetik model	Referans
Balkabağı	Sıcak hava kurutma	Kurutma sıcak.: 50-80 °C	L, ΔE, hue açısı, a, b, kroma, esmerleşme indeksi	Birinci derece, fraksiyonel dönüşüm	Onwude ve ark., (2017)
Fesleğen	Mikrodalga kurutma	Mikrodalga çıkış gücü: 180-900W	L, ΔE, hue açısı, a, b, kroma	Sıfıncı ve birinci derece	Demirhan ve Özbek, (2009)
Bamya	Mikrodalga kurutma	Mikrodalga çıkış gücü: 180-900W	L, ΔE, hue açısı, a, b, kroma	Sıfıncı ve birinci derece	Dadalı ve ark., (2007a)
Ispanak	Mikrodalga kurutma	Mikrodalga çıkış gücü: 180-900W	L, ΔE, hue açısı, a, b, kroma, esmerleşme indeksi	Sıfıncı ve birinci derece	Dadalı ve ark., (2007b)
Soğan	Sıcak hava kurutma	Kurutma sıcak.: 50-75 °C, Hava hızı: 1.0-1.5 ms <sup>-1</sup>	Optik indeksi	Sıfıncı derece	Kaymak-Ertekin ve Gedik, (2005)
Elma, muz, patates, havuç	Sıcak hava kurutma, vakum kurutma, mikrodalga kurutma, dondurarak kurutma, ozmotik kurutma		a, b	Birinci derece	Krokida ve ark., (2001)
Elma, muz	Ozmotik kurutma	Sakkaroz ve glikoz	L, a, b	Birinci derece	Krokida ve ark., (2000)
Avakado, erik, çilek	Sıcak hava kurutma	Kurutma sıcak.: 50-70 °C, Hava hızı: 3-5 ms <sup>-1</sup>	ΔL, Δa, Δb	Birinci derece	Tsami ve Katsioti., (2000)
Elma, muz, havuç, patates	Sıcak hava kurutma, vakum kurutma	Kurutma sıcak.: 50-90 °C	Δa, Δb	Birinci derece	Krokida ve ark., (1998)
Patates	Tünel, sıcak hava kurutma	Kurutma sıcak.: 30-60 °C	Esmerleşme pigment konsantrasyonu	Sıfıncı derece	McMinn ve Magee, (1997)
Elma	Sıcak hava kurutma, vakum kurutma,	Kurutma sıcak.: 40-90 °C	Esmerleşme indeksi	Sıfıncı derece	Voegel-Turenne ve ark., (1997)
Kivi	Sıcak hava kurutma, mikrodalga, sıcak hava+mikrodalga kurutma	Maksimum 700W güç, 2450 MHz	L, ΔE, hue açısı, a, b, kroma, esmerleşme indeksi	Sıfıncı ve birinci derece	Maskan, (2001b)

### 2.4.1.3. Biyokimyasal Değişimler

Gıdaların kurutulması sırasında meydana gelen renk esmerleşmesi olumsuz değişimlere neden olabilmektedir. Özellikle kurutulmuş meyve ve sebze ile meyve sularında meydana gelmektedir (Hodge, 1953; Labuza ve Schmidl, 1985). Isıl işleme tabi tutulan ve depolanan ürünlerde Maillard reaksiyonu oluşmakta ve reaksiyon sonucunda arzu edilmeyen acı bir tat ve koku oluşumu meydana gelirken aynı zamanda besin değerinde de kayıplar gözlenmektedir (Stamp ve Labuza, 1983; Gazzani ve ark., 1987; O'brien, 1996).

Klorofiller, meyve ve sebzelerde bulunan yeşil renkli doğal renk maddeleridir. Meyve-sebze muhafazasında uygulanan bazı işlemler sonucunda (kurutma, dondurma vs.) klorofillerin (a ve b) bazı reaksiyonlar sonucunda feofitinlere dönüşmesiyle son üründe kahverengi renk meydana gelir (Cano, 1996). Klorofil bozulmalarının farklı nedenleri vardır; sıcaklık ve asit etkisiyle klorofillerin feofitinlere (kahverengi, gri) dönüşmesi, ya da fitol grubunu kaybetmesi ve klorofilaz enzimi etkisiyle feoforbite (kahverengi, gri) parçalanmasıdır. Işık, asit, oksijen, ısı ve enzim gibi etkenler klorofilin parçalanmasına sebep olurlar ve bunun yanında da renk kaybına neden olurlar. Klorofilin parçalanmasına başlıca sebep olan etkenlerden enzim aktivitesine özellikle dondurulmuş meyve-sebze üretiminde dikkat edilmesi gerekir. Meyve-sebzelerdeki oksidasyon reaksiyonlarının temel etmeni ürünün dokusunda bulunan peroksidaz enziminden kaynaklanmaktadır (Demiray ve Tülek, 2010).

Gıdaların yapısında bulunan yağda (A, D, E ve K vitaminleri) ve suda çözünebilen (B ve C vitaminleri) vitaminlerin, kurutma işlemi sırasında meydana gelen oksidasyon ürünleri ile reaksiyon vermesi sonucunda vitamin miktarında azalmalar görülür (Hernandez ve ark., 2006). Kurutma ve depolamada parçalanmaya en eğilimli vitaminler A ve C vitaminidir (Bluestein ve Labuza, 1975). Tiamin (B1 vitamini) de ısıya karşı hassas olduğundan kurutmada önemli düzeyde azalır. Kurutulan ürünlerin besin değerlerindeki kayıp, kurutma koşulları ve yöntemi ile ilişkilendirilmektedir. Nitekim güneşte kurutma yönteminde, vitamin C ve karoten kaybının diğer yöntemlere göre daha fazla olduğu saptanmıştır. Polatoğlu ve Beşe, (2012), kıvılcık meyvesinin farklı kurutma

yöntemleri (konvektif, mikrodalga, güneşte kurutma) kullanılarak kurutulması sırasında, sıcaklığa duyarlı mevcut askorbik asitin davranışını incelemiştir. Matematiksel modelleme sonucunda, tüm kurutma prosesleri için; C vitamini miktarı ile zaman arasındaki değişimin, yüksek korelasyon katsayısı ( $R^2$ ) ile birinci derece kinetik modele uyduğunu saptamışlardır. Farklı kurutma prosesleri, kurutma işlemi sonunda kalan C vitamini içeriğine göre karşılaştırıldığında, en yüksek değer konvektif tip kurutucuda (50 °C) 3380 mg/100 g kuru madde ile, en düşük değer ise güneşte (ortalama 23 °C sıcaklıkta 17 günde) kurutma sonucu 2190 mg/100 g kuru madde ile elde edilmiştir. Gıdaların kurutulmasında vitamin C kaybına ilişkin değişik değerler verilmekle birlikte, genel olarak haşlama (sebzelerde) ve bunu izleyen kurutma işlemlerinde, başlangıçtaki C vitamini miktarının yarısının kaybolduğu yapılan çalışmalar doğrultusunda tespit edilmiştir (Bluestein ve Labuza, 1975; Kuzniar ve ark., 1983). Enzimlerin inaktive edilmediği bazı durumlarda vitamin C ve karoten kaybının % 80'lerin üzerine çıktığı bildirilmiştir (Cemeroğlu ve ark., 2003). Vitamin kayıplarının aza indirilmesinin, kurutma süresinin kısa tutulması ve ürünlerin depolanmaları sırasındaki sıcaklık, nem miktarı ve oksijen düzeyinin düşük tutulmasıyla mümkün olacağı bildirilmiştir (Teymur, 1999).

Proteinler, gıdalara uygulanan kurutma yöntemi ve kurutma sırasında meydana gelen fiziksel, kimyasal değişimlerden etkilenirler. Teorik olarak gıda içerisindeki suyun azaltılması ile proteinlerin stabiliteyi artmaktadır. Bu da gıdaların kurutulması sırasında, proteinlerin biyolojik değeri ve sindirim özelliği kaybolmamasını sağlamaktadır (Allison ve ark., 1998).

Kurutma işlemi için olgunlaşmış meyveler kullanılmalıdır. Çünkü meyve tam olgun haldeyken lezzet en iyi durumdadır ve kuruduktan sonra, daha lezzetli kalır. Aroma maddeleri lezzet için önemli olup kurutma işlemi esnasında miktarı azalır. Bunlar ve bu esnada meydana gelen çeşitli reaksiyonlar, kurumuş meyvenin lezzetini oluştururlar. Bazı kayıplara rağmen kurutulmuş ürün ana lezzet elemanlarını taşır (Demiray, 2009). Tüm bu besin değerleri kaybına karşın, kurutulmuş ürünler çeşitli besin maddelerini yoğun bir şekilde içerirler. Çünkü kurutma ile su uzaklaşır ve geride yoğun bir kurumadde kalır (Cemeroğlu ve ark., 2003).

### **3. MATERYAL ve YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

Araştırmada kullanılmak üzere yerel marketlerden temin edilen ‘‘Hayward’’ tipi kivi meyvesi Ordu Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü’ne getirilmiş ve analizlere kadar buzdolabında muhafaza edilmiştir. Deneylerde kullanılan kimyasal maddeler analitik saflıktadır.

#### **3.2. Yöntem**

##### **3.2.1. Kurutma İşlemi**

Kivi meyvesi dilimlenerek (5 mm kalınlığında, 6-8 g ağırlığında) kurutulmuştur. Dilimlenen taze kivi dilimlerinin kurutma öncesi görüntüleri Ek 35’te sunulmuştur. Örneğin başlangıç nem içeriği (% 79.89 y.b.) fanlı etüvde (NST-120, Ankara) 105 °C’ de, sabit ağırlığa ulaşmaya kadar tutulmasıyla oluşan ağırlık kaybına göre hesaplanmıştır (AOAC, 1995). Kurutma işlemine örnekler % 10 yaş baz (y.b.) değerinin altında nem oranına ulaşana kadar devam edilmiştir. Yapılan ön denemelerle kivilerin optimum kurutma süreleri belirlenmiş, her koşul için üç tekrar yapılmıştır.

Kivi dilimlerinin kurutulmasında geleneksel sıcak havada kurutma, vakum kurutma, sıcak hava-mikrodalga destekli vakum kurutma kombinasyonu (MVK) ve dondurarak kurutma olmak üzere 4 farklı kurutma yöntemi kullanılmıştır. Sıcak havada kurutma (NST-120, Ankara) ve vakum (100 mbar) kurutma (Memmert VO 500, Germany) işlemleri 60 °C’de gerçekleştirilmiştir. MVK işleminde, örnekler önce 60 °C sıcak havada (NST-120, Ankara), 200 dakika süre ile ön kurutmaya tabi tutulmuş daha sonra 450 W mikrodalga güç seviyesinde MVK (Samsung Smart Oven, MC32F606) işlemi gerçekleştirilmiştir. MVK için, içerisine kurutulacak örneklerin konulacağı, vakumun sağlanacağı kap mikrodalga fırın içerisine yerleştirilmiştir. Basınç regüle etme valfine sahip bir vakum pompası, içerisinde istenilen düzeyde vakum sağlayabilmesi için kaba bağlanmıştır. Kaptaki vakumun derecesi bir vakum ölçer ile izlenmiştir. Dondurarak kurutma işleminde örnekler -20 °C’lik derin dondurucuda dondurulduktan sonra, laboratuvar ölçekli liyofilizatör (FreeZone 2.5L 7670530,

Labconco) kullanılarak kurutulmuştur. Dondurarak kurutma işlemi 0.1 mBar vakum altında, -50 °C yoğunlaştırıcı sıcaklığında gerçekleştirilmiştir.

### 3.3. Uygulanan Analizler

#### 3.3.1. Rehidrasyon Kapasitesi

Rehidrasyon deneyleri 20 ve 50 °C ( $\pm 2$  °C)'lerde etüvde gerçekleştirilmiştir. Belli ağırlıktaki kurutulmuş örnekler, ağırlığının 40 katı kadar distile su içerisinde 9 saat bekletilmiştir. Örnekler her saat başı çıkartılarak yüzeyindeki su yumuşak bir biçimde bir filtre kağıdı yardımı ile kurulandıktan sonra örnek tekrar tartılmıştır. Rehidrasyon oranı (Denklem 3.1) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{Rehidrasyon oranı} = M_r / M_d \quad (3.1)$$

Burada;

$M_r$  : Islak ürün ağırlığı (gr)

$M_d$  : Kurutulmuş ürün ağırlığını (gr) göstermektedir.

Deneysel olarak elde edilen verilerin Çizelge 3.1.'de verilen 3 farklı modele uyumu incelenmiştir. Modeldeki katsayıların hesaplanabilmesi için doğrusal olmayan regresyon analizi yapılmıştır. Regresyon analizi için MATLAB 7.9.0. (R2009b) programı kullanılmıştır. Yapılan deneyler sonucu elde edilen verilere en uygun modelin belirlenmesi için RMSE (ortalama karesel hatanın karekökü), SSE (standart hata kareleri toplamı) ve  $R^2$  (belirleme katsayısı) hesaplanmıştır. Tahmini standart hatası sıfıra, belirleme katsayısı ise 1'e yakın olan model en uygun model olarak nitelendirilir.

**Çizelge 3.1.** Çalışmada kullanılan rehidrasyon modelleri

Model Adı	Model Eşitliği	Referans
Peleg	$M = M_0 + \frac{t}{k_1 + k_2 t}$	Peleg, 1988
Weibull	$M = M_e + (M_0 - M_e) \exp \left[ -\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha \right]$	Goula ve ark., (2009) Kiranoudis ve ark., (1997)
Birinci-derece	$M = M_e + (M_0 - M_e) \exp(-Kt)$	Apar ve ark., (2009)

Bu eşitliklerde,  $M$ , rehidrasyonun  $t$  zamanında örneğin nem içeriğini (kg H<sub>2</sub>O/kg kuru madde),  $M_0$  rehidre edilmemiş örneğin başlangıç nem içeriğini (kg H<sub>2</sub>O /kg

kuru madde),  $M_e$  denge nem içeriğini (kg H<sub>2</sub>O /kg kuru madde),  $t$  rehidrasyon zamanını ifade etmektedir. Peleg eşitliğinde yer alan  $k_1$ [dk. (kg kuru madde/kg H<sub>2</sub>O)] Peleg hız sabiti,  $k_2$  [kg kuru madde/kg H<sub>2</sub>O] Peleg kapasite sabitidir. Peleg modeli için denge nem içeriği aşağıdaki formüle göre (Denklem 3.2) hesaplanmıştır.

$$M_e = M_0 + \frac{1}{k_2} \quad (3.2)$$

Weibull eşitliğinde yer alan  $\beta$  modelin hız parametresini (scale parametre),  $\alpha$  ise şekil parametresini ifade etmektedir. Birinci derece eşitlikte yer alan  $K$  (dk<sup>-1</sup>) değeri de modelin rehidrasyon hız sabitini ifade etmektedir.

### 3.3.2. Askorbik Asit Miktarının Belirlenmesi

Askorbik asit analizi laboratuvarımızda bulunan reflectoquant cihazı ve askorbik asit test kiti (Merck 116981) kullanılarak spektrofotometrik teknikle gerçekleştirilmiştir (Anonim, 2012b).

Bu yöntemde, kurutulan kivi meyvesi öğütücüde öğütüldükten sonra, 0.5 g tartılarak üzerine 5 ml okzalik asit (% 1 lik okzalik asit) eklenmiş, 2 dk vortekslenmiştir. Ependorf tüpte 10000 G'de 2 dk santrifüj işleminden sonra karışıma askorbik asit kiti daldırılarak, cihazda okuma (mg/g) yapılmış sonuçlar mg/100 g olarak verilmiştir.

### 3.3.3. Askorbik Asit Degradasyon Kinetiği

Örneklerin askorbik asit miktarları kurutma işlemi süresince belirli aralıklarla tespit edilmiştir. Elde edilen verilerin aşağıdaki 3 modele uyumu incelenmiştir.

#### Sıfırıncı dereceden kinetik model

$$C_t = C_0 - kt \quad (3.3)$$

#### Birinci dereceden kinetik model

$$\ln \frac{C_t}{C_0} = -kt \quad (3.4)$$

#### Weibull Model

$$\frac{C_t}{C_0} = \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta\right] \quad (3.5)$$

Denklemlerde (3.3, 3.4, 3.5) verilen;

$C_0$  : Örneğin ilk andaki askorbik asit konsantrasyonu

$C_t$  : Örneğin t anındaki askorbik asit konsantrasyonu

$k$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  model sabitleridir.

Weibull modeli kurutma süresince gıdaların L-askorbik asit degradasyonunda daha önceki çalışmalarda kullanılmış olan bir modeldir (Marfil ve ark., 2008; Santos ve Silva, 2008).

### 3.3.4. Renk Kinetiği

Örneklerin taze olarak ve kurutma sonrasında  $L^*$  (açıklık-koyuluk),  $+a^*$  (kırmızılık-yeşillik),  $+b^*$  (sarılık-mavilik) renk değerleri enstrümantal renk tayini cihazı (Minolta CR-400) ile tespit edilmiştir. Okuma aynı bölgeden 4 farklı okumanın ortalaması alınarak yapılmıştır. Renk ölçümleri dört tekrar halinde gerçekleştirilmiştir.

Örneklerin renk değerleri kurutma işlemi süresince belirli aralıklarla tespit edilmiştir. Literatüre bakıldığında gıdalarda renk değişiminin genellikle aşağıda verilen sıfıncı derece (Denklem 3.6) ve birinci derece (Denklem 3.7) kinetik modellere uyumlu bulunduğu görülmektedir (Maskan, 2001b; Mohammadi ve ark., 2008; Demirhan ve Özbek, 2009).

$$C=C_0 \pm k_0 t \quad (3.6)$$

$$C=C_0 \exp(\pm k_1 t) \quad (3.7)$$

Ayrıca, literatürde, gıdalarda renk değişiminin sıfıncı derece ve birinci derece reaksiyonları takip eden iki aşamadan oluşması nedeni ile aşağıda verilmekte olan kombinasyon model (Denklem 3.8) ile de ifade edildiği görülmektedir (Garza ve ark., 1999; Ansari ve ark., 2015).

$$C = \frac{k_0}{k_1} - \left[ \frac{k_0}{k_1} - C_0 \right] \exp(\pm k_1 t) \quad (3.8)$$

Bu modelde  $k_0$  sıfıncı derece kinetik sabiti ve  $k_1$  birinci derece kinetik sabiti ( $dk^{-1}$ )'dir.

Elde edilen L\*, a\* ve b\* renk değerlerinde kurutma süresince oluşan değişimin sıfırncı derece, birinci derece kinetik modellere ve kombinasyon modele uyumu incelenmiştir.

### **3.3.5. SEM Analizi**

Kurutulmuş son ürünlerin iç yapılarının incelenebilmesi için taramalı elektron mikroskobu (SEM) (Hitachi SU1510, Tokyo, Japan) kullanılmıştır. Örneklerin 100x büyütmede (magnifikasyon) (15kV) SEM görüntüleri kaydedilmiştir.

### **3.3.6. Motorize Görüntüleri**

Kurutulmuş son üründen kesitler alınarak görüntü alınmıştır (Nikon SMZ25, Photonic PL 2000). Farklı kurutma yöntemiyle kurutulan kivilerden alınan kesitlerin 1X'lik okülerde 1.5 yakınlaştırma yapılarak görüntüleri kaydedilmiştir (Ek 36).

### **3.3.7. İstatistiksel Değerlendirme**

Analizler üç tekrarlı olarak yapılmıştır. Farklı kurutma tekniklerinin son ürünün renk, askorbik asit, rehidrasyon değerleri üzerindeki etkilerinin belirlenebilmesi için, analizlerden elde edilen veriler varyans analizi (ANOVA) ile incelenmiş ve grup ortalamaları arasında önemli bir fark bulunursa Tukey çoklu karşılaştırma testi ile hangi grup ortalamaları arasındaki farkın önemli olduğu ( $p<0,05$ ) tespit edilmiştir (MINITAB).



#### **4. BULGULAR ve TARTIŞMA**

Kivi örneklerinin ilk nem içeriği yaş bazda % 79.89 olarak belirlenmiştir. Literatürdeki çalışmalara bakıldığında, Darıcı ve Şen, (2012), kivi meyvesinin ilk nemini yaş bazda % 86.25 olarak belirlemişlerdir. Karacaoğlu ve ark., (2016), yaptıkları çalışmada kullanılan kivi dilimlerinin kuru madde içeriğini % 15.55, ortalama nem içeriklerini ise % 84.45 olarak bulmuşlardır. Bostan ve Günay, (2014), ise yaptıkları bir çalışmada kivi meyvesinin kuru madde içeriğinin % 15.38 ile % 16.41 arasında değişim gösterdiğini saptamışlardır. Bu çalışmada, kivi örnekleri 5 mm kalınlığında dilimlendikten sonra, nem oranı % 10'un altına düşene kadar farklı yöntemlerle kurutulmuştur. Kurutma işlemi sıcak hava, vakum kurutma, dondurarak kurutma ve MVK yöntemleri kullanıldığında sırası ile 600 dk, 480 dk, 1440 dk ve 206 dk sürmüştür. MVK yöntemi kullanıldığında toplam kurutma süresi, sıcak hava ile kurutmaya göre % 65.7 oranında kısalmıştır. Hebbar ve ark., (2004), sıcak hava, kızılötesi ve kombine (kızılötesi ve sıcak hava) sistemler aracılığıyla patates ve havuç kurutmuşlardır. Kombine sistem ile kuruma süresi sıcak hava sistemi ile karşılaştırıldığında yaklaşık % 48 azalma göstermiştir. Benzer şekilde Kumar ve ark., (2005), yaptıkları çalışmada soğan dilimlerini sıcak hava, kızılötesi ve kızılötesi-sıcak hava kombinasyonu ile kurutmuşlardır. Soğan dilimlerinin kuruma süresi sıcak hava ile karşılaştırıldığında kombine sistem için % 36 kısalırken, kızılötesi kurutmada % 30 azalma göstermiştir.

##### **4.1. Rehidrasyon Analizi Bulguları**

Kurutulmuş gıdaların önemli kalite kriterlerinden biri de hızlı ve tamamen rehidre olabilme kapasitesinin göstergesi olan rehidrasyon katsayısıdır. Örneklerin 20 ve 50 °C sıcaklıkta elde edilen rehidrasyon oranları sırası ile Çizelge 4.1. ve 4.2.'de gösterilmektedir. Yapılan varyans analizi sonucunda rehidrasyon süresinin, kurutma yönteminin ve rehidrasyon süresi x kurutma yöntemi interaksyonunun kurutulmuş kivi dilimlerinin rehidrasyon oranı üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Ek 1, Ek 2).

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda, kivi dilimlerinin rehidrasyon oranı üzerinde, rehidrasyon süresinin önemli bir faktör olduğu, kurutma yöntemine ve rehidrasyon sıcaklığına göre değişmekle birlikte, genel olarak rehidrasyon

oranlarının belirli bir süreye kadar artış gösterdiği sonrasında ise sabit kaldığı belirlenmiştir (Ek 3-Ek 9). Dondurarak kurutulmuş örnekler haricinde tüm örneklerin, 20 °C sıcaklıkta elde edilen rehidrasyon oranlarının, ilk 120 dk içinde istatistiksel olarak önemli derecede artış gösterdiği, daha sonra hızının azalarak 300 dk'dan sonra sabit kaldığı görülmektedir (Çizelge 4.1.). Literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında, benzer şekilde, kurutulmuş meyve, sebze örneklerinin rehidrasyon hızlarının başlangıçta yüksek olduğu, işlemin sonuna doğru ise azalmakta olduğu rapor edilmiştir (Kaymak-Ertekin, 2002; Noshad ve ark., 2012; Demiray ve Tülek, 2016). Dondurarak kurutulmuş örnekler için ise rehidrasyon oranı ilk 60 dk içinde önemli derecede artmış sonrasında ise yaklaşık olarak sabit kalmıştır. Dondurarak kurutulmuş ürünlerin hızla rehidre oldukları literatürde yapılan çalışmalarda rapor edilmiştir. Ergün ve ark., (2016), üçgen parçalar şeklinde kesildikten sonra dondurarak kurutulmuş olan kivi dilimlerinin 18 °C sıcaklıktaki su içerisinde, 30 dakika süre ile rehidrasyon davranışını incelemişler ve örneklerin nem içeriğinin 15 dk içerisinde sabitlendiğini belirlemişlerdir. Meda ve Ratti, (2005), dondurarak kurutulan farklı kalınlıklarda dilimlenmiş çileklerin, dört farklı sıcaklıkta (0, 20, 40, 80 °C), 25 dk süresince rehidrasyon katsayılarını belirlemişler ve örneklerin 5 dk içerisinde tamamen rehidre olduklarını belirtmişlerdir. Erbay ve ark., (2009), dondurarak kurutulan havuç dilimlerini 20 °C'de 3 saat boyunca rehidre etmişler ve örneklerin ilk yarım saat içerisinde hızlı rehidre olduğunu rapor etmişlerdir.

**Çizelge 4.1.** Farklı yöntemlerle kurutulmuş kivi dilimlerinin 20 °C'deki rehidrasyon oranları (g ıslak ağırlık/g kuru ağırlık)

<b>Zaman (dk)</b>	<b>Sıcak Hava</b> $\bar{x} \pm Sx$	<b>Vakum</b> $\bar{x} \pm Sx$	<b>MVK</b> $\bar{x} \pm Sx$	<b>Liyofilizatör</b> $\bar{x} \pm Sx$
0	1.000 <sup>e</sup> ± 0.000	1.000 <sup>f</sup> ± 0.000	1.000 <sup>e</sup> ± 0.000	1.000 <sup>b</sup> ± 0.000
60	1.889 <sup>dC</sup> ± 0.104	1.939 <sup>eC</sup> ± 0.123	2.247 <sup>dB</sup> ± 0.057	2.974 <sup>aA</sup> ± 0.076
120	2.300 <sup>cC</sup> ± 0.096	2.524 <sup>dB</sup> ± 0.152	2.830 <sup>cAB</sup> ± 0.124	3.002 <sup>aA</sup> ± 0.151
180	2.441 <sup>bcB</sup> ± 0.187	2.955 <sup>cA</sup> ± 0.187	3.128 <sup>bcA</sup> ± 0.134	2.963 <sup>aA</sup> ± 0.148
240	2.660 <sup>abC</sup> ± 0.131	3.219 <sup>bcAB</sup> ± 0.065	3.308 <sup>abA</sup> ± 0.171	2.967 <sup>abC</sup> ± 0.072
300	2.690 <sup>abC</sup> ± 0.085	3.442 <sup>abA</sup> ± 0.042	3.518 <sup>aA</sup> ± 0.155	2.985 <sup>ab</sup> ± 0.022
360	2.678 <sup>abC</sup> ± 0.037	3.553 <sup>aA</sup> ± 0.072	3.553 <sup>aA</sup> ± 0.111	3.010 <sup>ab</sup> ± 0.081
420	2.710 <sup>abC</sup> ± 0.106	3.650 <sup>aA</sup> ± 0.034	3.555 <sup>aA</sup> ± 0.069	3.017 <sup>ab</sup> ± 0.176
480	2.755 <sup>ab</sup> ± 0.110	3.538 <sup>aA</sup> ± 0.017	3.605 <sup>aA</sup> ± 0.088	2.874 <sup>ab</sup> ± 0.233
540	2.785 <sup>ab</sup> ± 0.031	3.641 <sup>aA</sup> ± 0.079	3.451 <sup>aA</sup> ± 0.080	2.784 <sup>ab</sup> ± 0.121

\*: Varyans analizi önemlilik düzeyleri; a-f: Aynı sütunda farklı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı farklılık gözlenmiştir; her bir satırda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı farklılık gözlenmiştir ( $P < 0.05$ ).

Vakumda kurutulmuş örneklerin rehidrasyon oranı, rehidrasyonun ilk iki saatinde sıcak havada kurutulmuş örneklerinki ile benzer iken, daha sonrasında önemli derecede artarak yüksek değerlere ulaşmıştır. Diğer kurutma yöntemleri ile kurutulmuş örnekler ise, ilk 60 dk içerisinde, sıcak havada kurutulmuş örneklerle kıyasla daha yüksek rehidrasyon oranı sağlamıştır. Dondurarak kurutulmuş örneğin ilk anda hızlı su alarak en yüksek rehidrasyon oranına (2.974) ulaştığı görülmektedir. MVK yöntemi ile kurutulmuş örnekler ise ilk 60 dk içerisinde ikinci en yüksek rehidrasyon kapasitesine sahip olmuştur. 120 dk sonrasında ise vakum ve MVK ile kurutulmuş örneklerin rehidrasyon oranlarının birbiri ile benzer olduğu görülmektedir. Rehidrasyonun sonunda, dondurarak kurutulmuş örneklerin rehidrasyon oranının, sıcak havada kurutulmuş örneklerinki ile benzer, vakum ve MVK ile kurutulmuş örneklerinkine kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Maskan (2001a), 5mm kalınlığında kesilmiş olan kivi dilimlerini, sıcak hava kurutma (60 °C), mikrodalga kurutma (210 W) ve 135 dk sıcak hava kurutma + mikrodalga kurutma (210 W) kombinasyonu yöntemleri ile kurutulmuş ve kombinasyon yöntemiyle kurutulmuş kivi örneklerinin en yüksek rehidrasyon kapasitesine sahip olduğunu tespit etmiştir. Kumar ve ark., (2001), dondurarak ve sıcak hava-dondurarak kurutma kombinasyonu ile kurutulmuş havuç ve balkabağının fizikokimyasal özelliklerini karşılaştırmışlardır. Örneklerin soğuk su

içerisinde elde edilen rehidrasyon verilerine bakıldığında dondurarak kurutulmuş örneklerin kombinasyon kurutma yöntemiyle kurutulan örneklere kıyasla hızla su aldığı rapor edilmiştir.

**Çizelge 4.2.** Farklı yöntemlerle kurutulan kivi dilimlerinin 50 °C'deki rehidrasyon oranları (g ıslak ağırlık/g kuru ağırlık)

Zaman (dk)	Sıcak Hava $\bar{x} \pm \bar{Sx}$	Vakum $\bar{x} \pm \bar{Sx}$	MVK $\bar{x} \pm \bar{Sx}$	Liyofilizatör $\bar{x} \pm \bar{Sx}$
0	1.000 <sup>c</sup> ±0.000	1.000 <sup>d</sup> ±0.000	1.000 <sup>f</sup> ±0.000	1.000 <sup>c</sup> ±0.000
60	2.416 <sup>ba</sup> ±0.207	2.428 <sup>ca</sup> ±0.195	2.460 <sup>ea</sup> ±0.005	2.672 <sup>ba</sup> ±0.104
120	2.872 <sup>aba</sup> ±0.292	2.974 <sup>bca</sup> ±0.254	2.695 <sup>dea</sup> ±0.137	2.899 <sup>aba</sup> ±0.036
180	3.096 <sup>aba</sup> ±0.308	3.230 <sup>aba</sup> ±0.188	2.897 <sup>cdA</sup> ±0.074	2.961 <sup>aA</sup> ±0.061
240	3.159 <sup>aba</sup> ±0.287	3.304 <sup>aba</sup> ±0.258	2.954 <sup>bcdA</sup> ±0.064	2.881 <sup>aba</sup> ±0.130
300	3.249 <sup>aba</sup> ±0.343	3.451 <sup>aba</sup> ±0.183	3.054 <sup>abcdA</sup> ±0.176	2.872 <sup>aba</sup> ±0.111
360	3.333 <sup>aAB</sup> ±0.330	3.547 <sup>aba</sup> ±0.233	3.131 <sup>abcAB</sup> ±0.056	2.906 <sup>abB</sup> ±0.068
420	3.322 <sup>aAB</sup> ±0.332	3.636 <sup>aA</sup> ±0.225	2.992 <sup>abcdAB</sup> ±0.120	2.952 <sup>abB</sup> ±0.072
480	3.401 <sup>aAB</sup> ±0.329	3.623 <sup>aA</sup> ±0.210	3.276 <sup>abAB</sup> ±0.067	2.900 <sup>abB</sup> ±0.142
540	3.419 <sup>aAB</sup> ±0.320	3.682 <sup>aA</sup> ±0.163	3.344 <sup>aAB</sup> ±0.008	3.0488 <sup>ab</sup> ±0.150

\*: Varyans analizi önemlilik düzeyleri; a-f: Aynı sütunda farklı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı farklılık gözlenmiştir; her bir satırda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı farklılık gözlenmiştir (P<0.05).

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, dondurarak kurutma yöntemi haricindeki yöntemler ile kurutulmuş örneklerin rehidrasyon oranı üzerinde, rehidrasyon sıcaklığının önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir (P<0.05), (Ek 11-Ek 14). Dondurarak kurutulmuş örneklerde sıcaklığın etkisinin gözlenememesi, bu örneklerin hızlı su absorpsiyon hızına sahip olmasından dolayı, etkinin ilk 60 dk içerisinde ortaya çıkmış olmasından kaynaklanabilir. Rehidrasyon sıcaklığının artması ile, sıcak havada ve vakumda kurutulmuş örneklerin maksimum rehidrasyon düzeyine daha kısa sürede ulaştığı görülmektedir. MVK ile kurutulan örneklerde ise tersine, 20 °C'deki rehidrasyon oranı 240. dk'da istatistiksel olarak sabit bir değere ulaşırken, 50 °C'deki rehidrasyon oranının sabit bir değere ulaşması 300 dk sürmüştür. Aynı zamanda artan rehidrasyon sıcaklığı ile MVK ile kurutulan örneklerin rehidrasyon değerlerinin de bir miktar azaldığı görülmektedir. Rehidrasyon sırasında kullanılan suyun sıcaklığının, örneklerin su alımı üzerinde etkili olduğu, rehidrasyon suyunun sıcaklığının artmasıyla rehidrasyon hızının arttığı yapılan pek çok çalışmada gösterilmiştir (Üstün ve ark., 1999; Kaymak-Ertekin, 2002; Noshad ve ark., 2012; Demiray ve Tülek, 2016). Üstün ve ark., (1999), yapmış oldukları çalışmada farklı sıcaklıklarda (20 ve 60

°C) kuru kayısının rehidrasyon düzeyini 24 saat süreyle incelemiştir. 60 °C'deki rehidrasyon düzeyinin 8 saatte sona erdiği, 20 °C'de ise benzer rehidrasyon düzeyine ancak 12 saat sonunda ulaşıldığı rapor edilmiştir. Ancak düşük sıcaklıktaki rehidrasyon düzeyi 12 saatten sonra da artmaya devam ettiğini ve 25 saat sonunda 60 °C'deki rehidrasyon düzeyine göre daha yüksek bir değere ulaştığını bildirmişlerdir.

Farklı yöntemlerle kurutulmuş örneklerin 50 °C'deki rehidrasyon düzeylerinde 360. dk'ya kadar bir fark gözlenmez iken, sonrasında yalnızca vakum ve liyofilizatör ile kurutulan örneklerin rehidrasyon düzeyleri birbirinden farklı bulunmuştur.

#### **4.1.1. Matematiksel Modelleme**

Yapılan çalışmada dilim halinde kurutulan kivi meyvesinin rehidrasyonunda iki farklı rehidrasyon suyu sıcaklığının (20 ve 50 °C) rehidrasyon kinetiğine etkisi incelenmiştir. Literatürde yaygın olarak kullanılan üç farklı modelle (Peleg, Weibull ve Birinci-derece model), rehidrasyondan elde edilen deneysel sonuçların uygunluğu doğrusal olmayan regresyon analizi uygulanarak karşılaştırılmıştır. Çalışmada, deneylerden elde edilen gerçek veriler ve modellerden elde edilen tahmini verilerden yararlanılarak  $R^2$ , SSE ve RMSE değerleri hesaplanmıştır. Modellere ait katsayılar Çizelge 4.3., 4.4., 4.5.'te verilmektedir.

**Çizelge 4.3.** Farklı yöntemlerle kurutulmuş kivi örneklerinin 20 ve 50 °C sıcaklıklarda elde edilen rehidrasyon verilerinin doğrusal olmayan regresyon analizi ile hesaplanan katsayıları ve Peleg modeline uyumunun incelenmesi

Rehidrasyon Sıcaklığı	Kinetik Parametreler	Sıcak hava	Vakum	MVK	Liyofilizatör
20 °C	$k_1$	36.93	35.91	22.57	-1.029
	$k_2$	0.4333	0.2589	0.2974	0.4662
	$*M_e$	2.4194	3.9373	3.4555	2.2561
	RMSE	0.06198	0.1009	0.1032	0.08678
	SSE	0.02689	0.07131	0.07448	0.05272
	$R^2$	0.9923	0.9917	0.9902	0.9877
50 °C	$k_1$	17.18	19.45	12.81	4.634
	$k_2$	0.3408	0.3001	0.2958	0.4503
	$*M_e$	3.0436	3.4424	3.4893	2.3315
	RMSE	0.02631	0.03505	0.1046	0.06855
	SSE	0.004846	0.008598	0.07656	0.03289
	$R^2$	0.9992	0.9989	0.9908	0.9920

**Çizelge 4.4.** Farklı yöntemlerle kurutulmuş kivi örneklerinin 20 ve 50 °C sıcaklıklarda elde edilen rehidrasyon verilerinin doğrusal olmayan regresyon analizi ile hesaplanan katsayıları ve Weibull modeline uyumunun incelenmesi

Rehidrasyon Sıcaklığı	Kinetik Parametreler	Sıcak hava	Vakum	MVK	Liyofilizatör
20 °C	$\beta$	107.8	138.4	95.38	38.73
	$\alpha$	0.8176	1.066	0.9478	11.02
	$M_e$	2.127	3.095	2.98	2.281
	RMSE	0.05823	0.05834	0.07387	0.09767
	SSE	0.02034	0.02042	0.03274	0.05723
	$R^2$	0.9942	0.9976	0.9957	0.9867
50 °C	$\beta$	72.36	91.98	63.71	31.77
	$\alpha$	0.6797	0.6856	0.7546	1.095
	$M_e$	2.83	3.183	3.216	2.257
	RMSE	0.03314	0.04348	0.0973	0.06855
	SSE	0.06859	0.01134	0.0568	0.02819
	$R^2$	0.9989	0.9985	0.9932	0.9931

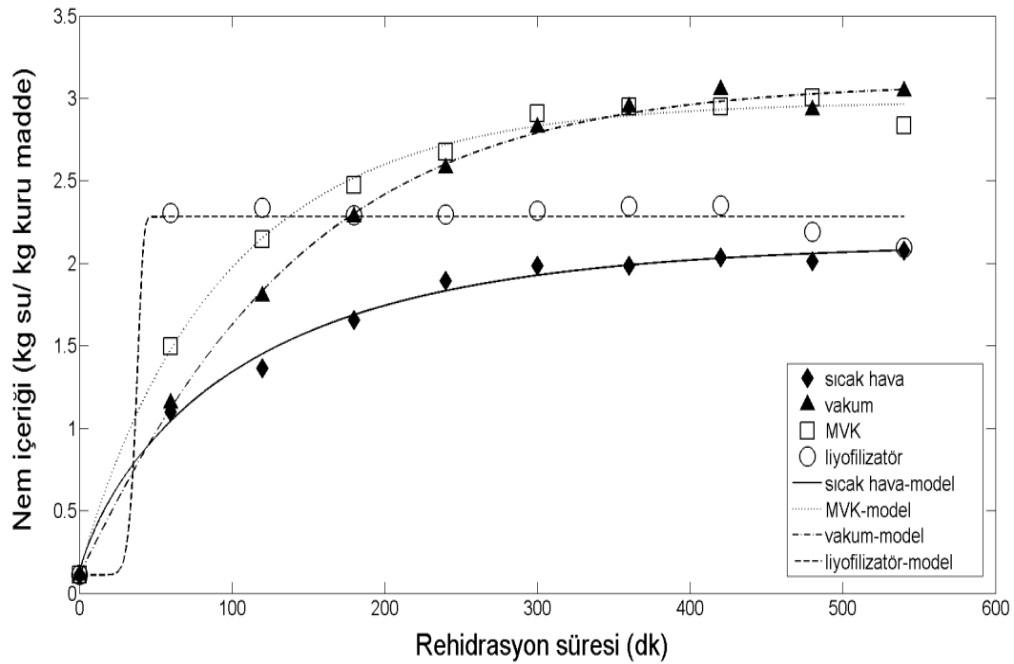
**Çizelge 4.5.** Farklı yöntemlerle kurutulmuş kivi örneklerinin 20 ve 50 °C sıcaklıklarda elde edilen rehidrasyon verilerinin doğrusal olmayan regresyon analizi ile hesaplanan katsayıları ve Birinci-derece kinetik modeline uyumunun incelenmesi

Rehidrasyon Sıcaklığı	Kinetik Parametreler	Sıcak hava	Vakum	MVK	Liyofilizatör
20 °C	K	0.5036	0.5036	0.5036	0.5036
	M <sub>e</sub>	1.79	2.514	2.605	2.281
	RMSE	0.3699	0.7014	0.5351	0.09042
	SSE	0.9578	3.444	2.004	0.05723
	R <sup>2</sup>	0.7259	0.6014	0.7363	0.9867
50 °C	K	0.5036	0.5036	0.5036	0.5036
	M <sub>e</sub>	2.49	2.688	2.92	2.222
	RMSE	0.3816	0.4817	0.4208	0.12
	SSE	1.019	1.624	1.24	0.1008
	R <sup>2</sup>	0.8332	0.7863	0.8514	0.9755

Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmuş örneklere ait rehidrasyon verilerinin doğrusal olmayan regresyon analizi sonucunda, genel olarak R<sup>2</sup> değerlerinin, Weibull modeli için 0.9867-0.9989, Peleg modeli için 0.9877-0.9992 aralığında, RMSE değerlerinin ise Weibull modeli için 0.03314-0.0973, Peleg modeli için 0.02631-0.1046 aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Her iki model için de elde edilen değerlerin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Bu durum her iki modelin de elde edilen deneysel veriler ile uyumlu olduğunu göstermektedir. Ancak, dondurarak kurutulmuş kivi dilimlerinin 20 °C'deki rehidrasyon verilerinin Peleg modeli ile uyumuna bakıldığında, modelin ilk andaki deneysel veriyi temsil etmediği tespit edilmiştir (k<sub>1</sub>=-1.029, Çizelge 4.3.). Peleg modelindeki k<sub>1</sub> sabiti rehidrasyonun erken evresindeki absorpsiyon hızını ifade etmektedir. k<sub>2</sub> katsayısının küçük olması ise yüksek absorpsiyon kapasitesi ile ilişkilendirilebilir (Planinic ve ark., 2005; Ergün ve ark., 2016). Ergün ve ark., (2016), dondurarak kurutulmuş olan kivi dilimlerini, farklı katı:sıvı oranlarına sahip olacak şekilde 18 °C'deki su içerisinde rehidre etmişler ve tüm koşullarda elde edilen verilerin Peleg modeli ile uyumlu olduğunu rapor etmişlerdir. Yapılan çalışmaya bakıldığında rehidrasyon verilerinin 30 dk'lık rehidrasyon süresinde elde edildiği görülmektedir.

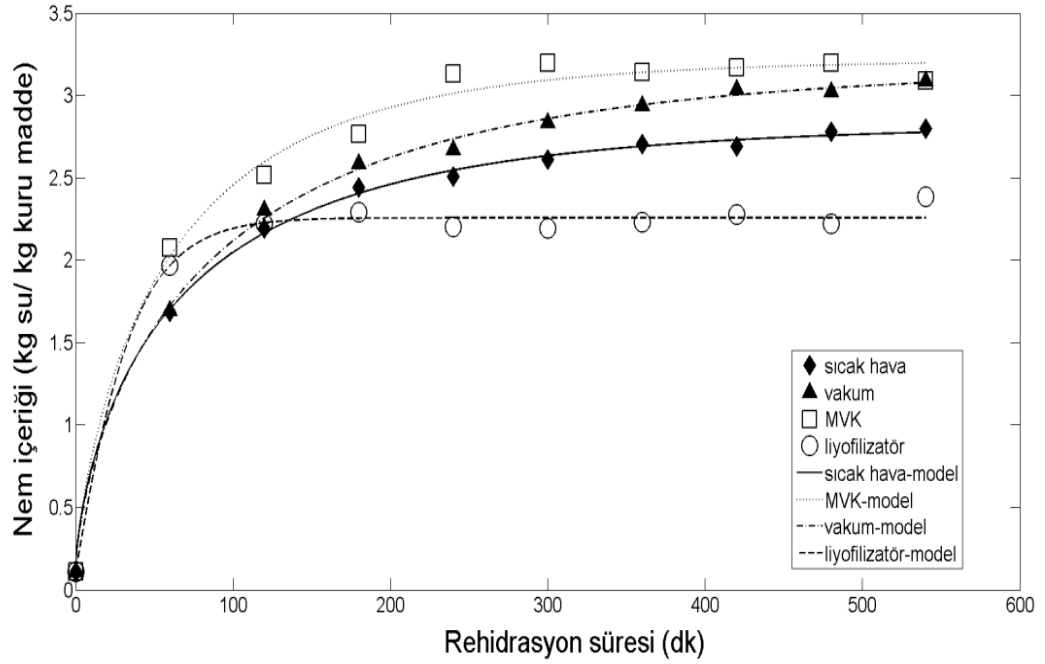
Birinci dereceden kinetik modelin ise sadece liyofilizatör yöntemiyle kurutulmuş kivi dilimlerinin rehidrasyon verileriyle uyumlu olduğu görülmektedir ( $R^2$  değerleri 0.9755-0.9867, RMSE değerleri 0.09042-0.12 arasındadır) (Çizelge 4.5.). Bu durumda, tüm kurutma yöntemleri için, rehidrasyondan her iki sıcaklıkta da elde edilen deneysel verilerin Weibull modeli ile uyumlu olduğu söylenebilir. Weibull modelin  $\beta$  parametresi işlemin başlangıcındaki su absorpsiyon hızını göstermektedir.  $\beta$  değerinin azalmasıyla ters orantılı olarak absorpsiyon hızının artacağını bildirmişlerdir (Athanasia ve Adamopoulos, 2009). Her iki rehidrasyon sıcaklığında dondurarak kurutulmuş örneklerin  $\beta$  değerlerinin en düşük olduğu görülmektedir. Bu da dondurarak kurutulmuş örneklerin rehidrasyon hızının diğerlerinden yüksek olduğu anlamına gelmektedir.  $\alpha$  sabiti ise rehidrasyonun yaklaşık % 63'üne ulaşmak için gerekli olan zamanı temsil etmektedir.

Farklı yöntemlerle kurutulduktan sonra 20 °C ve 50 °C sıcaklıklarda rehidre edilen kivi dilimlerinin ağırlıklarının zamana bağlı değişiminin Weibull model ile uyumları sırasıyla Şekil 4.1. ve 4.2.'de gösterilmektedir.



**Şekil 4.1.** Farklı yöntemlerle kurutulmuş ve 20 °C sıcaklıkta rehidre edilen kivi dilimlerinin ağırlıklarının zamana bağlı değişiminin Weibull model ile uyumu





**Şekil 4.2.** Farklı yöntemlerle kurutulmuş ve 50 °C sıcaklıkta rehidre edilen kivi dilimlerinin nem içeriğinin zamana bağlı değişiminin Weibull model ile uyumu

Elde edilen sonuçlar literatür ile de uyumludur. Bir çok araştırmacı çeşitli yöntemlerle kurutulmuş gıdaların rehidrasyon eğrilerini açıklayan en iyi modelin Weibull modeli olduğunu belirtmiştir (Ruiz Diaz ve ark., 2003; Garcia Pascual ve ark., 2006; Marquez ve ark., 2009). Dadalı ve ark., (2008), mikrodalga yöntemi ile kuruttukları ıspanağı farklı sıcaklıklardaki su içerisinde rehidre etmişler ve Peleg modelinin kendi çalışmalarında en uyumlu model olduğunu belirlemişlerdir. Noshad ve ark., (2012), ayva dilimlerini farklı koşullarda kuruttuktan sonra farklı sıcaklıklardaki su (25, 50 ve 75 °C) içerisinde rehidre etmişlerdir. Uygulanan dört farklı rehidrasyon modelinden en iyisini Weibull modeli olarak belirtmişlerdir. Markowski ve ark., (2009), yaptıkları çalışmada küp şeklinde doğranılan patatesleri MVK yöntemiyle kuruttuktan sonra rehidre etmişler ve hem Peleg hem de Weibull modelinin rehidrasyon sonuçlarını temsil etmede başarılı modeller olduğunu gözlemlemişlerdir. Demiray ve Tülek, (2016), güneşte kurutulmuş bamya örneklerinin rehidrasyonunda farklı sıcaklıklardaki suyun (25, 35 ve 45 °C) rehidrasyon kinetiğine etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda en iyi modelin Peleg ve Weibull modelleri olduğunu belirtmişlerdir.

## 4.2. Renk Analizi Bulguları

Renk ölçümü kurutma işleminde kurutulan ürünlerin kalitesini ve duysal albenisini gösteren önemli bir kalite faktördür (Quek ve ark., 2006). Renk ölçümü esnasında  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değerleri elde edilmiş olup,  $L^*$  değeri parlaklıktan koyuluğa,  $+a$  kırmızılığa,  $-a$  yeşilliğe,  $+b$  sarılığa ve  $-b$  ise maviliğe gidildiğini göstermektedir (Gould, 1977).

Sıcak hava ile kurutma işlemi süresince kivi dilimlerinin  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  renk değerlerinin değişimi Çizelge 4.6.'da verilmektedir. Sıcak hava ile kurutulan örneklerin  $L^*$  değeri, taze örneğin  $L^*$  değerine yakın iken  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri taze örneğinkinden daha yüksek bulunmuştur (Ek 15-Ek 17).

Sıcak hava ile kurutma işlemi sırasında, örneklerin  $a^*$  değerlerinde birinci saatin sonuna kadar istatistiksel olarak önemli fark görülmezken, sonrasında önemli derecede artış olduğu görülmektedir.  $a^*$  değeri kurutmanın başlangıcında -0.62 değerine sahip iken, kurutma işleminin sonunda önemli derecede artarak 6.63'e ulaşmıştır. Negatif  $a^*$  değerleri yeşil rengin varlığının göstergesi olarak bilinmektedir. Örneklerin  $a^*$  değerlerindeki pozitif değişim kurutma işleminin etkisiyle, kiviinin yeşil renginin azaldığının belirtisidir.

Kurutulan örneklerin  $b^*$  değerlerindeki değişimin,  $a^*$  değerlerindeki değişime benzer olduğu görülmektedir. Birinci saatin sonuna kadar  $b^*$  değeri önemli bir değişim göstermezken, sonrasında önemli derecede artarak, kurutma işleminin sonunda 23.08 değerine ulaşmıştır. Örneklerdeki  $b^*$  değerlerinin artışı sarı rengin belirginleşmesi anlamına gelmektedir. Çizelge 4.6. incelendiğinde sıcak havayla kurutma işlemi süresince, renk açıklığını ve parlaklığını ifade eden  $L^*$  değerinin önemli derecede etkilenmediği söylenebilir.

**Çizelge 4.6.** Sıcak hava ile kurutulan kivi dilimlerinin L\*, a\* ve b\* renk değerleri

Zaman (dk)	L* $\bar{x} \pm \overline{Sx}$	a* $\bar{x} \pm \overline{Sx}$	b* $\bar{x} \pm \overline{Sx}$
0	37.81 <sup>c</sup> ±2.682	-0.62 <sup>f</sup> ±0.281	14.43 <sup>c</sup> ±1.355
30	39.42 <sup>bc</sup> ±2.203	-0.27 <sup>ef</sup> ±0.350	16.00 <sup>c</sup> ±1.239
60	43.73 <sup>abc</sup> ±0.852	0.13 <sup>def</sup> ±0.313	17.69 <sup>c</sup> ±0.728
90	43.81 <sup>abc</sup> ±1.296	0.79 <sup>de</sup> ±0.474	21.36 <sup>b</sup> ±1.936
120	46.98 <sup>a</sup> ±2.190	1.11 <sup>d</sup> ±0.268	22.53 <sup>ab</sup> ±0.902
240	44.23 <sup>abc</sup> ±3.569	3.70 <sup>c</sup> ±0.698	25.03 <sup>a</sup> ±0.884
360	45.46 <sup>ab</sup> ±2.146	5.02 <sup>b</sup> ±0.566	25.37 <sup>a</sup> ±0.957
480	40.66 <sup>bc</sup> ±2.444	6.16 <sup>ab</sup> ±0.619	22.64 <sup>ab</sup> ±0.804
600	39.06 <sup>c</sup> ±2.152	6.63 <sup>a</sup> ±0.509	23.08 <sup>ab</sup> ±1.854

\*: Varyans analizi önemlilik düzeyleri; a-f: Aynı sütunda farklı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı farklılık gözlenmiştir ( $P < 0.05$ ).

Literatüre bakıldığında, kivi dilimlerinin a değerlerinde, sıcak hava ile kurutma işlemi sırasında, bu çalışmada elde edilen sonuçlar paralelinde bir artış tespit ederken, L ve b değerlerinde ise azalma olduğunu görülmektedir (Maskan, 2001b; Mohammadi ve ark., 2008). Maskan (2001b), kivinin kurutulması sırasında, L ve b değerlerindeki değişimin a değerindeki değişime oranla küçük olduğunu ve bu nedenle renk değişiminin algılanmasında önemli bir katkısının olmadığını ifade etmiştir.

Meyve ve sebzelerde yaygın olarak bulunan ve karakteristik yeşil rengi veren bitki pigmenti klorofillerdir. Gıdalarda bulunan klorofil pigmentleri klorofil a ve klorofil b'dir. Klorofil a kırmızı-yeşil, klorofil b sarı-mavi renkten sorumludurlar (Steet ve Tong, 1996; Almela ve ark., 2000). Klorofiller seyreltik asit, ısı, ışık ve oksijenden kolayca etkilenirler ve degradasyona uğrarlar (Tonucci ve Elbe, 1992). Kurutma işlemi sırasında, klorofil, karotenoid pigment degradasyonu, esmerleşme, askorbik asit oksidasyonu gibi farklı reaksiyonların renk değişimi üzerinde etkisi olduğu bilinmektedir (Weemaes ve ark., 1999; Maskan, 2001b; Pathare ve ark., 2013).

Vakum ile kurutma işlemi süresince kivi dilimlerinin L\*, a\* ve b\* renk değerlerinin değişimi Çizelge 4.7.'de verilmektedir. Vakum ile kurutulan örneklerin L\* değeri, taze örneğin L\* değerine yakın iken a\* ve b\* değerleri taze örneğinkinden daha yüksek bulunmuştur (Ek 18-Ek 20).

Vakum kurutma işlemi sırasında, L\* değerinin önemli derecede değişim göstermediği, a\* ve b\* değerlerinin ise artış gösterdiği görülmektedir. a\* değeri

vakum kurutmanın ilk 60 dakikasında değişim göstermezken, sonrasında artarak, kurutma işleminin sonunda 7.25 değerine ulaşmıştır. b\* değerindeki artış ise kurutmanın ilk 90 dakikasında istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

**Çizelge 4.7.** Vakum ile kurutulan kivi dilimlerinin L\*, a\* ve b\* renk değerleri

Zaman (dk)	L* $\bar{x} \pm \overline{Sx}$	a* $\bar{x} \pm \overline{Sx}$	b* $\bar{x} \pm \overline{Sx}$
0	37.81 <sup>a</sup> ±1.698	-0.62 <sup>d</sup> ±0.480	14.43 <sup>c</sup> ±0.511
30	43.77 <sup>a</sup> ±6.110	0.67 <sup>cd</sup> ±0.160	17.61 <sup>bc</sup> ±1.269
60	44.33 <sup>a</sup> ±1.359	1.00 <sup>cd</sup> ±0.526	17.69 <sup>bc</sup> ±0.916
90	43.16 <sup>a</sup> ±0.452	1.28 <sup>c</sup> ±0.290	18.71 <sup>abc</sup> ±1.007
120	42.90 <sup>a</sup> ±1.653	2.20 <sup>c</sup> ±0.693	19.33 <sup>ab</sup> ±1.045
240	44.25 <sup>a</sup> ±1.727	3.94 <sup>b</sup> ±0.182	22.87 <sup>a</sup> ±1.942
360	40.26 <sup>a</sup> ±3.086	6.40 <sup>a</sup> ±0.839	22.80 <sup>a</sup> ±2.622
480	37.91 <sup>a</sup> ±2.339	7.25 <sup>a</sup> ±1.057	21.79 <sup>ab</sup> ±1.672

\*: Varyans analizi önemlilik düzeyleri; a-d: Aynı sütunda farklı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı farklılık gözlenmiştir (P<0.05).

MVK yönteminde kurutulan örnekler ilk olarak 200 dakika sıcak hava ile kurutma işlemine tabii tutulmuş, sonrasında örnekler mikrodalga destekli vakum kurutma işlemi uygulanmıştır. Bu yöntemde, 200 dakika sıcak hava ile kurutma işlemi sonrasında örneklerin L\*, a\* ve b\* değerleri sırasıyla 45.14, 2.77 ve 24.01 olarak belirlenmiştir. Çizelge 4.8.'de MVK yönteminin sıcak hava kurutmayı takip eden mikrodalga destekli vakum kurutma aşamasında, örneklerin L\*, a\* ve b\* renk değerlerindeki değişim verilmektedir. Mikrodalga destekli vakum kurutma aşamasında, kivi dilimlerinin L\* ve b\* değerlerindeki değişim incelendiğinde ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark bulunmadığı, örneklerin a\* değerlerinin ise önemli oranda artarak 7.17 değerine yükseldiği görülmektedir (Ek 21- Ek 23).

MVK yöntemi ile kurutulan örneklerin L\*, a\* ve b\* renk değerlerinin, taze kivi için L\* (37.811), a\* (-0.624) ve b\* (14.439) değerleri ile karşılaştırıldığında, önemli derecede yüksek olduğu bulunmuştur (Ek 27-Ek 29).

**Çizelge 4.8.** MVK yönteminin mikrodalga destekli vakum kurutma aşamasında kivi dilimlerinin L\*, a\* ve b\* renk değerleri

Zaman (dk)	L* $\bar{x} \pm \overline{Sx}$	a* $\bar{x} \pm \overline{Sx}$	b* $\bar{x} \pm \overline{Sx}$
0	45.14 <sup>a</sup> ±2.361	2.77 <sup>c</sup> ±0.859	24.01 <sup>a</sup> ±1.023
1	46.77 <sup>a</sup> ±3.64	4.18 <sup>d</sup> ±0.549	24.79 <sup>a</sup> ±2.631
2	48.06 <sup>a</sup> ±3.665	5.17 <sup>cd</sup> ±0.514	25.197 <sup>a</sup> ±1.133
3	49.23 <sup>a</sup> ±5.401	5.08 <sup>cd</sup> ±0.302	25.17 <sup>a</sup> ±2.417
4	49.07 <sup>a</sup> ±3.583	5.74 <sup>bc</sup> ±0.457	25.23 <sup>a</sup> ±2.631
5	48.59 <sup>a</sup> ±2.535	6.60 <sup>ab</sup> ±0.869	26.06 <sup>a</sup> ±1.639
6	48.61 <sup>a</sup> ±3.036	7.17 <sup>a</sup> ±0.364	26.92 <sup>a</sup> ±0.341

\*: Varyans analizi önemlilik düzeyleri; a-e: Aynı sütunda farklı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı farklılık gözlenmiştir ( $P<0.05$ ).

Dondurarak kurutma işlemi süresince kivi dilimlerinin L\*, a\* ve b\* renk değerlerinin değişimi Çizelge 4.9.'da verilmektedir. Bu yöntemde, örneklerin a\* değerlerinde kurutma süresince önemli bir değişim gözlenmez iken, L\* ve b\* değerlerinin kurutmanın başlangıcında arttığı sonrasında ise a\* değerine benzer şekilde sabit kaldığı görülmektedir (Ek 24-Ek 26). L\* değerindeki artış, liyofilizatörle kurutulan örneklerin parlak bir renge sahip olduğunu gösterirken, a\* değerinde değişim görülmemesi de yeşil rengin korunduğu anlamına gelmektedir.

**Çizelge 4.9.** Liyofilizatör ile kurutulan kivi dilimlerinin L\*, a\* ve b\* renk değerleri

Zaman (dk)	L* $\bar{x} \pm \overline{Sx}$	a* $\bar{x} \pm \overline{Sx}$	b* $\bar{x} \pm \overline{Sx}$
0	37.81 <sup>b</sup> ±0.589	-0.62 <sup>a</sup> ±0.594	14.43 <sup>c</sup> ±1.683
120	64.53 <sup>a</sup> ±1.44	-1.69 <sup>a</sup> ±0.515	20.69 <sup>b</sup> ±1.184
240	66.83 <sup>a</sup> ±0.373	-2.32 <sup>a</sup> ±0.795	22.25 <sup>ab</sup> ±1.00
360	61.61 <sup>a</sup> ±1.383	-2.39 <sup>a</sup> ±0.872	24.12 <sup>a</sup> ±1.606
480	65.04 <sup>a</sup> ±1.383	-2.16 <sup>a</sup> ±0.977	24.62 <sup>a</sup> ±1.523
720	62.85 <sup>a</sup> ±2.050	-1.01 <sup>a</sup> ±1.108	21.91 <sup>ab</sup> ±0.783
960	65.16 <sup>a</sup> ±0.990	-0.840 <sup>a</sup> ±0.693	22.49 <sup>ab</sup> ±0.698
1200	66.51 <sup>a</sup> ±3.809	-1.07 <sup>a</sup> ±0.952	22.43 <sup>ab</sup> ±0.671
1440	67.12 <sup>a</sup> ±1.845	-1.42 <sup>a</sup> ±1.352	22.76 <sup>ab</sup> ±0.767

\*: Varyans analizi önemlilik düzeyleri; a-b: Aynı sütunda farklı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı farklılık gözlenmiştir ( $P<0.05$ ).

Elde edilen kurutulmuş ürünlerin renk değerleri karşılaştırıldığında, dondurarak kurutulmuş kivi örneğinin en yüksek L\* değerine sahip olduğu görülmektedir (Ek 27). MVK ile kurutulmuş örneğin L\* değeri, sıcak havada kurutulmuş örnek ile benzer, vakumda kurutulmuş örnekten ise yüksek bulunmuştur.

Sıcak hava, vakum ve MVK yöntemleri ile kurutulmuş olan örneklerin  $a^*$  değerleri birbirleri ile benzer (6.630-7.259), dondurarak kurutulmuş kivi örneğinin  $a^*$  değerinden (-1.422) ise önemli derecede yüksek bulunmuştur (Ek 28). MVK yöntemi ile kurutulan kivi örneği en yüksek  $b^*$  değerine sahiptir. Diğer yöntemler ise son üründe benzer  $b^*$  değerlerine sahip olmuşlardır (Ek 29). Maskan (2001b), mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombinasyon yöntemleriyle kurutma işlemlerinin, sıcak havada kurutma işlemine göre kivi'nin renk değişimini artırdığını rapor etmiştir. Bu çalışmadaki sonuçlara bakıldığında ise, sıcak hava-mikrodalga destekli vakum kurutmanın, sıcak hava ile benzer  $L^*$  ve  $a^*$  değerlerine sahip olduğu görülmektedir.

#### 4.2.1. Renk Değişim Kinetiği

Kivi dilimlerinin farklı yöntemlerle kurutulması sırasında meydana gelen renk değişiminin incelenmesinde renk ölçüm cihazı ile belirlenen  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  deneysel verilerinin sıfıncı derece, birinci derece ve kombinasyon kinetik model parametleri sırasıyla Çizelge 4.10., 11 ve 12'de verilmiştir.

$L^*$  renk verilerinin  $R^2$  değerleri 0.009354-0.6216 arasında, RMSE değerleri ise 0.9939-8.372 arasında olup sıfıncı derece kinetiği takip etmediği görülmektedir (Çizelge 4.10.).  $b^*$  Renk verilerindeki değişimin ( $R^2$  0.2018-0.8875; RMSE 0.3396-3.062) sıfıncı derece kinetiği takip etmediği görülmektedir. Liyofilizatör ile kurutulan kivi örneği dışında tüm örneklerin  $a^*$  renk değerlerinin kurutma süresi ile değişiminin sıfıncı derece kinetiğe uyum sağladığı görülmektedir ( $R^2$  0.9455-0.9803). Liyofilizatör ile kurutulan örneklerin  $a^*$  değerlerinin kurutma süresince yaklaşık olarak sabit kaldığı görülmektedir (Çizelge 4.9).

Mohammadi ve ark., (2008), 4mm kalınlığındaki kivi dilimlerinin, farklı sıcaklıklarda (40, 50, 60, 70 ve 80 °C), 1 m/s hızda sıcak hava ile kurutulması işlemi sırasında renk değişim kinetiğini incelemiştir.  $L^*$  ve  $b^*$  değerlerindeki değişimin birinci dereceden reaksiyon kinetiğine;  $a^*$ , toplam renk değişimi ve hue açısı değerlerindeki değişimin ise sıfıncı dereceden reaksiyon kinetiğine uygun olduğunu bildirmişlerdir. Maskan (2001b), sıcak hava kurutma (60 °C) ve sıcak hava kurutma-mikrodalga son kurutma (210 W) kombinasyonu ile kurutma işlemleri sırasında, kivi meyvesinin renk değişim kinetiğini araştırdığı

çalışmasında,  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  verilerini tanımlamada sıfıncı derece kinetik modelin uygun olduğunu rapor etmiştir.

**Çizelge 4.10.** Farklı yöntemlerle kurutulmuş kivi örneklerinin kurutma süresince elde edilen  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  renk verilerinin sıfıncı derece kinetik model parametreleri

Renk Parametresi	Kinetik Parametreler	Sıcak hava	Vakum	MVK	Liyofilizatör
$L^*$	$C_0$	42.67	35.79	46.32	55.95
	$k_0$	-0.001438	0.01235	0.5383	0.009774
	<i>RMSE</i>	3.398	2.877	0.9939	8.372
	<i>SSE</i>	80.82	49.65	4.939	490.6
	$R^2$	0.009354	0.3884	0.6216	0.2803
$a^*$	$C_0$	-0.3748	-0.05184	3.256	-1.745
	$k_0$	0.01315	0.01635	0.6647	0.0003897
	<i>RMSE</i>	0.5826	0.4302	0.3776	0.6845
	<i>SSE</i>	2.376	1.11	0.7129	3.28
	$R^2$	0.9641	0.9803	0.9455	0.08477
$b^*$	$C_0$	18.15	16.93	24.14	20.11
	$k_0$	0.01255	0.01439	0.4029	0.002673
	<i>RMSE</i>	3.062	1.723	0.3396	2.841
	<i>SSE</i>	65.62	17.81	0.5765	56.49
	$R^2$	0.4697	0.7059	0.8875	0.2018

Elde edilen  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  renk verilerinin birinci derece kinetiğe uyumu incelendiğinde, yalnızca mikrodalga destekli vakum kurutma aşamasında  $a^*$  değerindeki artışın birinci derece kinetiğe uyum sağladığı görülmektedir (Çizelge 4.11). Dondurarak kurutma işlemi sırasındaki  $a^*$  değerleri yaklaşık olarak sabit kaldığından birinci derece kinetiğe uyumu söz konusu değildir.  $L^*$  renk verilerindeki  $R^2$  değerleri 0.008966-0.6126, *RMSE* değerleri 1.006-8.446;  $b^*$  renk verilerindeki  $R^2$  değerleri 0.19-0.8907, *RMSE* değerleri 0.3346-3.165 değerleri arasında olup verilerin birinci derece kinetik modeli takip etmediği görülmektedir. Maskan (2001b), sıcak hava kurutma, mikrodalga kurutma ve sıcak hava-mikrodalga son kurutma kombinasyonu ile kurutma işlemleri sırasında, kivi meyvesinin  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  renk verilerinin birinci derece kinetiğe uyumunu incelemiş ve  $L^*$ ,  $b^*$  verilerini tanımlamada bu modelin uygun olduğunu rapor etmiştir. Demirhan ve Özbek (2009), mikrodalğanın farklı güçlerini kullanarak fesleğen kuruttıkları çalışmalarında, renk değişim kinetiğini incelemişler,  $a$  ve  $b$  değerlerindeki değişimin birinci derece kinetik modeli,  $L$  değerindeki değişimin ise sıfıncı derece kinetik modeli takip ettiğini tespit etmişlerdir.

**Çizelge 4.11.** Farklı yöntemlerle kurutulmuş kivi örneklerinin kurutma süresince elde edilen L\*, a\*, b\* renk verilerinin birinci derece kinetik model parametreleri

<b>Renk Parametresi</b>	<b>Kinetik Parametreler</b>	<b>Sıcak hava</b>	<b>Vakum</b>	<b>MVK</b>	<b>Liyofilizatör</b>
L*	C <sub>0</sub>	42.66	35.89	46.35	56.42
	k <sub>1</sub>	-3.262e-005	0.0003128	0.01107	0.0001486
	RMSE	3.399	2.896	1.006	8.446
	SSE	80.85	50.31	5.057	499.3
	R <sup>2</sup>	0.008966	0.3802	0.6126	0.2675
a*	C <sub>0</sub>	0.986	1.126	3.529	-
	k <sub>1</sub>	0.003432	0.004109	0.1228	-
	RMSE	1.372	1.122	0.4691	-
	SSE	13.18	7.55	1.1	-
	R <sup>2</sup>	0.801	0.8659	0.9159	-
b*	C <sub>0</sub>	18.48	17.18	24.15	20.25
	k <sub>1</sub>	0.0005352	0.000675	0.01596	0.0001145
	RMSE	3.165	1.827	0.3346	2.862
	SSE	70.11	20.03	0.5597	57.32
	R <sup>2</sup>	0.4334	0.6693	0.8907	0.19

Farklı yöntemlerle kurutulmuş kivi örneklerinin kurutma süresince elde edilen L\*, a\*, b\* renk verilerinin kombinasyon kinetik model parametreleri Çizelge 4.12.'de verilmektedir. Bu modelde renk değişimi reaksiyonlarının, renk bileşiklerinin oluştuğu sıfıncı derece kinetik ve renkli polimerlerin renksiz bileşiklere dönüştüğü birinci derece kinetiği kapsayan, iki aşamadan oluştuğu düşünülmektedir (Garza ve ark., 1999; Ansari ve ark., 2015).

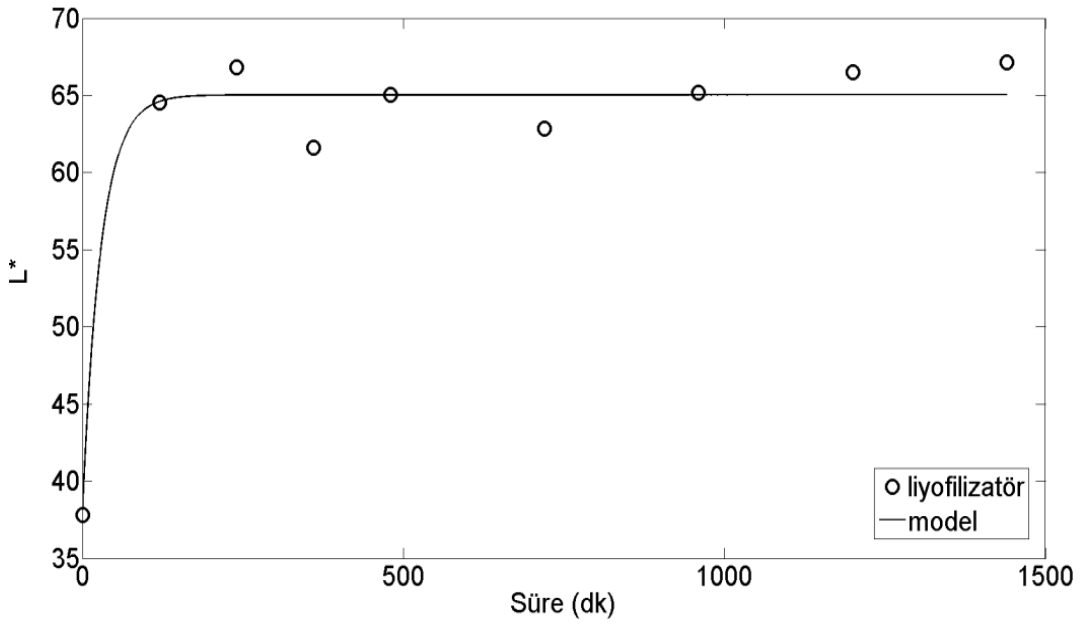


**Çizelge 4.12.** Farklı yöntemlerle kurutulmuş kivi örneklerinin kurutma süresince elde edilen L\*, a\*, b\* renk verilerinin kombinasyon kinetik model parametreleri

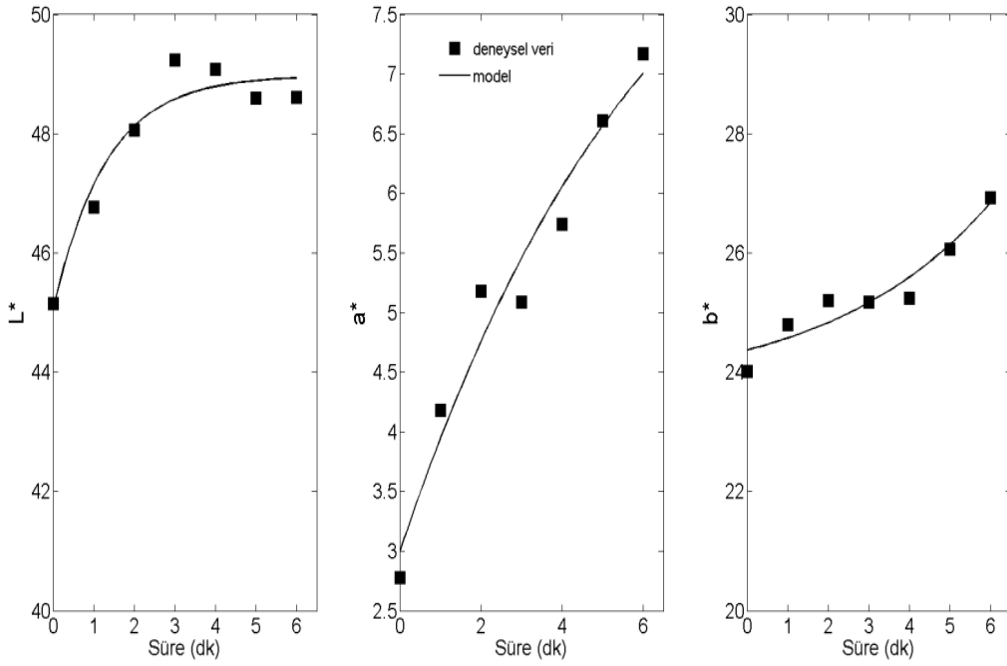
Renk Parametresi	Kinetik Parametreler	Sıcak hava	Vakum	MVK	Liyofilizatör
L*	C <sub>0</sub>	37.4	34.98	45.03	37.81
	k <sub>0</sub>	-1.468	-0.1661	-37.52	-2.254
	k <sub>1</sub>	-0.03383	-0.003925	-0.7661	-0.03466
	RMSE	2.886	3.016	0.4612	2.092
	SSE	49.98	45.49	0.8507	26.25
	R <sup>2</sup>	0.3874	0.4395	0.9348	0.9615
a*	C <sub>0</sub>	-0.9733	-0.4015	2.991	-0.624
	k <sub>0</sub>	-0.02133	-0.02259	-1.483	8.839
	k <sub>1</sub>	-0.002186	-0.001571	-0.1535	-5.47
	RMSE	0.2991	0.3401	0.3677	0.6719
	SSE	0.5369	0.5784	0.5409	2.709
	R <sup>2</sup>	0.9919	0.9897	0.9587	0.244
b*	C <sub>0</sub>	13.6	14.74	24.37	14.4
	k <sub>0</sub>	-0.2995	-0.2011	5.885	-0.2683
	k <sub>1</sub>	-0.01239	-0.008849	0.2488	-0.01166
	RMSE	1.398	0.8753	0.3322	1.016
	SSE	11.72	3.831	0.4415	6.197
	R <sup>2</sup>	0.9053	0.9368	0.9138	0.9124

Sıcak hava ve vakum ile kurutulan kivi dilimlerinin L\* renk verilerindeki değişimin R<sup>2</sup> değerleri sırasıyla 0.3874 ve 0.4395 olup, kombinasyon kinetik modele uyum sağlamadığı görülmektedir. MVK ve dondurarak kurutulan kivi dilimlerinin L\* verilerindeki değişimin R<sup>2</sup> değerleri sırasıyla 0.9348 ve 0.9615 olup, kombinasyon modele uyumu söz konusudur. Tüm örneklerin b\* değerlerindeki değişimin ve ayrıca liyofilizatörde kurutulan örnekler haricinde tüm örneklerin a\* değerlerindeki değişimin kombinasyon modele uyum sağladığı görülmektedir (R<sup>2</sup>≥0.90). a\* renk verilerinin bu modele uyumundan elde edilen R<sup>2</sup> değerlerin sıfıncı veya birinci derece kinetik model ile karşılaştırıldığında daha yüksek olduğu söylenebilir. Çizelge 4.12.'deki değerlere bakıldığında, sıfıncı derece kinetik sabitini ifade eden k<sub>0</sub> değerlerinin birinci derece kinetik sabitini ifade eden k<sub>1</sub> değerlerinden daha büyük olduğu görülmektedir. Bu durum renk bileşiklerinin oluşum hızının daha yüksek olduğu anlamına gelmektedir.

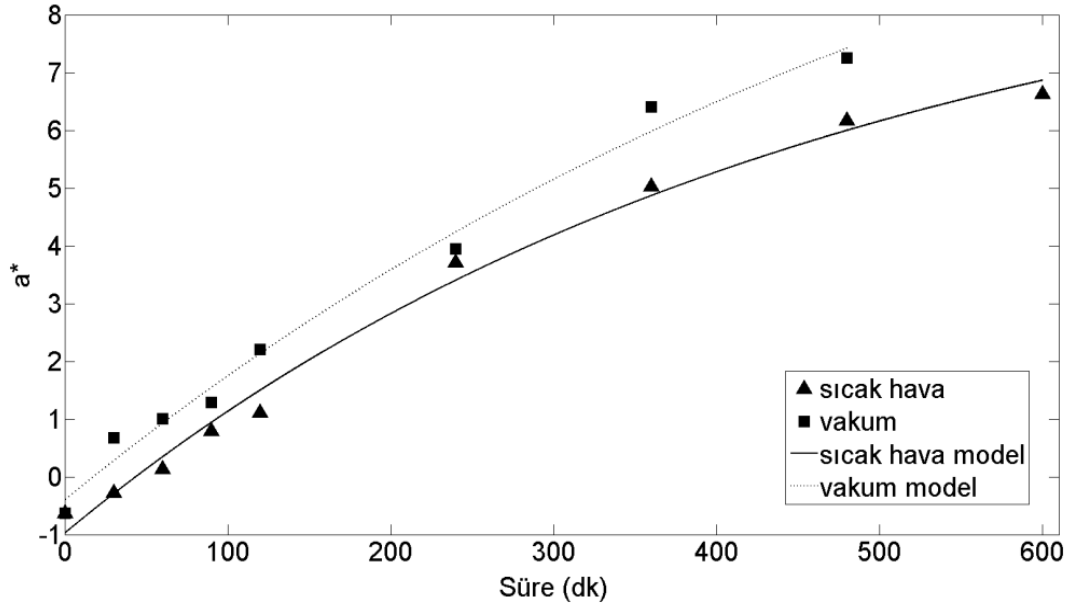
Kombinasyon kinetik modelin genel olarak deneysel verileri daha iyi temsil ettiği görülmektedir. Farklı kurutma yöntemleriyle kurutma süresince L\*, a\* ve b\* deneysel renk verilerinin zamana bağlı değişimlerinin kombinasyon model ile uyumları Şekil 4.3., 4.4., 4.5. ve 4.6.'da gösterilmektedir.



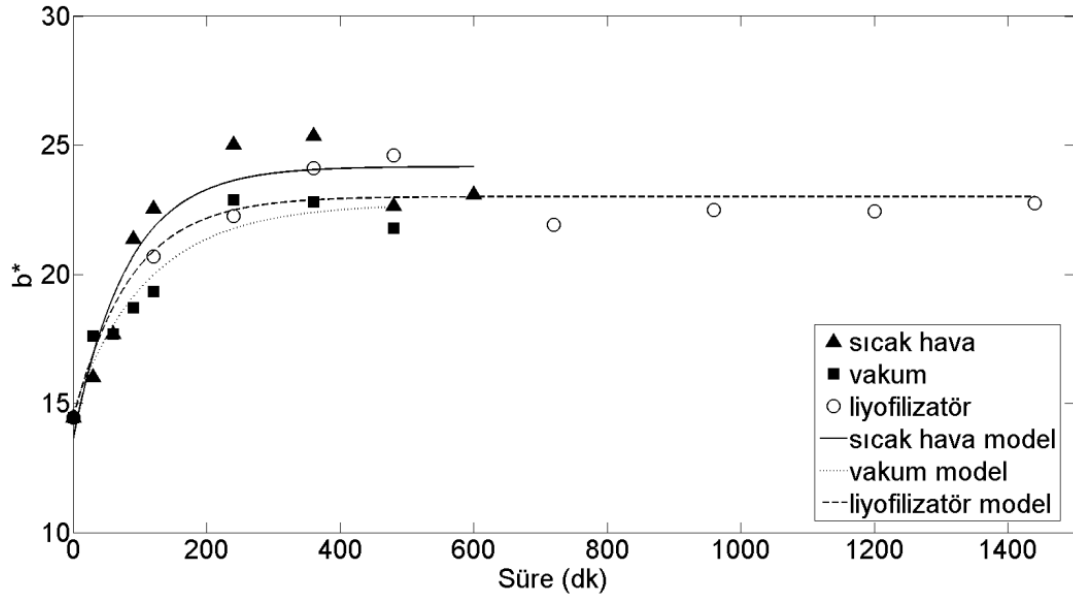
Şekil 4.3. Liyofilizatör ile kurutulan kivi dilimlerinin  $L^*$  renk değerlerinin kurutma süresince zamana bağlı değişiminin kombinasyon model ile uyumu



Şekil 4.4. MVK yöntemi ile kurutulan kivi dilimlerinin  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  renk değerlerinin kurutma süresince zamana bağlı değişiminin kombinasyon model ile uyumu



Şekil 4.5. Sıcak hava ve vakum kurutma yöntemleri ile kurutulan kivi dilimlerinin  $a^*$  renk değerlerinin kurutma süresince zamana bağlı değişiminin kombinasyon model ile uyumu



Şekil 4.6. Sıcak hava, vakum ve liyofilizatör ile kurutulan kivi dilimlerinin  $b^*$  renk değerlerinin kurutma süresince zamana bağlı değişiminin kombinasyon model ile uyumu

### 4.3. Askorbik Asit ( Vitamin C ) Bulguları

Kurutmadan önce taze kivi meyvesinin başlangıç askorbik asit değeri 249.17 mg/100g olarak hesaplanmıştır. Farklı yöntemlerle kurutulan kivi dilimlerinin zamana karşı askorbik asit miktarları Çizelge 4.13., 14, 15 ve 16'da verilmiştir. Çizelgelerdeki verilerin istatistiksel değerlendirme sonuçları Ek 3'te gösterilmektedir.

Sıcak havada kurutulan kivi dilimlerinin askorbik asit miktarı, ardışık süreler içerisinde benzer azalma gösterirken, 120-240 dk kuruma süresi aralığında önemli oranda (% 33.23) bir azalma göstermiştir. Kurutma süresinin sonunda ise, askorbik asit miktarı 249,17 mg/100g değerinden, 56.01 mg/100 g değerine düşerek, askorbik asit miktarında toplamda % 77.52 oranında bir azalma göstermiştir. Kaya ve ark., (2010), kivi'nin sıcak hava ile kurutulması sırasında (65 °C, % 40 göreceli nem) benzer şekilde, 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.

**Çizelge 4.13.** Sıcak havada kurutulan kivi dilimlerinin, kurutma süresince askorbik asit (Vitamin C) miktarları

Zaman (dk)	Askorbik Asit (mg/100 g) $\bar{x} \pm \overline{Sx}$
0	249.17 <sup>a</sup> ±1.40
30	240.39 <sup>ab</sup> ±0.70
60	216.66 <sup>bc</sup> ±11.56
90	184.24 <sup>cd</sup> ±17.05
120	180.25 <sup>d</sup> ±14.88
240	120.35 <sup>e</sup> ±7.48
360	94.86 <sup>ef</sup> ±5.75
480	73.55 <sup>fg</sup> ±4.23
600	56.01 <sup>g</sup> ±3.07

\*: Varyans analizi önemlilik düzeyleri; a-g: Aynı sütunda farklı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı farklılık gözlenmiştir (P<0.05).

Vakumla kurutma aşamasında, kivi dilimlerinin askorbik asit miktarı ilk yarım saatte % 36.10 oranında önemli bir düşüş göstermiştir. Daha sonra 120. dakikaya kadar askorbik asit miktarındaki düşüş devam etse de istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır. İkinci saatten sonra ise askorbik asit miktarı, kurutma işlemi sonunda % 75.41'lik bir azalma gösterecek şekilde düşmeye devam etmiştir.

**Çizelge 4.14.** Vakumla kurutulmuş kivi dilimlerinin kurutma süresince askorbik asit (Vitamin C) miktarları

Zaman (dk)	Askorbik Asit (mg/100 g) $\bar{x} \pm Sx$
0	249.17 <sup>a</sup> ±1.40
30	159.21 <sup>b</sup> ±0.00
60	157.51 <sup>b</sup> ±20.72
90	143.12 <sup>b</sup> ±6.53
120	133.24 <sup>b</sup> ±5.62
240	97.05 <sup>c</sup> ±6.33
360	85.38 <sup>cd</sup> ±10.44
480	61.27 <sup>d</sup> ±13.61

\*: Varyans analizi önemlilik düzeyleri; a-d: Aynı sütunda farklı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı farklılık gözlenmiştir ( $P < 0.05$ ).

MVK yönteminde 200 dakika sıcak hava ile kurutma işlemi sonrasında, kivi örneğinin askorbik asit miktarı 179.33 (mg/100 g) değerine düşmüştür. MVK yönteminin 6 dakika süren mikrodalga destekli vakum kurutma aşamasında, kivi örneğinin askorbik asit miktarında % 16.4 oranında bir kayıp gerçekleşmiştir. MVK yöntemi ile kurutulmuş olan kivi örneğinin askorbik asit miktarında, taze kivi ile karşılaştırıldığında toplamda % 39.86 oranında bir kayıp olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.15.** MVK yönteminin mikrodalga destekli vakum kurutma aşamasında kivi dilimlerinin askorbik asit (Vitamin C) miktarları

Zaman (dk)	Askorbik Asit (mg/100 g) $\bar{x} \pm Sx$
0	179.33 <sup>a</sup> ±0.58
1	177.79 <sup>ab</sup> ±2.79
2	177.46 <sup>ab</sup> ±19.03
3	176.26 <sup>ab</sup> ±6.35
4	176.91 <sup>ab</sup> ±17.19
5	160.01 <sup>ab</sup> ±2.56
6	149.83 <sup>b</sup> ±4.17

\*: Varyans analizi önemlilik düzeyleri; a-b: Aynı sütunda farklı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı farklılık gözlenmiştir ( $P < 0.05$ ).

Dondurarak kurutulmuş kivi dilimlerinin askorbik asit miktarının da kurutma zamanı ile önemli ölçüde azaldığı ve kurutma işlemi sonunda % 29.64 oranında düşerek, 175.30 mg/100 g değerine ulaştığı tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.16.** Liyofilizatör ile kurutulan kivi dilimlerinin kurutma süresince askorbik asit (Vitamin C) miktarları

Zaman (dk)	Askorbik Asit (mg/100 g) x±Sx
0	249.17 <sup>a</sup> ±1.40
120	235.99 <sup>ab</sup> ±6.07
240	211.07 <sup>bc</sup> ±23.23
360	177.10 <sup>cd</sup> ±16.41
480	172.09 <sup>cd</sup> ±7.73
720	174.35 <sup>cd</sup> ±14.28
960	166.43 <sup>d</sup> ±3.21
1200	171.07 <sup>d</sup> ±13.30
1440	175.30 <sup>cd</sup> ±7.89

\*: Varyans analizi önemlilik düzeyleri; a-d: Aynı sütunda farklı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasında anlamlı farklılık gözlenmiştir ( $P<0.05$ ).

Tüm kurutma yöntemlerinde, kurutulan kivi dilimlerinin askorbik asit miktarlarında kurutma süresince önemli derecede düşüş olduğu görülmektedir. Kurutulmuş kivi dilimlerinin askorbik asit miktarı, sıcak hava ile kurutulan örneklerde 56.01 mg/100g, vakum ile kurutulan örneklerde 61.27 mg/100g, MVK yöntemiyle kurutulan örneklerde 149.83 mg/100g ve dondurarak kurutulan örneklerde 175.30 mg/100g olarak belirlenmiştir. MVK ve dondurarak kurutma yöntemleri, sıcak hava ile kurutma yöntemine göre askorbik asit kaybını azaltmaktadır (Ek 34). En az askorbik asit kaybı ise dondurarak kurutulan örneklerde gerçekleşmiştir. Vakumda kurutulmuş örnekler de sıcak havada kurutulmuş örneklere göre daha yüksek askorbik asit miktarına sahip olsalar da bu fark istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır.

#### 4.3.1. Askorbik Asit Degradasyon Kinetiği

Farklı kurutma prosesleri için kivi meyvesine ait askorbik asit (vitamin C) miktarının zamanla değişimine ait deneysel verilerin sıfıncı derece, birinci derece ve Weibull modellerine uyumu incelenmiştir. Elde edilen model parametreleri Çizelge 4.17.'de gösterilmektedir.

Sıcak hava ile kurutma dışındaki kurutma yöntemlerinde sıfıncı derece ve birinci derece kinetik modellerin C vitamini bozunum kinetiğini temsil etmediği görülmektedir. Liyofilizatörde kurutma sırasında C vitamini miktarının ilk 6 saat boyunca lineer olarak azaldığı, sonrasında ise yaklaşık olarak sabit kaldığı

görülmektedir. İlk 6 saat içerisindeki değişimin sıfıncı ve birinci derece kinetik modellere uyumlu olduğu sonrasında ise sapma gösterdiği söylenebilir ( $R^2 > 0.95$ ). Benzer bir durum MVK kurutma yönteminin mikrodalga destekli vakum kurutma aşamasında da görülmektedir. 6 dakikalık kurutma işleminin ilk 3 dakikasında sıfıncı ve birinci derece modellere uyumlu bulunan deneysel veriler ( $R^2 > 0.94$ ), sonrasında sapma göstermektedir. Vakum kurutma yönteminde ise kurutmanın ilk yarım saatinde C vitamini oranının önemli oranda (% 36) azalması, elde edilen verilerin her iki modele de uyumunu etkilemektedir. İlk andaki hızlı düşüş hesaba katılmaz ise C vitamini değerlerindeki azalmanın sıfıncı ve birinci derece kinetikle uyumlu olduğu görülmektedir ( $R^2 > 0.97$ ).

Gwala ve Padmavati (2015), ananas dilimlerinde, solar kurutma, güneşte kurutma ve sıcak hava ile kurutma (60 °C) işlemleri sırasında askorbik asit bozunumunun kinetiğini incelemişlerdir. Askorbik asit miktarını oksidasyon-redüksiyon boyasını (2,6-dinitrofenol indofenol) kullanarak tayin etmişler ve elde ettikleri verilerin her üç kurutma yönteminde de birinci derece kinetiği belirli bir süreye kadar takip ettiğini daha sonrasında ise sapma gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Polatoğlu ve Beşe, (2012), kızılılık meyvesini (*Cornus mas L.*) sıcak hava (50 °C, 60 °C ve 70 °C hava sıcaklıkları), mikrodalga (90 W) ve güneşte doğal kurutma yöntemlerini kullanarak kurutmuş ve askorbik asit miktarının zamanla değişimini sıfıncı ve birinci derecede kinetik model ile incelemişlerdir. Her iki modelin de askorbik asit bozunumunu ifade etmede uygun olduğunu ( $R^2 > 0.90$ ), birinci derece modelin uyumundan elde edilen  $R^2$  değerlerinin ise daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Demirhan ve ark., (2015), fesleğen, kereviz ve semizotu yapraklarını mikrodalganın değişik güçlerinde kurutmuşlar ve askorbik asit bozunumunun birinci derecede kinetiği takip ettiğini rapor etmişlerdir.

**Çizelge 4.17.** Farklı yöntemlerle kurutulmuş kivi örneklerinin kurutma süresince elde edilen askorbik asit değerlerinin sıfıncı derece, birinci derece kinetik model ve Weibull model parametreleri

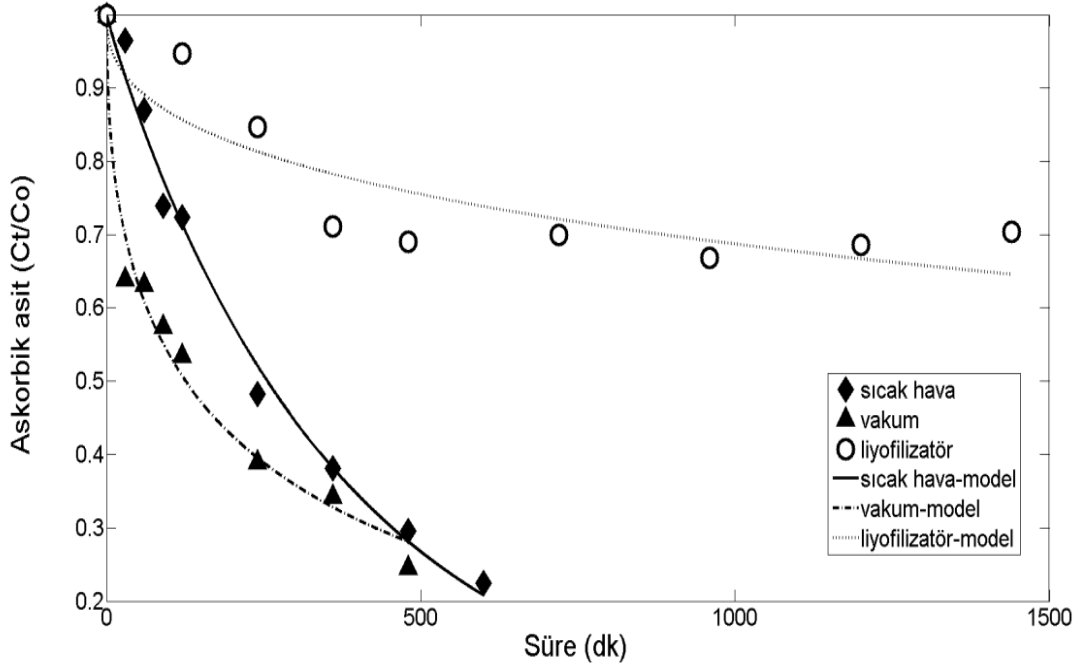
Kinetik Model	Kinetik Parametreler	Kurutma Yöntemi			
		Sıcak hava	Vakum	MVK	Liyofilizatör
Sıfıncı Derece	k	0.3280	0.2943	4.4500	0.0471
	RMSE	20.55	30.66	6.843	22.11
	SSE	2955	5639	234.2	3421
	R <sup>2</sup>	0.9307	0.7604	0.7031	0.5651
Birinci Derece	k	0.0026	0.0045	0.0189	0.0004
	RMSE	0.02955	0.1329	0.03952	0.09564
	SSE	0.006988	0.1237	0.009369	0.07318
	R <sup>2</sup>	0.9898	0.6736	0.618	0.4223
Weibull	$\alpha$	374.7	283.3	9.255	10400
	$\beta$	0.9600	0.4523	3.877	0.4186
	RMSE	0.03052	0.03302	0.01535	0.05837
	SSE	0.006521	0.006542	0.001179	0.02385
	R <sup>2</sup>	0.9905	0.9827	0.9519	0.8117

İncelenen modeller içerisinde kivi meyvesinde kurutma işlemi sırasında C vitamini bozunumunu en iyi temsil eden modelin Weibull modeli olduğu görülmektedir. Sıcak hava, vakum ve MVK kurutma yöntemlerinden elde edilen verilerin Weibull modeline uyumu ( $R^2 > 0.95$ ), liyofilizatör yönteminden elde edilen verilerin uyumu ile karşılaştırıldığında daha iyi çıkmıştır ( $R^2 = 0.81$ ). MVK yöntemi dışında tüm yöntemlerde  $\beta$  parametresinin 1'den küçük olduğu görülmektedir.  $\beta$  parametresinin 1'den büyük olması bozunum hızının işlem süresince arttığının bir göstergesidir.

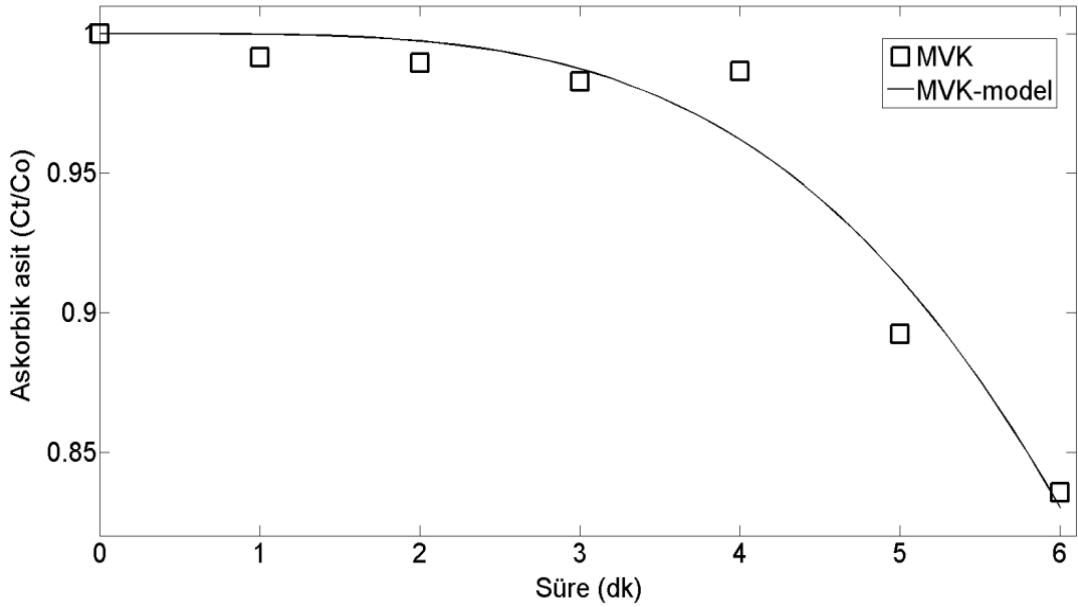
Silva ve ark., (2005), camu camu meyvesinin farklı sıcaklıklarda sıcak hava ile kurutulması sırasında, askorbik asit bozunumunun Weibull modele uyduğunu göstermişlerdir. Literatüre bakıldığında, benzer şekilde solar kurutma, güneşte kurutma ve tünelde kurutucuda kurutma sırasında ananas dilimlerinde (Santos ve Silva, 2009; Gwala ve Padmavati, 2015), sıcak hava ile kurutma sırasında yarım kesilmiş domateslerde askorbik asit bozunumunun Weibull modelle uyumlu olduğunu bildirmişlerdir (Marfil ve ark., 2008).



Farklı yöntemlerle kurutulan kivi dilimlerinin askorbik asit bozunum eğrileri ve Weibull model ile uyumu Şekil 4.7. ve Şekil 4.8.'de gösterilmektedir.



Şekil 4.7. Sıcak hava, vakum ve liyofilizatör ile kurutulan kivi dilimlerinin askorbik asit değerlerinin kurutma süresince zamana bağlı değişiminin Weibull model ile uyumu

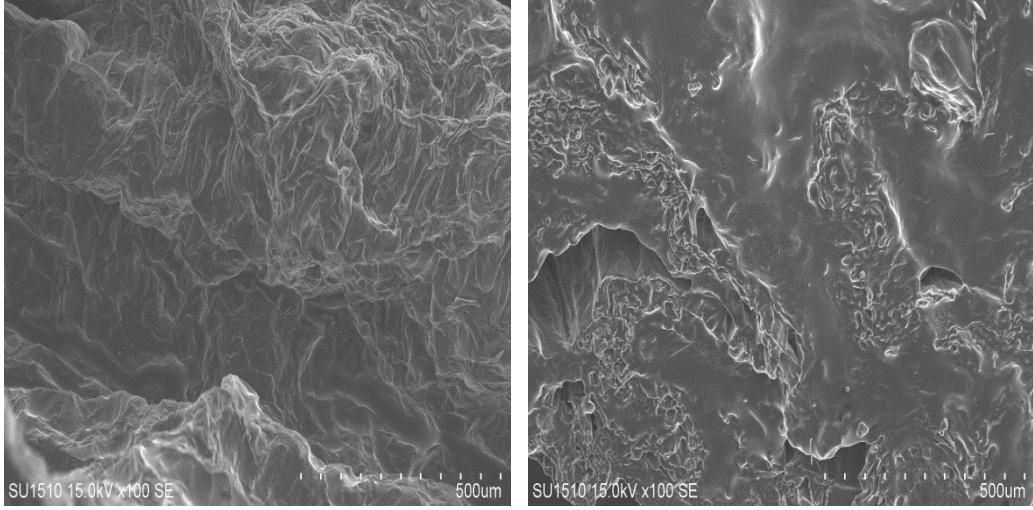


Şekil 4.8. MVK ile kurutulan kivi dilimlerinin askorbik asit değerlerinin kurutma süresince zamana bağlı değişiminin Weibull model ile uyumu

#### 4.4. Sem Analizi Bulguları

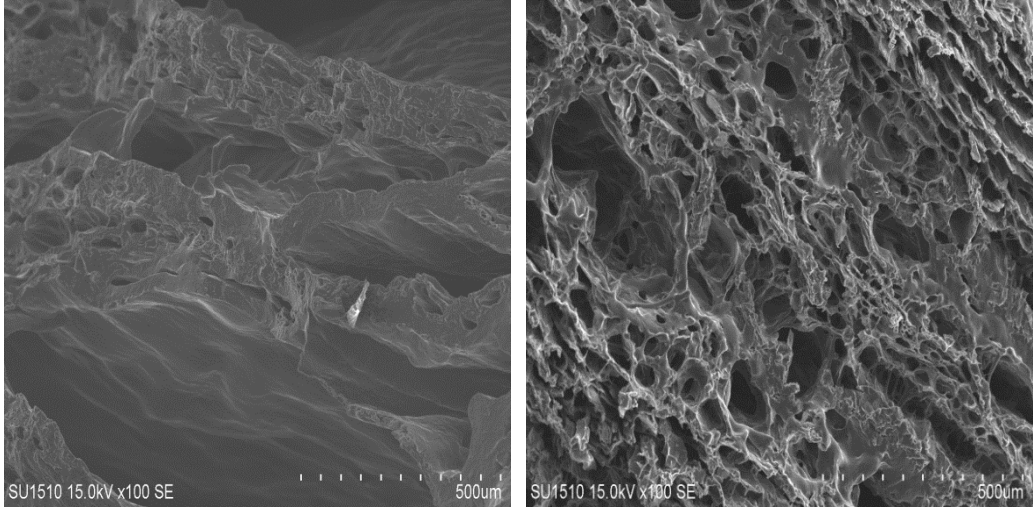
Gıdalardaki mikro yapısal değişiklikler kurutulmuş ürünlerde doğrudan boyut, şekil, yapı gibi fiziksel özellikleriyle bağlantılı olduğundan önemli olup bunlar kalite kriteri açısından müşteri tarafından önemlidir. Kurutulan örneklerin taramalı elektron mikroskobu (SEM) sayesinde yüksek oranda büyütülmüş görüntüler ile yapılan işlemler doğrultusunda meydana gelen hücre duvarındaki bozulmalar gözlemlenebilmektedir. Farklı yöntemlerle kurutulan kivi dilimlerinden alınan kesitlerin 100 kV'daki görüntüleri Şekil 4.9.'da verilmiştir.

Sıcak hava ve vakumda kurutulan kivilerin mikro yapılarının benzerlik gösterdiği saptanmıştır. Dondurarak kurutulan örneklerin oldukça gözenekli bir yapıda olduğu görülmektedir. Bu durum dondurarak kurutulan örneklerin rehidrasyonun ilk anında hızla su çekmesi ile açıklanabilir. Gıdalardaki nem kaybından dolayı ürünün mikroyapısında deformasyon olabildiğini ve kurutma süresinin uzaması ile örneğin mikroyapı içerisinde sürekli çökmeler olduğunu bildirmiştir (Ghahramanlou, 2013). Bu durumu hücre içindeki su göçünün hücreleri aşağı çekmesiyle açıklamıştır.



a)

b)



c)

d)

**Şekil 4.9.** Farklı yöntemlerle ile kurutulan kivin SEM görüntüleri (100 kV)  
(a: Sıcak hava, b: Vakum, c: MVK, d: Liyofilizatör)

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Kivi meyvesi, sıcak hava kurutma, vakum kurutma, sıcak hava ön kurutma-mikrodalga destekli vakum (MVK) kurutma ve dondurarak kurutma yöntemleriyle % 79.89 (y.b.) başlangıç nem içeriğinden % 10 yaş baz (y.b.) değerinin altında nem oranına ulaşana kadar kurutulmuştur. Kurutma işlemleri sıcak havada 10 saat, vakum kurutmada 8 saat, MVK yönteminde 206 dk, liyofilizatörle kurutmada 24 saat sürmüştür.

20 °C'de elde edilen rehidrasyon verilerine bakıldığında, dondurarak kurutulan örneklerin başlangıç anında hızla su aldığı daha sonrasında bu değer yaklaşık olarak sabitlendiği görülmektedir. 50 °C'de elde edilen rehidrasyon verilerine bakıldığında ise, tüm örneklerin ilk anda hızla su aldığı belirlenmiştir. Weibull modelinin örneklerin rehidrasyon yeteneğini her iki sıcaklıkta da en iyi şekilde temsil ettiği, liyofilizatör haricinde diğer yöntemlerle kurutulan örneklerden elde edilen verilerin de Peleg modeliyle uyumlu olduğu belirlenmiştir. Birinci derece kinetik model sadece liyofilizatördeki örneklerin rehidrasyon verileri ile uyumlu bulunmuştur.

Taze kivi ile karşılaştırıldığında, sıcak hava, MVK, vakumla kurutulan örneklerin L\* renk değerlerinde önemli derecede değişiklik gözlenmemiş, dondurarak kurutulan örneklerin L\* renk değerlerinde ise önemli oranda artış görülmüştür. Bu durum dondurarak kurutulan örneklerin daha parlak olmasının göstergesi olmakla birlikte ürünü daha cazip kılmaktadır. Aynı zamanda dondurarak kurutulan kivi dilimlerinin a\* değerinin sıfırdan küçük olması yeşil rengin varlığını göstermektedir. Dondurarak kurutma hariç, diğer kurutma yöntemleri ile kurutulan kivi dilimlerinin kurutma süresince a\* değerleri artmıştır. b\* değerleri ise tüm kurutma yöntemleri için başlangıçta önemli oranda artış gösterirken daha sonra sabit kalmıştır. L\* ve b\* değerlerinin sıfırncı derece kinetik modelini takip etmediği, liyofilizatör örnekleri dışında kurutulan kivilerin a\* değerlerinin sıfırncı derece kinetik modelle uyumlu olduğu görülmüştür. Benzer şekilde L\* ve b\* değerlerinin birinci derece kinetik modeli takip etmediği, sadece MVK yöntemi ile kurutulan örneklerin a\* değerlerinin birinci derece kinetik modeli takip ettiği tespit edilmiştir. Bütün kurutma proseslerinden elde edilen b\* değerlerinin, sıcak hava, MVK, vakumda kurutma yöntemlerinden elde edilen a\*

değerlerinin ve MVK, liyofilizatörle kurutma yöntemlerinden elde edilen L\* değerlerinin kombinasyon kinetik modeli takip ettiği tespit edilmiştir.

Askorbik asit miktarında en az kaybın dondurarak kurutulan örneklerde meydana geldiği belirlenmiş, MVK ile kurutulan örneklerin de diğer kurutma yöntemlerine göre daha az kayıp verdiği tespit edilmiştir. Sıcak hava ile kurutulan örnekler hariç, diğer yöntemlerle kurutulan örneklerin C vitamini bozunum kinetiğininin sıfıncı ve birinci derece kinetik modeli temsil etmediği görülmektedir. Bütün kurutma koşulları için askorbik asit değişimine ait verilerin Weibull kinetik modeli daha iyi temsil ettiği tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, sıcak hava ön kurutma-MVK kombinasyon yöntemi, kurutma süresini önemli ölçüde azaltması, kalite açısından geleneksel sıcak havada kurutma yöntemine göre benzer veya daha iyi sonuçlar vermesi dolayısıyla gıda endüstrisinde kurutma için kullanılabilir alternatif bir yöntem olarak önerilebilir. Dondurarak kurutulan örneklerin kalite özellikleri bakımından taze örneğe yakın sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Meyvelerin kurutulmasında geleneksel yöntemler ile farklı tekniklerin kombinasyonlarının uygulanmasının ürün kalitesi, üretim maliyeti, enerji verimliliği, doğrudan ve dolaylı çevresel etkileri vb. üzerine çalışmaların devam edilmesi gerektiği düşünülmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

- Alibaş, İ. 2012. Determination of vacuum and air drying characteristics of celeriac slices. *Journal of Biological and Environmental Sciences*, 6(16): 1-13.
- Allison, S.D., Theodore, W.R., Mark, C.M., Kim, M., Ashley, D., John, F.C. 1998. Effects of drying methods and additives on structure and function of actin: mechanisms of dehydration-induced damage and its inhibition. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 358(1): 171-181.
- Almela, L., Fernandez-Lopez, J.A., Roca, M.J. 2000. High-performance liquid chromatographic screening of chlorophyll derivatives produced during fruit storage. *Journal of Chromatographic A.*, 870: 483-489.
- Anonim, 2012a. 100 Gram taze kivinın besin değerleri <http://www.idealtarim.com.tr/kivi.asp> (Erişim tarihi: 12.07.2017).
- Anonim, 2012b. Reflectoquant Phosphate Test 1.6981.0001, Merck KGaA, 64271 Darmstadt, Germany.
- Ansari, S., Maftoon-Azad, N., Hosseini, E., Farahnaky, A., Asadi, H. 2015. Kinetic of color and texture changes in rehydrated figs. *Journal of Agricultural Sciences*, 21: 108-122.
- AOAC, 1995. Official methods of analysis (16th ed) association of official analytical chemists, Washington, DC.
- Apar, K.D., Demirhan, E., Ozbek, B., Dadalı, G. 2009. Rehydration kinetics of microwave-dried okras affected by drying conditions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 33: 618-634.
- Argyropoulos, D., Heindl, A., Müller, J. 2014. Assessment of convection, hot-air combined with microwave-vacuum and freeze-drying methods for mushrooms with regard to product quality. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(2): 333-342.
- Athanasia, M. G., Adamopoulos, K.G. 2009. Modeling the rehydration process of dried tomato. *Drying Technology*, 27, 1078-1088.
- Balbay, A., Şahin, Ö. 2012. Microwave drying kinetics of a thin-layer liquorice root. *Drying Technology*, 30(8): 859-864.
- Beaudry, C., Raghavan, G.S.V., Ratti, C., Rennie, T.J. 2004. Effect of four drying methods on the quality of osmotically dehydrated cranberries. *Drying Technology*, 22(3): 521-540.
- Beever, D.J., Hopkirk, G. 1990. Fruit development and fruit physiology. In I.J. Warrington and G.C. Wetson (eds.), Auckland, New Zealand: Ray Richards Publisher. *Kiwifruit: Science and Management*, 97-126.
- Bettega, R., Rosa, J.G., Corrêa, R.G., Freire, J.T. 2014. Comparison of carrot (*Daucus carota*) drying in microwave and in vacuum microwave. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 31(2): 403-412.
- Bilbao-Sainz, C., Andres, A., Fito, P. 2005. Hydration kinetics of dried apples as affected by drying conditions. *Journal of Food Engineering*, 68: 369-376.

- Bingöl, G. 2010. Gıda işlemede kurutma teknolojilerinin temel ilkeleri. Kısaltılmış Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Bluestein, P.M., Labuza, T.P. 1975. Effects of moisture removal on nutrients. In nutritional evaluation of food processing.2.ed., R.S. Harris and E. Karmas (eds.) AVI Publishing Co., Westport, C.T
- Bostan, S.Z., Günay, K. 2014. ‘Hayward’(*Actinida delicosa Planch*) kivi çeşidinin meyve kalitesi üzerine rakım ve yöneyin etkisi. Akademik Ziraat Dergisi, 3(1): 13-22.
- Botha, G.E., Oliveria, J.C., Ahrne, L. 2012. Microwave assisted air drying of osmotically treated pineapple with variable power programmes. Journal of Food Engineering, 108(2): 304-311.
- Böhm, V., Kühnert, S., Rohm, H., Scholze, G. 2006. Improving the nutritional quality of microwave-vacuum dried strawberries: a preliminary study. Food Science and Technology International, 12(1): 67–75.
- Bruijn, J., Bórquez, R. 2014. Quality retention in strawberries dried by emerging dehydration methods. Food Research International, 63: 42–48.
- Bulduk, S. 2006. Ankara. Gıda Teknolojisi. Üçüncü Baskı, 35-38s.
- 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.
- Cano, M.P. 1996. Vegetables: In Freezing Effects on Food Quality, edited by lester E. Jeremiah, Marcel Dekker Inc., New York, USA, pp 247-297.
- Cao, H., Zhang, M., Mujumdar, A.S., Du, W., Sun J. 2006. Optimization of osmotic dehydration of kiwifruit. Drying Technology, 24(1): 89-94.
- Castaldo, D., Lo Vio, A., Trifiro, A., Gherardi, S. 1992. Composition of Italian kiwi (*Actinidia chinensis*) puree. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 40: 594–598.
- Cemeroğlu, B., Acar, J. 1986. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği, Ankara, Yayın No:6.
- Cemeroğlu, B., Karadeniz, F., Özkan, M. 2003. Meyve Sebze İşleme Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara, 28, 541s.
- Cemeroğlu, B. 2004. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Ankara, 2.Cilt, ISBN 975-98578-20.
- Cemeroğlu, B. 2010. Gıda Mühendisliğinde Temel İşlemler. Ankara, ISBN 978-975-98246-17.
- Chandrasekaran, S., Ramanathan, S., Başak, T. 2013. Microwave food processing-A Review. Food Research International, India, 52: 243–261.
- 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.
- Chua, K.J., Mujumdar, A.S., Hawlader, M.N.A., Chou, S.K., Ho, J.C. 2001. Batch drying of banana pieces–effect of stepwise change in drying air temperature

- on drying kinetics and product colour. *Food Research International*, 34(8): 721–731.
- Clary, C.D., Wang, S.J., Petrucci, V.E. 2005. Fixed and incremental levels of microwave power application on drying grapes under vacuum. *Journal of Food Science*, 70(5): 344-349.
- Cohen, J.S., Yang, T.C.S. 1995. Progress in food dehydration. *Trends in Food Science and Technology*, Vol. 6: pp. 20-25
- Cui, Z.W., Xu, S.Y., Sun, D.W. 2004. Effect of microwave-vacuum drying on the carotenoids retention of carrot slices and chlorophyll retention of Chinese chive leaves. *Drying Technology*, 22(3): 563-575.
- Çelen, S. 2010. Mikrodalga ve vakum kurutucuda bazı gıda ürünlerinin kurutulması ve modellenmesi. Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Edirne.
- Çınar, İ. 2009. Ozmotik dehidrasyon mekanizması ve uygulamaları. *Gıda Dergisi*, 34(5): 325-329.
- Dadalı, G. 2007. Bamyaya ve ıspanağın mikrodalga tekniği kullanılarak kurutulması, doku ve renk özelliklerinin incelenmesi ve modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 195s.
- Dadalı, G., Apar, D.K., Özbek, B. 2007a. Color change kinetics of okra undergoing microwave drying. *Drying Technology*, 25(5): 925–936.
- Dadalı, G., Demirhan, E., Özbek, B. 2007b. Microwave heat treatment of spinach: drying kinetics and effective moisture diffusivity. *Drying Technology*, 25(10): 1703–1712.
- Dadalı, G., Demirhan, E., Özbek, B. 2008. Effect of drying conditions on rehydration kinetics of microwave dried spinach. *Food and Bioprocess Processing*, 86(4): 235-241.
- Dağcı, G. 2014. Ozmotik ön kurutma yapılmış kivi meyvesinin kızılötesi dalga destekli akışkan yatak kurutucu ile kurutulması. Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Manisa, 61s.
- Dalgıç, A.C., Vardin, H., Tekin, A.R. 2001. GAP ile üretim artışı beklenen gıdaların kurutularak değerlendirilmesinde güneş enerjili kurutucular, GAP II.Tarım Kongresi, 317-326s.
- Darıcı, S., Şen, S. 2012. Kivi meyvesinin kurutulmasında kurutma havası hızının kurumaya etkisinin incelenmesi. X.Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 13-16 Nisan, 58s.
- Demiray, E. 2009. Kurutma işleminde domatesin likopen,  $\beta$ -Karoten, askorbik asit ve renk değişim kinetiğinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 101s.
- Demiray, E., Tülek, Y. 2010. Donmuş muhafaza sırasında meyve ve sebzelerde oluşan kalite değişimleri. *Akademik Gıda Dergisi*, 8(2): 36-44.
- Demiray, E., Tülek, Y. 2016. Güneşte kurutulmuş bamyaların rehidrasyon kinetiği. *Akademik Gıda*, 14(4): 368-374.



- Demirbaş, M. 2010. Kivi reçelinde depolamanın bileşim üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum.
- Demirhan, E., Özbek, B. 2009. Color change kinetics of microwave-dried basil. *Drying Technology*, 27(1): 156–166.
- Demirhan, E., Akpınar, Z., Apar, D.K., Özbek, B. 2015. Ascorbic acid degradation kinetic for microwave dried basil, purslane and celery leaves. *Latin American Applied Research*, 45: 113-118.
- Dorofejeva, K., Rakcejeva, T., Galoburda, R., Dukalska, L., Kviesis, J. 2011. Vitamin C content in Latvian cranberries dried in convective and microwave vacuum driers. *Procedia Food Science*, 1: 433-440.
- Duan, X., Zhang, M., Mujumdar, A.S., Wang, R. 2010. Trends in microwave-assisted freeze drying of foods. *Drying Technology*, 28(4): 444–453.
- Ekşi, Ö., Özen, İ.T. 2012. Kivi meyvesinin kimyasal bileşenleri ve fonksiyonel özellikleri. *Ordu Üniversitesi Bilgi ve Teknoloji Dergisi*, 2(2): 54-67.
- Erbay, B., Küçüköner, E. 2008. Gıda endüstrisinde kullanılan farklı kurutma sistemleri. 10.Gıda Kongresi, Erzurum, 1045-1048.
- Erbay, B., Kıvrak, E., Orhan, H., Küçüköner, E. 2009. Dondurarak kurutulmuş havuç dilimlerinin renk, rehidrasyon özellikleri ve bazı duyuşal özellikleri üzerine farklı antioksidan çözeltilerin etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitü Dergisi, 13(3): 229-236.
- Ergün, K., Çalışkan, G., Dirim, S.N. 2016. Determination of the drying and rehydration kinetics of freeze dried kiwi (*Actinidia deliciosa*) slices. *Heat Mass Transfer*, 52: 2697-2705.
- Eroğlu, Y., Yıldız, H. 2011. Gıdaların ozmotik kurutulmasında uygulanan yeni tekniklerin enerji verimliliği bakımından değerlendirilmesi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6(2): 41-48.
- Esti, M., Messia, M.C., Bertocchi, P., Sinesio, F., Moneta, E., Nicotra, A. 1998. Chemical compounds and sensory assessment of kiwifruit (*Actinidia chinensis* (planch) var. chinensis): electrochemical and multivariate analyses. *Food Chemistry*, 61: 293–300.
- Estürk, O. 2012. Intermittent and continuous microwave-convective air-drying characteristics of sage (*Salvia officinalis*) leaves. *Food and Bioprocess Technology*, 5(5): 1664-1673.
- Fathi, M., Mohebbi, M., Razavi, S.M.A. 2011. Effect of osmotic dehydration and air drying on physicochemical properties of dried kiwifruit and modeling of dehydration process using neural network and genetic algorithm. *Food Bioprocess Technology*, 4: 1519-1526.
- Ferguson, A.R. 1991. Kiwifruit (*Actinidia*), *Acta Horticulture*, 209: 603-653.
- Figiel, A., Kita, A. 2008. Dring kinetics, water activity, shrinkage and texture of walnut kernels. *Acta Agrophysica*, 11(1): 71-80.

- Figiel, A., 2010. Drying kinetics and quality of beetroots dehydrated by combination of convective and vacuum-microwave methods. *Journal of Food Engineering*, 98(4): 461–470.
- Garcia-Pascual, P., Sanjuan, N., Melis, R., Mulet, A. 2006. *Morchella esculenta* (morel) rehydration process modelling. *Journal of Food Engineering*, 72: 346–353.
- Garza S, Ibarz A, Pagán J., Giner, J. 1999. Nonenzymatic browning in peach puree during heating. *Food Research International*, 32(5): 335-343.
- Gazzani, G., Vagnarelli, P., Cuzzoni, M. T., Mazza, P. G. 1987. Mutagenic activity of the Maillard reactions products of ribose with different aminoacids. *Journal of Food and Science Tecnology*, 52(3): 757-760
- Ghahramanlou, P.H. 2013. Farklı Sıcak Hava Kurutma Derecesine Maruz Kalan Elmanın Mikroyapısal Nice Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 79s.
- Giri, S.K., Prasad, S. 2006. Modeling shrinkage and density changes during microwave-vacuum drying of button mushroom, *International Journal of Food Properties*, 9(3): 409–420.
- Giri, S.K., Prasad, S. 2009. Quality and moisture sorption characteristics of microwave-vacuum, air and freeze-dried button mushroom (*Agaricus bisporus*), *Journal of Food Processing and Preservation*, 33: 237–251.
- Goula, M.A., Adamopoulos, G.K., 2009. Modeling the rehydration process of dried tomato. *Drying Technology*, 27(10): 1078-1088.
- Gould, A.W. 1977. *Food Quality Assurance*, The AVI Publishing Company Inc. USA, 314p.
- Gültaş, M., 2007. Peeling and the physical and chemical properties of kiwifruit. *Journal of Food Processing and Preservation*, 27(4): 271-284.
- Gwala, W., Padmavati, R. 2015. Comparative study of degradation kinetics of ascorbic acid (vitamin C) in tray drying, solar drying and open sun drying of pineapple slices. *Austin Journal of Nutrition and Metabolism*, 2(1): 1014.
- Han, Q.H, Yin, L.Y., Li, S.J., Yang, B.N., Ma, J.W. 2010. Optimization of process parameters for microwave vacuum drying of apple slices using response surface method. *Drying Technology*, 28(4): 523-532.
- Hebbar, H.U., Viswanathan, K.H., Ramesh, M.N. 2004. Development of combined infrared and hot air dryer for vegetables. *Journal of Food Engineering*, 65: 557-563.
- Heldman, D.R., Sing, R.P. 1981. *Food Process Engineering* AVI, Westport, CT, USA.
- Hernandez, Y., Lobo., M.G., Gonzalez, M. 2006. Determination of vitamin C in tropical fruits: A comparative evaluation of methods, *Food Chemistry*, 96: 654-664.
- Hodge, J.E. 1953. Dehydrated foods: Chemistry of browning reactions in model system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1: 928-943.

- Huang, L., Zhang, M., Mujumdar, A. S, Sun, D., Tan, G. Tang, S. 2009. Studies on decreasing energy consumption for a freeze-drying process of apple slices. *Drying Technology*, 27: 938-946.
- Imeh, U., Khokhar, S. 2002. Distrubution of conjugated and free phenols in fruits: antioxidant activity and cultivar variations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 6301-6306.
- İspir, A. 2006. Kayısının osmotik dehidrasyonu ve kurutmaya etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, 122s.
- İzli, N., Yıldız, G., Ünal, H., Işık, E., Uylaşer, V. 2014. Effect of different drying methods on drying characteristics, colour, total phenolic content and antioxidant capacity of Goldenberry (*Physalis peruviana L.*). *International Journal of Food Science and Technology*, 49(1): 9–17.
- Jałoszyński, K., Figiel, A., Wojdyło, A. 2008. Drying kinetics and antioxidant activity of oregano, *Acta Agrophysica*, 11(1): 81-90.
- Jiao, A., Xu, X., Jin, Z. 2014. Modelling of dehydration–rehydration of instant rice in combined microwave-hot air drying. *Food and Bioproducts Processing*, 92(3): 259-265.
- Karacaoğlu, C., Gürsoy, O., Yılmaz, Y. 2016. Ultrasonikasyon destekli vakum impregnasyon (emdirme) tekniği ile muamele işleminin kivi dilimlerinin kuruma kinetiği üzerine etkisi. *Akademik Gıda Dergisi*, 14(3): 256-266.
- Kardum, J.P., Sander, A., Skansi, D. 2001. Comparison of convective, vacuum, and microwave drying chlorpropamide. *Drying Technology*, 19(1): 137–143.
- 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: 165-173.
- Kaymak-Ertekin, F. 2002. Drying and rehydrating kinetics of green and red peppers. *Journal of Food Science*, 67: 168-175.
- Kaymak-Ertekin, F., Gedik, A. 2005. Kinetic modelling of quality deterioration in onions during drying and storage. *Journal of Food Engineering*, 68(4): 443–453.
- Kıroğlu, F. 2002. Kivi meyvesinin ozmotik dehidrasyon ve sıcak hava ile kurutulması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniveristesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 88s.
- Kiranoudis, C.T., Tsami, E., Maroulis, Z.B., Marinos-Kouris, D. 1997. Drying kinetics of some fruits. *Drying Technology*, 15: 1399–1418.
- Krokida, M.K., Maroulis, Z.B. 1997. Effect of drying method on shrinkage and porosity. *Drying Technology*, 15: 2441-2458.
- Krokida, M., Tsami, E., Maroulis, Z. 1998. Kinetics on color changes during drying of some fruits and vegetables. *Drying Technology*, 16(3/5): 667–685.

- Krokida, M., Karathanos, V., Maroulis, Z. 2000. Effect of osmotic dehydration on color and sorption characteristics of apple and banana. *Drying Technology*, 18(4): 937–950.
- Krokida, M.K., Maroulis, Z.B., Saravacos, G.D. 2001. The effect of the method of drying on the colour of dehydrated products. *International Journal of Food Science and Technology*, 36(1): 53–59.
- Krulis, M., Kuhnert S., Leiker M., Rohm, H. 2005. Influence of energy input and initial moisture on physical properties of microwave–vacuum dried strawberries. *European Food Research Technology*, 221(6): 803–808.
- Kumar, H.P., Radhakrishna, K., Nagaraju, P.K., Rao, D.V. 2001. Effect of combination drying on the physico-chemical characteristics of carrot and pumpkin. *Journal of Food Processing Preservation*, 25: 447-460.
- Kumar, D.G.P., Hebbar, H.U., Sukumar, D., Ramesh, M.N. 2005. Infrared and hot-air drying of onions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 29: 132-150.
- Kuzniar, A., Bowers, J.A., Craig, J. 1983. *Journal of Food and Science Technology*, 48, 1246.
- Labuza, T.P., Schmidl, M.K. 1985. Accelerated shelf-life testing of foods. *Food Technology*, 39(9): 57-62,64.
- Labuza, T.P., Schmidl, M.K. 1986. Advances in the control of browning reactions in foods: In ‘ Role of Chemistry in the Quality of Processed Food.’, O.R. Fennema, W.H. Chang, C.Y. Lee (Ed.), Westport, Conn, Food and Nutrition Press, 65 p.
- Lewicki, P.P., Pawlak, G. 2003. Effect of drying on microstructure of plant tissue. *Drying Technology*, 21(4): 657–683.
- Lina, T.M., Duranceb, T.D., Scamanb, C.H. 1998. Characterization of vacuum microwave, air and freeze dried carrot slices. *Food Research International*, 31(2): 111-117.
- Litvin, S., Mannheim, C.H., Miltz, J. 1998. Dehydration of carrots by a combination of freeze drying, microwave heating and air or vacuum drying. *Journal of Food Engineering*, 36, 103-111.
- Marfil, P.H.M., Santos, E.M., Telis, V.R.N. 2008. Ascorbic acid degradation kinetics in tomatoes at different drying conditions. *LWT-Food Science and Technology*, 41(9): 1642–1647.
- Markowski, M., Bondaruk, J., Blaszcak, W. 2009. Rehydration behavior of vacuum-microwave-dried potato cubes. *Drying Technology*, 27(2): 296-305.
- Marquez, L.G., Prado, M.M., Freire, J.T., 2009. Rehydration characteristics of freeze-dried tropical fruits. *LWT-Food Science and Tecnology*, 42(7): 1232-1237.
- Maskan, M. 2001a. Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwi fruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48, 177-182.

- Maskan, M. 2001b. Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying, *Journal of Food Engineering*, 48, 169-175.
- Mattila, P., Hellström, J., Törrönen, R. 2006. Phenolic acids in berries, fruits and beverages. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 54, 7193-7199.
- McMinn, W., Magee, T. 1997. Kinetics of ascorbic acid degradation and non-enzymic browning in potatoes. *Food and Bioproducts Processing*, 75(4): 223–231.
- Meda, L., Ratti, C. 2005. Rehydration of freeze-dried strawberries at varying temperatures. *Journal of Food Process Engineering*, 28(3): 233-246.
- Mejia-Meza, E.I., Yanez, J.A., Davies, N.M. 2008. Improving nutritional value of dried blueberries (*Vaccinium corymbosum L.*) combining microwave-vacuum, hot-air drying and freeze drying technologies. *International Journal of Food Engineering*, 4(5): 1–6.
- Methakhup, S., Chiewchan, N., Devahastin, S. 2005. Effects of drying methods and conditions on drying kinetics and quality of Indian gooseberry flake. *LWT - Food Science and Technology*, 38(6): 579–587.
- Mohammadi, A., Shahin, R., Djomeh, Z.E., Keyhani, A. 2008. Kinetic models for colour changes in kiwifruit slices during hot air drying. *World Journal of Agricultural Sciences* 4(3): 376-383.
- Monteiro, R.L., Carciofi, B.A.M., Jr, A.M., Laurindo, J.B. 2015. How to make a microwave vacuum dryer with turntable. *Brazilian Journal of Food Engineering*, 166, 276-284.
- Motevali, A., Minaei, S., Khoshtaghaza, M. H., Amirnejat, H. 2011. Comparison of energy consumption and specific energy requirements of different methods for drying mushroom slices, *Energy*, 36(11): 6433-6441.
- Mousa, N., Farid, M. 2002. Microwave vacuum drying of banana slices. *Drying Technology*, 20(10): 2055–2066.
- Nahimana, H., Zhang, M. 2011. Shrinkage and color change during microwave vacuum drying of carrot. *Drying Technology*, 29(7): 836–847.
- Noshad, M., Mohebbi, M., Shahidi, F., Mortazavi, A.S., 2012. Kinetic modelling of rehydration in air-dried quinces pretreated with osmotic dehydration and ultrasonic. *Journal of Food Processing and Preservation*, 36, 383-992.
- O'brien, J. 1996. Stability of trehalose, sucrose and glucose to nonenzymatic browning in model systems. *Journal of Food and Science Technology*, 61(4): 679-682.
- Onwude, D.I., Hashim, N., Janius, R., Nawi, N.M., Abdan, K. 2017. Color change kinetics and total carotenoid content of pumpkin as affected by drying temperature, *Italian Journal of Food Science*, 29(1) doi.org/10.14674/1120-1770/ijfs.v398
- Orak, H.H., Aktaş, T., Yagar, H., İşbilir, S.S., Ekinci, N., Şahin, F.H., 2011. Antioxidant activity some nutritional and colour properties of vacuum dried strawberry tree (*Arbutus Polonorum L.*) fruit. *Acta Scientiarum Polonorum Technology Alimentearus*, 10: 327-38.

- Özdemir, O., Özyazıcı, M.A. 2006. Samsun yöresinde kivinin azotlu gübre ihtiyacı. OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(3): 303-309.
- Özkoç, S.Ö. 2010. Kızılötesi ve kızılötesi-kombinasyon ısıtma teknolojilerinin gıda işleme uygulamalarında kullanımı. Gıda Dergisi, 35(3): 211-218.
- Öztekin, S., Erdem, T., Karaarslan, S. 2011. Effects of hot air and microwave drying on some physical properties of laurel berry. African Journal of Agricultural Research, 6(12): 2676-2679.
- Pathare, P.B., Opara, U.L., Al-Said, F.A.J. 2013. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. Food and Bioprocess Technology, 6(1): 36-60.
- Peleg, M., 1988. An empirical model for the description of moisture sorption curves. Journal of Food Science, 53, 1216-1217.
- Planinic, D., Velic, S.T., Bilic, M., Bucic, A., 2005. Modelling of drying and rehydration of carrots using Peleg's model. European Food Research and Technology, 221, 446-451.
- Polatoğlu, B., Beşe, A.V. 2012. Konvektif, mikrodalga ve güneşte kurutma proseslerinin kıvılcık (*Cornus mas L.*) meyvesinin askorbik asit (C Vitamini) içeriğine etkilerinin incelenmesi. Onuncu Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, 3-6 Eylül, Koç Üniversitesi.
- Quek, S. Y., Chok, N. K., Swedlund, P. 2006. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. Chemical Engineering and Processing, 46, 386-392.
- Ratti, C., 2001. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. Journal of Food Engineering, 49(4): 311-319.
- Roknul, A.S.M., Zhang, M., Mujumdar, A.S., Wang, Y. 2014. A comparative study of four drying methods on drying time and quality characteristics of stem lettuce slices (*Lactuca sativa L.*), Drying Technology, 32(6): 657-666.
- Ruiz Diaz, G., Martinez-Monzo, P., Chiralt, A. 2003. Modelling of dehydration-rehydration of orange slices in combined microwave/air drying. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 4(2): 203-209.
- Sagar, V.R., Kumar, S.P. 2010. Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review. Journal of Food Science and Technology, 47(1): 15-26.
- Santos, P.H.S., Silva, M.A. 2008. Retention of vitamin C in drying processes of fruits and vegetables—A review. Drying Technology, 26, 1421-1437.
- Santos, P.H.S., Silva, M.A. 2009. Kinetics of L-ascorbic acid degradation in pineapple drying under ethanolic atmosphere. Drying Technology, 27, 947-954.
- Schiffmann, R.F. 2001. Microwave Processes for the Food Industry. Handbook of Microwave Technology for Food Applications. Editör: Datta, A.K., Ananteswaran, R.C. New York: Marcel Dekker.

- Sham, P.W.Y., Scaman, C.H., Durance, T.D. 2001. Texture of vacuum microwave dehydrated apple chips as affected by calcium pretreatment, vacuum level, and apple variety. *Journal of Food Science*, 66 (9): 1341-1347.
- Sharma, G.P., Prasad, S. 2001. Drying of garlic (*Allium sativum*) cloves by microwave-hot air combination. *Journal of Food Engineering*, 50(2): 99-105.
- Silva, M.A., Pinedo, R.A, Kieckbusch, T.G. 2007. Ascorbic acid thermal degradation during hot air drying of Camu-Camu (*Myrciaria dubia* [HBK] McVaugh) slices at different air temperatures. *Drying Technology*, 23(9-11): 2277-2287.
- Sjöholm, I., Gekas, V. 1995. Apple shrinkage upon drying. *Journal of Food Engineering*, 25(1). 123–130.
- Somogyi, L.P., Luh, B.S. 1986. Vegetable dehydration, Commercial fruit processing, AVI Publishing Co, Westport, CT, 435p.
- Souflerosa, E.H., Pissa, I., Petridis, D., Lygerakisb, M., Mermelas, B.G., Tsimitakisb, E. 2001. Instrumental analysis of volatile and other compounds of Grek kiwi wine; sensory evaluation and optimisation of its composition. *Food Chemistry*, 75, 487-500.
- Soysal, Y., Ayhan, Z., ve Eştürk, O. 2009. Mikrodalga ile meyve ve sebze kurutmada enerji kullanım verimliliği ve ürün kalitesinin artırılmasında ileri kurutma tekniklerinin uygulanması üzerine araştırmalar. Antakya, Hatay. TÜBİTAK Proje No:105 O 547, 136s.
- Stamp, J.A., Labuza, T.P. 1983. Kinetics of the Maillard reaction between aspartame and glucose in solution at high temperatures. *Journal of Food and Science Technology*, 48, 543-547.
- Steet, J.A., Tong, C.H. 1996. Degradation kinetics of green color and chlorophylls in peas by colorimetry and HPLC. *Journal of Food and Science Technology*, 61, 921-927.
- Sunjka, P.S., Rennie, T.J., Beaudry, C., Raghavan, G.S.V. 2004. Microwave-convective and microwave-vacuum drying of cranberries: A comparative study. *Drying Technology*, 22(5): 1217–1231.
- Tan, M., Chua, K.J., Mujumdar, A.S., Chou, S.K. 2002. Osmotic dehydration of potato and pineapple-effect of intermittent infrared radiation and continuous convection in a heat pump dryer. *Drying Technology-An International Journal*.
- Tarhan, S., Ergüneş, G.M., Mutlu, A. 2009. Farklı kurutma koşullarının amasya elmasının kuruma süresi ve kalite üzerine etkileri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2(2): 1-6.
- Teymur, N. 1999. Maydanoz ve dereotunun kurutulması ve kuruma karakteristiklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 64s.

- Tonucci, L.H., Von Elbe, J.H. 1992. Kinetics of the formation of zinc complexes of chlorophyll derivatives. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 40, 2341-2344.
- Tsami, E., Katsioti, M. 2000. Drying kinetics for some fruits: predicting of porosity and color during dehydration. *Drying Technology*, 18(7): 1559–1581.
- Tulasidas, T.N., Raghavan, G.S.V., Norris, E.R. 1993. Microwave and convective drying of grapes. *Transactions of the ASAE*, 36(6): 1861-1865.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 2015. ‘Türkiye’nin Kivi Üretimi Verileri’, <http://www.tuik.gov.tr> (Erişim Tarihi, 30.05.2017).
- Tylewicz, U., Fito, P.J., Castro-Giraldez, M., Fito P., Dalla Rosa, M. 2011. Analysis of kiwifruit osmodehydration process by systematic approach systems. *Journal of Food Engineering*, 104, 438-444.
- Üstün, Ş., Tosun, İ., Cemeroğlu, B. 1999. Reçel üretimi amacıyla kurutulmuş kayisuların rehidrasyonu. *Gıda Dergisi*, 24(2): 103-111.
- Vadivambal, R., Jayas, D.S. 2007. Changes in quality of microwave-treated agricultural products—A review, *Biosystems Engineering*, 98(1), 1-16.
- Venkatachalapathy, K., Raghavan, G.S.V. 1999. Combined osmotic and microwave drying of strawberries. *Drying Technology*, 17(4,5): 837-853 pp.
- Voegel-Turenne, C., Allaf, K., Bouvier, J. 1997. Analysis and modeling of browning of the Granny Smith apple during drying. *Drying Technology*, 15(10): 2587–2596.
- Weemaes, C., Ooms, V., Indrawati, , Ludikhuyze, L., Van den Broeck, I., Van Loey, A., Hendrickx, M. 1999. Pressure-temperature degradation of green color in broccoli juice. *Journal of Food Science*, 64, 504-508.
- Wojdylo, A., Figiel, A., Lech, K., Nowicka, P., Oszmiański, J. 2014. Effect of convective and vacuum–microwave drying on the bioactive compounds, color, and antioxidant capacity of sour cherries. *Food and Bioprocess technology*, 7(3): 829-841.
- Yelmen, B., Ustuner, T., Ustuner, M. 2011. A study on microwave assisted drying characteristics of red pepper. *Scientific Research and Essays*, 6(1): 23-34.
- Yongsawatdigul, J., Gunasekaran, S. 1996a. Microwave-vacuum drying of cranberries: part I, Energy use and efficiency. *Journal of Food Processing and Preservation*, 20(2): 121–143.
- Yongsawatdigul, J., Gunasekaran, S. 1996b. Microwave-vacuum drying of cranberries: part II, Quality evaluation. *Journal of Food Processing and Preservation*, 20(2): 145-156.
- Zhang, J., Zhang, M., Shan, L., Fang, Z. 2007. Microwave-vacuum heating parameters for processing savory crisp bighead carp (*Hypophthalmichthys nobilis*) slices. *Journal of Food Engineering*, 79(3): 885–891.



## EKLER

**EK 1.** 20 °C'deki rehidrasyon oranlarına, kurutma yöntemi ve rehidrasyon süresinin etkisini gösteren ANOVA (Genel Doğrusal Model) Test Tablosu

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Yöntem	4	liyofilizatör; MVK; sıcak hava; vakum			
Süre	10	0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Yöntem	3	7.1080	2.36932	196.20	0.000
Süre	9	52.4316	5.82573	482.42	0.000
Yöntem x Süre	27	5.9754	0.22131	18.33	0.000
Hata	80	0.9661	0.01208		
Toplam	119	66.4810			

**EK 2.** 50 °C'deki rehidrasyon oranlarına, kurutma yöntemi ve rehidrasyon süresinin etkisini gösteren ANOVA (Genel Doğrusal Model) Test Tablosu

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Yöntem	4	liyofilizatör; MVK; sıcak hava; vakum			
Süre	10	0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Yöntem	3	2.425	0.80819	20.14	0.000
Süre	9	47.862	5.31801	132.49	0.000
Yöntem x Süre	27	1.800	0.06667	1.66	0.047
Hata	70	2.810	0.04014		
Toplam	109	56.804			

**EK 3.** Sıcak hava ile kurutulan kivi dilimlerine ait 20 °C'deki rehidrasyon oranlarının zamana göre tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
süre	10	0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Süre	9	8.4988	0.94431	89.24	0.000
Hata	20	0.2116	0.01058		
Toplam	29	8.7104			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Süre</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
0	3	1.000 <sup>e</sup> ±0.000
1	3	1.889 <sup>d</sup> ±0.104
2	3	2.300 <sup>c</sup> ±0.096
3	3	2.441 <sup>ab</sup> ±0.187
4	3	2.660 <sup>ab</sup> ±0.131
5	3	2.690 <sup>ab</sup> ±0.085
6	3	2.678 <sup>ab</sup> ±0.037
7	3	2.710 <sup>ab</sup> ±0.106
8	3	2.755 <sup>a</sup> ±0.110
9	3	2.785 <sup>a</sup> ±0.031

**EK 4.** MVK ile kurutulan kivi dilimlerine ait 20 °C'deki rehidrasyon oranlarının zamana göre tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
süre	10	0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Süre	9	18.4698	2.05220	168.57	0.000
Hata	20	0.2435	0.01217		
Toplam	29	18.7133			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Süre</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
0	3	1.000 <sup>e</sup> ±0.000
1	3	2.247 <sup>d</sup> ±0.057
2	3	2.830 <sup>c</sup> ±0.124
3	3	3.128 <sup>bc</sup> ±0.134
4	3	3.308 <sup>ab</sup> ±0.171
5	3	3.518 <sup>a</sup> ±0.155
6	3	3.553 <sup>a</sup> ±0.111
7	3	3.555 <sup>a</sup> ±0.069
8	3	3.605 <sup>a</sup> ±0.088
9	3	3.451 <sup>a</sup> ±0.080

**EK 5.** Vakum ile kurutulan kivi dilimlerine ait 20 °C'deki rehidrasyon oranlarının zamana göre tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
süre	10	0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Süre	9	20.9988	2.33320	251.70	0.000
Hata	20	0.1854	0.00927		
Toplam	29	21.1842			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Süre</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
0	3	1.000 <sup>f</sup> ±0.000
1	3	1.939 <sup>e</sup> ±0.123
2	3	2.524 <sup>d</sup> ±0.152
3	3	2.955 <sup>c</sup> ±0.187
4	3	3.219 <sup>bc</sup> ±0.065
5	3	3.442 <sup>ab</sup> ±0.042
6	3	3.553 <sup>a</sup> ±0.072
7	3	3.650 <sup>a</sup> ±0.034
8	3	3.538 <sup>a</sup> ±0.017
9	3	3.641 <sup>a</sup> ±0.079

**EK 6.** Liyofilizatör ile kurutulan kivi dilimlerine ait 20 °C'deki rehidrasyon oranlarının zamana göre tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
süre	10	0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Süre	9	10.4395	1.15995	71.25	0.000
Hata	20	0.3256	0.01628		
Toplam	29	10.7651			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Süre</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
0	3	1.000 <sup>b</sup> ±0.000
1	3	2.974 <sup>a</sup> ±0.076
2	3	3.002 <sup>a</sup> ±0.151
3	3	2.963 <sup>a</sup> ±0.148
4	3	2.967 <sup>a</sup> ±0.072
5	3	2.985 <sup>a</sup> ±0.022
6	3	3.010 <sup>a</sup> ±0.081
7	3	3.017 <sup>a</sup> ±0.176
8	3	2.874 <sup>a</sup> ±0.233
9	3	2.784 <sup>a</sup> ±0.121

**EK 7.** Sıcak hava ile kurutulan kivi dilimlerine ait 50 °C'deki rehidrasyon oranlarının zamana göre tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>
süre	10	0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9

<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Süre	9	14.851	1.65011	19.37	0.000
Hata	20	1.704	0.08521		
Toplam	29	16.555			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Süre</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
0	3	1.000 <sup>c</sup> ±0.000
1	3	2.416 <sup>b</sup> ±0.207
2	3	2.872 <sup>ab</sup> ±0.292
3	3	3.096 <sup>ab</sup> ±0.308
4	3	3.159 <sup>ab</sup> ±0.287
5	3	3.249 <sup>ab</sup> ±0.343
6	3	3.333 <sup>a</sup> ±0.330
7	3	3.322 <sup>a</sup> ±0.332
8	3	3.401 <sup>a</sup> ±0.329
9	3	3.419 <sup>a</sup> ±0.320

**EK 8.** MVK ile kurutulan kivi dilimlerine ait 50 °C'deki rehidrasyon oranlarının zamana göre tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>
süre	10	0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9

<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Süre	9	8.25913	0.917682	112.04	0.000
Hata	10	0.08191	0.008191		
Toplam	19	8.34104			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Süre</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
0	3	1.000 <sup>f</sup> ±0.000
1	3	2.460 <sup>e</sup> ±0.005
2	3	2.695 <sup>de</sup> ±0.137
3	3	2.897 <sup>cd</sup> ±0.074
4	3	2.954 <sup>bcd</sup> ±0.064
5	3	3.054 <sup>abcd</sup> ±0.176
6	3	3.131 <sup>abc</sup> ±0.056
7	3	2.992 <sup>abcd</sup> ±0.120
8	3	3.276 <sup>ab</sup> ±0.067
9	3	3.344 <sup>a</sup> ±0.008

**EK 9.** Vakum ile kurutulan kivi dilimlerine ait 50 °C'deki rehidrasyon oranlarının zamana göre tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
süre	10	0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Süre	9	18.4731	2.05257	49.61	0.000
Hata	20	0.8274	0.04137		
Toplam	29	19.3005			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Süre</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
0	3	1.000 <sup>d</sup> ±0.000
1	3	2.428 <sup>c</sup> ±0.195
2	3	2.974 <sup>bc</sup> ±0.254
3	3	3.230 <sup>ab</sup> ±0.188
4	3	3.304 <sup>ab</sup> ±0.258
5	3	3.451 <sup>ab</sup> ±0.183
6	3	3.547 <sup>ab</sup> ±0.233
7	3	3.636 <sup>a</sup> ±0.225
8	3	3.623 <sup>a</sup> ±0.210
9	3	3.682 <sup>a</sup> ±0.163

**EK 10.** Liyofilizatör ile kurutulan kivi dilimlerine ait 50 °C'deki rehidrasyon oranlarının zamana göre tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
süre	10	0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Süre	9	9.9865	1.10961	113.13	0.000
Hata	20	0.1962	0.00981		
Toplam	29	10.1827			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Süre</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
0	3	1.000 <sup>c</sup> ±0.000
1	3	2.672 <sup>b</sup> ±0.104
2	3	2.899 <sup>ab</sup> ±0.036
3	3	2.961 <sup>a</sup> ±0.061
4	3	2.881 <sup>ab</sup> ±0.130
5	3	2.872 <sup>ab</sup> ±0.111
6	3	2.906 <sup>ab</sup> ±0.068
7	3	2.952 <sup>ab</sup> ±0.072
8	3	2.900 <sup>ab</sup> ±0.142
9	3	3.048 <sup>a</sup> ±0.150

**EK 11.** Sıcak hava ile kurutulan kivi dilimlerinin rehidrasyon oranlarına rehidrasyon sıcaklığı ve süresinin etkisini gösteren ANOVA (Genel Doğrusal Model) test tablosu

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Sıcaklık	2	20; 50			
Süre	10	0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Sıcaklık	1	4.3018	4.30185	89.82	0.000
Süre	9	22.8309	2.53677	52.97	0.000
Sıcaklık x Süre	9	0.5188	0.05765	1.20	0.320
Hata	40	1.9158	0.04789		
Toplam	59	29.5673			

**EK 12.** MVK ile kurutulan kivi dilimlerinin rehidrasyon oranlarına rehidrasyon sıcaklığı ve süresinin etkisini gösteren ANOVA (Genel Doğrusal Model) test tablosu

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Sıcaklık	2	20; 50			
Süre	10	0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Sıcaklık	1	0.6865	0.68653	63.30	0.000
Süre	9	24.0857	2.67619	246.74	0.000
Sıcaklık x Süre	9	0.6011	0.06679	6.16	0.000
Hata	30	0.3254	0.01085		
Toplam	49	27.7409			

**EK 13.** Vakum ile kurutulan kivi dilimlerinin rehidrasyon oranlarına rehidrasyon sıcaklığı ve süresinin etkisini gösteren ANOVA (Genel Doğrusal Model) test tablosu

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Sıcaklık	2	20; 50			
Süre	10	0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Sıcaklık	1	0.2985	0.29852	11.79	0.001
Süre	9	38.9709	4.33010	171.01	0.000
Sıcaklık x Süre	9	0.5010	0.05566	2.20	0.043
Hata	40	1.0128	0.02532		
Toplam	59	40.7832			

**EK 14.** Dondurarak kurutulan kivi dilimlerinin rehidrasyon oranlarına rehidrasyon sıcaklığı ve süresinin etkisini gösteren ANOVA (Genel Doğrusal Model) test tablosu

Faktör	Levels	Değerler
Sıcaklık	2	20; 50
Süre	10	0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9

Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Sıcaklık	1	0.0351	0.03509	2.69	0.109
Süre	9	20.1495	2.23883	171.64	0.000
Sıcaklık x Süre	9	0.2765	0.03073	2.36	0.031
Hata	40	0.5217	0.01304		
Toplam	59	20.9829			

**EK 15.** Sıcak hava ile kurutulan kivi dilimlerinin L\* değerlerinin zamanla değişimine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

Faktör	Levels	Değerler
süre	9	0; 30; 60; 90; 120; 240; 360; 480; 600

Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Süre	8	300.0	37.498	5.81	0.000
Hata	24	154.9	6.453		
Toplam	32	454.9			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

Süre	N	Ortalamalar ± Standart Sapma
0	3	37.81 <sup>c</sup> ±0.589
30	4	39.42 <sup>bc</sup> ±2.20
60	4	43.73 <sup>abc</sup> ±4.11
90	3	43.81 <sup>abc</sup> ±1.29
120	4	46.99 <sup>a</sup> ±2.19
240	3	44.24 <sup>abc</sup> ±3.57
360	4	45.47 <sup>ab</sup> ±2.15
480	4	40.66 <sup>bc</sup> ±2.44
600	4	39.07 <sup>c</sup> ±2.15

**EK 16.** Sıcak hava ile kurutulan kivi dilimlerinin a\* değerlerinin zamanla değişimine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
süre	9	0; 30; 60; 90; 120; 240; 360; 480; 600			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Süre	8	254.728	31.8411	125.16	0.000
Hata	26	6.614	0.2544		
Toplam	34	261.343			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Süre</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
0	3	-0.62 <sup>f</sup> ±0.59
30	4	-0.27 <sup>ef</sup> ±0.35
60	4	0.13 <sup>def</sup> ±0.31
90	4	0.79 <sup>de</sup> ±0.47
120	4	1.11 <sup>d</sup> ±0.26
240	4	3.70 <sup>c</sup> ±0.69
360	4	5.02 <sup>b</sup> ±0.56
480	4	6.16 <sup>ab</sup> ±0.61
600	4	6.63 <sup>a</sup> ±0.51

**EK 17.** Sıcak hava ile kurutulan kivi dilimlerinin b\* değerlerinin zamanla değişimine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
süre	9	0; 30; 60; 90; 120; 240; 360; 480; 600			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Süre	8	428.26	58.532	32.36	0.000
Hata	23	38.05	1.654		
Toplam	31	466.30			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Süre</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
0	3	14.43 <sup>c</sup> ±1.68
30	4	16.00 <sup>c</sup> ±1.24
60	4	17.69 <sup>c</sup> ±0.72
90	4	21.36 <sup>b</sup> ±1.93
120	4	22.53 <sup>ab</sup> ±0.90
240	3	25.03 <sup>a</sup> ±0.88
360	4	25.37 <sup>a</sup> ±0.95
480	3	22.64 <sup>ab</sup> ±0.80
600	3	23.08 <sup>ab</sup> ±1.85



**EK 18.** Vakum ile kurutulan kivi dilimlerinin L\* değerlerinin zamanla değişimine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
süre	8	0; 30; 60; 90; 120; 240; 360; 480			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Süre	7	152.3	21.752	2.77	0.046
Hata	15	117.9	7.862		
Toplam	22	270.2			
<b>Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi</b>					
<b>Süre</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>			
0	3	37.81 <sup>a</sup> ±0.58			
30	3	43.78 <sup>a</sup> ±6.11			
60	3	44.33 <sup>a</sup> ±1.36			
90	3	43.16 <sup>a</sup> ±0.45			
120	3	42.90 <sup>a</sup> ±1.65			
240	2	44.25 <sup>a</sup> ±1.73			
360	3	40.27 <sup>a</sup> ±3.09			
480	3	37.91 <sup>a</sup> ±2.34			

**EK 19.** Vakum ile kurutulan kivi dilimlerinin a\* değerlerinin zamanla değişimine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
süre	8	0; 30; 60; 90; 120; 240; 360; 480			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Süre	7	192.521	27.5030	69.65	0.000
Hata	20	7.864	0.3932		
Toplam	27	200.385			
<b>Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi</b>					
<b>Süre</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>			
0	3	-0.62 <sup>d</sup> ±0.59			
30	3	0.67 <sup>cd</sup> ±0.16			
60	3	1.00 <sup>cd</sup> ±0.52			
90	4	1.28 <sup>c</sup> ±0.29			
120	4	2.20 <sup>c</sup> ±0.69			
240	4	3.94 <sup>b</sup> ±0.18			
360	3	6.40 <sup>a</sup> ±0.83			
480	4	7.25 <sup>a</sup> ±1.05			

**EK 20.** Vakum ile kurutulan kivi dilimlerinin b\* değerlerinin zamanla değişimine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
süre	8	0; 30; 60; 90; 120; 240; 360; 480			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Süre	7	196.78	28.112	9.49	0.000
Hata	17	50.34	2.961		
Toplam	24	247.12			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Süre</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
0	3	14.43 <sup>c</sup> ±1.68
30	3	17.61 <sup>bc</sup> ±1.26
60	3	17.69 <sup>bc</sup> ±0.91
90	2	18.71 <sup>abc</sup> ±1.00
120	3	19.33 <sup>ab</sup> ±1.04
240	3	22.87 <sup>a</sup> ±1.94
360	4	22.80 <sup>a</sup> ±2.62
480	4	21.79 <sup>ab</sup> ±1.67

**EK 21.** MVK ile kurutulan kivi dilimlerinin L\* değerlerinin zamanla değişimine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
süre	7	0; 201; 202; 203; 204; 205; 206			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Süre	6	44.16	7.360	0.56	0.759
Hata	20	264.19	13.209		
Toplam	26	308.35			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Süre</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
0	3	45.14 <sup>a</sup> ±2.36
201	4	46.77 <sup>a</sup> ±3.64
202	4	48.07 <sup>a</sup> ±3.67
203	4	49.24 <sup>a</sup> ±5.40
204	4	46.08 <sup>a</sup> ±3.58
205	4	48.60 <sup>a</sup> ±2.54
206	4	48.62 <sup>a</sup> ±3.04

**EK 22.** MVK ile kurutulmuş kivi dilimlerinin a\* değerlerinin zamanla değişimine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
süre	7	0; 201; 202; 203; 204; 205; 206			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Süre	6	52.335	8.7225	24.46	0.000
Hata	21	7.488	0.3566		
Toplam	27	59.823			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Süre</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
0	4	2.77 <sup>c</sup> ±0.86
201	4	4.18 <sup>d</sup> ±0.54
202	4	5.17 <sup>cd</sup> ±0.51
203	4	5.08 <sup>cd</sup> ±0.30
204	4	5.74 <sup>bc</sup> ±0.45
205	4	6.60 <sup>ab</sup> ±0.87
206	4	7.17 <sup>a</sup> ±0.36

**EK 23.** MVK ile kurutulmuş kivi dilimlerinin b\* değerlerinin zamanla değişimine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
süre	7	0; 201; 202; 203; 204; 205; 206			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Süre	6	20.49	3.415	0.96	0.474
Hata	21	74.48	3.547		
Toplam	27	94.97			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Süre</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
0	4	24.02 <sup>a</sup> ±1.02
201	4	24.80 <sup>a</sup> ±2.63
202	4	25.19 <sup>a</sup> ±1.13
203	4	25.17 <sup>a</sup> ±2.42
204	4	25.24 <sup>a</sup> ±2.63
205	4	26.06 <sup>a</sup> ±1.63
206	4	26.92 <sup>a</sup> ±0.34

**EK 24.** Liyofilizatör ile kurutulan kivi dilimlerinin L\* değerlerinin zamanla değişimine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
süre	9	0; 120; 240; 360; 480; 720; 960; 1200; 1440			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Süre	8	2127.6	265.95	12.34	0.000
Hata	26	560.2	21.54		
Toplam	34	2687.7			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Süre</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
0	3	37.81 <sup>b</sup> ±0.589
120	4	64.54 <sup>a</sup> ±2.71
240	4	66.83 <sup>a</sup> ±1.35
360	4	61.62 <sup>a</sup> ±4.30
480	4	65.04 <sup>a</sup> ±4.18
720	4	62.85 <sup>a</sup> ±5.99
960	4	65.17 <sup>a</sup> ±2.97
1200	4	66.51 <sup>a</sup> ±5.55
1440	4	67.13 <sup>a</sup> ±8.11

**EK 25.** Liyofilizatör ile kurutulan kivi dilimlerinin a\* değerlerinin zamanla değişimine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
süre	9	0; 120; 240; 360; 480; 720; 960; 1200; 1440			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Süre	8	13.53	1.6919	2.01	0.085
Hata	26	21.89	0.8420		
Toplam	34	35.43			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Süre</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
0	3	-0.62 <sup>a</sup> ±0.59
120	4	-1.70 <sup>a</sup> ±0.51
240	4	-2.32 <sup>a</sup> ±0.79
360	4	-2.39 <sup>a</sup> ±0.87
480	4	-2.16 <sup>a</sup> ±0.97
720	4	-1.01 <sup>a</sup> ±1.10
960	4	-0.84 <sup>a</sup> ±0.69
1200	4	-1.07 <sup>a</sup> ±0.95
1440	4	-1.42 <sup>a</sup> ±1.35

**EK 26.** Liyofilizatör ile kurutulan kivi dilimlerinin b\* değerlerinin zamanla değişimine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
süre	9	0; 120; 240; 360; 480; 720; 960; 1200; 1440			

<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Süre	8	214.71	26.839	21.86	0.000
Hata	21	25.79	1.228		
Toplam	29	240.50			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Süre</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
0	3	14.43 <sup>c</sup> ±1.68
120	4	20.69 <sup>b</sup> ±1.18
240	4	22.25 <sup>ab</sup> ±1.00
360	3	24.12 <sup>a</sup> ±1.60
480	3	24.62 <sup>a</sup> ±1.19
720	3	21.91 <sup>ab</sup> ±0.78
960	3	22.49 <sup>ab</sup> ±0.69
1200	3	22.43 <sup>ab</sup> ±0.67
1440	4	22.76 <sup>ab</sup> ±0.76

**EK 27.** Farklı yöntemlerle kurutulan kivi dilimlerinin L\* değerlerinin tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Uygulanan işlem şartları	5	Taze kivi; Sıcak hava; MVK; Vakum; Liyofilizatör			

<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Uygulanan işlem şartları	4	2383.9	595.97	30.93	0.000
Hata	13	250.5	19.27		
Toplam	17	2634.4			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Uygulanan İşlem</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
Taze kivi	3	37.811 <sup>c</sup> ±0.589
Sıcak Hava	4	39.07 <sup>bc</sup> ±2.15
Vakum	3	37.91 <sup>c</sup> ±2.34
MVK	4	48.62 <sup>b</sup> ±3.04
Liyofilizatör	4	67.13 <sup>a</sup> ±8.11

**EK 28.** Farklı yöntemlerle kurutulmuş kivi dilimlerinin a\* değerlerinin tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Uygulanan işlem şartları	5	Taze kivi; Sıcak hava; MVK; Vakum; Liyofilizatör			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Uygulanan işlem şartları	4	292.09	73.0219	95.36	0.000
Hata	14	10.72	0.7657		
Toplam	18	302.81			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Uygulanan İşlem</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
Taze kivi	3	-0.624 <sup>b</sup> ±0.594
Sıcak Hava	4	6.630 <sup>a</sup> ±0.510
Vakum	4	7.259 <sup>a</sup> ±1.057
MVK	4	7.171 <sup>a</sup> ±0.364
Liyofilizatör	4	-1.422 <sup>b</sup> ±1.352

**EK 29.** Farklı yöntemlerle kurutulmuş kivi dilimlerinin b\* değerlerinin tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
Uygulanan işlem şartları	5	Taze kivi; Sıcak hava; MVK; Vakum; Liyofilizatör			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Uygulanan işlem şartları	4	274.01	68.503	38.64	0.000
Hata	13	23.05	1.773		
Toplam	17	297.06			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Uygulanan İşlem</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
Taze kivi	3	14.439 <sup>c</sup> ±1.683
Sıcak Hava	3	23.08 <sup>b</sup> ±1.85
Vakum	4	21.796 <sup>b</sup> ±1.672
MVK	4	26.921 <sup>a</sup> ±0.342
Liyofilizatör	4	22.761 <sup>b</sup> ±0.768

**EK 30.** Sıcak hava ile kurutulan kivi dilimlerinin askorbik asit miktarlarının zamana göre tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

Faktör	Levels	Değerler
süre	9	0; 30; 60; 90; 120; 240; 360; 480; 600

Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Süre	8	93314.0	11664.2	152.18	0.000
Hata	10	766.5	76.6		
Toplam	18	94080.5			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

Süre	N	Ortalamalar ± Standart Sapma
0	3	249.16 <sup>b</sup> ±1.40
30	2	240.39 <sup>ab</sup> ±0.70
60	2	216.66 <sup>bc</sup> ±11.56
90	2	184.20 <sup>cd</sup> ±17.00
120	2	180.20 <sup>d</sup> ±14.90
240	2	120.35 <sup>e</sup> ±7.48
360	2	94.86 <sup>ef</sup> ±5.75
480	2	73.55 <sup>fg</sup> ±4.23
600	2	56.01 <sup>g</sup> ±3.07

**EK 31.** MVK ile kurutulan kivi dilimlerinin askorbik asit miktarlarının zamana göre tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

Faktör	Levels	Değerler
süre	7	0; 1; 2; 3; 4; 5; 6

Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Süre	6	2186.6	364.34	4.83	0.014
Hata	10	754.2	75.42		
Toplam	16	2940.2			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

Süre	N	Ortalamalar ± Standart Sapma
0	3	179.33 <sup>a</sup> ±0.57
1	2	177.79 <sup>ab</sup> ±2.79
2	2	177.50 <sup>ab</sup> ±19.0
3	2	176.26 <sup>ab</sup> ±6.35
4	2	176.90 <sup>ab</sup> ±17.2
5	3	160.01 <sup>ab</sup> ±2.56
6	3	149.83 <sup>b</sup> ±4.17

**EK 32.** Vakum ile kurutulan kivi dilimlerinin askorbik asit miktarlarının zamana göre tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
süre	8	0; 30; 60; 90; 120; 240; 360; 480			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Süre	7	59245.9	8463.70	97.19	0.000
Hata	10	870.8	87.08		
Toplam	17	60116.7			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Süre</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
0	3	249.16 <sup>a</sup> ±1.40
30	2	159.20 <sup>b</sup> ±0.00
60	2	157.50 <sup>b</sup> ±20.7
90	2	143.12 <sup>b</sup> ±6.53
120	3	133.24 <sup>b</sup> ±5.51
240	2	97.05 <sup>c</sup> ±6.33
360	2	85.38 <sup>cd</sup> ±10.44
480	2	61.27 <sup>d</sup> ±13.61

**EK 33.** Liyofilizatör ile kurutulan kivi dilimlerinin askorbik asit miktarlarının zamana göre tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
süre	9	0; 120; 240; 360; 480; 720; 960; 1200; 1440			
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Süre	8	22422	2802.8	17.55	0.000
Hata	15	2396	159.7		
Toplam	23	24818			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Süre</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
0	3	249.16 <sup>a</sup> ±1.40
120	3	235.9 <sup>ab</sup> ±6.07
240	3	211.1 <sup>bc</sup> ±23.2
360	3	177.10 <sup>cd</sup> ±16.41
480	2	172.09 <sup>cd</sup> ±7.73
720	2	174.4 <sup>cd</sup> ±14.3
960	3	166.43 <sup>cd</sup> ±3.21
1200	3	171.07 <sup>d</sup> ±13.30
1440	2	175.30 <sup>d</sup> ±7.89



**EK 34.** Farklı yöntemlerle kurutulmuş kivi dilimlerinin askorbik asit miktarlarının tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test Tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>			
yöntem	4	Sıcak hava; Vakum; MVK; Liyofilizatör			

<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Süre	3	23644.7	7881.57	135.17	0.000
Hata	5	291.5	58.31		
Toplam	8	23936.2			

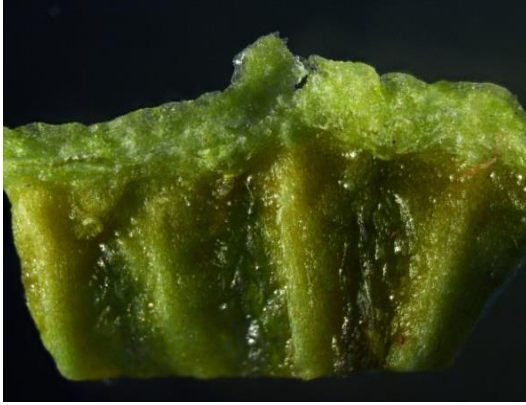
**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

<b>Uygulanan İşlem</b>	<b>N</b>	<b>Ortalamalar ± Standart Sapma</b>
Sıcak Hava	2	56.01 <sup>b</sup> ±3.07
Vakum	2	61.27 <sup>b</sup> ±13.61
MVK	3	149.83 <sup>a</sup> ±4.17
Liyofilizatör	2	175.30 <sup>a</sup> ±7.89

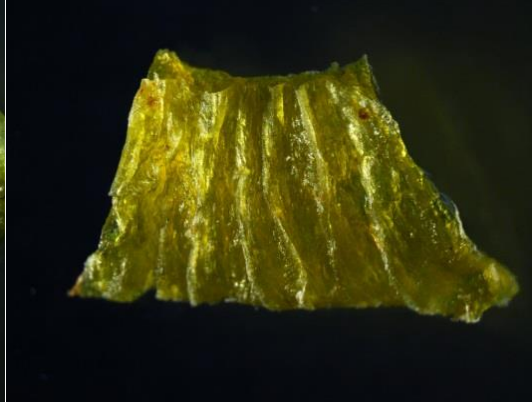


**EK 35.** Kurutma öncesi kivi dilimlerine ait görüntü

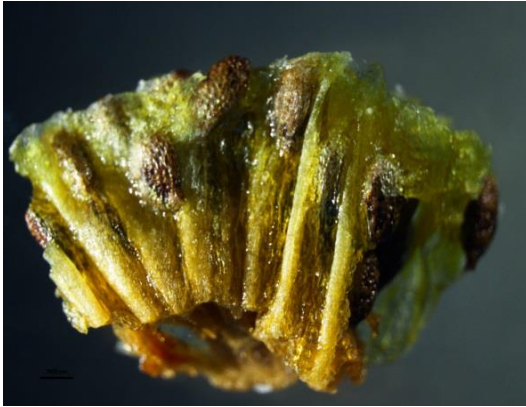
Farklı yöntemlerle kurutulan kivi dilimlerinden alınan kesit görüntüleri



a) Sıcak hava kurutma



b) Vakum kurutma



c) MVK ile kurutma



d) Liyofilizatör ile kurutma

**EK 36. Motorize Görüntüler**

## ÖZGEÇMİŞ

1. **Adı Soyadı** : Göksu AKAR
2. **Doğum Yeri ve Yılı** : Kırıkkale, 1993
3. **Unvanı** : Gıda Mühendisi
4. **E-mail** : goksuakar@hotmail.com
5. **Öğrenim Durumu** : Lisans

---

Derece	Bölüm/ Program	Üniversite	Yıl
Lisans	Gıda Mühendisliği	Ordu Üniversitesi	2015
Y. Lisans	Gıda Mühendisliği	Ordu Üniversitesi	2017

---

### 6. Bilimsel Çalışmalar

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, Edirne.

**Akar, G.**, Kızmaz, A., Mazı, B. G., & Barutçu Mazı, I., 2015. Total Phenolic Contents of Seeds, Skin, Stems and Flesh of Red Grape (*Vitis labrusca*) Extracted Under Different Extraction Conditions. Uluslararası Tarım, Gıda ve Gastronomi Kongresi, Antalya, p.194.