



**T.C.  
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**MİKRODALGA, SICAK HAVA VE MİKRODALGA-SICAK HAVA  
KOMBİNASYONU KURUTMA YÖNTEMLERİ İLE HURMA BAZLI  
PESTİL ÜRETİMİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Merve ŞENEL

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

**HAZİRAN 2024**

**T.C.  
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**MİKRODALGA, SICAK HAVA VE MİKRODALGA-SICAK HAVA  
KOMBİNASYONU KURUTMA YÖNTEMLERİ İLE HURMA BAZLI  
PESTİL ÜRETİMİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Merve ŞENEL  
(21278347002)  
ORCID: 0000-0002-9581-6517**

**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı  
Gıda Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı**

**Danışman: Prof. Dr. Gökçen YILDIZ  
ORCID: 000-0002-6637-7666**

**HAZİRAN 2024**



BTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 21278347002 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Merve ŞENEL, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "MİKRODALGA, SICAK HAVA VE MİKRODALGA-SICAK HAVA KOMBİNASYONU KURUTMA YÖNTEMLERİ İLE HURMA BAZLI PESTİL ÜRETİMİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :**      **Prof. Dr. Gökçen YILDIZ** .....  
Bursa Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :**      **Prof. Dr. Gökçen YILDIZ** .....  
Bursa Teknik Üniversitesi

**Dr. Öğretim Üyesi Seda ALTUNTAŞ** .....  
Bursa Teknik Üniversitesi

**Dr. Öğretim Üyesi Ahmet POLAT** .....  
Bursa Uludağ Üniversitesi

**Teslim Tarihi**            : ..../...../2024  
**Savunma Tarihi**        : 26 Haziran 2024



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, Bursa Teknik Üniversitesi’nin aboneliği olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

## İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Merve ŞENEL

İmzası:

X



*Aileme ve en sevdiğlerime,*

## ÖNSÖZ

Bu araştırma projesinin gerçekleştirilmesinde yardımını ve desteklerini esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Gökçen YILDIZ'a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. Ayrıca bugüne gelmemde bana katkısı büyük olan annem Fatma ŞENEL'e ve babam Durmuş ŞENEL'e maddi ve manevi katkılarından dolayı çok teşekkür ederim.

Haziran 2024

Merve ŞENEL  
(Gıda Mühendisi)

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
KISALTMALAR .....	x
SEMBOLLER.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xiv
ABSTRACT .....	xv
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRILMASI .....</b>	<b>4</b>
2.1 Pestil .....	4
2.1.1 Pestille ilgili yapılan çalışmalar .....	6
2.2 Elma.....	9
2.3 Bal Kabağı .....	11
2.4 Hurma .....	12
2.5 Gıdalarda Kurutma .....	14
2.5.1 Gıdalarda kurutma mekanizması.....	15
2.5.2 Gıdalarda kurutma hızını etkileyen faktörler .....	16
2.5.3 Gıdalarda kurutma yöntemleri .....	17
2.5.3.1 Güneşte kurutma.....	17
2.5.3.2 Vakum kurutma .....	17
2.5.3.3 Dondurarak kurutma .....	18
2.5.3.4 Döner (tambur) kurutucular ile kurutma .....	18
2.5.3.5 Püskürtmeli kurutma.....	18
2.5.3.6 Sıcak hava kurutma.....	19
2.5.3.7 Mikrodalga kurutma .....	19
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>	<b>21</b>
3.1 Materyal.....	21
3.2 Pestil Üretimi .....	21
3.3 Kurutma İşlemi.....	23
3.4 Denemelerde Kullanılan Mikrodalga - Sıcak Hava Fırını Kurutma Cihazı .....	24
3.5 Kurutma Karakteristiklerinin Belirlenmesi İçin Yapılan Hesaplamalar .....	24
3.5.1 Nem içeriğinin hesaplanması .....	24
3.5.2 Kuruma hızının hesaplanması .....	24
3.6 Analizler.....	25
3.6.1 Toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite için ekstraksiyon işlemi.....	25
3.6.2 Toplam fenolik madde tayini .....	25
3.6.3 Antioksidan kapasite tayini.....	26
3.6.4 Renk tayini .....	26
3.6.5 Fiziksel analiz.....	27

3.6.6 Duyusal analiz .....	27
3.6.7 İstatistiksel analiz .....	27
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....</b>	<b>28</b>
4.1 Nem İçeriği Değişimi .....	28
4.2 Kuruma Hızının Değişimi.....	30
4.3 Toplam Fenolik Madde Ve Antioksidan Kapasite Analiz Sonuçları .....	33
4.3.1 Toplam fenolik madde sonuçları.....	33
4.3.2 Toplam antioksidan kapasite sonuçları.....	36
4.4 Renk Değerleri Sonuçları.....	39
4.5 Fiziksel Analiz Sonuçları.....	46
4.6 Duyusal Analiz Sonuçları .....	49
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>51</b>
<b>KAYNAKÇA.....</b>	<b>54</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>59</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>60</b>



## **KISALTMALAR**

<b>ABD</b>	: Amerika Birleşik Devleti
<b>DPPH</b>	: 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl
<b>GAE</b>	: Gallik Asit Eş Değeri
<b>HMF</b>	: Hidroksimetil furfural
<b>HPLC</b>	: Yüksek performanslı sıvı kromatografisi



## SEMBOLLER

<b>%</b>	: Yüzde
<b>°C</b>	: Santigrat derece
<b>µm</b>	: Mikro mol
<b>°Bx</b>	: Brix
<b>a*</b>	: Rengin kırmızılığı (+) ya da yeşilliği (-)
<b>b*</b>	: Rengin sarılığı (+) ya da maviliği (-)
<b>C*</b>	: Renk yoğunluğu (kroma)
<b>cm</b>	: Santimetre
<b>cm<sup>3</sup></b>	: Santimetreküp
<b>g</b>	: Gram
<b>Kg</b>	: Kilogram
<b>Km</b>	: Kuru madde
<b>L*</b>	: Parlaklık
<b>m/s</b>	: Metre/saniye
<b>mg</b>	: Miligram
<b>mg/kg</b>	: Miligram/kg
<b>mg/L</b>	: Miligram/litre
<b>mL</b>	: Mililitre
<b>mm</b>	: Milimetre
<b>Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></b>	: Sodyum karbonat
<b>nm</b>	: Nanometre
<b>pH</b>	: Asitlik-alkalilik faktörü
<b>W</b>	: Güç
<b>α°</b>	: Hue açısı
<b>ΔE</b>	: Renk değişimi

## ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
<b>Çizelge 4.1</b> : Farklı uygulamalarla kurutularak elde edilen pestil örneklerinin toplam fenolik madde değerleri .....	<b>36</b>
<b>Çizelge 4.2</b> : Farklı uygulamalarla kurutularak elde edilen pestil örneklerinin antioksidan kapasite değerleri .....	<b>39</b>
<b>Çizelge 4.3</b> : Farklı uygulamalarla kurutularak elde edilen pestil örneklerinin renk değerleri .....	<b>45</b>
<b>Çizelge 4.4</b> : Farklı uygulamalarla kurutularak elde edilen pestil örneklerinin çap ve kalınlık değerleri.....	<b>48</b>
<b>Çizelge 4.5</b> : Pestil örneklerinin duyuşal analiz sonuçları.....	<b>50</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 : Gıdalarda kütle-ısı transferi (Karabacak, 2021). .....	15
Şekil 2.2 : Gıdaların kuruma eğrisi. ....	15
Şekil 3.1 : Pestil üretim akış şeması. ....	22
Şekil 3.2 : Pestil üretimi.....	23
Şekil 4.1 : Farklı yöntemlerle kurutulan pestil örneklerinin nem içeriğinin zaman ile değişimi. ....	30
Şekil 4.2 : Farklı yöntemlerle kurutulan pestil örneklerinin kuruma hızlarının nem içerikleriyle değişimi. ....	32
Şekil A.1: Duyusal analiz formu.....	59

# MİKRODALGA, SICAK HAVA VE MİKRODALGA-SICAK HAVA KOMBİNASYONU KURUTMA YÖNTEMLERİ İLE HURMA BAZLI PESTİL ÜRETİMİ

## ÖZET

Bu çalışmada; hurma, balkabağı ve elma meyveleri kullanılarak oluşturulan formülasyon ile şeker ilavesiz pestil üretimi gerçekleştirilmiştir. Sıcak hava (50 ve 75 °C), mikrodalga (200 W ve 300 W) ve mikrodalga-sıcak hava (200 W+50 °C, 200 W+75 °C, 300 W+50 °C ve 300 W+75 °C) kurutma yöntemleri kullanılarak üretilen pestil örneklerinin nem içeriklerinin zamanla değişimi ve kuruma hızları belirlenmiştir. Bununla birlikte elde edilen pestil örneklerinin bazı kalite parametreleri (toplam fenolik madde, antioksidan kapasite, renk, fiziksel ve duyu analizi) incelenmiştir. Artan kurutma sıcaklığı ve mikrodalga güç seviyesi daha kısa kuruma süresi ile sonuçlanırken; mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu kurutma hem sıcak hava hem de mikrodalga yöntemleriyle karşılaştırıldığında kurutma süresini azaltmıştır. Genel olarak kısa bir ısınma periyodunun da gözlemlendiği kurutma uygulamaları dahil, pestil örneklerinin kuruma işlemi azalan periyotta gerçekleşmiştir. Kullanılan kurutma yöntemleri arasında, mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu daha yüksek kuruma hızı sağlamıştır. Pestil örneklerinin antioksidan kapasite değerleri, en yüksek mikrodalga (300 W) yöntemi ile tespit edilmiş olup, en düşük değer sıcak hava (75 °C) yöntemi ile kurutulan pestil örneğinde tespit edilmiştir. Toplam fenolik madde miktarı, en yüksek 300 W+75 °C ( $1515,75 \pm 20,48$ ) ve 300 W ( $1444,79 \pm 13,52$ ) uygulamalarında tespit edilmiş olup, en düşük değer sıcak hava (50 ve 75 °C) ile kurutulan pestil örneklerinde gözlemlenmiştir ( $p < 0,05$ ). Renk değerleri incelendiğinde, 300 W+75 °C’de kurutulan pestil örneklerinin  $L^*$  değerleri diğer kurutma parametreleriyle karşılaştırıldığında en düşük değere sahipken,  $a^*$  renk değeri ise en yüksek değere sahip olduğu belirlenmiştir. Duyusal analiz sonuçlarına göre, panelistler tarafından puanlanan renk, görünüş, yapı-kıvam, ısırma-koparma özelliği ve çiğnenebilirlik parametreleri istatistiksel olarak değerlendirildiğinde kurutma yöntemleri açısından bir fark gözlemlenmemiş olup, genel kabul edilebilirlik parametresinde gruplar arasında farklılıklar istatistiksel olarak önem arz etmemektedir ( $p < 0,05$ ). Genel kabul edilebilirlik sonuçlarına göre, panelistlerden en yüksek puan alan 200 W+50 °C mikrodalga-sıcak hava yöntemi ile kurutulan ürünlere ait olmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu, Pestil, Şeker ilavesiz, Hurma, Balkabağı.

## DATE BASED LEATHER PRODUCTION WITH MICROWAVE, HOT AIR AND MICROWAVE-HOT AIR COMBINATION DRYING METHODS

### ABSTRACT

In this study, fruit leather was produced without added sugar with the formulation created using date, pumpkin and apple fruits. Hot air (50 and 75 °C), microwave (200 W and 300 W) and microwave-hot air (200 W+50 °C, 200 W+75 °C, 300 W+50 °C and 300 W+75 °C). The change in moisture content of fruit pulp samples produced using drying methods over time, drying speed were determined. In addition, some quality parameters (total phenolic substance, antioxidant capacity, color, physical and sensory analysis) of the fruit pulp samples were examined. While increasing drying temperature and microwave power level results in shorter drying time; microwave-hot air combination drying reduced the drying time required compared to both hot air and microwave methods. The drying process of the fruit pulp samples took place in a decreasing period, including the drying applications in which a short warm-up period was generally observed. Among the drying methods used, microwave-hot air combination provided a higher drying rate. The highest antioxidant capacity values of the fruit pulp samples were determined by the microwave (300 W) method, and the lowest value was determined in the fruit pulp sample dried by the hot air (75 °C) method. The highest amount of phenolic substances was determined in 300 W+75 °C ( $1515.75 \pm 20.48$ ) and 300 W ( $1444.79 \pm 13.52$ ) applications, and the lowest value was in hot air (50 and 75 °C). It was observed in fruit pulp samples dried with ( $p < 0.05$ ). When the color values were examined, it was determined that the  $L^*$  values of the fruit pulp samples dried at 300 W+75 °C had the lowest value compared to other drying parameters, while the  $a^*$  color value had the highest value. According to the sensory analysis results, when the color, appearance, structure-consistency, bite-tear feature and chewability parameters scored by the panelists were evaluated statistically, no difference was observed in terms of drying methods, and the differences between the groups in the general acceptability parameter were statistically significant ( $p < 0.05$ ). According to the general acceptability results, the highest score from the panelists belonged to the 200 W+50 °C microwave-hot air method.

**Keywords:** Microwave-hot air combination, Leather, No added sugar, Date, Pumpkin.

## 1. GİRİŞ

Meyve ve sebzeler; karotenoidler, mineral, vitamin ve antioksidan aktivite özelliği olan fenolik maddelerce zengindirler. (Boyer ve Liu, 2004; Karabacak, 2021) Diğer gıda ürünlerinden farklı olarak toplandıktan sonra solunumlarını sürdürerek fizyolojik hayatlarına devam ettiklerinden dolayı; depolama esnasında bozulmalar meydana gelmektedir (Cagandi ve Otlas, 2005). Bu sebeple; bu hammaddeler tüketilmeden önce ön işlemlere tabi tutulmaktadırlar. Bu hammaddelerin taze ve işlenmemiş olarak tüketilmesi gerekmektedir. Fakat meyve ve sebzelerin mevsimsel oluşu nedeniyle bulunabilirliği zor olmakta ve taze olarak hemen tüketilmesi bazen olanaksız olmaktadır. Meyve ve sebzeler mevsiminde hasat edilerek farklı muhafaza teknikleri (dondurma, reçelleme, konserve yapımı, kurutma) kullanılarak raf ömrü uzatılmakta olup, mevsimi olmayan dönemlerde de besin değerlerinde düşmeler yaşansa da tüketiciler tarafından sağlıklı tüketilen bir ürün haline dönüştürülmektedir (Chen ve Martynenko, 2018; Karabacak, 2021).

En fazla kullanılan gıda muhafaza yöntemlerinden bir tanesi içeriğinden suyun uzaklaştırılması yöntemine dayanan kurutma tekniğidir (Limpai boon, 2011). Kurutma, gıda muhafazasının en eski yöntemlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Binlerce yıldır insanlar, mevsim dışı dönemlerde onların besleyici özelliklerini sürdürmek için et, balık, meyve ve sebzeleri kurutmuştur. Gıda endüstrisinde kurutma teknolojisi oldukça yaygın kullanılmaktadır ve dünyadaki tüm ülkelere yayılmaktadır. Ürünlerin su içeriğinin azaltılması, depolama ve nakliye sırasında bozulmayı önleyerek hammaddenin korunmasına katkıda bulunmaktadır (Brennan, 2006).

Meyve ve sebzelerin kurutulması işleminde farklı kurutma teknikleri kullanılmaktadır. En eski ve en basit yöntem hammaddenin güneş altında açık alanda kurutulmasıdır. Bu kurutma şekli basit olmakla birlikte; ürünlerin açıkta bırakılması, böceklerin, kuşların, tozun ve yağmurun gibi çeşitli olumsuz etkenlerin etkisi altında kalmasına neden olmaktadır. Bu olumsuzluklara ek olarak hacimce geniş kurutma alanı ve uzun kurutma süresine ihtiyaç duyulmaktadır (Gürel ve diğ., 2016). Bu sebeplerden dolayı

gıda sanayisinde kurutma işlemlerinde farklı teknik ve prensipler uygulanmaktadır. Bu kurutma tekniklerinden bir tanesi de mikrodalga konvektif kurutma yöntemidir.

Mikrodalga kurutmada kullanılan yüksek frekanslı dalgalar kurutulan ürünün içinden hızlı bir şekilde geçmekte ve absorblanarak ısı enerjisine geçerek ürünün içindeki suyu buharlaştırmaktadır. Mikrodalga kurutmada ısı transferi, merkezden yüzeye doğru gerçekleştiği için ürünün iç sıcaklığı yüzey sıcaklığından daha yüksek olmaktadır (İzli ve diğ, 2022).

Pestil; insanlar tarafından aperatif veya tatlı olarak tercih edilen suyu alınmış meyve bazı şekerlemeli diyet ürünüdür. Bu ürün çığnenebilme ve lezzetli olmasının yanı sıra; genelde düşük yağ, yüksek lif ve yüksek karbonhidrat içermekte olup, kolayca depolanabilme ve paketleme olanağı yüksek bir üründür (Raabb ve diğ, 1976). Hangi üründen yapıldıysa o meyvenin-sebzenin adını taşıyarak piyasada satılmaktadır. Ülkemizde üretilen pestillerin çoğunluğu dut, elma, erik, incir, kayısı vb. meyvelerden oluşmaktadır (Kara ve Küçüköner, 2019).

Literatürde pestil ile ilgili yapılan birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalara örnek olarak altın kivi (Vatthanakul ve diğ, 2010), papaya ve bal kabağı (Gupta ve diğ, 2016), nar (Tontul ve Topuz, 2017), Trabzon hurması (Gökçe, 2015) verilebilir. Fakat, literatür araştırması sonucunda taze hurma, bal kabağı ve elma kombinasyonu kullanılarak üretilen pestil ürününün bulunmadığı tespit edilmiştir.

Balkabağı; fonksiyonel gıda özellikleri gösteren bileşenlere sahiptir. Bu bileşenler insan beslenmesinde antioksidan görevi gören karotenoidler, lutein, zeaksantin, E vitamini, askorbik asit, fitosteroller, selenyum ve lenoleik asit gibi fonksiyonel bileşenlerdir. Kabak eti lif, C vitamini, E vitamini, magnezyum, potasyum ve bu bitkisel besinlerin önemli kaynakları olan çeşitli karotenoidler açısından zengindir (Sirohi ve diğ, 1991).

Hurma; %2,3-5,6 arasında değişen 23 tür aminoasit içermektedir. Yüksek düzeyde aspartik asit, glisini valin; düşük miktarda serin, fenialanin tespit edilmiştir. Hurma meyvesinde bulunan yağ miktarı (%0,24-0,42) düşük seviyelerde tespit edilmiş olup içerisinde 15 farklı yağ asidi bulunmaktadır (Arem ve diğ, 2011). Yapılan bir çalışmada hurma meyvesinde; potasyum, sodyum, kalsiyum ve magnezyum bulunmuştur (Sadiq ve diğ, 2013).

Elma; *Rosaceae* familyasından *Malus communis L.* cinsindedir. Genel olarak, elmalar %85 su, %11 karbonhidrat, %2 diyet lif, %0,6 yağ, %0,5 organik asit ve %0,3 proteinden oluşur. Malik asit en fazla bulunan asittir, ayrıca fenolik asitler (kafeik ve klorojenik gibi) ve vitaminler de mevcuttur (Erdoğan ve Demirci, 2014).

Bu tez kapsamında;

- Taze hurma, bal kabağı ve elmadan oluşan belirli bir formülasyon kullanılarak pestil üretilmiştir. Şeker içeriği yüksek olduğundan rafine şeker ihtiyacını karşılaması için hurma tercih edilmiştir.
- Kurutma yöntemi olarak sıcak hava ile kurutma, mikrodalga ile kurutma ve mikrodalga-sıcak hava ile kurutma olmak üzere üç farklı kurutma işlemi kullanılmıştır.
- Bu kurutma yöntemleri uygulanarak üretilen pestillerin fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir.
- Son olarak üretilen ürünün duyu analizi yapılarak ürünün tüketici tarafından yorumlanması sağlanmıştır.

Kısaca; geleneksel olan pestilin, günümüze modern üretim teknikleri kullanılarak kazandırılması, içeriğindeki meyvelerin besin değerlerinde kayıpların azaltılması ve pestilin tüm çevrelerce diğer şeker içeriği yüksek sağlık açısından zararlı gıdaların yerine ikamesinin sağlanmasıdır. Bu sebeple; fonksiyonel bir gıda üretimi gerçekleştirip sonuçlar değerlendirilerek, bundan sonra yapılacak olan araştırmalara ışık tutması hedeflenmektedir.

## 2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRILMASI

### 2.1 Pestil

Pestil; insanlar tarafından aperatif veya tatlı olarak tercih edilen suyu alınmış meyve bazlı şekerlemeli bir üründür. Bu ürün çiğnenebilme ve lezzetli olmasının yanı sıra; genelde düşük yağ, yüksek lif ve kolayca depolanabilme ve paketlenme olanağı yüksek bir üründür (Raabb ve diğ, 1976).

Atıştırmalık ya da şekerleme olarak tüketilen pestil; kurutma işlemi süresince meyvedeki suyun uçurulmasıyla birlikte meyvenin bileşiminde bulunan şekerlerin, vitaminlerin, asitlerin konsantre edilmesinden dolayı yüksek besin değerine sahip bir gıda ürünüdür. Bileşiminde bulunan yüksek şekerden dolayı güçlü enerji ve karbonhidrat kaynağı olarak görülmektedir. Enerji verici özelliğinden dolayı gençler ve çocuklar tarafından alternatif bir atıştırmalık ürün haline gelmiştir. Lif içeriği yüksek meyvelerden üretilen pestil ise diyetsel lif kaynağıdır (Kara ve Küçüköner, 2019).

Pestil yapımında; dut, kayısı, taze üzüm, erik ve elma gibi meyveler kullanılmaktadır. Yurtdışında, bu hammaddelerin dışında pestil “fruit leather” (meyve derisi) olarak adlandırılmış olup çilek, kiraz, armut, kivi, portakal, mango, domates, papaya, ananas ve longan meyvelerinden de pestil üretimi yapılmaktadır. Türkiye’de ise pestil üretiminde kullanılan en yaygın meyve üzümdür (Yüksekkaya, 2013).

Pestil meyve suyu konsantresinden veya meyve püresinden üretilmekte olup; duyuşsal ve fizikokimyasal özelliklerini arttırmak için bazı bileşenler kullanılmaktadır. Bu bileşenler asit, nişasta, şeker ve pektin oluşturmaktadır. Türkiye’de üretilen pestillerde nişasta veya nişasta içeren buğday unu kullanılarak pestilin jelleştirilmesi sağlanmaktadır. Pestil üretiminde sakkaroz, mısır, bal ya da glukoz şurubu kullanılarak pestil tatlandırılmaktadır. Bu tatlandırıcılar ürünü tatlandırmakla birlikte pestilin kuru madde miktarını arttırmaktadır ve jel yapısının oluşmasına avantaj sağlamaktadır (Kara ve Küçüköner, 2019).

Elma, kayısı, armut ve muz gibi meyvelerden üretilen pestillerde kurutma süresinde ve muhafaza esnasında enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu sonucunda ürünün renginde kararmalar yani esmerleşme ortaya çıkmaktadır. Bu enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonuna pH, su aktivitesi, kurutma süresi-sıcaklığı vb. parametreler etki etmektedir. Kurutma süresindeki sıcaklık-süre artışı enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonunu hızlandırmaktadır. Bu reaksiyonu önlemek için askorbik asit, sitrik asit veya doğrudan limon suyu kullanılmaktadır. Ayrıca enzimatik esmerleşme reaksiyonunun önlemek amacıyla kullanılan asitler yüksek şeker miktarı ile pestilin jel yapıya kavuşmasına olanak sağlamaktadır (Kara ve Küçüköner, 2019).

Pestil üretimi,

- Meyvenin hazırlanması
- Isıtma
- Meyve püresinin hazırlanması
- Katkı maddelerinin ilavesi
- Kurutma basamaklarından oluşmaktadır.

Genelde yukarıdaki aşamalardan oluşmakta olup, kullanılan meyve-sebzeye, katkı maddelerine ve kurutma prosesine göre değişiklik gösterebilmektedir.

Pestillerin kurutma işlemi doğrudan güneşte ya da sanayi tipi sıcak havalı kurutucular kullanılarak gerçekleştirilebilir. Güneşte kurutmada yatırım maliyeti, ortamın ısınması güneş ışınlarıyla gerçekleştiği için ucuz bir yöntemdir. Fakat, işlem güneş ışınlarından doğrudan yararlanabilmek için açıkta yapılması sebebiyle ürünün kontaminasyonun artmasına neden olmaktadır. Ayrıca, hava koşulları gibi olumsuz özelliklerden etkilenmektedir. Kurutma aşamasında pestil sıcaklık, ortamdaki nem ve ortamın sirkülasyonundan etkilenmektedir. Sıcaklık düşük buna karşın ortamdaki nem fazlaysa pestil yavaş kurumakta ve yavaş kururken hammaddenin içeriğinde bulunan su da mikroorganizmaların gelişmesine katkı sağlamaktadır. Bu durumun önüne geçebilmek ve kontrollü üretim sağlamak amacıyla güneşte kurutma dışında sanayi tipi kurutma yöntemleri kullanılmaktadır. Endüstriyel tip kurutucular, hızlı kuruma sağlayarak mikroorganizmaların gelişmesini yavaşlatmakta ve standart ürün üretilmesini mümkün hale getirmektedir (Kara ve Küçüköner, 2019).

Pestilin kurutulmasında sıcaklık kontrolünün sağlanması gerekmektedir. Çünkü sıcaklığın yüksek oluşu üründe sertleşmeye neden olarak suyun buharlaşmasını

engellemektedir. Aynı zamanda pestilin dökülmesinde kullanılan kap önemli olup; kabın ince olması ürünü kuruduktan sonra kırılğan yaparak kaptan çıkışını zorlaştırır. Kalın olması halinde ise üründen su çıkışı yavaş olduğundan istenildiği gibi kuruma sağlanamaz, bu da üründe mikrobiyel bozulmalara sebep vererek depolama esnasında sorunlara neden olur (Azeredo ve diğ, 2006).

Kurutma işlemi biten pestilin depolanması esnasında kullanılan paket çok önemlidir. Higroskopik ürün olan pestil, ortamın neminden çabucak etkilenmektedir. Bu sebeple paketleme ambalajının nem geçirgenliği uygun olan bir materyalden seçilmiş olup hızlıca paketlenmelidir (Kara ve Küçüköner, 2019).

Taze meyve-sebzelerden kurutma prosesine göre üretilen pestil; kurabiye, bisküvi, dondurma vb. gıdaların içeriğinde kullanılmakta olup; yenilebilir film formunda kullanılarak gıdaların raf ömrünü uzatabilmektedir (Kara ve Küçüköner, 2019).

### **2.1.1 Pestille ilgili yapılan çalışmalar**

Karabacak (2021) tarafından yapılan çalışmada, üretilecek üç farklı pestil (havuç-kırmızıbiber, havuç ve havuç-domates) sıcak hava, mikrodalga ve vakum yöntemlerinden yararlanılarak üretilmiş olup; üretilen pestillerin tekstürel, duyuşal ve fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda pestillerdeki fenolik madde miktarları kurutma süresi arttıkça iki bileşenli pestillerde artmıştır. Buna karşılık sadece havuç pestilinde kurutma süresi arttıkça fenolik madde miktarında azalmalar yaşanmıştır. Antioksidan ve karotenoid miktarları kurutma süresi arttıkça tüm pestil örneklerinde azalmıştır. Yapılan duyuşal analiz sonuçlarında ise panelistler tarafından en beğenilen 60 °C ve 90 W altında üretilen havuç-domates ve havuç pestili örnekleri olmuştur.

Gökçe (2015) tarafından yapılan çalışmada, Trabzon hurması kullanılarak hazırlanan pestil örnekleri farklı kalınlıklarda (1, 2 ve 3 mm) ve farklı sıcaklıklarda (45, 50 ve 55 °C) kurutularak üretilmiştir. Üretilen pestillerin toplam şeker, asitlik, renk farkı, askorbik asit miktarı, kırılğanlık ve elastikiyet özellikleri incelenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda, üretilen pestillerin kimyasal-fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerinin en üst düzey olduğu pestil ürünü için şartların 55 °C ve pestil kalınlığının 2 mm olduğu ortaya çıkmıştır.

Atıcı (2013) tarafından yapılan çalışmada pestil, japon çeşidi erikler kullanılarak elde edilen hamur etüvde ve mikrodalga fırında kurutularak üretim gerçekleştirilmiştir.

Üretilen pestillerin kimyasal özellikleri incelenmiş olup fenolik madde miktarının depolama süresi boyunca azaldığı tespit edilmiştir. Buna karşılık hidrosimetil furfural oranında artış tespit edilmiştir. Üretilen pestiller duyuşal değerdendirmelere tabi tutulmuş olup, mikrodalga da kurutulan pestil örneklerinin test sonucunun en yüksek olduğu bildirilmiştir.

Maskan ve diğ., (2002) tarafından yapılan çalışmada, kaynatılmış üzüm suyu ve nişasta karışımından geleneksel pestil üretimi gerçekleştirilmiştir. Kurutma işlemlerinde güneşte kurutma ve sıcak hava ile kurutma teknikleri uygulanmıştır. Sıcak hava kurutma parametreleri (55, 65 ve 75 °C), numune kalınlıkları (0,71, 1,53, 20 ve 2,86 mm) ve hava hızı (0,86, 1,27 ve 1,82 m/s) olarak ayarlanmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda kurutma süresi, sıcaklık ve levha kalınlığının pestilin nem içeriğı üzerine etkisi önemli iken hava hızının etkisi önemsiz bulunmuştur. Güneşte kurutulan pestil örneklerinin görsel görünüşünün (çekici renk) ve dokusunun (esneklik) açık havada kurutulan örneklere göre daha iyi olduğu bulunmuştur.

Tontul ve Topuz (2017) tarafından yapılan çalışmada, nar pestili üretimi için yeni yöntemler geliştirmek amacıyla çeşitli teknikler (sıcak havayla kurutma-mikrodalga destekli sıcak havayla kurutma) kullanılarak üretim gerçekleştirilmiştir. Bu pestil örneklerinde; su aktivitesi, pH, toplam fenolik madde, toplam flavonoid, askorbik asit, antioksidan aktivite ve HMF değerdleri incelenmiştir. Mikrodalga destekli kurutma daha yüksek fenolik içeriğıe sahip olmuştur. Ayrıca çalışma, bir hidrokolloid formülasyonunun kullanılmasının, pestil üretiminde çeşitli avantajları olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu avantajlar, üründe bulunan fenolikler, antosiyaninler ve askorbik asit gibi biyoaktif bileşiklerin yüksek içeriğıe sahip olmasıdır. Bu bileşenler genel olarak sağlık açısından faydalı oldukları bilinmektedir. Formülasyon, HMF ve furfural gibi toksik bileşiklerin oluşumunu sınırlamıştır. Bu, ürün güvenliği açısından önemli bir faktör olduğu belirtilmiştir. Ayrıca çalışmada, yenilikçi bir kurutma tekniğı olan refraktans pencere yönteminin pestilin renk ve dokusal özelliklerinin geliştirdiğı ve daha iyi kalitede ürün üretildiğı ortaya konulmuştur. Kurutma işlemleri sırasında, pestilin içinde bulunan bazı antosiyaninler besleyici ve fonksiyonel bileşiklerin korunmasını sağlamıştır. Yapılan çalışmada sonuç olarak hidrokolloid formülasyonunun kullanılmasıyla pestil üretiminde hem besleyici değeri yüksek hem de daha kaliteli ürünler elde edilebildiğı kanıtlanmıştır.

Kartal (2011) tarafından yapılan çalışmada, pestil üretimi sürecinde mikrodalga fırın ve kabin tip kurutucuların verimliliklerini incelenmiştir. Çalışmada kayısı, çilek, şeftali, elma meyveleri püre haline getirilmiş ve kıvam arttırıcılar (nişasta, pektin, keçiyoynuzu zamkı) ile uygun kıvam sağlanmıştır. Deneyler, kurutulmamış pestil hammaddesi olan herle üzerinde gerçekleştirilmiştir. Mikrodalga fırın, %30 bağıl nem, 90, 180, 360 ve 600 W enerji uygulanmıştır. Ancak, en yüksek enerji olan 600 W'ta mikrodalga kurutucuda yanma gözlemlenmiş ve en düşük enerji değeri 90 W'ın ideal olduğu belirtilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, mikrodalga ve kabin tipi kurutucuların bir arada kullanılmasının, ürün kalitesi ve maliyet açısından daha uygun olduğu ifade edilmiştir. Bu tür bilgiler, gıda teknolojisi ve işleme endüstrilerinde kullanılan kurutma yöntemlerini optimize etme amacıyla önemli olabileceği belirtilmiştir.

Nazneen ve diğ, (2005) tarafından yapılan çalışma, jackfruit meyvesinden güneş ve solar kurutucular kullanılarak pestil üretimi üzerine odaklanmaktadır. Çalışmada ortaya çıkan bulgulara göre, pestilin fizikokimyasal özellikleri, kullanılan meyve çeşidi ve kurutma yöntemi tarafından etkilenmektedir. Solar kurutucuyla kurutulmuş pestil örneklerinde, nem, toplam şeker ve indirgen şeker miktarlarının daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, solar kurutucuların kullanılmasının ürün üzerinde belirli kimyasal ve fiziksel değişikliklere neden olduğunu düşündürebilir. Bu tür bilgilerin, tarım ürünlerinin işlenmesi ve kurutulması konusunda daha sürdürülebilir ve verimli yöntemlerin geliştirilmesi için önemli olabileceği vurgulanmıştır.

Yapılan bir çalışmada, kayısı pestilinin farklı kurutma yöntemleri (güneşte, vakumda, mikrodalgada) kullanılarak elde edilen örneklerinin fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerini değerlendirilmektedir. Pestil örneklerinin HMF içeriği, kullanılan kurutma yöntemine bağlı olarak değişmiştir. Mikrodalga ile kurutulan örneklerde en düşük HMF içeriği (13,62 mg/kg) tespit edilirken, vakumda (19,39 mg/kg) ve güneşte (45,64 mg/kg) kurutulan örneklerde daha yüksek değerler saptanmıştır. Pestil örneklerinin toplam fenolik madde içeriği, farklı kurutma yöntemleri arasında değişiklik göstermiştir. Bu değerler 110,03 ile 121,24 mg Gallik Asit Elenii (GAE)/100 g arasında değişmiştir. Mikrodalga ile kurutulan örneklerin diğer yöntemlere göre en düşük kurutma süresine sahip olduğu belirtilmiştir. Kurutma işleminde sonra artan kuru madde nedeniyle, tüm örneklerin mineral madde içeriğinin taze örneklere göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Tüm örnekler,

panelistler tarafından duyuşal özellikler açısından kabul edilmiştir (Suna ve diğ, 2014) Bu bulgular, farklı kurutma yöntemlerinin kayısı pestili örneklerinin kimyasal bileşimi, renk, mineral madde içeriği ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkilerini açıklamaktadır. Mikrodalga ile kurutma yönteminin diğer yöntemlere göre bazı özelliklerde avantajlı olduğu ve duyuşal olarak kabul gördüğü görülmektedir.

Yapılan bir diğer çalışma, kuşburnu pestillerinin kalitesini belirlemek amacıyla sıcak hava, vakum ve kızılötesi kurutma yöntemlerinin etkilerini inceleyen bir çalışmanın sonuçlarını içermektedir. Çalışmada, her üç kurutma yöntemi (sıcak hava, vakum, kızılötesi) ve iki farklı sıcaklık (60 ve 70 C) kullanıldığında, esnek ve yarı saydam meyve pestillerinin elde edildiği belirtilmiştir. 60 C'de vakum kurutma yönteminin, antioksidan kapasiteyi %57,5 ve toplam fenolik maddeyi %25,1 oranında arttırdığı ve fenolik bileşikleri en iyi koruyan yöntem ve koşul olduğu vurgulanmıştır. Çevresel taramalı elektron mikroskopu sonuçlarına göre, gözeneklerin boyutunun kurutma tekniğinden etkilendiği ancak incelenen sıcaklık aralığında bir etkilenmenin olmadığı belirtilmiştir. (Quintero ve diğ, 2014). Bu bulgular, farklı kurutma yöntemlerinin ve sıcaklıklarının kuşburnu pestillerinin kalitesine olan etkilerini değerlendirmekte ve antioksidan kapasite ile toplam fenolik madde gibi önemli özelliklerin korunmasında vakum kurutma yönteminin avantajlı olduğunu göstermektedir. Çalışma aynı zamanda gözeneklerin boyutu üzerindeki etkileri de ele almaktadır.

## 2.2 Elma

Elma *Rosaceae* familyasına aittir. Elma, armut, ayva , muşmula ve diğer birkaç tür *Pomoideae* alt familyasında sınıflandırılmıştır. Elmanın menēe merkezi Asya' dır (Forsline ve diğ, 2003).

Elmalar dünya çapında ılıman, subtropikal ve tropikal ortamlarda yetiştirilmektedir. Ticari retim 25° ile 52° arasındaki enlemlerle sınırlıdır. 63'den daha fazla ülke, büyük çeşitlilik gösteren yetiştirme koşullarıyla elma üretmektedir ve çok sayıda çeşit kullanılmaktadır. Dünyada kişi başına düşen elma tüketimi 2013 yılında kişi başi 9,2 kg'dır. Elma; tüm turunçgil türleri, üzüm ve muzdan sonra dünyanın dördüncü en önemli meyve ürünüdür (Forsline ve diğ, 2003). 2014 yılında dünya çapında yıllık ortalama elma üretimi 84,6 milyon tona ulaşmıştır. En büyük üretici, dünya toplam üretiminin yaklaşık %48' ini temsil eden Çin'dir. ABD %6,1 ile

ikinci büyük üretici olurken onu Polonya (%3,8), Hindistan (%2,9), Türkiye (%2,9) ve İtalya (%2,9) takip etmektedir (Forsline ve diğ., 2003 ; Musacchi ve Serra, 2018).

Avrupa elma envanterinde on bin veya daha fazla elma çeşidi listelenmiştir. Çok sayıda çeşit, kalite özelliklerinde geniş bir değişkenlik aralığı sergilemektedir. Uzun yıllar boyunca tarımdaki yetiştirme ve yönetim teknikleri, artan gıda ihtiyaçlarını karşılamak için verimi artırmayı hedeflemiştir (Musacchi ve Serra, 2018).

Elma, Türkiye’de önemli bir tarım ürünüdür ve ülkede geniş bir üretim potansiyeline sahiptir. Türkiye’nin elma üretimi, hem taze tüketim hem de endüstriyel işleme için gerçekleşmektedir. Elma işleme sanayisi, üretilen elmaların çeşitli şekillerde işlenmesine olanak tanımaktadır. Türkiye’de üretilen elmaların büyük bir kısmı taze olarak tüketilmekte veya depolanmaktadır. Ayrıca, bir kısmı ihraç edilmektedir. Bunun yanı sıra, elma işleme sanayisinde kullanılmak üzere bir kısmı da elma püresi ve elma suyu konsantresine dönüştürülmektedir. Bu ürünler genellikle içecek ve gıda endüstrisinde kullanılmaktadır. Ayrıca, az miktarda üretilen elmalar sirke ve şarap üretiminde de kullanılmaktadır. Bu, elma çeşitliliğinin ve ürünlerin çeşitli endüstrilerde kullanımının bir göstergesidir. Bu durum, Türkiye’nin elma üretimi ve işleme sektörünün çeşitli alanlarda kullanıldığını ve ülkenin tarım potansiyelinin bir yansıması olduğunu göstermektedir (Arpaç, 2006).

Elmanın geniş bir yetiştirme alanına sahip olması ve 7400 adet çeşidinin bulunması, bu meyvenin dünya genelinde önemli bir çeşitlilik gösterdiğini gösterir. Elma çeşitleri, üst yüzey renkleri bakımından beyaz, sarı, yeşil, kırmızı veya bu renklerin karışımı şeklinde farklılık gösterebilmektedir. Beslenme açısından elma, karbonhidrat, karoten, C vitamini, selüloz ve pektin gibi önemli besin öğelerini içerir. Bu, elmayı sağlıklı bir meyve yapmaktadır ve çeşitli besin maddelerini içeren bir diyetin bir parçası olarak değerli kılmaktadır. Ayrıca, elma çiğ olarak tüketildiğinde diş plaklarının temizlenmesine yardımcı olabilmektedir. Elma, uygun depolama koşullarında uzun süre saklanabilir, bu da meyvenin mevsim dışında da tüketilebilmesini sağlar. Mutfakta yaygın bir şekilde kullanılabilen elma, çeşitli yemeklerde ve tatlılarda kullanılarak farklı lezzetlere katkı sağlamaktadır. Ayrıca, uygun pişirme teknikleri ile pişirilerek veya çiğ olarak tüketilebilir, bu da elmanın çeşitli şekillerde kullanılabilme esnekliğini göstermektedir (Küçükkömürler ve Karakuş, 2009). Elmada bulunan flavonoidler de antioksidan özelliklere sahiptir. Antioksidanlar, vücuttaki serbest radikallerle savaşarak hücre hasarını azaltabilirler.

Elmada bulunan A, C, E vitaminleri yanı sıra flavonoidler de bu antioksidan etkiyi destekler. Flavonoidler, fenolik bileşiklerin bir alt grubunu oluştururlar ve birçok meyve, sebze, çay, kırmızı şarap gibi besinlerde bulunurlar. Elmada yer alan flavonoidlerin, özellikle kuersetin gibi türleri, çeşitli sağlık yararlarına katkıda bulunabilir. Bu yararlar arasında kanser, diyabet ve kardiyovasküler hastalıkların riskini azaltmaya yardımcı olma potansiyeli bulunmaktadır. Kuersetin, anti-inflamatuvar (iltihap önleyici) ve antioksidan özelliklere sahip olabilir. Araştırmalar, flavonoid içeren besinlerin düzenli tüketiminin, kronik hastalıkların gelişme riskini azaltabileceğini göstermektedir. Ancak, bu konudaki araştırmalar hala devam etmekte olup, sağlık etkilerini net bir şekilde belirlemek için daha fazla çalışma gerekmektedir (Küçükkömürler ve Karakuş, 2009).

### 2.3 Bal Kabağı

Kabak, kuzey Meksika'dan Arjantin ve Şili'ye kadar yetiştirilmektedir ve Avrupa'ya (Fransa ve Portekiz), Asya'ya (Hindistan ve Çin) ve Batı Amerika'ya yayılmıştır. Kabak tek yıllık bir asma bitkisidir ve deniz seviyesinden yüksek rakımlara kadar yetiştirilebilmektedir. Yenilebilir tohumları, meyveleri ve yeşillikleriyle ünlüdür. Kabak, sürünen veya tırmanan bir bitkidir, tek evcikli, tek yıllık olmasına rağmen belirli bir süre kalıcıdır, şişmiş yedek kökleri olmayan, kısa ömürlü çok yıllık bir bitki olduğu izlenimini vermektedir. Düşük sıcaklıklara dayanıklıdır ancak şiddetli donlara karşı dayanıklı değildir (Yadav ve diğ, 2010).

Balkabağının, *Cucurbita moschata* (balkabağı) ve *Cucurbita maxima* (kestane kabağı) olmak üzere iki yaygın türü bulunmaktadır. Bu kabak türleri, besin içerikleri açısından zengin bir kaynak olarak ön plana çıkmaktadır. Balkabağı, polisakkaritler açısından zengindir. Bu, özellikle lif içeriğiyle sağlıklı bir beslenmeye katkı sağlamaktadır. Balkabağının çekirdekleri yağ açısından zengindir. Bu yağlar, özellikle çekirdek yağı olarak kullanılabilir ve diğer besin maddeleri elde edilebilir. Lif, sindirim sistemini destekleyen ve tokluk hissi sağlayan önemli bir besin maddesidir. Balkabağı, diyet lifi bakımından zengin bir kaynaktır. Balkabağı, fenolik maddeler ve flavonoidler gibi biyoaktif bileşenleri içerir. Bu bileşenler antioksidan özelliklere sahip olabilir ve sağlık için faydalı olabilmektedir. Balkabağı, çeşitli mineral maddeler içermektedir. Bu mineraller, vücut fonksiyonları için önemli olan sağlık açısından kritik öneme sahiptir. Balkabağı, karoten, vitamin A, tokoferol ve vitamin C gibi önemli vitaminleri

içermektedir. Bu vitaminler, göz sağlığı, bağışıklık sistemi ve genel sağlık için gereklidir. Balkabağı, vücut için temel olan amino asitleri içerir. Amino asitler, protein sentezi için gereklidir ve vücutta çeşitli biyolojik fonksiyonları desteklemektedir. Balkabağının bu zengin besin içeriği nedeniyle, besinsel değeri son yıllarda artmış ve sağlıklı beslenme düzenlerinde daha sık tercih edilen bir gıda maddesi haline gelmiştir (Aydın, 2014). Balkabağı, güzel tadı nedeniyle dünyanın hemen her ülkesinde beslenmenin bir parçasıdır. Kabak, taze veya pişmiş olarak tüketildiği gibi, saklanması, dondurulması veya konservelenmesi gibi çeşitli şekillerde de tüketilmektedir. Kabak etinin pişirilmesi için ideal kalitede sert bir kabuğa ve olgun bir ete sahip olması gerekir. Olgun balkabağı haşlanabilir, fırınlanabilir, buharda pişirilebilir veya kavrulabilir ve çekirdekleri popüler bir atıştırmalık olarak kullanılır. Kanada ve Amerika'da temel gıda maddesi olan çeşitli turtalara dönüştürülür. Olgunlaşmamış yeşil kabak, sebzeyle aynı şekilde yenebilir. Bunlar ayrıca püre halinde yenebilir veya çorbalara eklenebilir. Ortadoğu'da balkabağı *helva yaqtin* adı verilen tatlı yemeğin yapımında kullanılır. Güney Asya ülkelerinde balkabağı, oruç sırasında yenen kadduka helva adı verilen tatlı yemeğe dönüştürülür. Balkabağı alkollü ve alkolsüz içeceklere tat vermek için de kullanılabilir (Dhiman ve diğ. 2009).

## 2.4 Hurma

Hurma ağacı, *Phoenix roebelenii* olarak da bilinen tür, Güneydoğu Asya'ya özgüdür ve genellikle tropik ve subtropikal iklimlerde yetişir. Hurma, özellikle Arap Yarımadası, Kuzey Afrika, Orta Doğu ve Güneybatı Asya'da ana ürün olarak yetiştirilir. Dünya genelinde hurma ekimi yapılan toplam alan 1,092,104 hektar olarak bilinmekte ve toplam hurma üretimi 9,075,446 ton civarındadır. Bu üretim, dünya genelindeki çeşitli bölgelerdeki iklim koşulları ve tarım uygulamalarına bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Hurma üretiminde öncü roller, Asya ve Afrika kıtalarına aittir. Asya, toplam hurma üretiminin %57'sini, Afrika ise %42,2'sini karşılamaktadır. Bu bölgelerdeki iklim ve toprak koşulları, hurma ağaçlarının sağlıklı büyümesi için uygun bir ortam sağlamaktadır. Ayrıca bu bölgelerdeki ülkeler, hurma ticaretinde önemli rol oynarlar (Alharbi ve diğ, 2021).

Hurma ağacı *P. dactylifera* dünyada en çok tüketilen meyvelerden biridir. Şeker ve diyet lifi açısından zengin oldukları için sağlıklı bir beslenmenin parçası olarak tüketilirler. Hurma meyveleri aynı zamanda türe ve meyvelerin olgunluk evresine göre

değişen iyi bir şeker kaynağıdır (%70-80 şeker içeriği). Hurma çeşitlerinin çoğunda ana şekerler, enerji sağlamak için vücut tarafından kolayca emilen glikoz, fruktoz ve sakkarozdur. Toplam şeker konsantrasyonu, erken büyüme aşaması ile olgunlaşma aşaması arasında farklılık gösterirler. Bununla birlikte ekolojik faktörler ve çeşit türü de şeker yüzdesini önemli ölçüde etkilemektedir. Ortalama protein içeriğinin %1,22-3,30, yağın %0,11-7,33, külün %1,43-6,20 ve karbonhidratların %65,7-88,02 olduğu kaydedilmiştir. Ancak enzimatik olmayan esmerleşme aşamasında protein içeriği azalmaktadır. Hurma meyveleri, başta glutamik asit, lizin, alanin, serin, aspartik asit, prolin ve glisin olmak üzere tüm esansiyel ve esansiyel olmayan amino asitleri içerir. Aynı zamanda hurma meyvelerinde kaydedilen yağ asitleri (%0,2-0,5) ve vitamin içerikleri düşüktür. İlginç bir şekilde, hurma meyvelerinde B kompleksi vitaminlerinin içeriğinin yüksek olduğu gözlenmiştir. Hurma %1,9-16,95 diyet lifi içerir, bunun içinde çözünmeyen lifin %84-94 olduğu kaydedilir ve çözünür lif içeriği %6-16 arasında değişir. Diyet lifinin önemli terapötik etkileri vardır ve lif konsantrasyonu aynı zamanda çeşit ve olgunluk aşamasına da bağlıdır. Ek olarak hurma meyvesi, yüksek düzeyde potasyum, önemli düzeyde fosfor, magnezyum ve kalsiyumun yanı sıra düşük sodyum konsantrasyonları ile besin açısından gerekli minerallerin çoğunu içerir. Ayrıca hurma meyvesinde bulunan element flor ve selenyum insanlarda dişleri koruyabilir ve bağışıklık fonksiyonunu uyarabilir. Ayrıca hurma %1-2 oranında fenolik antioksidanlar, tanen bazlı pigmentler ve epikateşin oligomerleri içerir (Alharbi ve diğ, 2021).

Hurma, diyetdeki metallerin ve serbest amino asitlerin vazgeçilmez bir kaynağıdır ve eski çağlardan beri kronik hastalıkların ve hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır. Ayrıca yüksek tansiyonu ve oksidatif stresi azalttığı bulunmuştur ve diyabet, kanser ve ateroskleroza tedavi etmek ve bağışıklığı uyarmak için kullanılmıştır. Ek olarak, diğer meyvelere oranla daha yüksek bir antioksidan aktiviteye sahiptirler ve kumarik asitler, ferulik asit, sinnamik asit, flavonoidler, prosiyanidinler, fenolik bileşikler ve suda çözünen vitaminler gibi çeşitli biyoaktif bileşikler içerirler. Bu bileşikler kemikleri güçlendirebilir, doğum sırasında hamile kadınlarda rahim kasılmalarını destekleyebilir ve anemiyi önleyebilir. Ek olarak Ajwa ve diğer hurma çeşitleri kanseri, kalp krizini ve nöron hasarını önleyebilir ve aynı zamanda doğurganlığı da artırabilir (Alharbi ve diğ, 2021).

## 2.5 Gıdalarda Kurutma

Gıda mahsullerinin çoğunun rafta dayanıklı ürünlere dönüştürülmesi, antik çağlardan beri esas olarak kurutma yoluyla yapılmıştır. Kurutma, ortaya çıkan ürünlerin su aktivitesinin, bozulmaya neden olan mikroorganizmaların çoğalmasını önleyecek kadar düşük olmasını sağlamanın yanı sıra, enzim aktivitesi ve olumsuz biyokimyasal reaksiyonların hızlarını da önemli ölçüde yavaşlatmaktadır (Wu ve diğ, 2007).

Meyve ve sebzeler gibi taze bahçecilik ürünleri oldukça çabuk bozulabilen ürünlerdir ve % 80'den fazla su içeriğine sahiptir. Kurutma veya dehidrasyon, meyve, sebze ve tahılların korunması için önemli bir hasat sonrası ünite işlemidir. Kurutma işleminde nem içeriğinin azaltılması, gıdaların depolama stabilitesini arttırmaktadır (Zhang ve diğ, 2010)

Kurutma, termal olarak tetiklenen faz değişiklikleriyle katı bir ürün üretmek için katı, yarı katı veya sıvı haldeki bir tarımsal üründen suyun uzaklaştırılmasını içerir. Tarımsal gıda ürünlerinin depolanabilirliğini, taşınabilirliğini, besin değerinin korunmasını, lezzetini ve dokusunu artıran tarımsal ürünlerin korunmasında önemli bir süreçtir (Wankhade ve diğ, 2014).

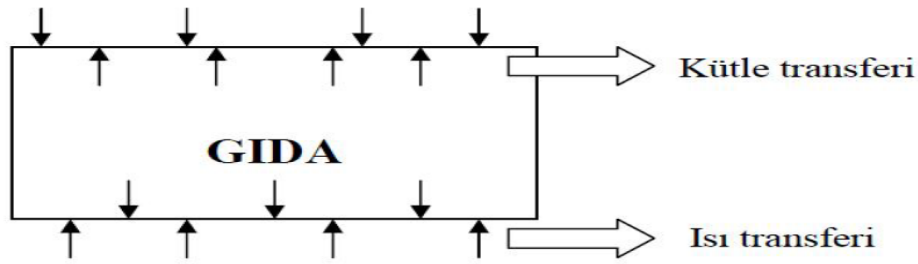
Kurutulmuş meyve çeşitliği Türkiye'de oldukça zengindir. Kurutulmuş ürünler taze meyve-sebzelerin dayanıklılığını artırıp uzun süre saklama olanağı, mevsimi olmayan zaman dilimlerinde kullanma avantajı ve taşıma kolaylığı sağlamak gibi avantajlarından dolayı tercih edilen ürünler listesindedirler. Kurutulmuş meyve-sebzeler, besin değerlerini büyük ölçüde korurken, lezzetlerini ve aromalarını da muhafaza ederler. Kurutulmuş meyveler genellikle atıştırmalık olarak doğrudan tüketilebildiği gibi, birçok farklı gıda ürününe katkı olarak da kullanılır. Özellikle bisküvi, kek, puding, kahvaltılık gevrek gibi ürünlerde lezzet ve besin değerini arttırmak amacıyla kullanılırlar. Aynı şekilde, kurutulmuş sebzeler de hazır çorba ve sos karışımlarında tercih edilir (Karabacak, 2021).

Kurutulmuş gıda pazarı dünya çapında çoğu ülke için önemlidir. Örneğin, 1998 yılında Japonya'da restoranlar ve kurumlar hariç olmak üzere her yıl 7,6 milyar ABD doları değerinde kurutulmuş sebze, hazır kurutulmuş çorba ve deniz yosunu tüketilmekteydi. Avrupa'da kurutulmuş sebze pazarının 1990'ların başında 260 milyon ABD doları değerinde olduğu tahmin ediliyordu. Esas olarak Amerika Birleşik Devletleri'nde (297,557 ton) ve Türkiye'de (190,000 ton) üretilen dünya kuru üzüm üretimi, 2000

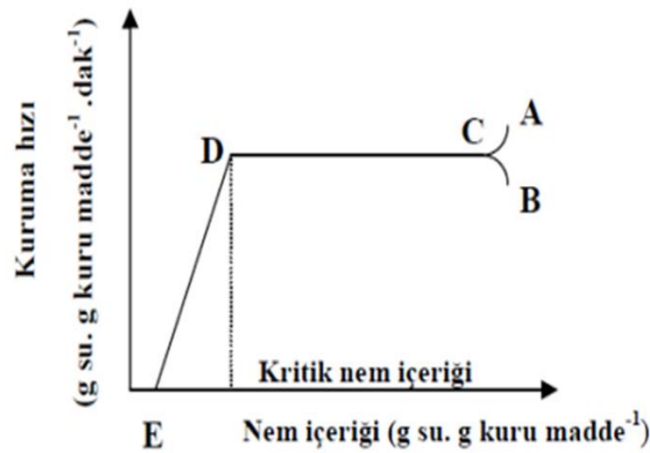
yılında yaklaşık 600,000 tondu ve değeri 125 milyon ABD dolarının üzerindeydi. Pek çok Asya ülkesinde kullanışlı gıdaların popülaritesindeki artış, yüksek kaliteli kurutulmuş sebze ve meyvelere olan talebin artmasına neden olmuştur. Bu eğilimin önümüzdeki on yılda dünyanın tüm gelişmekte olan ekonomilerinde devam etmesi ve hatta hızlanması beklenmektedir (Zhang ve diğ, 2010).

### 2.5.1 Gıdalarda kurutma mekanizması

Kütle ve ısı transferinin aynı anda ortaya çıktığı süreçlerden biri kurutma işlemidir. Gıda maddelerinin kurutma işleminde, gıda maddesi ile hava birleşmektedir, bu sayede gıda maddesi ısınmaktadır. Isınma ile beraber gıda ve ortam arasında transfer ısı akışı oluşur. Bu işlemde sonra gıda maddesinin etrafındaki bulunan nem uzaklaştırılıp, gıda maddesinin içindeki serbest su ise kütle taşıması sonucunda yüzeye aktarılıp, yüzeyden de bu suyun ısı transferi ile buharlaşması sağlanarak uzaklaştırılır (Yazar, 2022).



Şekil 2.1 : Gıdalarda kütle-ısı transferi (Karabacak, 2021).



Şekil 2.2 : Gıdaların kuruma eğrisi.

Gıdaların kurutma eğrisinde,

AC arası; gıda maddesinde kurutma işlemi başlamadan gıdanın sıcak olduğunu ifade etmektedir.

BC arası; gıda maddesinde kurutma işlemi başlamadan gıdanın soğuk olduğunu ifade etmektedir.

C; Kurutma işleminin dengede olduğunu, gıda maddesinin kurutma işleminin kararlı bir şekilde devam ettiğini göstermektedir.

CD arası; Kuruma hızının sabit olduğunu göstermektedir.

DE arası; Gıda maddesindeki kuruma hızının azaldığını göstermektedir (Yazar, 2022).

### **2.5.2 Gıdalarda kurutma hızını etkileyen faktörler**

Kurutmanın ana mekanizmaları gözenek yüzeylerinde yüzey difüzyonu, nem konsantrasyonu farklılıklarından dolayı sıvı veya buhar difüzyonu ve granüler ve gözenekli gıdalardaki yüzey kuvvetlerinden dolayı kılcal etkidir. Genellikle higroskopik ürünler sabit hızda kurur ve ardından düşen hız periyotları ile denge sağlandığında kuruma durur. Sabit hızlı kuruma süresi, ürünün fiziksel formu ve sıcaklık, kurutma hava hızı, hava akış yönü ve bağıl nem gibi dış koşullar, yüzey difüzyonunda kurutulan ürünün yüzeyi üzerinde büyük etkiye sahiptir (Inyang ve diğ, 2017).

Gıdalarda kurutma hızını etkileyen faktörler:

- **Sıcaklık:** Ana işlevi gıda maddesinin içindeki suyu buharlaştırmak olan sıcaklık, kurutma hızını etkileyen faktörlerden bir tanesidir. Sıcak havanın sıcaklığı ne kadar fazla olursa kütle ve ısı transferi o kadar yüksek olmaktadır. Gıda maddesi ile ısı transfer ortamı arasında sıcaklık farkı ne kadar fazla olursa, gıda maddesine ısı transfer hızı daha fazla olmaktadır (Karabacak, 2021).
- **Kurutma Hava Hızı:** Ana işlevi sürekli olarak gıda maddesine ısı aktarmak ve gıda maddesinin etrafındaki doymuş su buharını uzaklaştırmak olan kurutma havası hızı, kurutma hızını etkileyen faktörlerden bir tanesidir. Sıcak havanın akış hızı, kurutma işlemi sırasında ısı transferini etkiler. Genel olarak, sıcak havanın hızı ne kadar yüksek olursa, özellikle kurutmanın ilk aşamasında kuruma hızı da o kadar yüksek olur (Karabacak, 2021).

- **Ortamın Nem İçeriği:** Gıdaların kurutulması esnasında önemli olan faktörlerden bir tanesi de havanın nemidir. Havanın bağıl nemi, kurutma işleminin son bulacağı nemi belirler. Havanın nem oranının artırılması veya azaltılması gıdadaki nem miktarını farklı yönlerden etki etmektedir. Sorbsiyon izoterm terimi, malzemenin belirli bir sıcaklıkta çevresindeki nemle etkileşimini gösteren eğrileri ifade etmektedir (Yazar, 2022).
- **Kurutulan Gıdanın Yüzey Alanı:** Gıdaların kurutulması esnasında önemli olan faktörlerden bir tanesi de gıda maddesinin yüzey alanıdır. Kurutulacak üründe yüzey alanı arttıkça gıda maddesinin içeriğinde bulunan serbest suyun uzaklaştırılması daha hızlı olur. Fakat kurutulacak ürünün ince olması nemin uzaklaşmaya başlamasıyla birlikte yanmasına sebep olabilmektedir. Bu sebeple kurutulacak ürünlerin yüzey alanları ayarlanmalıdır ve kurutma buna göre gerçekleştirilmelidir. Kısaca, gıdanın yüzey alanı arttıkça kuruma hızı artarken, gıdanın boyutu kalınlığı ile ters orantılıdır (Yazar, 2022).

### **2.5.3 Gıdalarda kurutma yöntemleri**

#### **2.5.3.1 Güneşte kurutma**

Güneşte kurutma, çiftçiler tarafından gıda ve tarımsal ürünleri korumak için kullanılan en eski ve erişilebilir işlemlerden biridir. Ülkemiz ve gelişmekte olan ülkeler gıda maddelerini hasır, çatı gibi direk güneş ışığı alan yerlerde kurutmaktadır. Güneşte kurutma yöntemleri ucuzdur, fakat kurutma süresi uzun sürmektedir. Açık alanda yapıldığı için kontaminasyon oranı yüksektir. Güneş ışığına veya daha doğrusu ultraviyole radyasyona maruz kalmak, besin maddelerinin seviyesini büyük ölçüde azaltabilir. Ayrıca güneşte kurutma kontrolsüz faktörlere bağlı olduğundan tek tip ve standart üretim yapılamamaktadır (Inyang ve diğ, 2018).

#### **2.5.3.2 Vakum kurutma**

Vakumlu kurutma, malzemelerin düşük basınçlı bir ortamda kurutulmasına olanak tanıyan ve hızlı kuruma için gereken ısıyı azaltan bir işlemdir. Yöntem, düşük basınç altında etkili nem gidermeye olanak sağlar. Vakumlu kurutma, ürünün içi ve dışı arasındaki artan buhar basıncı gradyanı nedeniyle kütle transferini artırır. Vakumlu kurutucular, ısıya dayanıklı malzemelerin düşük sıcaklıkta kurutulmasını sağlar ve

solvent içeren katı ürünlerden solvent geri kazanımı için uygundur (Inyang ve diğ, 2018).

### **2.5.3.3 Dondurarak kurutma**

Liyofilizasyon veya dondurarak kurutma, suyun dondurulup ardından uzaklaştırıldığı bir işlemdir. Dondurarak kurutma, üründe bulunan suyun dondurulduktan sonra süblimleştirildiği bir kurutma işlemidir (Inyang ve diğ, 2018).

### **2.5.3.4 Döner (tambur) kurutucular ile kurutma**

Kurutma işleminde, içten buharla ısıtılan döner tamburların dış yüzeyine sıvı, bulamaç veya püre malzeme ince bir tabaka halinde uygulanır.

Tamburlu kurutmada, tamburda yoğunlaşan buhar tarafından büyük miktarda termal enerji açığa çıkar ve tambur duvarı üzerinden ürüne iletilir. Kurutma sırasında bir ürün üç genel dönemden geçebilir. Birincisi, ıslak malzemelerin tambur yüzeyine ince bir tabaka halinde uygulandığı ilk ısıtma dönemidir. Tambur yüzeyi ile ıslak ürün arasındaki büyük sıcaklık farkından dolayı yoğun ısı transferi meydana gelir ve ürün sıcaklığı hızla artarak serbest suyun kaynama noktasına ulaşır. İkinci dönem, kaynama sıcaklığına ulaştıktan sonra büyük miktarda serbest suyun buharlaştığı ve ürün sıcaklığının sabit kaldığı sabit ürün sıcaklığı dönemidir. Bununla birlikte, yoğun buharlaşmalı soğutma nedeniyle tambur yüzey sıcaklığı azalır. Üçüncüsü, serbest suyun çoğunun uzaklaştırılmasından sonra buharlaşma için gereken nem miktarının önemli ölçüde azaldığı artan ürün sıcaklığı dönemidir. Buhardan aktarılan ısı yavaş yavaş buharlaşma için kullanılan enerjiyi aşar. Sonuç olarak tambur yüzey sıcaklığı artar. Bağlı su, buharlaşma oranının kontrolünde önemli bir rol oynamaya başlar. Bağlı suyun kaynama sıcaklığı daha yüksek olduğundan, kuruma ilerledikçe ürün sıcaklığı giderek artar.

Tamburlu kurutucular gıda endüstrisinde süt ürünleri, bebek mamaları, kahvaltılık tahıllar, meyve ve sebze posası, patates püresi, pişmiş nişasta ve maya gibi çeşitli ürünlerin kurutulması için kullanılmaktadır (Inyang ve diğ, 2018).

### **2.5.3.5 Püskürtmeli kurutma**

Bu teknik, kurutulacak ürünün sıcak bir kurutma ortamına püskürtülmesi yoluyla, gıda maddesinin sıvı halden kurutulmuş parçacıklı forma dönüştürülmesini mümkün kılar. Sürekli bir parçacık işleme kurutma işlemidir. Kurutulmuş ürün, beslemenin fiziksel

ve kimyasal özelliklerine, kurutucu tasarımına ve istenen nihai toz özelliklerine bağlı olarak toz, granül veya aglomera formunda olabilir (Michael, 1993). Püskürtmeli kurutma şu anda ilaç endüstrisi için en heyecan verici teknolojilerden biridir ve son ürünün parçacık boyutu dağılımı, kalan nem içeriği, yığın yoğunluğu ve morfoloji açısından kesin kalite standartlarına uyması gereken ideal bir işlemdir. Püskürtme işleminden partikül üretimi son yıllarda büyük ilgi görmüştür (Suthur ve diğ, 2009).

### **2.5.3.6 Sıcak hava kurutma**

Sıcak hava ile kurutma yönteminin geçmişi çok eskilere dayanmakta olup çok yaygın olarak birçok yerde kullanılmaktadır. Bu yöntem, ile çabuk bozulan gıda ürünlerinin kurutulup korunmasında etkili bir yöntemdir. Yöntemin ana prensibi, kurutma aşamasında kurutulan gıda ürününün içerisindeki suyun buharlaştırılması için gerekli olan ısının hava tarafından sağlanmasına ve buharlaşan suyun da hava vasıtasıyla uzaklaştırılmasına dayanır. Çok fazla kullanılan bir yöntem olmasına rağmen, ürünün çok uzun süre yüksek sıcaklığa ve uzun kurutma sürelerine maruz kalması durumunda üründe istenmeyen fiziksel, kimyasal ve duyuşal değişimler oluşturmaktadır. Ayrıca ürünün fiziksel yapısında istenmeyen büzülme ve sert kabuk oluşumu gözlemlenmektedir. Bu sebeple bu kurutma modeli tek başına kullanılmak yerine kombine sistemlerle (mikrodalga-sıcak hava vb.) kullanılmaktadır (Karaaslan, 2012).

### **2.5.3.7 Mikrodalga kurutma**

Mikrodalga kurutma gıda endüstrisinde kullanılan alternatif bir yöntemdir. Mikrodalgalar, 0,3 GHz ile 300 GHz arasında değişen elektromanyetik dalgalardır. En sık kullanılan frekanslar 915 MHz ve 2450 MHz'dir. Mikrodalga ısıtma yöntemi, elektromanyetik enerji ile malzeme içindeki polar moleküller arasındaki etkileşimler yoluyla gıdanın suyunu kurutur. Polar moleküller uygulanan salınımlı elektromanyetik dalgalara yanıt olarak döner. Bu moleküllerin yüksek frekanslı bir elektrik alanında yeniden yönlendirilmesi sıklıkla ve hızlı bir şekilde meydana gelir ve bu da ısı üreten moleküller sürtünmeye neden olur. Mikrodalga ısıtma, enerji verimliliğini arttırdığı ve kurutulmuş ürünlerin kalitesi üzerinde daha az olumsuz etkiye sahip olduğu için tercih edilen bir alternatif kurutma yöntemidir (Inyang ve diğ, 2018).

Mikrodalga kurutmanın ürün kalitesinin düşmesini engellemesi ve malzeme içerisinde ısının hızlı ve verimli dağılımını sağlar. Ayrıca mikrodalga kurutma, kuruma süresini kısaltarak enerji tasarrufu sağlar ve aynı zamanda yüksek kaliteli ürünler üretir (Inyang

ve diğ, 2018). Bu kadar avantajının yanında dezavantajları da bulunmaktadır. Mikrodalga ekipmanın kurulum masrafları fazladır, ayrıca şekilsiz gıda maddelerinin ısıtılması homojen bir şekilde gerçekleştirilememektedir (Karaaslan ve Tunçer, 2008).



### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

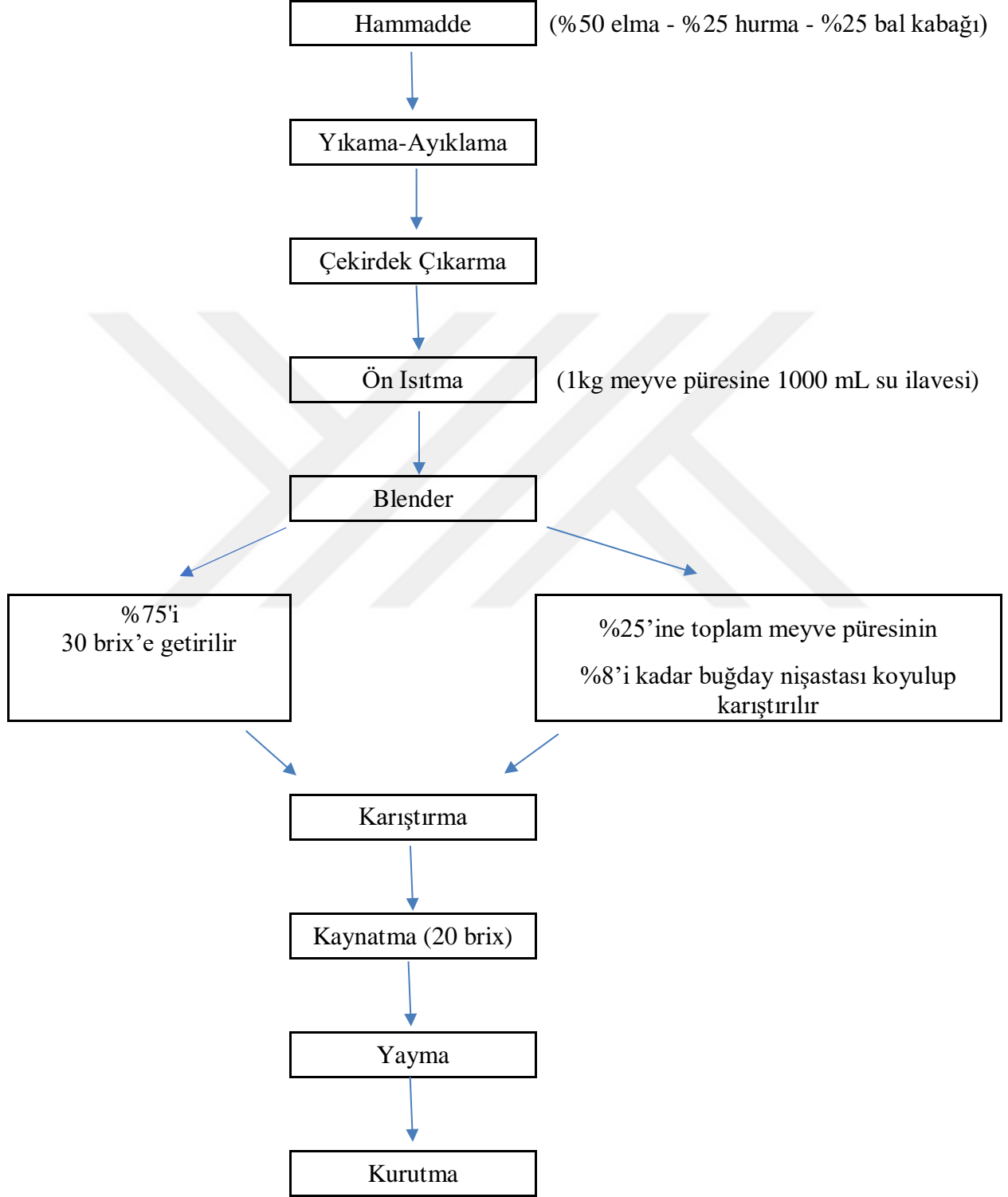
#### 3.1 Materyal

Bu çalışmada kullanılan yaş hurma (*Phoneix dactylifera*) özel bir işletmeden temin edilmiştir ve -18 °C sıcaklık koşullarında muhafaza edilmiştir. Bursa bölgesinden temin edilen bal kabağı (*Cucurbita moschata*) ve *Starking* cinsi elma kullanılmıştır. Elma üretimde kullanılmaya kadar (0) - (+4) °C'de buzdolabında, taze hurma ve bal kabağı -18 °C sıcaklık koşullarında muhafaza edilmiştir. Püreye ilave edilmesi için buğday nişastası temin edilmiştir. Bu hammaddeler belirli kombinasyonlarda püre haline getirilip belirli oranda buğday nişastası ilave edildikten sonra dairesel cam kalıplara yayılarak laboratuvar tipi mikrodalga-sıcak hava fırını kullanılarak sıcak hava, mikrodalga ve mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu yöntemleri kullanılarak kurutma işlemine tabi tutulmuş ve pestil üretimi yapılmıştır.

#### 3.2 Pestil Üretimi

Pestil üretiminde ilk olarak kullanılacak meyvelerde bazı ön işlemler gerçekleştirilmiştir. Elmalar yıkandıktan sonra kabukları soyulup yaklaşık 1 cm<sup>3</sup>'lük parçalara bölünmüştür. Hurmalar yıkandıktan sonra, çekirdekleri çıkarılıp ikiye bölünmüştür. Bal kabağı kabuk kısmı ayrılarak 1 cm<sup>3</sup>'lük parçalara ayrılmıştır. Ön işlemleri tamamlanan meyveler %25 hurma, %25 bal kabağı ve %50 elma olacak şekilde ön ısıtmaya tabi tutulması amacıyla derin bir tencereye alınarak ön ısıtmaya tabi tutulmuştur. Üzerine her 1 g için 1 mL olmak üzere su ilave edilmiştir. 10 dakika süre ile kaynatılmıştır. Süre sonunda elde edilen karışım blender edilerek püre haline getirilmiştir. Pürenin suda çözünür kuru madde miktarı refraktometre ile ölçülerek 16° briks olarak ayarlanmıştır. Elde edilen püre filtre edilerek kaba bir elekten geçirilmiştir. Karışım tartılarak %75'i ayrı bir pişirme kabına alınmış briks derecesi 30°'a gelene kadar kaynatma işlemine devam edilmiştir. Karışımın %25'ine ise toplam miktarın %8'i oranında buğday nişastası %15 lik çözelti halinde eklenmiştir. 30 brix değerine ulaşan karışımın içerisine eklenerek pişirme işlemine devam edilmiştir. Suda çözünür kuru madde miktarı 20 brix'e ulaştığında pişirme işlemine son verilmiştir.

Karışım 10,7 cm çapındaki 2,30 mm kalınlığındaki dairesel cam kalıplara yağlı kağıt üzerinde yayma işlemi yapılarak serilmiştir. Pestil üç farklı yöntem kullanılarak son ürün nemi %20 olana kadar kurutulmuştur.



Şekil 3.1 : Pestil üretim akış şeması.



**Şekil 3.2 :** Pestil üretimi.

### **3.3 Kurutma İşlemi**

Pestil akış diyagramlarında anlatıldığı şekilde üretilen elma-yaş hurma-bal kabağı karışımı 10,7 cm eninde 2,30 mm kalınlığındaki dairesel cam kalıba eşit miktarda yayılarak sıcak hava (50, 75 °C), mikrodalga-sıcak hava (200 W + 50 °C, 200 W + 75 °C, 300 W + 50 °C, 300 W + 75 °C) ve mikrodalga (200 W, 300 W) kurutma metodları kullanılarak kurutulmuştur. Dijital terazi (Denver TP-3002, Almanya-0,01 g

hassasiyete sahip) ile kurutma işlemi aşamasında 5 dakikalık aralıklarla fırından alınıp pestil örneklerinden tartımlar alınmış olup nem içeriklerindeki farklılıklar kaydedilmiştir.

### 3.4 Denemelerde Kullanılan Mikrodalga - Sıcak Hava Fırını Kurutma Cihazı

Dairesel cam kalıba eşit miktarda yayılan ve pişirme kağıdına serilen pestil örnekleri Arçelik marka ev tipi mikrodalga-sıcak hava fırın (Arçelik KMF 833, Türkiye) kullanılarak sıcak hava (50, 75 °C), mikrodalga-sıcak hava (200 W+50 °C, 200 W+75 °C, 300 W+50 °C, 300 W+75 °C) ve mikrodalga (200 W, 300 W) olmak üzere sekiz farklı yöntem ile kurutma işlemine tabi tutulmuştur.

### 3.5 Kurutma Karakteristiklerinin Belirlenmesi İçin Yapılan Hesaplamalar

#### 3.5.1 Nem içeriğinin hesaplanması

Pişirme kağıtlarına yayılan pestil örneklerinin ölçülecek ağırlık azalmaları değerlerinin nem içeriği aşağıda verilen 3.1. Eşitlik ile deneysel verilerin herhangi bir  $t$  anındaki nem içeriği değerleri hesaplanmıştır (Dadalı, 2007).

$$M_t = (M - KM) / KM \quad (3.1)$$

Eşitlik 3.1'de;

$M_t$  : Herhangi bir  $t$  anındaki nem içeriği (g su / g kuru madde)

$M$  : Numunenin ağırlığı (g)

$KM$  : Numunenin içerdiği kuru madde miktarı (g)

#### 3.5.2 Kuruma hızının hesaplanması

Pestil örneklerinin kuruma hızı, aşağıdaki eşitlik ile nem içeriğine karşılık kuruma zamanı eğrilerinin türevlerinin alınması ile hesaplanmıştır (Dadalı 2007).

$$\text{Kuruma Hızı} = \frac{(M_{t+dt} - M_t)}{d_t} \quad (3.2)$$

Eşitlik 3.2'de;

$M_{t+dt}$  :  $t+dt$  anındaki nem içeriği (g su / g kuru madde)

$M_t$  : Herhangi bir t anındaki nem içeriği (g su / g kuru madde)

$d_t$  : Kuruma zamanı (dakika)

### 3.6 Analizler

#### 3.6.1 Toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite için ekstraksiyon işlemi

Pestil örneklerinin ekstraktları, İzli ve diğ. (2022) tarafından belirtilen yöntemde bazı değişiklikler yapılarak hazırlanmıştır. 2,5 gram pestil örneği üzerine 10 mL %80'lik metanol eklenmiş ve 9000 rpm x 20 dakika 20 °C'de santrifüj edilmiştir (Hettich Universal 320 R, Almanya). Tüpteki üst berrak kısım pastör pipeti ile falkon tüplere alınıp, alt kısım üzerine 10 mL %80'lik metanol ilave edilerek aynı işlemler tekrarlanmıştır. İkinci santrifüj sonrası elde edilen üst berrak kısım ilk ekstraktla birleştirilip ve 0,45 µm'lik filtreden geçirilmiştir. Elde edilen ekstraktlar toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite analizinde kullanılmıştır.

#### 3.6.2 Toplam fenolik madde tayini

Fenolik madde tayini için kullanılan yöntem, Folin-Ciocalteu yöntemidir. Bu yöntem, fenolik bileşiklerin miktarını belirlemek için kullanılmaktadır. Yöntemin temel ilkesi, fenolik bileşiklerin bazik ortamda Folin-Ciocalteu çözeltisini indirgemesine dayanmaktadır. Fenolik bileşiklerin bu çözeltiyi indirgeme reaksiyonu sonucunda renk değişiklikleri oluşmaktadır ve bu renk değişiklikleri ölçülerek fenolik bileşiklerin miktarı belirlenmektedir.

- 0,2 mL ekstrakt 15 mL'lik falkon tüpe alınmıştır.
- 1,5 mL 1:10 oranında seyreltilmiş Folin-Ciocalteu (Sigma- Aldrich, Almanya) çözeltisi, tüpe alınmış örneğe ilave edilmiştir.
- Örnek, vorteks cihazı (Velp Scientifica F202 A0173, İtalya) kullanılarak vortekslenmiştir.
- Vorteksleme işlemi tamamlandıktan sonra, örnekler 5 dakika boyunca bekletilmiştir.
- Bekletilen örneğin üstüne 1,5 mL %7'lik Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltisi ilave edilmiştir ve vortekslenmiştir.
- Vorteks işleminden sonra karanlıkta 90 dakika bekletilmiştir.
- Bekleme süresinin sonunda, reaksiyon sonucu indirgenen Folin-Ciocalteu çözeltisinin oluşturduğu mavi renk; 765 nm dalga boyundaki ışığı ölçmek amacıyla

spektrofotometre (Thermo Scientific Evolution™ 201, ABD) cihazında okutulmuştur. Pestil örneklerinin toplam fenolik madde miktarı hazırlanan gallik asit (GA) (5-50 mg/L) kalibrasyon eğrisinden yararlanılarak değerlendirilmiştir ve mg GAE/100 g km cinsinden hesaplanmıştır (İzli, 2017).

### 3.6.3 Antioksidan kapasite tayini

Pestil örneklerinin, antioksidan kapasite değerlerini belirlemek için DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) serbest radikal temizleme aktivitesi yöntemi kullanılmıştır.

- 0,1 mL ekstrakt 15 mL'lik falkon tüplere alınmıştır.
- Etanol ile hazırlanmış 3,9 mL, 0,1 mM DPPH (Aldrich, Almanya) çözeltisi, falkon tüpüne alınan ekstrat içerisine eklenmiştir.
- Tüpler vortekslenmiştir (Velp Scientifica F202 A0173, İtalya).
- Vorteksleme işleminden sonra örnek 30 dakika ışık almayan ortamda bekletilmiştir.
- Belirli bir süre bekletilmiş olan karışımın, 515 nm dalga boyundaki bir spektrofotometrede (Thermo Scientific Evolution™ 201 modeli, ABD) absorbans değeri okunmuştur.
- Şahit örneğin analizinde, ana örnekte kullanılan analitik yöntem veya sistem aynen kullanılmış olup, ekstrakt yerine %80 metanol kullanılmıştır.

Elde edilen sonuçlardan antioksidan kapasite değerlerini belirlemek için, belirli bir konsantrasyon aralığında hazırlanan troloks kurvesi kullanılmıştır. Hazırlanan troloks kurvesi (0,1-1,0 mM) yardımıyla  $\mu\text{mol Troloks/g}$  kuru ağırlık olarak hesaplanmıştır ( $y = 81,75x - 12,627$ ,  $R^2 = 0,9886$ ).

### 3.6.4 Renk tayini

Örneklerin renkleri, Konica Minolta'nın (CR-400, Japonya) modeli renk ölçüm cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Renk ölçümleri, CIE (International Commission on Illumination) renk ölçüm sistemine göre yapılmıştır.  $L^*$  eksenini, parlaklık (luminance) değişimini temsil etmektedir.  $L^*$  değeri 0 ile 100 arasında değişir, 0 siyahı, 100 ise beyazı temsil etmektedir.  $a^*$  eksenini, yeşilden kırmızıya doğru olan değişimi göstermektedir.  $-a^*$  değerleri yeşili,  $+a^*$  değerleri kırmızıyı temsil etmektedir.  $b^*$  eksenini, sarıdan maviye olan değişimi göstermektedir.  $-b^*$  değerleri maviyi,  $+b^*$  değerleri sarıyı temsil etmektedir.

Ölçülen  $L^*$ ,  $a^*$ , ve  $b^*$  değerleri, CIE renk uzayında matematiksel olarak tanımlanan renk koordinatlarıdır ve genellikle insan algısına tam olarak uymamaktadırlar. Bu yüzden aşağıdaki eşitlikler kullanılarak,  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri insan renk algısına giren kroma ( $C^*$ ) ve hue açısı ( $\alpha^\circ$ ) değerleri hesaplanmıştır (İzli, 2017).

$$C = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (3.3)$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{b}{a} \right) \quad (3.4)$$

### 3.6.5 Fiziksel analiz

Fiziksel analiz için her kurutma tekniği için 3 adet pestil olmak üzere toplam 24 adet pestil üretilmiştir. Üretilen her bir pestilden 5 adet çap ve kalınlık kumpas (Insize, 1108-300, Çin) kullanılarak ölçülmüştür.

### 3.6.6 Duyusal analiz

Sekiz farklı kurutma yöntemiyle üretilen pestil örneklerin duyusal analizleri Bursa Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Pestil örneklerinde renk, görünüş, yapı-kıvam, ısırma ve koparma özelliği, çiğnenebilirlik, tat-aroma ve genel kabul edilebilirlik parametreleri değerlendirilmiştir. Örneklerin duyusal analizinde 5 puanlı (1-Kötü, 2-Yeterli değil, 3-Kabul edilebilir, 4-İyi ve 5-Çok iyi) hedonik skala kullanılmıştır. Panelistler tadım testlerinden sonra hedonik skalaya göre parametreleri puanlamışlardır. Kullanılan duyusal analiz formu Ek A.1'de gösterilmiştir.

### 3.6.7 İstatistiksel analiz

Denemelerden elde edilen veriler kullanılarak analiz gerçekleştirilmiş olup denemeler 2 tekrarlı olarak yürütülmüştür. Analiz için JMP Statistical Discovery Software 7.0 paket programı (SAS Institute Inc., Cary, ABD) tercih edilmiştir. İki tekrarlı denemelerin verileri, varyans analizi kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Analizler  $\alpha=0,95$  güven aralığında gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, Asgari Önemli Farklılık (LSD) çoklu karşılaştırma testi kullanılarak gruplar arasındaki farklar belirlenmiştir.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1 Nem İçeriği Değişimi

Başlangıç nem içeriği yaklaşık 1,90 g su/g kuru madde (km) olan pestil örnekleri nem içerikleri yaklaşık 0,2 g su/g km olana dek kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Üç farklı kurutma yöntemi (sıcak hava, mikrodalga-sıcak hava ve mikrodalga) ile kurutulan elma-kabak-hurma karışımından oluşan pestil örneklerinin zamana bağlı olarak nem içeriğindeki değişimleri Şekil 4.1’de grafiksel biçimde gösterilmiştir.

Sıcak havada (50 ve 75 °C) gerçekleştirilen kurutma işlemlerinde, sıcaklık arttıkça (50 °C : 270 dakika ; 75 °C : 135 dakika) kuruma süresinde azalma meydana gelmiştir. Mikrodalgada (200 ve 300 W) gerçekleştirilen kurutma işlemlerinde, 200 W’lık güç uygulanarak kurutulan pestilde kuruma süresi 90 dakika sürerken, 300 W’lık güç uygulanarak kurutulan pestil örneğinde kuruma süresi 55 dakika sürmüştür. Mikrodalga gücünün 1,5 kat artmasıyla; kuruma süresinin ise %64 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Kısaca, mikrodalga gücü arttıkça kuruma süresinde azalma meydana gelmiştir. İki farklı kurutma yöntemi olan sıcak hava ve mikrodalga kurutma yöntemleri karşılaştırıldığında mikrodalga kurutma uygulanan pestil örneklerinin kuruma süresi, sıcak hava ile kurutulan pestil örneklerine göre kısa olduğu yapılan bu çalışma sonucunda gözlemlenmiştir.

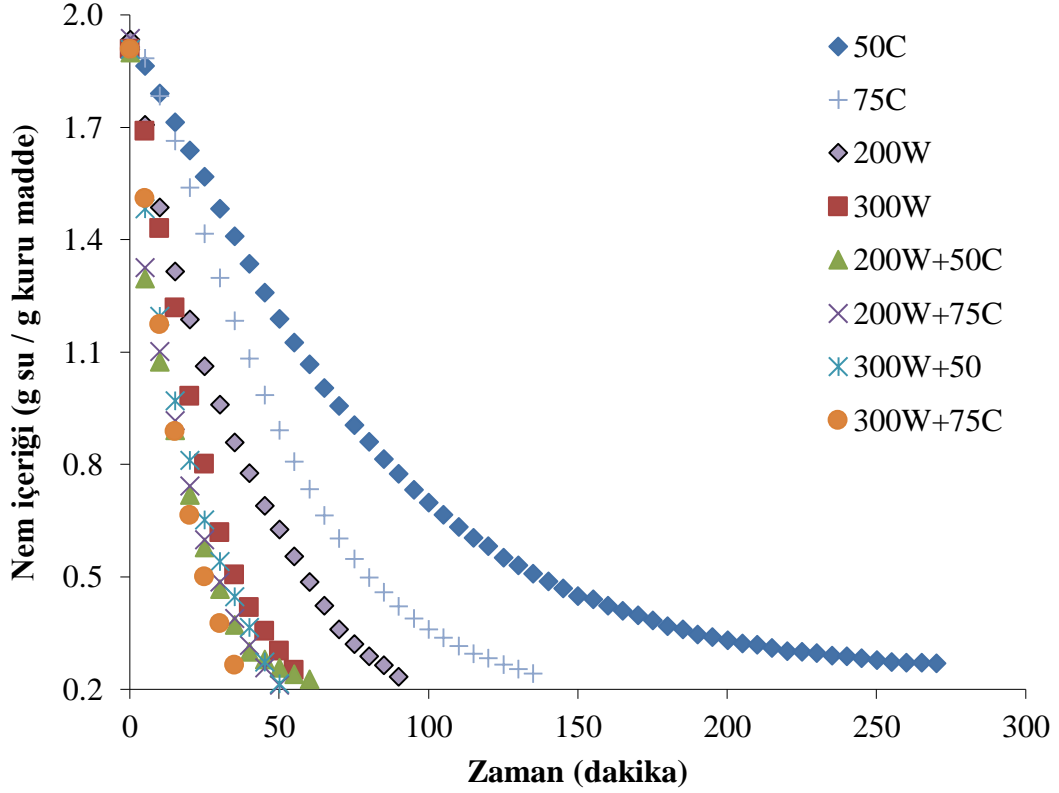
Mikrodalga 200 W çıkış gücü için pestil numunesinin nem içeriğinin 1,90’dan 0,2 g su/g km değerine düşmesi 90 dakika sürerken, sıcak hava 50 °C’de kurutma süresi 270 dakika, sıcak hava 75 °C’de kurutma süresi 135 dakika sürmüştür. Mikrodalga-sıcak hava (200 W+50 °C) ile gerçekleştirilen kurutma işleminde kuruma süresi 65 dakikada tamamlanmış olup, kurutma süresi 25 dakika azalmıştır. 200 W+75 °C’de gerçekleştirilen kurutma işleminde kuruma süresi 55 dakikada tamamlanmış olup, kurutma süresi 35 dakika daha azalmıştır.

Mikrodalgada (300 W) gerçekleştirilen kurutma işlemlerinde, kurutma süresi 55 dakikada tamamlanmıştır. Mikrodalga-sıcak hava (300 W+50 °C) gerçekleştirilen kurutma işleminde kuruma süresi 50 dakikada tamamlanmış olup, kurutma süresi 5 dakika daha azalmıştır. (300 W+75 °C) gerçekleştirilen kurutma işleminde, kuruma süresi 35 dakikada tamamlanmış olup, mikrodalga gücüne (300 W) sıcaklığın kombine edilmesi ile (75 °C) kurutma süresi 20 dakika daha azalmıştır.

Mikrodalga-sıcak hava kombinasyonlarında, mikrodalga enerjisi sabit tutulup (300 W+50 °C / 300 W+75 °C ve/veya 200 W+50 °C / 200 W+75 °C) sadece sıcaklık değiştirildiğinde; sıcaklık arttıkça kurutma süresinin azaldığı gözlemlenmiştir. Mikrodalga-sıcak hava kombinasyonlarında, sıcak hava sabit tutulup (200 W+50 °C / 300 W+50 °C ve/veya 200 W+75 °C / 300 W+75 °C) mikrodalga gücü değiştirildiğinde mikrodalga gücü arttıkça kurutma süresinin azaldığı gözlemlenmiştir. Sonuçlar karşılaştırıldığında en dikkat çekici; 300 W kurutma yöntemi ile 200 W+75 °C kurutma yönteminin kuruma süreleri her ikisinde de 55 dakika olup aynı gözlemlenmiştir. Bu sonuca göre 300 W, kurutma süresini azaltmada 200 W+75 °C'lik kombine sisteme göre daha etkili olduğu söylenebilmektedir.

Yapılan çalışma sonucunda, en hızlı kuruma 300 W+75 °C kombinasyonunda 35 dakikada gerçekleşmiş olup; en yavaş kuruma ise sıcak hava yöntemi olan 50 °C'de 270 dakikada gerçekleşmiştir.

Benzer sonuçlar başka çalışmalarda da tespit edilmiştir. Karabacak (2021) tarafından yapılan çalışmada, üretilen pestil örnekleri (havuç+kırmızıbiber, havuç ve havuç+domates) sıcak hava ve mikrodalgadan yararlanılarak üretilmiş olup; sıcak havada gerçekleştirilen (60 ve 70 °C) kurutma işlemlerinde sıcaklık arttıkça kurutma süresinin azaldığı bildirilmiştir. Mikrodalga kurutma yöntemi uygulandığında (90 W : 72 dakika ; 180 W : 23 dakika) güç arttıkça kurutma süresinin azaldığı belirlenmiştir. Uysal (2019) tarafından yapılan çalışmada ise, limon kabuğu örnekleri mikrodalga, sıcak hava ve mikrodalga ile sıcak havanın kombinasyonlarıyla kurutulmuştur. Sıcak havada gerçekleştirilen (40, 50 ve 60 °C) kurutma işlemlerinde sıcaklık arttıkça kurutma süresinin azaldığı ve mikrodalga kurutma yöntemi uygulandığında (90, 180 ve 360 W) güç arttıkça kurutma süresinin azaldığı bildirilmiştir. Horuz (2018) tarafından yapılan çalışma, elma örneklerinin farklı sıcaklıklar ve mikrodalga güçleri altında kurutulması üzerine gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, en yüksek kuruma hızı ve en kısa kuruma süresi 70 °C sıcaklıkta ve 180 W mikrodalga gücü kullanıldığında elde edilmiştir. Bu yapılan farklı çalışmalar sonucunda, sıcaklık ve mikrodalga gücünün artışıyla birlikte örneklerin kuruma sürelerinin azaldığı söylenilebilmektedir. Ayrıca, belirli sıcaklık ve mikrodalga gücü kombinasyonlarıyla kurutulan örneklerin kuruma sürelerinin azaldığı ortaya konmuştur. Bu sonuçların, gıda işleme veya kurutma teknolojileri üzerine çalışan araştırmacılar için önemli olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.1 : Farklı yöntemlerle kurutulmuş pestil örneklerinin nem içeriğinin zaman ile değişimi.

#### 4.2 Kuruma Hızının Değişimi

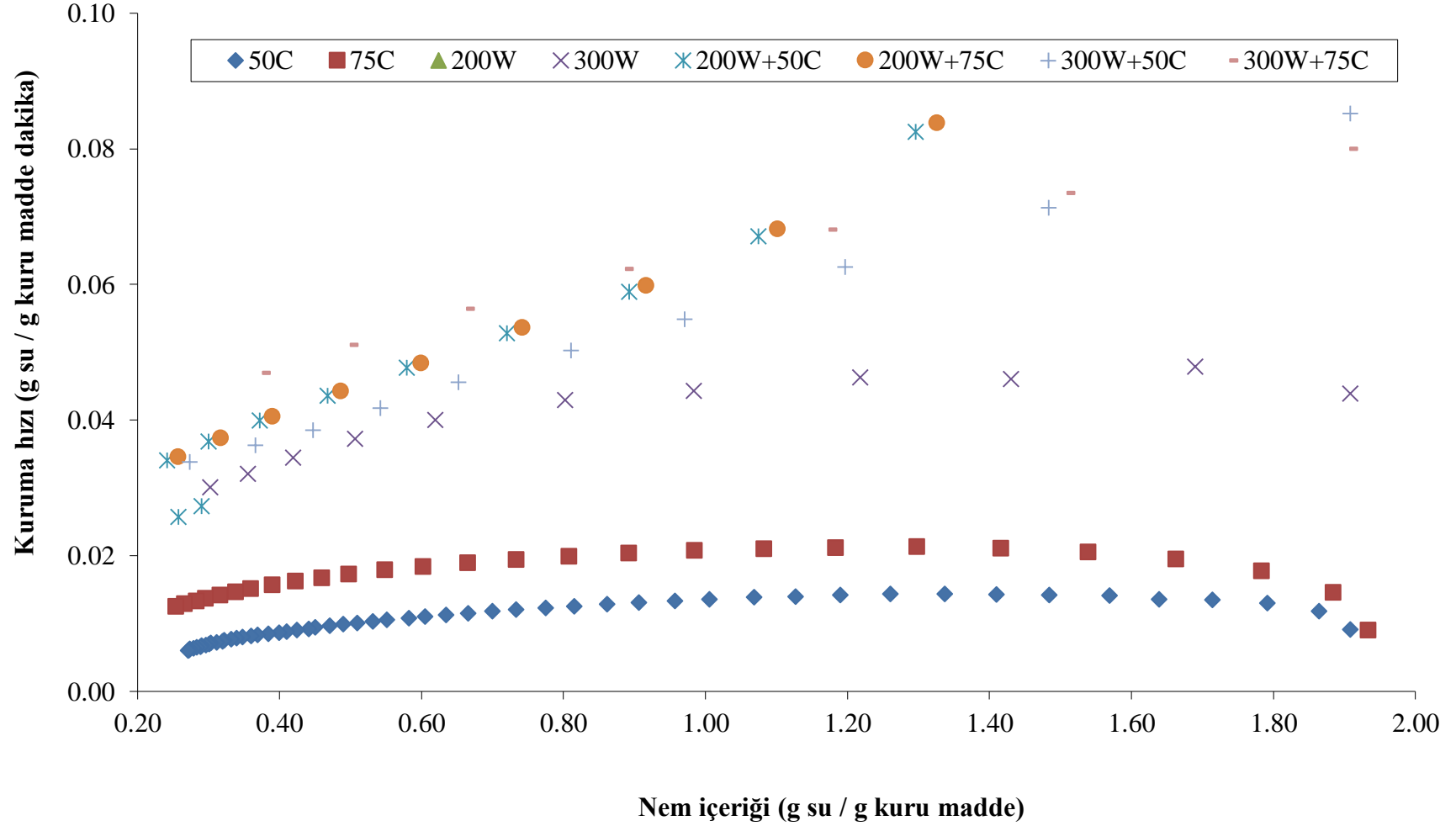
Farklı yöntemlerle kurutulmuş pestil örneklerinin kuruma hızları, bu ortamlar için zamana bağlı olarak belirlenmiş olan nem oranlarının kullanımı ile Eşitlik 3.2 ile hesaplanmış olup nem içerikleriyle değişimi Şekil 4.2’de grafiksel olarak sunulmuştur.

Sıcak hava kurutma yöntemi uygulanan pestil örneklerinin kurutma parametreleri, Şekil 4.2’deki grafik incelendiğinde ilk etapta kuruma hızında çok az bir oranda artış göstermiş olup devamında sabit kurutma hızı periyodunda gerçekleştiğini, istenilen nem oranına yaklaşmaya başladığı anlarda ise kuruma hızının azalan hız periyodunda gerçekleştiği görülmektedir. Sıcaklığın artmasıyla birlikte kurutma hızı da artmaktadır. Bu, genellikle sıcaklığın suyun buharlaşma hızını artırmasıyla ilişkilendirilmektedir (Uysal, 2019). Yapılan bu tez çalışması incelendiğinde, 75 °C’de gerçekleştirilen kurutma işleminin, 50 °C’deki uygulamaya göre daha hızlı gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu ile gerçekleştirilen kurutma işlemlerinde kuruma hızları yüksek olup, kurutma hızı

istenilen nem oranına (%20) düşene kadar azalan hız periyodunda gerçekleşmiştir. 300 W mikrodalga gücüyle kurutulan pestil örneğinin nem oranı 2 ile 1,7 g su/g km iken kuruma hızı artan hız periyodunda gerçekleşmiş olup, 1,7 ile 0,8 g su/g km neme sahipken; kuruma hızı sabit hızda kurutma göstermiştir. 0,8 g su/g km nem miktarından 0,2 g su/g km neme düşerken; kuruma hızının, azalan hız periyodunda gerçekleştiği görülmektedir.

Pestil örneklerinin istenilen nem içeriğine kadar kurutulmasında uygulanan yöntemlerden elde edilen kuruma hızları hesaplandığında, sıcak hava kurutma yöntemiyle 50 °C sıcaklıkta kurutulan pestil örneklerinin kuruma hızları en düşük değerleri göstermiş olup, mikrodalga-sıcak hava kombinasyonlu kurutma yöntemiyle 300 W+75 °C'de kurutulan pestil örneklerinin kuruma hızları en yüksek değeri göstermiştir. Çalışma kapsamında, üretilen pestillere uygulanan üç farklı kurutma tekniği (sıcak hava, mikrodalga, mikrodalga-sıcak hava) kuruma hızları bakımından karşılaştırıldığında, mikrodalga-sıcak hava kurutma tekniği ile kurutulan pestillerin, sadece sıcak hava ve sadece mikrodalga ile kurutulan pestil örneklerine göre kuruma hızlarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Gıda maddesi yüksek nem seviyesinde, içeriğinde daha fazla su buharı içermesinden dolayı, uygulanan sıcaklık ve mikrodalga enerjisini daha yüksek oranda emmektedir. Bu sayede, yüzeydeki suyun daha hızlı buharlaşması ile kuruma hızı artmaktadır. Bu olayın tersine, gıda maddesi düşük nem seviyesinde, içeriğinde daha az su buharı içermesinden dolayı uygulanan sıcaklık ve mikrodalga enerjisini daha düşük oranda emmektedir. Bu sebeple, yüzeydeki suyun daha yavaş buharlaşması ile kuruma hızı azalmaktadır (Uysal, 2019). Üç farklı yöntemle kurutulan pestil örneklerinin kuruma hızlarının nem içerikleriyle değişimi (yüksek nem ve düşük nem) incelendiğinde, tüm kurutma parametrelerinde yüksek neme sahipken elde edilen kuruma hız değerleri, düşük neme sahipken elde edilen kuruma hız değerine göre daha yüksek olduğu yapılan bu çalışma sonucunda belirlenmiş olup Uysal (2019) tarafından verilen bilgiyle çalışma desteklenmiştir. Ayrıca mikrodalga ve sıcaklık parametrelerinin yükselmesi ile nem kaybının daha hızlı olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.2 : Farklı yöntemlerle kurutulan pestil örneklerinin kuruma hızlarının nem içerikleriyle değişimi.

Karabacak, (2021) tarafından yapılan çalışmada, sıcak hava ve mikrodalga ile üretilen pestil örneklerinin (havuç-kırmızıbiber, havuç ve havuç-domates) kurutma hız parametreleri araştırılmıştır. Sıcak hava ve mikrodalga fırınının gücünün artmasıyla kurutma hızının arttığı ve kurutma süresinin kısaldığı bildirilmiştir. Horuz (2018) tarafından yapılan çalışmada da elma örneklerinin farklı sıcaklıklar ve mikrodalga güçleri altında kurutulması üzerine kurutma hız parametreleri araştırılmıştır. Sıcak hava ve mikrodalga fırını gücünün artmasıyla kurutma hızının arttığı ve kurutma süresinin kısaldığı gözlemlenmiştir. Yaptığımız çalışma sonuçları ile çalışmaların benzer olduğu görülmüş olup, elde ettiğimiz sonuçların bu çalışmalara uygun olduğu söylenilebilmektedir.

### **4.3 Toplam Fenolik Madde Ve Antioksidan Kapasite Analiz Sonuçları**

#### **4.3.1 Toplam fenolik madde sonuçları**

Farklı yöntemlerle üretilen pestil örneklerinin (50 ° C, 75 ° C, 200 W+50 ° C, 200 W+75 ° C, 300 W+50 ° C, 300 W+75 ° C, 200 W ve 300 W) toplam fenolik madde miktarı mg GAE/100 g kuru ağırlık cinsinden Çizelge 4.1'te gösterilmiştir.

Pestil örneklerinin toplam fenolik madde değerleri  $910,73 \pm 9,41$  mg GAE/100 g kuru ağırlık ile  $1515,75 \pm 20,48$  mg GAE/100 g kuru ağırlık aralığında değişim göstermiştir ( $p < 0,05$ ). Sıcak havada (50 ve 75 ° C) gerçekleştirilen kurutma işlemlerinde, sıcaklık arttıkça (50 ° C:  $967,95 \pm 15,70$ ; 75 ° C:  $910,73 \pm 9,41$  mg GAE/100 g kuru ağırlık) toplam fenolik madde miktarında azalma meydana gelmiştir. Fakat bu iki değer arasında önemli bir değişiklik gözlenmemiştir ( $p > 0,05$ ). Yüksekaya (2013) tarafından yapılan çalışmada, sıcak havada (50, 60 ve 75 ° C) gerçekleştirilen 1 mm kalınlığındaki nar pestillerinin kurutma işlemlerinde, sıcaklık arttıkça (50 ° C: 13349,89; 60 ° C: 13229,89 ve 70 ° C: 12065,70 mg GAE/kg) toplam fenolik madde miktarında azalma meydana geldiği bildirilmiştir. Yapılan çalışma ile benzer sonuçlar elde edildiği görülmüştür.

Mikrodalgada (200 ve 300 W) gerçekleştirilen kurutma işlemlerinde, 200 W'lık güç uygulanarak kurutulan örneğin toplam fenolik madde miktarı  $1320,56 \pm 45,88$  mg GAE/100 g kuru ağırlık olarak, 300 W'lık güç uygulanarak kurutulan pestil örneğinde toplam fenolik madde miktarı  $1444,79 \pm 13,52$  mg GAE/100 g kuru ağırlık olarak bulunmuştur. Artan mikrodalga gücü ile toplam fenolik madde miktarının %8,59

oranında arttığı tespit edilmiştir. Kısaca, mikrodalga gücü arttıkça toplam fenolik madde miktarında artma meydana gelmiştir.

Mikrodalga-sıcak hava kombinasyonlarında, mikrodalga enerjisi sabit tutulup (200 W+50 °C / 200 W+75 °C ve 300 W+50 °C / 30 W+75 °C) sadece sıcaklık değiştirildiğinde fenolik madde miktarının sıcaklık arttıkça arttığı gözlemlenmiştir. Bu dört değer arasında önemli fark gözlemlenmiştir ( $p<0,05$ ). Fakat sadece sıcak havada (50 ve 75 °C) gerçekleştirilen kurutma işlemlerinde, sıcaklık arttıkça toplam fenolik madde miktarında azalma olmasına rağmen istatistiksel açıdan fark görülmemiştir. Bu sebeple, mikrodalga enerjisi sabit tutulduğunda sıcaklık arttıkça fenolik madde miktarında azalma meydana gelmesi beklenmiştir. Fakat yapılan çalışmada tam tersi durum söz konusu olmuştur. Bunun nedeni olarak, mikrodalga enerjisi sabit tutulduğunda artan sıcaklık değerinin kuruma süresini düşürmesinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Benzer sonuçlar başka çalışmalarda da tespit edilmiştir. İzli (2018) tarafından yapılan çalışmada, mikrodalga-sıcak hava kurutma yöntemi ile küp ve halka şeklinde kurutulan armut örneklerinin toplam fenolik madde miktarları belirlenmiştir. Mikrodalga-sıcak hava kombinasyonlarında küp şeklinde kurutulan örneklerin, mikrodalga enerjisi sabit tutulup (90 W+55 °C / 90 W+65 °C / 90 W+75 °C; 160 W+55 °C / 160 W+65 °C / 160 W+75 °C) sadece sıcaklık değiştirildiğinde fenolik madde miktarının sıcaklık arttıkça arttığı gözlemlenmiştir. Halka şeklinde kurutulan armut örneklerinde ise durum, 160 W+75 °C hariç mikrodalga gücü sabit tutulup sadece sıcaklık değiştirildiğinde fenolik madde miktarının sıcaklık arttıkça arttığı bildirilmiştir.

Mikrodalga-sıcak hava kombinasyonlarında, sıcak hava sabit tutulup (200W+50 °C / 300 W+50 °C ve/veya 200 W+75 °C / 300W+75 °C) mikrodalga gücü değiştirildiğinde mikrodalga gücü arttıkça fenolik madde miktarının arttığı tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ). İzli (2018) tarafından yapılan çalışmada mikrodalga-sıcak hava kurutma yöntemi ile küp ve halka şeklinde kurutulan armut örneklerinin toplam fenolik madde miktarları tespit edilmiştir. Mikrodalga-sıcak hava kombinasyonlarında, sıcak hava sabit tutulup (90 W+55 °C / 160 W+55 °C, 90 W+65 °C / 160 W+65 °C, 90 W+75 °C / 160 W+75 °C) mikrodalga gücü değiştirildiğinde mikrodalga gücü arttıkça fenolik madde miktarının arttığı bildirilmiştir.

Tüm uygulamalar için toplam fenolik madde miktarı değerleri ele alındığında en yüksek 300 W+75 °C ( $1515,75 \pm 20,48$  mg GAE/100 g kuru ağırlık) ve 300 W

(1444,79 ± 13,52 mg GAE/100 g kuru ağırlık) uygulamalarında tespit edilmiş olup bu iki uygulama arasında istatistiksel olarak önemli bir fark belirlenmemiştir (p>0,05). En düşük toplam fenolik madde miktarı değerleri sıcak hava (50 ve 75 °C) ile kurutulan pestil örneklerinde tespit edilmiş olup bu iki değer arasında fark gözlemlenmemiştir (p>0,05).

Yapılan bir çalışmada, farklı uygulamalarla (200 W, 70 °C ve 200 W+70 °C) kurutularak elde edilen mango tozu örneklerinin toplam fenolik madde miktarları sırasıyla (200 W: 1431,86 ± 20,86, 200 W + 70 °C: 1191,74 ± 31,58, 70 °C: 502,93 ± 16,75 mg GAE/100 g kuru ağırlık) tespit edilmiştir. Değerler incelendiğinde sadece mikrodalga ile kurutulan mango tozu örneklerinin fenolik madde değeri en yüksek çıkarken sadece sıcak hava ile kurutulan örneklerin fenolik madde miktarı en düşük değer olarak saptanmıştır. Mikrodalga-sıcak hava yöntemi ile kurutulan örneklerin fenolik madde miktarı sadece 200 W ve sadece 70 °C ile kurutma yöntemlerinin değerlerinin arasında kaldığı tespit edilmiş olup, mikrodalga gücüne kombine edilen sıcaklık değerinin fenolik madde miktarını azalttığı bildirilmiştir (Ahmed, 2023). Bu çalışma, Ahmed (2023) tarafından yapılan çalışma ile benzer sonuçlar göstermiştir.

Karabacak (2021) tarafından yapılan çalışmada, üretilen pestil örnekleri (havuç-kırmızıbiber, havuç ve havuç-domates) sıcak hava ve mikrodalgadan yararlanarak üretilmiş olup; havuç-domates ve havuç-kırmızı biber pestillerinin toplam fenolik madde miktarı içeriği kurutma süresi arttıkça artış göstermiş olup, buna karşılık havuç pestilinde kurutma süresi arttıkça toplam fenolik madde içeriği azalma göstermiştir. Kurutma sırasında toplam fenolik madde içeriğinde artış göstermesinin sebebi ısı işlem sırasında matrsten artan fenolik madde salınımıyla ilişkilendirilmiştir. Kurutma süresi ile havuç pestili örneklerinin toplam fenolik madde içeriğindeki azalmanın nedeni olarak, birçok hidroksil grubu içeren organik bileşik olan polifenollerin ısıya dayanıksız olması ve kurutma süresinin artması fenolik bileşiklerde geri dönüşü olmayan kimyasal değişikliklere sebep olduğunu bu sebeple fenolik madde miktarlarında azalma gerçekleştiği bildirilmiştir. Hurma, balkabağı ve elma meyveleri kullanılarak oluşturulan pestil örneği içeriğindeki hammaddelerinden dolayı polifenolce zengin bir ürün haline gelmiş olup, polifenollerin ısıya dayanıksız olmasından dolayı kurutma süresi arttıkça genel olarak toplam fenolik madde içeriğinde azalma görülmüştür.

Kurutma işleminin fenolik bileşikler üzerine etkisinin incelendiği farklı çalışmalar ile yapılan bu tez çalışması benzer sonuçlar göstermiştir (Yüksekakkaya, 2013; İzli, 2018; Karabacak, 2021; Ahmed, 2023). Sonuç olarak yapılan çalışmada veriler bir bütün olarak değerlendirildiğinde, sadece sıcak hava kurutma yöntemleri yerine yüksek mikrodalga gücü ile kombine mikrodalga-sıcak hava kurutma teknikleri ile üretilen pestil örneklerinin toplam fenolik madde miktarlarının daha iyi korunmuş olduğu sonucuna varılmış olup, ürünün besleyici değerinde azalmanın önlenmesi amacıyla gelecekte yapılacak çalışmalar için bu kurutma tekniklerinin kullanılması tavsiye edilebilir.

**Çizelge 4.1:** Farklı uygulamalarla kurutulmuş elde edilen pestil örneklerinin toplam fenolik madde değerleri.

Kurutma parametreleri	Toplam Fenolik Madde (mg GAE/100 g kuru ağırlık)
50 °C	967,95 ± 15,70 <sup>f</sup>
75 °C	910,73 ± 9,41 <sup>f</sup>
200 W	1320,56 ± 45,88 <sup>c</sup>
300 W	1444,79 ± 13,52 <sup>ab</sup>
200 W + 50 °C	1081,38 ± 10,73 <sup>e</sup>
200 W + 75 °C	1180,38 ± 43,79 <sup>d</sup>
300 W + 50 °C	1361,39 ± 15,58 <sup>bc</sup>
300 W + 75 °C	1515,75 ± 20,48 <sup>a</sup>

**a-f:** Aynı sütunda farklı harflerle belirtilen değerler istatistiksel açıdan önemlidir ( $p < 0,05$ ).

#### 4.3.2 Toplam antioksidan kapasite sonuçları

Farklı yöntemlerle kurutulan pestil örneklerinin (50 ° C, 75 ° C, 200 W+50 °C, 200 W+75 °C, 300 W+50 °C, 300 W+75 °C, 200 W ve 300 W) antioksidan kapasite sonuçları  $\mu\text{mol Trolox/g}$  kuru ağırlık cinsinden Çizelge 4.2’te gösterilmiştir.

Pestil örneklerinin toplam antioksidan değerleri  $21,84 \pm 0,15 \mu\text{mol Trolox/g}$  kuru ağırlık ile  $15,42 \pm 0,14 \mu\text{mol Trolox/g}$  kuru ağırlık aralığında değişim göstermiştir. Bu değerler arasında önemli fark gözlemlenmiştir ( $p < 0,05$ ).

Sıcak havada (50 ve 75 °C) gerçekleştirilen kurutma işlemlerinde, sıcaklık arttıkça (50 °C:  $16,42 \pm 0,04$ ; 75 °C:  $15,42 \pm 0,14$ ) antioksidan kapasite miktarında azalma meydana gelmiştir. Bunun nedeni olarak, yüksek sıcaklık ve sıcaklığın artması

biyoaktif maddelerin bozunma hızını arttırması ve örneğin antioksidan kapasitesini azaltması olduğu söylenebilir (Zhou ve diğ, 2016). Yüksekakaya (2013) tarafından yapılan çalışmada, sıcak havada (50, 60 ve 75 °C) gerçekleştirilen 3 mm kalınlığındaki nar pestillerinin kurutma işlemlerinde, sıcaklık arttıkça antioksidan madde miktarında azalma meydana geldiği bildirilmiştir. Yaptığımız çalışma sonuçları ile bu çalışmanın benzer olduğu görülmüş olup, elde ettiğimiz sonuçların bu çalışmalara uygun olduğu söylenebilir.

Mikrodalgada (200 ve 300 W) gerçekleştirilen kurutma işlemlerinde, 200 W'lık güç uygulanarak kurutulan örneklerin antioksidan kapasite miktarı  $20,10 \pm 0,22$   $\mu\text{mol}$  Troloks/g kuru ağırlık olarak; 300 W'lık güç uygulanarak kurutulan pestil örneğinde antioksidan kapasite miktarı  $21,84 \pm 0,15$   $\mu\text{mol}$  Troloks/g kuru ağırlık olarak bulunmuştur. Mikrodalga gücü arttıkça antioksidan kapasite miktarında artma meydana gelmiştir.

Mikrodalga-sıcak hava kombinasyonlarında, mikrodalga gücü sabit tutulup (200 W+50 °C / 200 W+75 °C ve/veya 300 W+50 °C / 300 W+75 °C) sadece sıcaklık değiştirildiğinde antioksidan kapasite miktarı değerlerinin sıcaklık arttıkça arttığı gözlemlenmiştir ( $p<0,05$ ). Mikrodalga-sıcak hava kombinasyonlarında, sıcak hava sabit tutulup (200 W+50 °C / 300 W+50 °C ve/veya 200 W+75 °C / 300 W+75 °C) mikrodalga gücü değiştirildiğinde mikrodalga gücü arttıkça antioksidan kapasite miktarının arttığı tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ). Mikrodalga enerjisi sabit tutulup sadece mikrodalga ve mikrodalga-sıcak hava kombinasyonları (200 W, 200 W+50 °C, 200 W+75 °C ve/veya 300 W, 300 W+50 °C, 300 W+75 °C) ile üretilen pestil örneklerinde antioksidan kapasite miktarları en yüksek sadece mikrodalga yöntemiyle kurutulan örneklerde tespit edilmiş olup, mikrodalga-sıcak hava kombinasyonlarında sıcaklık arttıkça antioksidan kapasite miktarının arttığı tespit edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada, farklı uygulamalarla (200 W, 70 °C ve 200 W + 70 °C) kurutularak elde edilen mango tozu örneklerinin antioksidan kapasite miktarları sırasıyla  $23,41 \pm 0,44$ ,  $14,87 \pm 0,02$  ve  $18,51 \pm 0,18$  / 70 °C  $\mu\text{mol}$  Troloks/g kuru ağırlık olarak tespit edilmiştir. Değerler incelendiğinde sadece mikrodalga ile kurutulan mango tozu örneklerinin değeri en yüksek çıkarken sadece sıcak hava ile kurutulan örneklerin antioksidan kapasite miktarı en düşük değer olarak saptanmıştır. Mikrodalga-sıcak hava yöntemi ile kurutulan örneklerin antioksidan kapasite miktarı sadece 200 W ve sadece 70 °C ile kurutma yöntemlerinin değerlerinin arasında kaldığı

belirlenmiş olup, mikrodalga gücüne kombine edilen sıcaklık değerinin antioksidan kapasite miktarını azalttığı bildirilmiştir (Ahmed, 2023).

Yıldız ve diğ, (2023) tarafından yapılan çalışmada, beyaz kiraz meyvesi üç farklı (mikrodalga, sıcak hava ve mikrodalga-sıcak hava) kurutma yöntemi ile kurutulmuş olup antioksidan kapasiteleri araştırılmıştır. Mikrodalga-sıcak hava fırını kullanılarak 200 W mikrodalga gücü, iki farklı kurutma sıcaklığı (70 ve 80 °C) ve iki farklı mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu (200 W+70 °C ve 200 W+80 °C) uygulanmıştır. Kurutma sıcaklığının yükseltilmesi, antioksidan kapasite miktarını önemli ölçüde arttırmıştır. Sıcak havayla kurutmaya karşılaştırıldığında, mikrodalgada kurutulan beyaz kiraz meyveleri daha yüksek bir antioksidan kapasite göstermiştir. Kurutma teknikleri arasında, mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu ile kurutulmuş beyaz kiraz meyve örnekleri beyaz kiraz meyvelerinde en yüksek antioksidan kapasite değerlerini göstermiştir (Yıldız ve diğ, 2023).

Yapılan bir çalışmada balkabağı tozu elde etmek için mikrodalga kurutma (100 ve 200 W), sıcak hava kurutma (60, 70 ve 80 °C) ve mikrodalga-sıcak hava kurutma (100 W-60 °C, 100 W-70 °C, 100 W-80 °C, 200 W-60 °C, 200 W-70 °C ve 200 W-80 °C) olmak üzere üç farklı kurutma yöntemi uygulanmış olup elde edilen kabak tozunun fiziksel-kimyasal özellikleri incelenmiştir. Mikrodalgada (100 ve 200 W) gerçekleştirilen kurutma işlemlerinde mikrodalga gücü arttıkça antioksidan kapasite miktarında azalma meydana gelmiştir. En yüksek antioksidan kapasite miktarı (200 W-80 °C:  $126.99 \pm 3.31$ ) ve (100 W-80 °C:  $126.78 \pm 5.65$ ) kombine kurutma yöntemlerinde tespit edilmiş olup istatistiksel açıdan bir fark gözlemlenmemiştir (İzli ve diğ, 2022).

Tüm uygulamalar için antioksidan kapasite değerleri ele alındığında en yüksek 300 W uygulamasında ( $21,84 \pm 0,15$   $\mu\text{mol Troloks/g}$  kuru ağırlık) tespit edilmiş olup ( $p < 0,05$ ) en düşük değer sıcak hava 75 °C uygulamasında ( $15,42 \pm 0,14$   $\mu\text{mol Troloks/g}$  kuru ağırlık) olduğu belirlenmiştir. Benzer çalışmalar (Yüksekakkaya, 2013; İzli ve diğ, 2022; Ahmed, 2023) ile bu çalışma kıyaslandığında sadece sıcak hava kurutma yöntemleri yerine sadece mikrodalga gücü ile kombine mikrodalga-sıcak hava kurutma teknikleri ile üretilen pestil örneklerinin antioksidan kapasiteleri daha iyi korunmuş olduğu sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte, meyve ve sebzelerin antioksidan aktivitelerinden fenolik bileşikler sorumludur. Dolayısıyla toplam fenolik içeriği etkileyen süreçler aynı zamanda antioksidan kapasiteyi de etkilemektedir (İzli

ve diğ., 2014). Bu çalışmada örneklerin antioksidan kapasiteleri toplam fenolik içerikleri ile genel olarak orantılı olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.1).

**Çizelge 4.2** : Farklı uygulamalarla kurutulmuş elde edilen pestil örneklerinin antioksidan kapasite değerleri.

Kurutma parametreleri	Antioksidan Kapasite ( $\mu\text{mol Troloks/g kuru ağırlık}$ )
50 °C	16,42 $\pm$ 0,04 <sup>g</sup>
75 °C	15,42 $\pm$ 0,14 <sup>h</sup>
200 W	20,10 $\pm$ 0,22 <sup>c</sup>
300 W	21,84 $\pm$ 0,15 <sup>a</sup>
200 W + 50 °C	17,13 $\pm$ 0,12 <sup>f</sup>
200 W +75 °C	17,85 $\pm$ 0,14 <sup>e</sup>
300 W +50 °C	19,20 $\pm$ 0,18 <sup>d</sup>
300 W + 75 °C	21,16 $\pm$ 0,04 <sup>b</sup>

**a-h:** Aynı sütunda farklı harflerle belirtilen değerler istatistiki açıdan önemlidir ( $p < 0,05$ ).

#### 4.4 Renk Değerleri Sonuçları

İnsanlar tarafından eleştirilen en baskın fiziksel faktör gıda maddelerinin dış rengidir. Üstelik gıda ürününün tadına bakılmadan önce bile gıda ürününün kabulü açısından çok değerlidir (Yıldız, 2023). Bu nedenle bu çalışmada renk parametreleri incelenmiş olup, farklı kurutma koşullarında (50 °C, 75 °C, 200 W+50 °C, 200 W+75 °C, 300 W+50 °C, 300 W+75 °C, 200 W ve 300 W) kurutulmuş pestil örneklerinin renk değişim parametreleri ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C$  ve  $\alpha^\circ$ ) Çizelge 4.3'te gösterilmiştir.

Renk değişim parametrelerinden  $L^*$  değeri, 0 ile 100 arasında bir ölçekte değer alır, 0 en koyu siyahı, 100 ise en parlak beyazı temsil etmektedir. Pestil gibi ürünlerin kurutulması sırasında, ürünün bileşiminde bulunan su içeriğinin azalmasıyla birlikte bileşenlerin yoğunlaşması gerçekleşmektedir. Bu durum, gıdanın renginde değişikliklere sebep olmaktadır. Pestil gibi meyve-sebze bazlı ürünlerin kurutulması sırasında, özellikle ısı ve hava ile temasın etkisiyle, bazı kimyasal reaksiyonlar gerçekleşmektedir. Bu reaksiyonlar, meyvenin bileşimindeki pigmentlerin reaksiyonuna sebep olmaktadır.  $L^*$  değerinin azalması 0'a yaklaştıkça, daha koyu bir renk elde edildiğini (parlaklığının azaldığını) göstermektedir ve kurutulmuş pestil örneklerinin daha yoğun bir renge sahip olduğunu ifade etmektedir.  $L^*$  değerinin artması 100'e yaklaştıkça, daha açık bir renk elde edildiğini (parlaklığının arttığını)

göstermektedir. Bu durum, özellikle meyve özlerinde bulunan pigmentlerin oksidasyonu veya maillard reaksiyonu sonucunda gerçekleşebilmektedir. Bu reaksiyonlar, kurutma işlemi sırasında meydana gelen ısı ve oksijenin etkisiyle ortaya çıkmaktadır. Sonuç olarak,  $L^*$  renk değerinin azalması, kurutulmuş pestil gibi ürünlerin daha koyu bir renk aldığını gösterir ve bu renk değişikliği kurutma aşamasında meydana gelen kimyasal değişikliklerin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır (Karabacak, 2021).

Sıcak havada (50 ve 75 °C) gerçekleştirilen kurutma işlemlerinde, sıcaklık arttıkça (50 °C ve 75 °C)  $L^*$  renk değerinde azalma meydana gelmiş olup bu iki değer arasında önemli fark gözlemlenmiştir ( $p < 0,05$ ). Mikrodalgada (200 ve 300 W) gerçekleştirilen kurutma işlemlerinde, 200 W'lık güç uygulanarak kurutulan örneklerin  $L^*$  renk değeri  $46,99 \pm 1,23$  bulunmuş olup 300 W'lık güç uygulanarak kurutulan pestil örneklerinin  $L^*$  renk değeri  $47,99 \pm 0,80$  bulunmuştur. Bu iki uygulama arasında önemli bir fark gözlemlenmemiştir ( $p > 0,05$ ).

Mikrodalga-sıcak hava kombinasyonlarında, sıcak hava sabit tutulup (200 W+50 °C / 300 W+50 °C ve/veya 200 W+75 °C / 300 W+75 °C) mikrodalga gücü arttıkça  $L^*$  renk değerinin azaldığı tespit edilmiştir ( $p < 0,05$ ). Mikrodalga-sıcak hava kombinasyonlarında, mikrodalga gücü sabit tutulup (200 W+50 °C / 200 W+75 °C ve/veya 300 W+50 °C / 300 W+75 °C) sadece sıcaklık değiştirildiğinde,  $L^*$  renk değerinin sıcaklık arttıkça azaldığı gözlemlenmiştir ( $p < 0,05$ ).

200 W, 50 °C ve 200 W+50 °C yöntemleriyle kurutulan pestil örneklerinin  $L^*$  renk değerleri arasında fark gözlemlenmemiştir ( $p > 0,05$ ). 300 W+50 °C ve 75 °C yöntemleriyle kurutulan pestil örneklerinin  $L^*$  renk değerleri arasında istatistiksel açıdan bir fark gözlemlenmemiştir ( $p > 0,05$ ). 300 W+75 °C'de kurutulan pestil örneklerinin  $L^*$  değerleri diğer kurutma parametreleriyle karşılaştırıldığında en düşük (parlaklık en az) değere ( $38,24 \pm 0,80$ ) sahipken, 200 W ve 300 W güçle kurutulan pestil örneklerinin  $L^*$  değerleri en yüksek (parlaklık en fazla) tespit edilmiştir ( $p > 0,05$ ).

Renk değişim parametrelerinden  $a^*$  renk değeri düştükçe kırmızılık oranı azalmakta, yükseldikçe kırmızılık oranı artmaktadır (Yüksekakkaya, 2013).  $a^*$  değeri gıda ürünlerinde esmerleşme gelişiminin bir göstergesi olup, kurutma işlemleri sırasında  $a^*$  değerinin genellikle arttığı bildirilmiştir (Vadivambal ve Jayasa, 2007). Sıcak havada

(50 ve 75 °C) gerçekleştirilen kurutma işlemlerinde, sıcaklık arttıkça (50 °C ve 75 °C)  $a^*$  renk değerinde artış meydana gelmiş olup bu iki değer arasında önemli fark gözlemlenmemiştir ( $p>0,05$ ).

Mikrodalgada (200 ve 300 W) gerçekleştirilen kurutma işlemlerinde, 200 W'lık güç uygulanarak kurutulan örneklerin  $a^*$  renk değeri  $4,45 \pm 0,30$  bulunmuş olup 300 W'lık güç uygulanarak kurutulan pestil örneklerinin  $a^*$  renk değeri  $5,11 \pm 0,17$  bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Mikrodalga gücü arttıkça  $a^*$  renk değerinde artış tespit edilmiştir. 200 W+75 °C ve 300 W yöntemleriyle kurutulan pestil örneklerinin  $a^*$  renk değerleri arasında fark gözlemlenmemiş ( $p>0,05$ ) olup, kurutma süreleri her iki kurutma yönteminde de 55 dakikada gerçekleşmiştir. 200 W, 200 W+ 50 °C ve 75 °C yöntemleriyle kurutulan pestil örneklerinin  $a^*$  renk değerleri arasında fark gözlemlenmemiştir ( $p>0,05$ ).

Benzer sonuçlar başka çalışmalarda da tespit edilmiştir. Yıldız ve diğ., (2023) tarafından yapılan çalışmada, beyaz kiraz meyvesi üç farklı (mikrodalga, sıcak hava ve mikrodalga-sıcak hava) kurutma yöntemi ile kurutulmuş olup renk değerleri incelenmiştir. Sıcak hava kurutma işlemleri uygulanan, ön işleme tabi tutulmamış numunelerde sıcaklık arttıkça (70 °C :  $16,36 \pm 1,32$  ve 80 °C :  $18,07 \pm 1,24$ )  $a^*$  renk değerlerinde artış tespit edilmiştir. İzli ve diğ., (2021) tarafından yapılan çalışmada pepino meyvesi, sıcak hava (50 ve 75 °C), mikrodalga (90 ve 160 W) ve mikrodalga-sıcak hava (90 W +50 °C, 90 W +50 °C, 160 W + 50 °C, 160 W + 75 °C) ile kurutulmuş olup renk değerleri incelenmiştir. Sıcak havada (50 ve 75 °C) gerçekleştirilen kurutma işlemlerinde, sıcaklık arttıkça  $a^*$  renk değerinde artış saptanmıştır. Mikrodalga gücü arttıkça  $a^*$  renk değerinde artış tespit edilmiştir. Mikrodalga-sıcak hava kombinasyonlarında mikrodalga gücü sabit tutulup sıcaklık arttığında da  $a^*$  renk değerinde artış meydana geldiği belirlenmiştir. Mikrodalga-sıcak hava kombinasyonlarında sıcak hava sabit tutulup mikrodalga gücü arttığında  $a^*$  renk değerinde artış tespit edilmiştir. En yüksek  $a^*$  renk değerinde 160 W+75 °C mikrodalga-sıcak hava kombinasyonlarıyla kurutulan pepino örneğinde tespit edilmiş ve değeri  $15,04 \pm 0,22$  olarak bulunmuş olup esmerleşmenin en çok gerçekleştiği parametre olduğu bildirilmiştir.

Yapılan elma-bal kabağı-hurma bazlı pestil çalışma sonucunda  $a^*$  renk değeri en yüksek 300 W+75 °C ile gerçekleştirilen mikrodalga-sıcak hava yöntemiyle kurutulan pestil örneklerinde  $8,36 \pm 0,21$  tespit edilmiş olup en düşük  $a^*$  renk değeri 50 °C ve 75 °C sıcak hava yöntemiyle kurutulan pestil örneklerinde (50 °C:  $3,98 \pm 0,16$  ve 75

$^{\circ}\text{C}$ :  $4,23 \pm 0,06$ ) saptanmış ve bu iki değer arasında fark gözlemlenmemiştir ( $p>0,05$ ). Bu durum, mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu ile kurutulan pestil örneklerinde, sıcak hava ile kurutulan pestil örneklerine kıyasla daha fazla esmerleşme oluşumunun gözlemlendiğini göstermektedir.

Renk değişim parametrelerinden  $b^*$  renk değeri (mavilik-sarılık) değerlerini göstermekte olup, enzimatik ve/veya enzimatik olmayan reaksiyonlar nedeniyle kahverengi ürünlerin oluşması sonucunda  $b^*$  renk değerleri de artmaktadır.  $a^*$  değeri gıda ürünlerinde esmerleşme gelişiminin bir göstergesi olup,  $a^*$  renk değerinin artması  $b^*$  renk değerlerini de arttırmaktadır (Vega-Gálvez ve diğ., 2009 ve İzli ve diğ., 2021). Yapılan çalışmada da benzer sonuçlar gözlemlenmiş olup  $a^*$  renk değeri ile  $b^*$  renk değerleri arasında pozitif bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir.

Yapılan elma-bal kabağı-hurma bazlı pestil çalışma sonucunda  $b^*$  renk değeri en yüksek  $300\text{ W}+75\text{ }^{\circ}\text{C}$  ile gerçekleştirilen mikrodalga-sıcak hava yöntemiyle kurutulan pestil örneklerinde  $33,47 \pm 0,48$  olarak tespit edilmiş olup; en düşük  $b^*$  renk değeri  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$  sıcak hava yöntemiyle kurutulan pestil örneklerinde  $2\ 4,17 \pm 0,36$  saptanmıştır ( $p<0,05$ ). Mikrodalga gücü arttıkça  $b^*$  renk değerinde artış tespit edilmiştir. Mikrodalga-sıcak hava kombinasyonlarında mikrodalga gücü sabit tutulup sıcaklık arttığında ( $300\text{ W}+50\text{ }^{\circ}\text{C}$  /  $300\text{ W}+75\text{ }^{\circ}\text{C}$ )  $b^*$  renk değerinde artış belirlenmiştir. Mikrodalga-sıcak hava kombinasyonlarında da sıcak hava sabit tutulup mikrodalga gücü arttığında  $b^*$  renk değerinde yine artış meydana geldiği saptanmıştır.

Kroma  $C$ , rengin doygunluğunu veya saflığını göstermektedir ve yüksek  $C$  renk değerleri yüksek renk doygunluğunu göstermektedir (Gonçalves ve diğ., 2007). Yapılan elma-bal kabağı-hurma bazlı pestil çalışması sonucunda  $C$  renk değeri en yüksek  $300\text{ W}+75\text{ }^{\circ}\text{C}$  ile gerçekleştirilen mikrodalga-sıcak hava yöntemiyle kurutulan pestil örneklerinde ( $34,50 \pm 0,49$ ) tespit edilmiş olup; en düşük  $C$  renk değeri  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$  sıcak hava yöntemiyle kurutulan pestil örneklerinde  $24,53 \pm 0,35$  belirlenmiştir ( $p<0,05$ ). Sıcak havada ( $50$  ve  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) gerçekleştirilen kurutma işlemlerinde, sıcaklık azaldıkça  $C$  renk değerinde artış meydana gelmiş olup bu iki değer arasında önemli fark gözlemlenmiştir ( $p<0,05$ ).

Mikrodalgada ( $200$  ve  $300\text{ W}$ ) gerçekleştirilen kurutma işlemlerinde,  $200\text{ W}$ 'lık güç uygulanarak kurutulan örneklerin  $C$  renk değeri  $27,76 \pm 0,49$  bulunmuş olup;  $300\text{ W}$ 'lık güç uygulanarak kurutulan pestil örneklerinin  $C$  renk değeri  $30,66 \pm 0,78$  olarak

hesaplanmıştır. Mikrodalga gücü arttıkça *C* renk değerinde artış tespit edilmiştir. 200 W, 200 W + 50 °C ve 200 W + 75 °C ile kurutulan pestil örneklerinin *C* renk değerleri arasında önemli bir fark gözlemlenmemiştir ( $p>0,05$ ).

Yıldız ve diğ., (2023) tarafından yapılan çalışmada, beyaz kiraz meyvesi üç farklı (mikrodalga, sıcak hava ve mikrodalga-sıcak hava) kurutma yöntemi ile kurutulmuş olup renk değerleri incelenmiştir. Mikrodalga-sıcak hava yöntemiyle kurutulan ön beyaz kiraz meyvesinde *C* renk değerleri diğer kurutma yöntemleriyle karşılaştırıldığında en yüksek değerde bulunmuştur. Beyaz kiraz meyvelerinde kurutma işlemiyle gözlenen renk değişiklikleri, enzimatik olmayan (Maillard reaksiyonu) ve enzimatik reaksiyonlar sonucunda kahverengi pigmentasyonun oluşmasından kaynaklanan pigmentlerin ayrışması, özellikle karotenoid ayrışması ile bağlantılı olabileceği vurgulanmıştır. Çalışmadaki tüm faktörler dikkate alındığında, mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu ile kurutulan beyaz kiraz meyvesi örneklerinin, taze beyaz kiraz meyvelerine en yakın renk değerleri sağlamanın yanı sıra daha açık bir ürün rengi elde edilmesi nedeniyle tatmin edici sonuçlar göstermiştir. Yaptığımız çalışma sonuçları ile bu çalışmanın benzer olduğu, mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu ile elde ettiğimiz pestillerin enzimatik olmayan ve enzimatik reaksiyonlar sonucunda kahverengi pigmentasyonun oluşmasından dolayı, daha doygun renk değerlerine sahip olduğu gözlemlenmiştir.

İzli ve diğ., (2022) tarafından yapılan çalışmada balkabağı meyvesinden toz elde etmek için; sıcak hava (60, 70 ve 80 °C), mikrodalga (100 ve 200 W) ve mikrodalga-sıcak hava (100 W+60 °C, 100 W+70 °C, 100 W+80 °C, 200 W+60 °C, 200 W+70 °C, 200 W+80 °C) ile kurutulan balkabağı örneklerinin renk değerleri incelenmiştir. Balkabağı tozlarının, 200 W+80 °C mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu ile kurtulması sonucunda elde edilen renk değerleri, taze kabak örneklerine en yakın değerlere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Yaptığımız çalışma sonucu ile mikrodalga-sıcak hava kombinasyonlarıyla elde edilen ürünlerin *C* renk değerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiş olup, bu çalışmayla benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Hue açısı ( $\alpha^\circ$ ), renk dairesi olarak tanımlanır. Renk dairesinde, kırmızı, sarı, yeşil ve mavi gibi temel renkler belli açı değerlerinde yer alır. Renk tonu açısı (Hue açısı), bir rengin görsel olarak hangi renge daha yakın olduğunu belirtmektedir. Renk dairesinde, kırmızı rengin 0 derece olduğu kabul edilir ve diğer renkler bu noktadan ölçülür.

Kırmızı renk 0 derece açı değerinde, sarı renk 90 derece, yeşil renk 180 derece ve mavi renk 270 derece açı değerlerinde yer almaktadır (Mc Guire, 1992).

Farklı kurutma koşullarında (50 ° C, 75 ° C, 200 W+50 °C, 200 W+75 °C, 300 W+50 °C, 300 W+75 °C, 200 W, 300 W) kurutulmuş pestil örneklerinin Hue açısı parametreleri Çizelge 4.3'te gösterilmiştir. Çizelge incelendiğinde, 50 ° C, 200 W+50 °C ve 200 W kurutma metoduyla üretilen pestil örneklerinin Hue açısı diğer kurutma koşullarına göre daha yüksek değer göstermiş olup; sırasıyla  $81,08 \pm 0,33$ ,  $80,96 \pm 0,45$ ,  $80,79 \pm 0,79$  bulunmuştur ve bu üç değer arasında bir fark gözlemlenmemiştir ( $p>0,05$ ). Mikrodalgada (200 ve 300 W) gerçekleştirilen kurutma işlemlerinde istatistiksel açıdan önemli bir fark belirlenmemiştir ( $p>0,05$ ). 300 W + 50 °C ve 300 W + 75 °C kurutma metoduyla üretilen pestil örneklerinin Hue açısı diğer kurutma koşullarına göre daha düşük değerler göstermiş olup; sırasıyla  $76,41 \pm 0,53$  ve  $76,01 \pm 0,28$  olarak hesaplanmıştır ( $p>0,05$ ). Bu sonuçlar bir bütün olarak incelendiğinde farklı kurutma koşullarında üretilen pestil örneklerinin sarı renge daha yakın olduğu anlaşılmaktadır.

Yeşillik-kırmızılık  $a^*$  değerindeki artış,  $b^*$  renk değerini de arttırmaktadır ve enzimatik olmayan kahverengileşme reaksiyonunun bir göstergesi olan Chroma'nın (C) daha kırmızı olduğunu göstermektedir (Valadez-Carmona ve diğ., 2016 ve Vega-Gálvez ve diğ., 2009).

Sonuç olarak renk değerleri incelendiğinde, 300 W+75 °C'de kurutulan pestil örneklerinin  $L^*$  değerleri diğer kurutma parametreleriyle karşılaştırıldığında en düşük değere sahipken, ( $a^*$ ,  $b^*$  ve C) renk değeri ise en yüksek değere sahip olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 4.3 :** Farklı uygulamalarla kurutulmuş elde edilen pestil örneklerinin renk değerleri.

Kurutma parametreleri	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C$	$\alpha^o$
50 °C	46,38 ± 0,48 <sup>b</sup>	3,98 ± 0,16 <sup>e</sup>	25,22 ± 0,36 <sup>d</sup>	25,53 ± 0,37 <sup>e</sup>	81,08 ± 0,33 <sup>a</sup>
75 °C	41,33 ± 0,60 <sup>d</sup>	4,23 ± 0,06 <sup>de</sup>	24,17 ± 0,36 <sup>e</sup>	24,53 ± 0,35 <sup>f</sup>	80,12 ± 0,18 <sup>c</sup>
200 W	46,99 ± 1,23 <sup>ab</sup>	4,45 ± 0,30 <sup>d</sup>	27,40 ± 0,54 <sup>c</sup>	27,76 ± 0,49 <sup>d</sup>	80,79 ± 0,79 <sup>ab</sup>
300 W	47,99 ± 0,80 <sup>a</sup>	5,11 ± 0,17 <sup>c</sup>	30,23 ± 0,77 <sup>b</sup>	30,66 ± 0,78 <sup>c</sup>	80,44 ± 0,20 <sup>b</sup>
200 W + 50 °C	46,35 ± 0,35 <sup>b</sup>	4,35 ± 0,16 <sup>d</sup>	27,26 ± 0,62 <sup>c</sup>	27,61 ± 0,61 <sup>d</sup>	80,96 ± 0,45 <sup>ab</sup>
200 W + 75 °C	43,60 ± 0,49 <sup>c</sup>	4,91 ± 0,20 <sup>c</sup>	27,72 ± 0,33 <sup>c</sup>	28,15 ± 0,32 <sup>d</sup>	79,99 ± 0,44 <sup>c</sup>
300 W + 50 °C	41,53 ± 0,72 <sup>d</sup>	7,41 ± 0,31 <sup>b</sup>	30,53 ± 0,48 <sup>b</sup>	31,42 ± 0,49 <sup>b</sup>	76,41 ± 0,53 <sup>d</sup>
300 W + 75 °C	38,24 ± 0,80 <sup>e</sup>	8,36 ± 0,21 <sup>a</sup>	33,47 ± 0,48 <sup>a</sup>	34,50 ± 0,49 <sup>a</sup>	76,01 ± 0,28 <sup>d</sup>

**a-f:** Aynı sütunda farklı harflerle belirtilen değerler istatistiki açıdan önemlidir ( $p < 0,05$ ).

#### 4.5 Fiziksel Analiz Sonuçları

Gıda ürünlerinin kurutma işlemi sırasında bazı boyut değişiklikleri ortaya çıkmaktadır. Kurutma işlemi genellikle gıdanın içerdiği suyun uzaklaştırılmasıyla gerçekleşir. Bu süreç aşamasında, gıda ürünleri küçülme ve büzülme eğiliminde olmaktadır. Kurutma sırasında elde edilen ürün hacminin ilk ürün hacmine oranı olan büzüşme son üründe bazı fiziksel kayıplara neden olmaktadır. Gıda ürünlerinin kurutma işlemi sırasında büzüşme stresi denilen olgu yaşanmaktadır. Büzüşme stresi, özellikle hücre duvarlarının suyun uzaklaştırılmasıyla birlikte kurumaya başlamasıyla ortaya çıkar. Hücre duvarlarının kuruma ve büzüşme süreci sırasında çok sayıda kırılma yaşanabilir. Bu kırılma, gıda ürünlerinde istenmeyen boşlukların oluşmasına ve dokunun homojenliğinin bozulmasına neden olabilir. Aynı zamanda büzüşme ile kuruma etkinliği yavaşlayabilmektedir (Kovacı ve diğ, 2018).

Başlangıç nem içeriği yaklaşık 1,90 g su/g km olan pestil örnekleri nem içerikleri yaklaşık 0,2 g su/g km olana dek (son ürün nemi %20 olana kadar) kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Pestil akış diyagramlarında anlatıldığı şekilde üretilen elma-yaş hurma-bal kabağı karışımı 10,7 cm eninde 2,30 mm kalınlığındaki dairesel cam kalıba eşit miktarda yayılarak sıcak hava (50 ve 75 °C), mikrodalga-sıcak hava (200 W+50 °C, 200 W+75 °C, 300 W+50 °C ve 300 W+75 °C) ve mikrodalga (200 W ve 300 W) kurutma metodları kullanılarak kurutulmuştur.

Farklı uygulamalarla kurutularak elde edilen pestil örneklerinin çap ve kalınlık değerleri Çizelge 4.4'te gösterilmiştir.

Pestil örneklerinin çap değerleri  $10,00 \pm 0,08$  cm (50 °C) ve  $9,77 \pm 0,19$  (75 °C) arasında değişim göstermiştir. Kurutma aşamasında, ısı ve güç uygulanmasından dolayı üründen nemin uzaklaşması sağlanır. Bu durum, pestil örneklerinin çap ve kalınlık değerlerinde azalmalara sebep olmaktadır. Pestil örneklerinin kurutulması ile çap değerleri 0,7 cm ile 1 cm arasında azalmıştır. 50 °C, 200 W, 300 W 200 W+50 °C ve 200 W+75 °C kurutma yöntemiyle üretilen pestil örneklerinin çap değerleri arasında istatistiksel açıdan bir fark yoktur ve kurutma öncesi kalıplara yayılan pestil örneklerine en yakın sonuçlara sahip oldukları tespit edilmiştir ( $p>0,05$ ). 75 °C, 300 W+50 °C ve 300 W+75 °C kurutma yöntemiyle üretilen pestil örneklerinin çap değerleri arasında istatistiksel açıdan bir fark yoktur ve kurutma öncesi kalıplara yayılan pestil örneklerine (10,7 cm) en uzak sonuçlara sahip oldukları tespit edilmiştir

( $p>0,05$ ). Sıcaklık ve güç arttıkça üründen daha hızlı su kaybı hücreleri strese sokmuş olup, ürün boyutunda büzülme gerçekleşmiştir. Bu büzülmenin de çap değerlerini düşürdüğü söylenebilir. Yüksek sıcaklıkta ve güçte kurutma, daha düşük kalitede fiziksel ürün ortaya koymaktadır ve üründe kuruma esnasında yüksek gerilim ile çatlamalara sebep olmaktadır (Kovacı ve diğ, 2018). Bu çalışmada da yüksek güçte kurutma (300 W+75 °C) ile üründe ani bir büzülme gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Pestil örneklerinin kalınlık değerleri  $1,44 \pm 0,32$  mm (300 W + 75 °C) ve  $1,03 \pm 0,08$  mm (200 W + 75 °C) arasında değişim göstermiştir. Pestil örneklerinin dairesel kalıba yayılıp (2,30 mm) kurutulması ile kalınlık değerleri yaklaşık yarı yarıya azalma göstermiştir. Kurutma öncesi pestil örneklerinin kalınlığına en yakın kurutma parametreleri 300 W+75 °C ( $1,44 \pm 0,32$  mm) ve 75 °C ( $1,37 \pm 0,29$  mm) olarak tespit edilmiştir. Bu iki değer arasında fark gözlemlenmemiştir ( $p>0,05$ ). 50 °C ve 300 W+50 °C ile kurutulan pestil örneklerinin son kalınlıkları benzer bulunmuş olup istatistiksel açıdan bir fark belirlenmemiştir ( $p>0,05$ ). Kurutma öncesi pestil örneklerinin kalınlığına en uzak kurutma parametreleri 200 W ( $1,16 \pm 0,18$  mm), 300 W ( $1,06 \pm 0,13$  mm), 200 W+50 °C ( $1,07 \pm 0,16$  mm) ve 200 W+75 °C ( $1,03 \pm 0,08$ ) olarak tespit edilmiştir ( $p>0,05$ ).

Sıcak havada (50 ve 75 °C) gerçekleştirilen kurutma işlemlerinde, sıcaklık arttıkça (50 °C:  $10,00 \pm 0,08$  cm ve 75 °C:  $9,77 \pm 0,19$ ) çap değerinde daha fazla azalma meydana gelmiş olup buna karşılık sıcaklık azaldıkça (50 °C:  $1,25 \pm 0,15$  mm ve 75 °C:  $1,37 \pm 0,29$  mm) kalınlık değerine bakıldığında daha ince bir ürün elde edilmiştir. Fakat kalınlık değerinde bu iki metot arasında bir fark gözlemlenmemiştir ( $p>0,05$ ). Sıcak havada kurutmada ısı, gıda maddesinin dış tarafından iç kısmına iletilmektedir. %20 nem seviyesine ulaşmak için 50 °C gerçekleştirilen kurutma işlemi 270 dakikada tamamlanmış olup, yavaş yavaş içindeki serbest su buharlaştığından dolayı pestil örneğinde çok fazla büzülme işlemi görülmemiş olup çap değerini en iyi koruyan yöntemlerden bir tanesi olmuştur. Sıcaklık derecesi arttığında (75 °C) kuruma süresi 135 dakikada tamamlanmış olup, dıştan içeriye doğru hızlı ağırlık kaybından dolayı üründe bir büzülme gerçekleşmiş olup çap değeri 50 °C gerçekleştirilen yöntemle göre daha düşük bulunmuştur.

Yapılan çalışmada çap ve kalınlık değerleri bir bütün olarak incelendiğinde; 200 W, 300 W, 200 W+50 °C ve 200 W+75 °C ile kurutulan pestillerin çap ve kalınlık değerleri benzer bulunmuş olup en yüksek çapta ve en ince pestiller üretilmiştir. Son

üründe %20 nem seviyesine ulaşmak için; 300 W+75 °C’de gerçekleştirilen pestil kurutma işlemini 35 dakikada tamamlamış olup, pestil hammaddesinin içeriğindeki su çok hızlı bir şekilde buharlaşmış olup, bu durum üründe büzölmeye neden olmuştur. Büzölmeye birlikte pestil kalınlığı diğer kurutma parametrelerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Benzer çap (en düşük) ve kalınlık değerleri (en yüksek) 75 °C ve 300 W+50 °C’de saptanmıştır. 50 °C sıcak hava yöntemiyle kurutulan pestil örneği, diğer kurutma yöntemleri ile karşılaştırıldığında fiziksel özelliklerini daha iyi korumuş olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun sebebi, istenilen nem oranına gelmek için ağırlık kaybının sabit hızda yavaş yavaş (270 dakika) gerçekleşmesidir. Bu sayede hücre duvarlarında büzöşme stresi oluşmamış olup ani bir boyut değışikliği yaşanmamıştır.

**Çizelge 4.4 :** Farklı uygulamalarla kurutularak elde edilen pestil örneklerinin çap ve kalınlık değerleri.

Kurutma parametreleri	Çap (cm)	Kalınlık (mm)
50 °C	10,00 ± 0,08 <sup>a</sup>	1,25 ± 0,15 <sup>bc</sup>
75 °C	9,77 ± 0,19 <sup>b</sup>	1,37 ± 0,29 <sup>ab</sup>
200 W	9,95 ± 0,14 <sup>a</sup>	1,16 ± 0,18 <sup>cd</sup>
300 W	9,90 ± 0,17 <sup>a</sup>	1,06 ± 0,13 <sup>d</sup>
200 W + 50 °C	9,96 ± 0,14 <sup>a</sup>	1,07 ± 0,16 <sup>d</sup>
200 W + 75 °C	9,93 ± 0,13 <sup>a</sup>	1,03 ± 0,08 <sup>d</sup>
300 W + 50 °C	9,77 ± 0,10 <sup>b</sup>	1,24 ± 0,24 <sup>bc</sup>
300 W + 75 °C	9,77 ± 0,15 <sup>b</sup>	1,44 ± 0,32 <sup>a</sup>

**a-d:** Aynı sütunda farklı harflerle belirtilen değerler istatistiki açıdan önemlidir (p<0,05).

Yapılan bir çalışmada araştırmacılar piyasadan topladıkları üzüm, dut ve kayısı pestillerinde kalınlık değerlerini 0,49-1,72 mm arasında bulmuşlardır (Çağındı ve Otlas, 2005). Farklı bir çalışmada, ananas hammaddesinden üretilen pestillerin kalınlık değerleri 2 mm – 2,1 mm arasında değışkenlik göstermiştir (Phimpharian ve diğ, 2011). Literatür taraması sonucu, pestil kalınlıklarının farklı boyutlarda olabileceği görölmüştür. Yapılan bu tez kapsamında elde edilen çap ve kalınlık değerleri, tüm kurutma uygulamalarında kabul edilebilir düzeyde olduğu söylenebilir.

#### 4.6 Duyusal Analiz Sonuçları

Çizelge 4.5'te görüldüğü gibi farklı kurutma koşullarında (50 ° C, 75 ° C, 200 W+50 °C, 200 W+75 °C, 300 W+50 °C, 300 W+75 °C, 200 W ve 300 W) üretilen pestil örneklerinin renk, görünüş, yapı-kıvam, ısırma ve koparma özelliği, çiğnenebilirlik ve tat-aroma puanları üzerine katkısı istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p>0,05$ ). Renk, görünüş, yapı-kıvam ve tat-aroma değerlendirmesinde en yüksek puan alan kurutma parametresi 200 W+50 °C yöntemine ait olup, ısırma-koparma özelliği ve çiğnenebilirlik değerlendirmesinde en yüksek puan alan kurutma parametresi 200 W yöntemine ait olduğu tespit edilmiştir ( $p>0,05$ ). Farklı kurutma teknikleriyle üretilen pestil örnekleri genel kabul edilebilirlik açısından değerlendirildiğinde; tüm parametreler arasında farklılıklar saptanmıştır ( $p<0,05$ ). Genel kabul edilebilirlik değerlendirmesinde, en fazla puan alan parametre 200 W+50 °C yöntemi ile üretilen pestile ait olup puan skalası  $4,13 \pm 0,60$  olarak bulunmuştur. Bu puan parametresi beğendim ile çok beğendim arasında kalan skala değeridir. En düşük puan alan parametre ise 300 W+50 °C yöntemi ile üretilen pestile ait olup puan skalası  $2,75 \pm 0,97$  olarak bulunmuştur. Bu puan parametresi az beğendim ile orta derecede beğendim arasında kalan puana aittir. Bu iki yöntem ile üretilen pestil örneklerinin (200 W+50 °C ve 300 W+50 °C) genel kabul edilebilirlik değerleri açısından önemli bir fark gözlemlenmiştir ( $p<0,05$ ).

Duyusal değerlendirme sonuçlarına göre pestil aroması genel itibari ile beğenilmiş, hurma ve elma tadı panelistler tarafından algılanmıştır. Şeker içeriği olarak doğal meyve şekerinden yararlanılmasına rağmen bu tatlılık panelistler tarafından beğenilmiştir. Genel olarak üretilen pestil karışımı şeker ilavesi olmadan da tat ve lezzet açısından kabul edilebilir kriterlere sahip bir ürün olmuştur. Pestil rengi sarı açık kahverengi arasında bulunmuş olup panelistler tarafından renk genel olarak beğenilmiştir. Kurutma teknikleri karşılaştırıldığında genel olarak daha düşük sıcaklık ve daha düşük mikrodalga güçleriyle elde edilen pestil örnekleri genel kabul edilebilirlik açısından daha yüksek puanlar almıştır.

**Çizelge 4.5 :** Pestil örneklerinin duyu analizi sonuçları.

Kurutma parametreleri	Renk	Görünüş	Yapı/Kıvam	Isırma ve koparma özelliği	Çiğnenebilirlik	Tat - Aroma	Genel kabuledilebilirlik
50 °C	3,50 ± 1,00	3,38 ± 0,86	3,00 ± 0,50	3,13 ± 1,05	3,25 ± 0,83	3,63 ± 0,70	3,75 ± 0,83 <sup>ab</sup>
75 °C	3,88 ± 0,78	3,63 ± 0,86	3,38 ± 1,11	3,13 ± 1,36	3,38 ± 1,32	2,88 ± 1,17	3,13 ± 0,78 <sup>bc</sup>
200 W	3,63 ± 0,48	3,50 ± 0,71	3,25 ± 1,09	3,88 ± 1,45	4,00 ± 1,32	3,63 ± 1,32	3,63 ± 1,11 <sup>ab</sup>
300 W	3,38 ± 0,70	4,00 ± 0,71	3,38 ± 0,70	3,13 ± 1,05	3,38 ± 0,86	2,88 ± 0,33	3,00 ± 0,71 <sup>bc</sup>
200 W + 50 °C	4,13 ± 0,60	4,13 ± 0,60	3,63 ± 0,86	3,75 ± 1,09	3,63 ± 0,99	3,75 ± 0,97	4,13 ± 0,60 <sup>a</sup>
200 W + 75 °C	3,88 ± 0,78	3,88 ± 0,93	3,13 ± 1,05	3,25 ± 1,20	3,38 ± 0,99	3,50 ± 1,00	3,50 ± 0,71 <sup>abc</sup>
300 W + 50 °C	3,50 ± 0,87	3,38 ± 0,86	3,00 ± 1,32	3,13 ± 1,17	3,50 ± 1,12	3,13 ± 0,78	2,75 ± 0,97 <sup>c</sup>
300 W + 75 °C	3,50 ± 0,50	3,63 ± 0,48	3,38 ± 0,70	3,38 ± 1,32	3,75 ± 0,97	3,25 ± 0,97	3,25 ± 0,66 <sup>bc</sup>

**a-c:** Aynı sütunda farklı harflerle belirtilen değerler istatistiksel açıdan önemlidir (p<0,05)

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; hurma, balkabağı ve elma meyveleri kullanılarak oluşturulan formülasyon ile şeker ilavesiz pestil üretimi gerçekleştirilmiştir. Sıcak hava (50 ve 75 °C), mikrodalga (200 W ve 300 W) ve mikrodalga-sıcak hava (200 W+50 °C, 200 W+75 °C, 300 W+50 °C ve 300 W+75 °C) kurutma yöntemleri kullanılarak üretilen pestil örneklerinin nem içeriklerinin zamanla değişimi ve kuruma hızları belirlenmiştir. Bununla birlikte elde edilen pestil örneklerinin bazı kalite parametreleri (toplam fenolik madde, antioksidan kapasite, renk, fiziksel ve duyuşsal analiz) incelenmiştir.

Bu araştırma sonucunda elde edilen bulgulara göre,

Kurutma hızı incelendiğinde, en hızlı kuruma 300 W+75 °C kombinasyonunda 35 dakikada gerçekleşmiş olup; en yavaş kuruma ise sıcak hava yöntemi olan 50 °C’de 270 dakikada gerçekleşmiştir. Mikrodalga-sıcak hava kombinasyonlarında, mikrodalga enerjisi sabit tutulup (300 W+50 °C / 300 W+75 °C ve/veya 200 W+50 °C / 200 W+75 °C) sadece sıcaklık değiştirildiğinde, kurutma işlemi sıcaklık arttıkça kurutma süresinin azaldığı gözlemlenmiştir. Mikrodalga-sıcak hava kombinasyonlarında, sıcak hava sabit tutulup (200 W+50 °C / 300 W+50 °C ve/veya 200 W+75 °C / 300 W+75 °C) mikrodalga gücü değiştirildiğinde mikrodalga gücü arttıkça kurutma süresinin azaldığı gözlemlenmiştir. Sıcaklık ve mikrodalga gücünün artışıyla birlikte örneklerin kuruma hızı artarken, kuruma sürelerinin azaldığı tespit edilmiştir.

Üç farklı yöntem ile kurutulan pestil örneklerinin kuruma hızlarının nem içerikleriyle değişimi (yüksek nem ve düşük nem) incelendiğinde, tüm kurutma parametrelerinde yüksek neme sahipken elde edilen kuruma hız değerleri, düşük neme sahipken elde edilen kuruma hız değerine göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Pestil örneklerinin toplam fenolik madde değerleri  $910,73 \pm 9,41$  mg GAE/100 g kuru ağırlık ile  $1515,75 \pm 20,48$  mg GAE/100 g kuru ağırlık aralığında değişim göstermiştir ( $p < 0,05$ ). Tüm uygulamalar için toplam fenolik madde miktarı değerleri ele

alındığında en yüksek 300 W+75 °C (1515,75 ± 20,48 mg GAE/100 g kuru ağırlık) ve 300W (1444,79 ± 13,52 mg/100 g GA kuru ağırlık) uygulamalarında tespit edilmiştir. Toplam fenolik madde miktarı, en düşük değerler sıcak hava (50 ve 75 °C) ile kurutulan pestil örneklerinde belirlenmiştir. Sadece sıcak hava kurutma yöntemleri yerine yüksek mikrodalga gücü ile kombine mikrodalga-sıcak hava kurutma teknikleri ile üretilen pestil örneklerinin toplam fenolik madde miktarları daha iyi korunmuş olduğu tespit edilmiştir.

Pestil örneklerinin antioksidan kapasite değerleri, en yüksek 300 W (21,84 ± 0,15 µmol Troloks/g kuru ağırlık) tespit edilmiş olup; en düşük değer sıcak hava 75 °C yöntemi (15,42 ± 0,14 µmol Troloks/g kuru ağırlık) ile belirlenmiştir (p<0,05). Pestil örneklerinin sadece sıcak hava kurutma yöntemleri yerine mikrodalga gücü ile kombine mikrodalga-sıcak hava kurutma teknikleri ile üretilen pestil örneklerinin antioksidan kapasiteleri daha iyi korunmuş olduğu sonucuna varılmıştır.

300 W+75 °C'de kurutulan pestil örneklerinin  $L^*$  değerleri diğer kurutma parametreleriyle karşılaştırıldığında en düşük (parlaklık en az) değere (38,24 ± 0,80) sahipken, 200W ve 300 W güçle kurutulan pestil örneklerinin  $L^*$  değerleri en yüksek (parlaklık en fazla) bulunmuştur. Renk değerleri incelendiğinde, 300 W+75 °C'de kurutulan pestil örneklerinin  $L^*$  değerleri diğer kurutma parametreleriyle karşılaştırıldığında en düşük değere sahipken,  $a^*$  renk değeri ise en yüksek değere sahip olduğu gözlemlenmiştir.  $a^*$  renk değeri ile  $b^*$  renk değerleri arasında pozitif bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir. 300 W+50 °C ve 300 W+75 °C kurutma metoduyla üretilen pestil örneklerinin Hue açısı diğer kurutma koşullarına göre daha düşük değer göstermiş olup; üretilen pestil örneklerinin sarı renge daha yakın olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmada çap ve kalınlık değerleri bir bütün olarak incelendiğinde; 200 W, 300 W, 200 W+50 °C ve 200 W+75 °C ile kurutulan pestillerin çap ve kalınlık değerleri benzer bulunmuş olup en yüksek çapta ve en ince pestiller üretilmiştir. 50 °C sıcak hava yöntemiyle kurutulan pestil örneği, diğer kurutma yöntemleri ile karşılaştırıldığında fiziksel özelliklerini daha iyi korumuş olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun sebebi, istenilen nem oranına gelmek için ağırlık kaybının sabit hızda yavaş yavaş (270 dakika) gerçekleşmesidir. Bu sayede hücre duvarlarında büzüşme stresi oluşmamış olup ani bir boyut değişikliği yaşanmamıştır.

Farklı kurutma teknikleriyle üretilen pestil örnekleri genel kabul edilebilirlik değerlendirmesinde, en fazla puan alan parametre 200 W+50 °C yöntemi ile üretilen pestile ait olup puan skalası  $4,13 \pm 0,60$  olarak bulunmuştur. Bu puan parametresi beğendim ile çok beğendim arasında kalan skala değeridir. En düşük puan alan parametre ise 300 W+50 °C yöntemi ile üretilen pestile ait olup puan skalası  $2,75 \pm 0,97$  olarak bulunmuştur. Bu puan parametresi az beğendim ile orta derecede beğendim arasında kalan puana aittir.

Genel olarak üretilen pestil karışımı şeker ilavesi olmadan da tat ve lezzet açısından kabul edilebilir kriterlere sahip bir ürün olmuştur. Şekersiz olması amacı ile sağlıklı atıştırmalık gıdalar olarak tüketime uygun olduğu belirlenmiştir. Elde edilen tüm sonuçlar bir bütün olarak incelendiğinde, mikrodalga ve mikrodalga-sıcak hava yöntemlerinin kullanılması ile elde edilen pestil örneklerinde verimli sonuçlar elde edilmiş olup, geleneksel gıdamız olan pestilin, günümüze modern üretim teknikleri kullanılarak kazandırılması, içeriğindeki meyvelerin besin değerlerinde kayıpların azaltılması ve pestilin tüm çevrelerce diğer şeker içeriği yüksek, sağlık açısından zararlı gıdaların yerine ikamesini sağlamıştır.

## KAYNAKÇA

- Ahmed, A. A.** (2023). *Ultrason uygulamaları ve farklı kurutma yöntemlerinin mango tozunun bazı fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi*. (Yüksek lisans tezi). Bursa Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bursa.
- Arpaç, Ş.** (2006). *Elma suyu üretiminde uygulanan işlemlerin galakturonik asit içeriğine etkisi*. (Yüksek lisans tezi), Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Atıcı, G.** (2013). *Erik pestilinin kalite parametreleri ve kuruma davranışı üzerine sıcak havalı kurutma ve mikrodalga kurutma yöntemlerinin etkisinin belirlenmesi üzerine bir araştırma*. (Yüksek lisans tezi), Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Aydın, E.** (2014). *Balkabağı (Cucurbita moschata) unu katkısının bisküvinin antioksidan aktivite ve besinsel kalitesine etkileri*. (Doktora tezi), Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Azeredo, H. M. C., Brito, E. S., Moreira, G. E. G., Farias, V. L., & Bruno, L. M.** (2006). Effect of drying and storage time on the physico-chemical properties of mango leathers, *International Journal of Food Science and Technology*, 41 (6), 635–638.
- Brennan, J. G.** (2006). *Food Processing Handbook*. Wiley-Vch Verlag GmbH & Co. KGaA, 582 s, Weinheim, Germany.
- Boyer, J. & Liucorresponding, R. H.** (2004). Apple phytochemicals and their health benefits, *Nutrition Journal*, 3 (5), 1-15. doi:10.1186/1475-2891-3-5
- Cagındı O. & Otles, S.** (2005). Comparison of some properties on the different types of pestil: a traditional product in Turkey, *International Journal of Food Science and Technology*, 40, 897–901.
- Chen, Y. & Martynenko, A.** (2018). Combination of hydrothermodynamic (HTD) processing and different drying methods for natural blueberry leather, *LWT-Food Science and Technology* (87), 470–477. doi:10.1016/j.lwt.2017.09.030
- Dhiman, K. A., Sharma, K. D., & Attri, S.** (2009). Functional constituents and processing of pumpkin: A review, *J Food Sci Technol*, 46 (5), 411–417.
- Ekşi, A. ve Artık, N.** (1984). Pestil işleme tekniği ve kimyasal bileşimi, *Gıda*, 9 (5), 263–266.
- Erdoğan, S. S. ve Demirci, M.** (2014). Elmanın fenolik bileşen ve lif içeriği, *Bahçe*, 43, (1–2), 41 – 52.
- Forsline, P. L., Aldwinckle, H. S., Dickson, E. E., Luby, J. J., & Hokanson, S. C.** (2003) Collection, Maintenance, Characterization, and Utilization of Wild Apples of Central Asia. *Horticultural Reviews*, Wild Apple and Fruit Trees of Central Asia, 29, 1– 62.

- Geniş, G. (2022).** 2022 *Mikroalg ve infrared kurutma yöntemleri ile kurutulan vişnenin kurutma kinetiğinin ve kalite parametrelerinin incelenmesi.* (Yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gökçe, E. (2015).** *Farklı kurutma parametrelerinin trabzon hurması pestilinin kalite kriterlerine etkisi.* (Yüksek lisans tezi). Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.
- Gupta, S., Gupta, S. N., Gupta, N., & Jaggi, S. (2016).** Economic analysis of pumpkin and papaya as fruit leathers and their utilization as protective cover against cancer in the medical science, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 4 (1), 35–50. doi:10.21088/ijfnd.2322.0775.4116.5
- Gürel, A. İ., Ceylan, İ., ve Aktaş, M. (2016).** Meyve ve sebzelerin kurutma parametrelerinin incelenmesi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4 (4), 267–273.
- Horuz, E. (2018).** *Investigation of drying and quality parameters of some fruits and vegetables in home type hybrid (convective-microwave) oven.* (Doktora tezi), Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.
- Inyang, U., Oboh, I., & Etuk, B. (2017).** Drying and the different techniques, *Journal of Food Nutrition and Safety*, 8 (1), 45–72.
- İzli, G. (2017).** Total phenolics, antioxidant capacity, colour and drying characteristics of date fruit dried with different methods, *Food Science and Technology*, 37 (1), 139–147.
- İzli, G. (2018).** Farklı kurutma uygulamalarının armut meyvesinin bazı kalite özellikleri üzerine etkileri, *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6 (4), 479–485.
- İzli, G., Taşkın, O., & İzli N. (2021).** Convective, microwave and combined microwav convective drying of pepino, *Erwerbs-Obstbau*, 63, 175–184. https://doi.org/10.1007/s10341-021-00555-9
- İzli, G., Yıldız, G., & Berk, Ş. E. (2022).** Quality retention in pumpkin powder dried by combined microwave-convective drying, *J Food Sci Technol*, 59 (4), 1558–1569. https://doi.org/10.1007/s13197-021-05167-5
- 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.
- Kara, A. A. ve Küçüköner E. (2019).** Geleneksel bir meyve çerezi: pestil, *Akademik Gıda* 17, (2), 260–268.
- Karaaslan, S. (2012).** Meyve ve sebzelerin mikroalg destekli kurutma sistemleri ile kurutulması, *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 7 (2), 123–129.
- Karaaslan, S. N. & Tunçer, İ. K. (2008).** Development of drying model for combined microwave–fan–assisted convection drying of spinach. *Biosystems Engineering*, 100, 44–52.
- Karabacak Özkan, A. (2021).** *Farklı yöntemlerle kurutulan havuç pestillerinin kurutma karakteristikleri ile bazı kalite parametrelerindeki değişimin*

*modellenmesi ve in vitro biyoyararlılıklarının belirlenmesi.* (Doktora tezi). Bursa Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

- Kartal Kangaloğlu, A. S.** (2011). *Mikroalga ve kuru hava yardımıyla kurutma yöntemlerinin meyve pestillerinin kuruma sürelerine etkisinin incelenmesi.* (Yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Kuş, S.** (2016). *Mikroalga enerjisiyle ayva ve armut meyvesinin kuruma davranışı ve modellenmesi.* (Yüksek lisans tezi), Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Küçükkömürler, S. ve Karakuş, S. Ş.** (2009). Elma, sağlık ve kültür, *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2 (1),83– 186
- Limpaiboon, K., Technology, A., & Thammarat, N. S.** (2011). Effects of temperature and slice thickness on drying kinetics of pumpkin slices, *Walailak Journal of Science and Technology*, 8, 159–166. doi:10.2004/wjst.v8i2.23
- Maskan, A., Kaya S., & Maskan M.** (2002). Hot air and sun drying of grape leather (pestil), *Journal of Food Engineering*, 54 (1), 81-88
- McGuire, R. G.** (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27 (12), 1254-1255.
- Michael, J. K.** (1993). Spray drying and spray congealing of pharmaceuticals. In:Encyclopedia of pharmaceutical technology, *Marcel Dekker INC, NY*, 14, 207– 221.
- Michael, J. K.** (1993) Spray drying and spray congealing of pharmaceuticals. In: Encyclopedia of pharmaceutical technology, *Marcel Dekker INC, NY*, 14, 207– 221.
- Musacchi, S. & Serra S.** (2018). Apple fruit quality: Overview on pre-harvest factors, *Scientia Horticulturae*, 234, 409–430.
- Nazneen, S., Houque, M. A., & Bala, B. K.** (2005). Physico-chemical characteristics and storability of jackfruit leather dried under sun and solar tunnel dryer, *Bangladesh Journal Of Crop Science*, 16, 157-163.
- Phimpharian, C., Jangchud, A., Jangchud, K., Therdther, N., Prinyawiwatkul, W., & No, H. K.** (2011). Physicochemical characteristics and sensory optimization of pineapple leather snack as affected by glucose syrup and pectin concentrations, *International Journal of Food Science and Technology*, 46 (5), 972–981.
- Raab, C. & Oehler N.** (1976). Making Dry Fruit Leather, Fact Sheet 232, Oregon State University Extension Service, Tillamook, Ore.
- Quintero Ruiz, N. A., Demarchi, S. M., & Giner, S. A.** (2014). Effect of hot air, vacuum and infrared drying methods on quality of rose hip (*Rosa rubiginosa*) leathers, *International Journal of Food Science and Technology*, 49, 1799– 1804. doi:10.1111/ijfs.12486
- Sadiq, I. S., Izuagie, T., Shuaibu, M., Dogoyaro, A. I., Garba, A., & Abubakar, S.** (2013). The nutritional evaluation and medicinal value of date palm (*Phoenix dactylifera*), *Int JModern Chem*, 4 (3), 147–154.

- Suna, S., Tamer, C. E., Incedayi, B., Ozcan Sinir, G., & Copur, Ö. U.** (2014). Impact of drying methods on physicochemical and sensory properties of apricot pestil, *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 13, 47–55. doi:nopr.niscair.res.in/handle/123456789/26016
- Suthur, A. M., Patel, R. P., & Patel, M. P.** (2009). Spray drying technology: An Overview, *Indian Journal off Science and Technology*, 2 (10), 0974–6846.
- Suthur, A. M., Patel, R. P., & Patel, M. P.** (2009). Spray Drying Technology: An Overview, *Indian Journal off Science and Technology*, 2 (10).
- Tontul, İ. & Topuz, A.** (2017). Effects of different drying methods on the physicochemical properties of pomegranate leather (pestil), *LWT-Food Science and Technology*, 80, 294–303. doi:10.1016/j.lwt.2017.02.035
- Uysal, M. B.** (2019). *Limon ve portakal kabuklarının sıcak hava, mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombinasyonu ile kurutulması.* (Yüksek lisans tezi), Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Vadivambal, R. & Jayas, D. S.** (2007). Changes in quality of microwave-treated agricultural products-a review, *Biosystems Engineering*, 98 (1),1–16.
- Vatthanakul, S., Jangchud, A., Jangchud, K., Therdthai, N., & Wilkinson, B.** (2010). Gold kiwifruit leather product development using quality function deployment approach, *Food Quality and Preference*, 21, 339–345. doi:10.1016/j.foodqual.2009.06.002
- Vega-Gálvez, A., Di Scala, K., Rodríguez, K., Lemus-Mondaca, R., Miranda, M., López, J., & Perez-Won, M.** (2009). Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annum*, L. var. *Hungarian*), *Food Chem*, 117 (4), 647–653.
- Wankhade, P. K., Sapkal, R. S., & Sapkal, V. S.** (2014). Design and performance of solar dryer. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 70–73.
- Wu, L., Orikasa, T., Ogawa, Y., & Tagawa, A.** (2007). Vacuum drying characteristics of eggplants, *Journal of Food Engineering*, 83, 422–429.
- Yadav, M., Jain, S., Tomar R., Prasad G. B. K. S., & Yadav H.** (2010). Medicinal and biological potential of pumpkin: an updated review, *Nutrition Research Reviews*, 23, 184–190 doi:10.1017/S0954422410000107
- Yazar, J. G.** (2022). *Ökse otu yapraklarını kurutma ve kuru yaprakların depolanmasında bazı biyoaktif bileşenlerin değişimlerinin belirlenmesi.* (Yüksek lisans tezi). Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Yüksekkaya, S.** (2013). *Farklı üretim teknikleri ile üretilmiş nar pestilinde kurutma kinetiği ile fenolik ve antosiyanin bileşiminin belirlenmesi.* (Yüksek lisans tezi). Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Zhang, M., Jiang, H., & Lim, R. X.** (2010). Recent developments in microwave-assisted drying of vegetables, fruits, and aquatic productsdrying kinetics and quality considerations, *Drying Technology*, 28 (11), 1307–1316. https://doi.org/10.1080/07373937.2010.524591

- Zhou, L., Cao, Z., Bi, J., Yi, J., Chen, Q., Wu, X., & Zhou, M.** (2016). Degradation kinetics of total phenolic compounds, capsaicinoids and antioxidant activity in red pepper during hot air and infrared drying process. *International Journal of Food Science and Technology*, 51, 842–853. doi:10.1111/ijfs.13050
- Yıldız, G., Şenel, E. B., Demircan, H., Yıldız, G., Taşkın, O., & Oral, R. A.** (2023). Microwave-hot air hybrid drying: the impact of pre-treatment solution on some quality characteristics of white cherry fruit. *EJONS International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences*, (7), 2, 155-165.



## EKLER

### EK A: Duyusal Analiz Formu

<b>Renk</b>	Kendine özgü ve uniform renkte olmalı. Her tarafı aynı renkte olmalı, açık, koyulu olmamalı.	<b>Çok beğendim:</b> 5 <b>Beğendim:</b> 4 <b>Orta beğendim:</b> 3 <b>Az beğendim:</b> 2 <b>Hiç beğenmedim:</b> 1
<b>Görünüş</b>	Tüm yüzeyler düzgün ve eşit görünümde olmalı.	
<b>Yapı/Kıvam</b>	Hamurumsu, ıslak, çok kuru, ufalanan yapıda olmamalı, kendine özgü yumuşaklıkta olmalı, topaklanma veya homojen olmayan lokal bölgeler içermemeli.	
<b>Isırma ve koparma özelliği</b>	Kolay tüketilebilecek düzeyde ısırılabilir ve kopmalı. Diş ve çene kuvveti uygulandığında zorlamamalı. Sert veya kopmayacak düzeyde elastik olmamalı.	
<b>Çiğnenebilirlik</b>	Hamurumsu veya yapışkan olmamalı. Diş ve çene baskısı uygulandığında çiğnemeyi zorlaştıracak mukavemet, sertlik göstermemeli, dişlere aşırı derecede yapışmamalı.	
<b>Tat- Aroma</b>	Kendine özgü olmalı, yabancı kokuya sahip olmamalı. Kendine özgü olmalı, aşırı ekşi, tatlı, yavan veya yabancı tada sahip olmamalı.	
<b>Genel Kabul edilebilirlik</b>	Genel beğeni ve tüketim tercihi	

<b>Panelistin Adı-Soyadı:</b>	<b>Tarih:</b>							
<b>ÖRNEK KODLARI</b>								
	<b>129</b>	<b>951</b>	<b>337</b>	<b>423</b>	<b>614</b>	<b>875</b>	<b>571</b>	<b>249</b>
Renk								
Görünüş								
Yapı/Kıvam								
Isırma ve koparma özelliği								
Çiğnenebilirlik								
Tat- Aroma								
Genel Kabul edilebilirlik								

Şekil A.1: Duyusal analiz formu.

## ÖZGEÇMİŞ

**Ad-Soyad** : Merve ŞENEL

**Doğum Tarihi ve Yeri** :

**E-posta** :

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2019, Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,  
Gıda Mühendisliği