



**KIRMIZI KAPYA BİBERİN FİZİKSEL, KİMYASAL VE FİZİKOKİMYASAL  
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE DOĞRAMA ŞEKLİ, KURUTMA SICAKLIĞI,  
DEPOLAMA SÜRESİ VE SICAKLIĞININ ETKİSİ**

**Hazırlayan: Dilek CEMAL ARAS**

**Danışman: Doç. Dr. Gülçin YILDIZ**

**ORGANİK TARIM İŞLETMECİLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Yüksek Lisans Tezi**

**İĞDIR/2022**

**Her Hakkı Saklıdır**

**T.C.  
IĞDIR ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KIRMIZI KAPYA BİBERİN FİZİKSEL, KİMYASAL VE  
FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE DOĞRAMA  
ŞEKLİ, KURUTMA SICAKLIĞI, DEPOLAMA SÜRESİ VE  
SICAKLIĞININ ETKİSİ**

**Dilek CEMAL ARAS**

**ORGANİK TARIM İŞLETMECİLİĞİ ANABİLİM DALI**

**IĞDIR/2022**

## **TAAHHÜTNAME**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

**Dilek CEMAL ARAS**



## ÖZET

### KIRMIZI KAPYA BİBERİN FİZİKSEL, KİMYASAL VE FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE DOĞRAMA ŞEKLİ, KURUTMA SICAKLIĞI, DEPOLAMA SÜRESİ VE SICAKLIĞININ ETKİSİ

CEMAL ARAS, Dilek

Yüksek Lisans Tezi

Organik Tarım İşletmeciliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Gülçin Yıldız

Haziran 2022, 60 Sayfa

Bu çalışma, farklı kurutma sıcaklıklarının (50, 60 ve 70 °C) ve doğrama şekillerinin (halka ve küp) kırmızı kapyalı biberinin hem oda sıcaklığında hem de soğuk koşullarda 14 gün depolama süresince fiziksel, kimyasal ve fizikokimyasal özelliklerine etkilerini değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Kurutulmuş kapyalı biberleri elde etmek için 50, 60 ve 70 °C'de sıcak hava ile kurutma yöntemi (konvektif) uygulanmıştır. Kurutulmuş biberlerin renk değerleri ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), rehidrasyon oranı, kuru madde, pH ve titrasyon asitliği ile biyoaktif bileşenleri (toplam fenolik madde ve antioksidan kapasitesi) taze biber örnekleri ile karşılaştırılmıştır. En yüksek kuru madde, pH, titrasyon asitliği ve rehidrasyon oranı (sırasıyla %87,06; 5,69; 807,15 mg sitrik asit/100 g; %6,72) halka formda doğranmış, 60 °C'de kurutulan ve soğukta muhafaza edilen numunelerde (6H-SD numuneleri) tespit edilmiştir. Taze biber örneklerine en yakın  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değerleri 6H-SD örnekleri için elde edilmiştir ( $L^*$ : 29.87,  $a^*$ : 12.83 ve  $b^*$ : 17.03). Ayrıca, 6H-SD numuneleri tüm depolama sürelerinde en yüksek antioksidan kapasitesi ve toplam fenolik madde sergilemiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Biyoaktif bileşikler, renk, sıcak hava (konvektif) kurutma, kırmızı kapyalı biberi, depolama

## ABSTRACT

### THE EFFECT OF DRYING TEMPERATURE, CUTTING TYPES, STORAGE DEGREE AND PERIOD ON PHYSICAL, CHEMICAL AND PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF RED CAPIA PEPPER

CEMAL ARAS, Dilek

Master's Thesis

Organic Agriculture Management

Advisor: Assoc.Dr. Gülçin Yıldız

June 2022, 60 Pages

This work was undertaken to evaluate the effects of different drying temperatures (50, 60 and 70 °C) and cutting types (ring and cube) on the physical, chemical and physicochemical properties of red capia pepper during storage (14 days) both at room temperature and cold storage. Convective drying at 50, 60 and 70 °C was applied to obtain dried red capia peppers. The effects of convective drying on color values ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), rehydration ratio, selected chemical properties (dry matter, pH and titratable acidity) and bioactive compounds (total phenolic content and antioxidant capacity) of dried red capia peppers were compared. The samples dried at 60 °C in ring forms under cold storage (6R-CS samples) showed the highest dry matter, pH, titratable acidity and rehydration ratio (87,06%; 5,69; 807,15 mg citric acid/100 g; 6.72%, respectively). The closest  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  values to the fresh pepper samples were achieved for 6R-CS samples ( $L^*$ : 29.87,  $a^*$ : 12.83, and  $b^*$ : 17.03). In addition, 6R-CS samples resulted with highest antioxidant capacity and total phenolic content in all storage times.

**Keywords:** Bioactive compounds, color, hot-air (convective) drying, red capia pepper, storage

## TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın planlanması ve yürütülmesinde teŐvik, tavsiye ve yardımlarını eksik etmeyen, güler yüzü ve destek veren sözleriyle çalışma azmimi perçinleyen saygıdeğer danışman hocam Sayın Doç. Dr. Gülçin YILDIZ'a teŐekkürlerimi sunarım.

ÇalıŐmalarım sırasında sergiledikleri anlayıŐ ve yol göstermeleri için jüri yeleri zcan AğLAR ve Suzan UZUN'a ve bu araŐtırmayı BAP projesi (Proje No: UBY0621Y22) kapsamında destekleyen Iğdir niversitesi yöneticilerine teşekkür ederim.

Ayrıca çalıŐmalarım sırasında büyük sabır ve anlayıŐ gösteren, manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen anneme, babama, ablama, kardeŐlerime ve eŐim Okan ARAS'a sonsuz teşekkür ederim.

**Dilek CEMAL ARAS**

**IğDIR/2022**

## İÇİNDEKİLER

Sayfa No

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iv</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ</b> .....	<b>5</b>
<b>3. MATERYAL ve METOT</b> .....	<b>22</b>
3.1. Materyal.....	22
3.2. Metot .....	23
3.2.1. Kurutma işlemi .....	23
3.2.2. Analiz Metotları.....	24
3.2.2.1. Renk ölçümü .....	24
3.2.2.2. Yeniden su alma (Rehidrasyon) kapasitesinin belirlenmesi .....	25
3.2.2.3. Toplam kuru madde tayini .....	26
3.2.2.4. pH tayini.....	26
3.2.2.5. Titrasyon asitliği tayini .....	27
3.2.2.6. Toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite tayini için ekstraksiyon işlemi.....	27
3.2.2.7. 1. Toplam fenolik madde tayini .....	28
3.2.2.8. 2. Antioksidan kapasite tayini .....	28
3.2.3. İstatistiksel Değerlendirmeler .....	29
<b>4. BULGULAR ve TARTIŞMA</b> .....	<b>30</b>
4.1. Kurutma İşlemi ile Kopya Biberlerin Renk Değerlerinde Meydana Gelen Değişimler .....	30
4.2. Kurutma İşlemi ile Kopya Biberlerin Kuru Madde, pH, Titrasyon Asitliği ve Rehidrasyon Kapasite Değerlerinde Meydana Gelen Değişimler.....	35

4.3. Kurutma İşlemi ile Kapyra Biberin Toplam Fenolik Madde Miktarında Meydana Gelen Değişimler.....	38
4.4. Kurutma İşlemi ile Kapyra Biberlerin Antioksidan Kapasite Değerlerinde Meydana Gelen Değişimler.....	41
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>46</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>48</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>61</b>



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<i>a</i> <sup>*</sup>	+ <i>a</i> kırmızı, - <i>a</i> yeşil
$\mu\text{g}$	Mikrogram
$\mu\text{mol}$	Mikromol
ABA	Absisik Asit
AK	Antioksidan Kapasitesi
<i>a</i> <sub>w</sub>	Su Aktivitesi
<i>b</i> <sup>*</sup>	+ <i>b</i> sarı, - <i>b</i> mavi
C	Karbon
Ca	Kalsiyum
dk	Dakika
DPPH	2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
FC	Folin – Ciocalteu
Fe	Demir
g	Gram
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
H	Hidrojen
H <sub>2</sub> O	Su
K.H	Karbonhidrat
Kal	Kalori
Kapsaisin	8-metil-N-vanilil-6-nonenamide
<i>L</i> <sup>*</sup>	0=siyah, 100=beyaz koyuluk /açıklık
LDL	Düşük Yoğunluklu Lipoprotein
M	Molarite
M.Ö.	Milattan önce
mg	Miligram
Mg	Magnezyum
mL	Mililitre
Na	Sodyum

<b>NaOH</b> .....	Sodyum Hidroksit
<b>nm</b> .....	Nanometre
<b>O<sub>2</sub></b> .....	Oksijen
<b>P</b> .....	Fosfor
<b>RK</b> .....	Rehidrasyon Kapasitesi
<b>ROS</b> .....	Reaktif Oksijen Türleri
<b>S</b> .....	Kükürt
<b>SL</b> .....	Strigolakton
<b>TFM</b> .....	Toplam Fenolik Madde
<b>WHO</b> .....	Dünya Sağlık Örgütü
<b>yy</b> .....	Yüzyıl

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1.1. Kırmızı biber görseli.....	1
Şekil 1.2. Farklı tür ve renklere sahip biber görseli.....	2
Şekil 3.1. Deneylerde kullanılan kapy biberlerin taze ve kurutulduktan sonraki görüntüleri.....	22
Şekil 3.2. Kurutma Fırını .....	23
Şekil 3.3. $L^*$ $a^*$ $b^*$ renk uzayı .....	25
Şekil 3.4. Renk ölçüm cihazı .....	25
Şekil 3.5. Analitik hassas terazi .....	26
Şekil 3.6. pH-metre .....	26
Şekil 3.7. Santrifüj .....	27
Şekil 3.8. UV-Vis Spektrofotometre.....	28
Şekil 4.1. Sıcaklık şartlarına bağlı olarak kapy biberde $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ renk değişim grafiği .....	31
Şekil 4.2. Sıcak hava kurutma yöntemi ile küp ve halka şeklinde kurutulan kapy biber örneklerinin toplam fenolik madde miktarları .....	40
Şekil 4.3. Sıcak hava kurutma yöntemi ile küp ve halka şeklinde kurutulan kapy biber örneklerinin antioksidan kapasite değerleri .....	44

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa No

<b>Çizelge 2.1.</b> Kırmızı kapyta biber ve bazı gıda maddelerinin besin değerlerinin karşılaştırılması (mg/100g yaş ağırlık) .....	7
<b>Çizelge 2.2.</b> 100 g taze kırmızı biberin bileşimi .....	8
<b>Çizelge 2.3.</b> Yeşil ve kırmızı biberlerin taze ve pişmiş formda içerdikleri besin öğeleri.. .....	9
<b>Çizelge 2.4.</b> 100 g kuru kırmızı biber bileşimi .....	16
<b>Çizelge 3.1.</b> Çalışmamızda kullanılan örnekler ve kurutma uygulamaları .....	24
<b>Çizelge 4.1.</b> Sıcak hava kurutma yöntemi ile küp ve halka şeklinde kurutulan kapyta biber örneklerinin renk değerleri.....	30
<b>Çizelge 4.2.</b> Sıcak hava kurutma yöntemi ile küp ve halka şeklinde kurutulan kapyta biber örneklerinin kuru madde, pH, titrasyon asitliği ve rehidrasyon kapasite değerleri	36
<b>Çizelge 4.3.</b> Sıcak hava kurutma yöntemi ile küp ve halka şeklinde kurutulan kapyta biber örneklerinin toplam fenolik madde miktarları .....	38
<b>Çizelge 4.4.</b> Sıcak hava kurutma yöntemi ile küp ve halka şeklinde kurutulan kapyta biber örneklerinin antioksidan kapasite değerleri .....	42

## 1. GİRİŞ

Dünya çapında üretimi olan ve ülkemizde sevilerek tüketilen kırmızı biber, patlıcangiller (*Solanaceae*) familyasının *Capsicum* cinsine ait, iklim koşulları göz önünde tutularak tek veya çok yıllık bir bitki türü olarak tanımlanmaktadır. Kendi arasında farklı sınıflara ayrılan *Capsicum* cinsi biberlerin anavatanı Güney ve Orta Amerika'dır (Öztürk ve Baloğlu, 2019).

Kırmızı biberler günümüzde çiğ ya da pişmiş olarak tercih edilen aynı zamanda konserve, sos, dondurulmuş ürün ve hazır gıda gibi birçok üründe renk ve lezzet vermek amacıyla da kullanılan dünya mutfağının en önemli üyelerinden birisidir. Baharat (toz ve/veya pul) yapımında da adından bahsettiren kırmızı biberler, geleneksel tüketimde ise oldukça etli ve kuru madde miktarının yüksek olması, cazip parlak bir görünüm sergilemesi nedeniyle salça üretiminde kullanılmaktadır. Gıda işleme endüstrisinin gelişen teknolojiyle ilerleme göstermesi neticesinde közlenmiş biber, biber ezmesi, biber salamurası şeklinde tüketici tercihleri de değişiklik göstermektedir (Özdikmenli ve Zorba, 2015).



**Şekil 1.1.** Kırmızı biber görseli

Kırmızı biber (*Capsicum annuum*), içeriğinde karotenoidler, kapsaisinoidler, fenolikler, C vitamini, E vitamini ve yağ asitleri gibi biyoaktif bileşikleri içermektedir (Taiti *et al.*, 2019). Kırmızı biber organoleptik karakterinin yanı sıra, bakterilerin yaklaşık %70'ini inhibe edebildiği için antibakteriyel özellikleri ile de popülerdir (Omolo *et al.*, 2014).

Biberler yapısında bulundurdukları karotenoidler sayesinde turuncu, sarı, yeşil, kahverengi, siyah veya erguvani renk almaktadır. Bu karotenoidlerden ksantofiller ve  $\beta$ -karotenin sarı renklerden sorumlu iken kapsantin, kapsorubin, kriptoksantin, zeaksantin, violaksantin ve kapsolutein kırmızı renk pigmentlerinden sorumludurlar (Turgay ve Çelik, 2016).



**Şekil 1.2.** Farklı tür ve renklere sahip biber görseli

Polifenol bileşikler, insan vücudu tarafından sentezlenemez ve günlük beslenme yoluyla alınması gerekmektedir. Flavonoller, flavon glikozitler ayrıca hidroksisinnamik asitler biberlerde bulunan en yaygın fenolik bileşiklerdir (Morales-Soto *et al*, 2013). Ayrıca biberlerde bulunan kuarsetin, luteolin ve kaempferol tanımlanan en bol aglikonlardır. Kemoprotektif bir madde kaynağı olan kırmızı kapyra biber, kanserojen faktörlere karşı vücutta koruma sağlayan ve yaşlanma sürecini geciktiren karotenoidler (provitamin A), alkaloidler, C ve E vitamin içerikleri ile fiziksel sağlığa destek veren niteliklere haiz olan çok iyi bir antioksidan kaynağıdır (Özdikmenli ve Zorba, 2015). Biberde bulunan C vitamin miktarının turunçgillerde bulunan vitamin miktarından fazla olduğu belirtilmekte ve biberde 340 mg/100g kadar C vitamini bulunduğu bildirilmektedir (Palevitch and Craker, 1996). Ayrıca, biberler kalsiyum (Ca), fosfor (P), potasyum (K) ve demir (Fe) gibi mineral maddeleri de bünyesinde bulundurmaktadır (Öztürk ve Baloğlu, 2019). Yapısında bulundurduğu kapsaisin, karotenoidler ve polifenolik bileşikler sayesinde kanser, diyabet, kardiyovasküler hastalıklar ve obezite gibi birçok hastalığın gelişmesini engellemektedirler. Biberde bulunan biyoaktif maddeler antioksidan özellikleri ile karakterize edilmekte ve serbest radikalleri temizleyerek Alzheimer ve Parkinson hastalığına neden olabilecek oksidatif

hücre hasarına karşı koruma sağlamaktadırlar (Blanco-Ríos *et al*, 2013). Ayrıca beyin hücrelerinde gerekli olduğu düşünülen esansiyel yağların oksidasyonunu önlemektedirler (Oboh and Rocha, 2007).

Biberler, oldukça yüksek nem barındırmaları sebebiyle hızla bozulma gösteren gıda maddeleri arasında yer alır ve bu nedenle de muhafaza edilmeleri hayli güçtür. İnsanların gıda maddelerini korumak amacıyla kullanmış oldukları en eski metotlardan birisi kurutma işlemidir. Gıda maddelerine uygulanan kurutma prosesi, meyve ve sebzelerde bulunan mikroorganizmaların gelişip çoğalmalarını önleyecek bir seviyeye düşürmek, nemle alakalı reaksiyonları etkisiz kılmak ve raf ömürlerini uzatmak için uygulanan en yaygın muhafaza metodudur. Türkiye, meyve ve sebze yetiştirme anlamında hayli zengin bir ürün portföyüne sahiptir. Ancak, yetiştirilen gıda ürünlerine her mevsim ulaşamaması, mevsimi olmayan meyve ve sebzelerin yüksek maliyetleri ve de kuru gıda ürünlerinin özellikle de yöresel Türk mutfağındaki önemli kullanım alanları gibi birçok sebep kurutulmuş meyve ve sebzelere olan ilgiyi zaman geçtikçe arttırmaktadır. Gıdaların kurutulmasındaki amaç, ortamdaki mevcut su aktivite ( $a_w$ ) değerini belirli bir seviyenin altına düşürmek vasıtasıyla gerek mikrobiyolojik gerek kimyasal ve gerekse de enzimatik bozulmalara karşı dayanıklı bir hale getirmektir. Gıdaların kurutulması esnasında aynı zamanda birden fazla fiziksel, kimyasal, mekanik, biyokimyasal ve mikrobiyal olaylar ortaya çıkmakta ve bu olaylar neticesinde nihai ürünün kalite özellikleri değişiklik göstermektedir (Yıldız ve İzli, 2020).

Geleneksel olarak biber doğal yollarla, direkt güneşe maruz kalacak şekilde açık havada kurutulmaktadır. Fakat bu kurutma yönteminin hava koşullarına bağlı olarak olumsuz etkilenmesi, kurutma süresinin uzun olması, kurutulan ürünlerde yabancı cisim (kum, toz vs.) ve oluşabilecek mikotoksin enfektivitesi ihtimalinin bulunması nedeniyle tercih edilmemektedir. Bunun yerine yapay kurutma yöntemleri olarak adlandırılan kabin veya tünellerinde sıcak hava ile kurutma, kızılötesi ile kurutma, dondurarak kurutma, mikrodalga ile kurutma, dielektik ile kurutma, ultrason gibi birçok teknik kullanılmaktadır. Kurutulan ürünlerde besin değerindeki kayıpları en aza indirmek, kurutma süresini kısaltmak, son ürün kalitesinin iyileştirilmesi sağlanarak renk pigmentlerindeki bozulmaları minimum seviyede tutmak için gıda araştırmalarının

başında kurutma yöntemleri ve kombinasyonları gelmektedir (Yildiz ve Izli, 2019a, 2019b).

Kırmızı kapy biberlerin en uygun şartlarda kurutulması olayı, bünyelerinde barındırdıkları biyoaktif bileşenler ve renk maddelerinin korunması açısından oldukça önemlidir. Bu araştırmamızda, taze kırmızı kapy biber tüketimine alternatif bir değerlendirme olanağının sağlanması amacıyla sıcak hava yöntemi kullanılarak kurutma parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Renk ve besleyici değerleri koruyarak ekonomik ürün elde etmek için farklı sıcaklıklar (50 °C, 60 °C ve 70 °C), farklı doğrama şekli (halka ve küp), depolama sıcaklık ve sürelerinin (0, 7, 14 gün) kombinasyonu uygulanmıştır. Uygulanan farklı sıcaklık, doğrama şekli ve depolama koşullarının kurutulan son ürünlerdeki fiziksel, kimyasal ve fizikokimyasal özellikleri ile sağlık açısından en önemli parametreler olan antioksidan kapasite ve toplam fenolik madde içerikleri belirlenmiştir. Ayrıca kurutulan biber örneklerinin rehidrasyon kapasitesi belirlenmiş ve kalite kriteri olarak renk analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu araştırma sonucunda, farklı kurutma sıcaklıkları uygulanan, farklı doğrama şekillerine maruz bırakılan ve farklı depolama sıcaklıklarında muhafaza edilen kırmızı kapy biberlerin dayanıklılığı artırılmış ve ürün kalitesini koruyacak optimum kurutma koşulları belirlenmiştir.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Biber (*Capsicum annuum*), Magnoliophyta (kapalı tohumlular) şubesinde Magnoliopsida (çift çenekliler) sınıfında, *Solanaceae* familyası içinde patlıcan, domates, patates ve tütün ile birlikte yer almaktadır. Kırmızı biber, patlıcangiller (*Solanaceae*) familyasının *Capsicum* cinsine ait ılıman iklim koşullarında tek yıllık, tropik iklim koşullarında ise çok yıllık olarak yetiştirilen bir kültür bitki çeşididir (Yemiş, 2001). Christopher Columbus'un Amerika'yı keşfi ile birlikte yerli insanların "aji" veya "axi" diye isimlendirdikleri bu kırmızı renkli meyve günümüzde kırmızı biber şeklinde isimlendirilmiştir. Arkeologlar yabani biberin M.Ö. 7000'de doğadan toplanarak tüketildiğini ve muhtemelen M.Ö. 5200- 3400 yıllarında Amerikan yerlileri tarafından kültüre alındığını belirtmektedirler (Özkaya ve Sarıcan, 2014). Türlerin orijin merkezi olarak Kolombiya'nın iç kesimlerine kadar uzanan Meksika'nın güney kesiminin olduğu belirtilmektedir. Anavatanı subtropik ve tropik ülkeler olan biber, Amerika'dan Avrupa'ya, 1493'de İspanya'ya, daha sonrasında 1548'de İngiltere'ye ve nihayetinde 1578'de de hem orta hem de diğer Avrupa ülkelerine yayılma göstermiştir. Osmanlı imparatorluğu zamanında bilhassa 16. yy zamanında Orta Avrupa'da yer alan ülkeler ile kurulan münasebetler neticesinde kırmızı biberler İstanbul'a getirilmiş ve buradan da ülkemizin diğer bölgelerine yayılmıştır (Şeniz, 1992). Diğer bir çalışmaya göre biber, Orta Amerika'dan Portekizler aracılığıyla Hindistan'a buradan da Arap Yarımadasına getirilmiş sonrasında ise Bağdat ve Antakya üzerinden İstanbul şehrine ve son olarak da (1515-1662 yıllarında) Rusya, Venedik ve Orta Avrupa ülkelerine yayılım göstermiştir (Doğantan ve ark., 1987).

*Capsicum* cinsinin anavatanı Güney ve Orta Amerika'dır. Yapılan sınıflandırma çalışmalarında *Capsicum* cinsinin orijinlerinin türlere göre farklılık gösterdiği belirtilmiştir. Genel olarak kırmızı biber *C.annuum* L., *C. frutescens* L., *C. chinens*, *C. bacatum* ve *C. pubescens* olmak üzere sınıflandırılmaktadır (Xiao-min et al., 2016). *C.annuum* ve türleri "İspanyol Biberi" veya "Paprika" olarak bilinirken *C. frutescens* ise "Şili (Chili)" olarak bilinmektedir (Akgül, 1985). *C. annuum* türüne göre *C. frutescens* tür biberler daha fazla acılığa sahip biber türleridir. Acı biberlerin Güney Brezilya ve Bolivya kökenli olduğu belirtilmektedir (Xiao-min et al., 2016). Botanik sınıflandırma yapılırken biberler içerisinde renk, lezzet, şekil ve büyüklük açısından

farklılıkların mevcut olması bu biberlerin sınıflandırılmasında zorluklara yol açmıştır. Şili ve paprika biberleri *C.annuum* türlerinde yer alırken, daha çok acılık gösteren küçük biber çeşitleri *C. frutescens* türlerine dahil edilmektedir. Tüm bu biber türleri arasında en fazla bilineni ve baharat şeklinde kullanılanları *C. annum* ve *C. frutescens* 'tir. Ancak her 2 türde de acılık ve renk bakımından birbirinden hayli farklı çeşitler bulunmakta ve bu farklılık da standart özelliklerde bir kırmızı biber üretimini olası hale getirmektedir (Ermış, 1999). Ayrıca *Capsicum annum* ekstraktlarının patojen bakterilerden *S. aureus*, *L. monocytogenes*, *S. typhimurium* ve *B. Cereus* gelişmelerini önlediği de belirtilmektedir (Dorantes *et al.*, 2002).

Taksonomistler her ne kadar "*Capsicum*" terimini kullansalar da gerek ticari ve gerekse de bilimsel literatürde "biber (pepper)" terimi kullanılmaktadır. Renk, şekil ve büyüklüğü ifade etmek amacıyla çeşitli ön ekler (kırmızı biber, kuş biberi, şili biberi, dolmalık biber gibi) getirilmiştir. Macaristan çevresinde yetişen ve paprika ismiyle nitelendirilen kırmızı biber çeşitleri yoğun renkli, acılık açısından orta ya da tatlı özellikte olup, karakteristik bakımdan etli, uzun ve konik uçludurlar. İspanya'da bulunan paprikalar ise çok daha yoğun renkli, geniş ve yuvarlaktır. Afrika'da yetişen kırmızı biber çeşitleri ise yerel olarak Şili olarak isimlendirilirken bu biberler yüksek oranda acılık göstermekte, ayrıca küçük ve donuk kırmızı renk sergilemektedirler (Govindarajan, 1985).

Biber, boyu 2 metreye kadar uzanan otsu ve çok dallı bir bitkidir. Türlerine göre değişmekle birlikte genel olarak biber bitkisi, çevre koşullarına göre oval biçimli, kenarları düz veya sivri uçlu yapraklara sahiptir. Yaprak renkleri, yeşil rengin açık tonlarından koyu tonlarına kadar değişen bir skala aralığında yer almaktadır. Yaz mevsiminde açan çiçekleri çoğunlukla beyaz renkte ve nadir olarak da menekşe rengindedir. Dişi ve erkek organ aynı çiçek üzerinde bulunduğundan erselik bir yapı göstermektedir. Şekil olarak oldukça değişken olan biber meyvesi 1-25 cm boyunda ve çoğunlukla kırmızı renkte bazen de turuncu, sarı, kahverengi, yeşil, siyah veya erguvani renklerinde. Bu renkler biberin olgunlaşma aşamasında üretilen karotenoidlerden kaynaklanmaktadır. Biberler hasat edildikten sonra olgunlaşma duracağı için renk değişikliği mümkün değildir ancak aroma, tat ve antioksidan aktivitesinde değişiklikler meydana gelebileceği belirtilmektedir (Manikharda *et al.*, 2018).

Türkiye son zamanlarda ürettikleri biberlerin %40-45 civarını sivribiber, %20 civarını dolmalık biber ve yaklaşık %35-40'luk kısmını salçalık-sanayilik sınıfına giren kırmızı kapyalı biber olarak üretmektedir (Dağhan, 2015). Kırmızı kapyalı biber (*Capsicum annuum* L.) ülkemizde çiğ halde ya da pişmiş bir şekilde tüketilmesine ek olarak konserve, turşu, salça, ketçap, sos, hazır çorba, domates çorbası, tarhana, sucuk, çocuk mamaları, pastırma üretimi gibi oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir. Ancak biberlerin en yaygın kullanım alanları kurutulmuş baharat (toz ve taneli) halleridir ve biberler en fazla tercih edilen baharatların başında gelmektedir (Kılıç ve Calam, 2019).

Biber içerisinde karotenoidler, yağ, mineraller ve aromatik bileşikleri barındırmaktadır. C vitamini bakımından zengin olan biber, bir insanın günlük C vitamini ihtiyacını karşılayabilmektedir. Biberde bulunan C vitamini miktarı turunçgillerde bulunan vitamin miktarından fazla olduğu belirtilmektedir ve biberlerde 340 mg/100 g civarı C vitamininin bulunduğu bildirilmektedir (Palevitch and Craker, 1996). Kırmızı kapyalı biber ve bazı gıda maddelerinin besin değerlerinin karşılaştırılması Çizelge 2.1'de gösterilmektedir.

**Çizelge 2.1.** Kırmızı kapyalı biber ve bazı gıda maddelerinin besin değerlerinin karşılaştırılması (mg/100g yaş ağırlık) (Fudholi *et al.*, 2013)

Gıda Maddeleri	C Vitamini (mg/100g)	Ca (mg/100g)	Fe (mg/100g)	Kül (mg/100g)	Lipitler %	Protein %	Lif %
<b>Kapyalı Biber</b>	175	15	1,8	0,9	0,7	2,8	4,8
<b>Deniz yosunu (G.cahangii)</b>	28,5	651	95,6	22,7	3,3	6,9	24,7
<b>Soya Fasulyesi</b>	7,5	200	6	4,8	18,9	33,8	5,5
<b>Havuç</b>	9,5	140	0,8	0,8	0,1	1	1,1
<b>Brokoli</b>	85	40	0,7	0,8	0,1	4,1	1
<b>Domates</b>	25,8	12	0,8	0,6	0,2	1,4	0,5
<b>Lahana</b>	53	40	0,6	0,8	0,2	1,6	0,9

Yapılan bir analizde 100 g'lık yeşil tatlı biber örneklerinde 29 kcal, 4,2 g karbonhidrat (K.H.), 0,2 g yağ, 1,1g protein, 1,4 g selüloz ve 92,6 g su bulunduğu bildirilmiştir (Keleş, 2007). Askorbik asit ve oksidasyonu sonucu oluşan dehidroaskorbik asit içeren C vitamini antioksidan özellikleri nedeniyle insan vücudunda birçok biyolojik etkiye sahiptir (Davey *et al*, 2000). Olgunlaşmamış yeşil biberlerin antioksidan içeriği en yüksek seviyede olduğu belirtilirken, kırmızı olgun biberlerin ise C vitamini içeriğinin en yüksek seviyede olduğu bildirilmektedir (Marin *et al*, 2004). Taze kırmızı biberin bileşimi Çizelge 2.2'te sunulmuştur.

**Çizelge 2.2.** 100 g taze kırmızı biberin bileşimi (Marin *et al.*, 2004)

<b>Bileşen</b>	<b>Miktar (mg-g)</b>	<b>Bileşen</b>	<b>Miktar (mg-g)</b>
<b>Proteinler</b>	2 g	<b>H<sub>2</sub>O</b>	86,9 g
<b>Yağlar</b>	0,8 g	<b>Lif</b>	1,7 g
<b>Karbonhidratlar</b>	9,5 g	<b>Fe</b>	0,9 mg
<b>B-karoten</b>	4,77 mg	<b>P</b>	47 mg
<b>Tiamin</b>	0,09 mg	<b>Ca</b>	11 mg
<b>Riboflavin</b>	0,12 mg	<b>K</b>	3,74 mg
<b>Niasin</b>	0,4 mg	<b>C vitamini</b>	86 mg

C vitamini ve karotenoidler sahip oldukları antioksidan özellikler sebebiyle bazı kanser türlerini, kardiyovasküler rahatsızlıkları, arteriyosklerozisi ve yaşlanmayı engelleyici etkiler sergilemektedir. Karotenoidler, fiziksel sağlık bakımından yararlı olmakla beraber buldukları gıdalara kazandırdıkları cazip renkten ötürü birçok araştırmaya konu olmuştur (Kuşçu, 2002). Biberlerde antioksidanlar, antiinflamatuvar, antialerjenik ve antikanserojen aktiviteler gösteren birçok biyokimyasal ve farmakolojik özelliğe sahip fitokimyasal bileşik vardır (Lee *et al.*, 2005). Askorbik asit, karotenoidler, tokoferoller, flavonoidler ve kapsaisinoid gibi fitokimyasal bileşikler biberde çokça bulunmaktadır. Ayrıca biber, antioksidan, antimutajen, hipokolestorelmik ve immune baskılayıcı karakter sergilediğinden bakteriyel gelişimi inhibe ederek antibakteriyel aktivite göstermektedir (Orobiyi *et al.*, 2014).

C vitamini başta olmak üzere A, B1, B2, E ve K vitaminleri bakımından zengin olan biber ayrıca diğer sebzelerde nadir bulunan biyoflavonoid olarak bilinen P

vitaminini de bulundurmaktadır (Dağhan, 2015). Yeşil ve kırmızı biberlerin taze ve pişmiş formda içerdikleri besin öğeleri Çizelge 2.3'te verilmiştir.

**Çizelge 2.3.** Yeşil ve kırmızı biberlerin taze ve pişmiş formda içerdikleri besin öğeleri (Dağhan, 2015)

<b>Besin Öğeleri (g/100g)</b>							
	Kuru Madde	Enerji (Kal)	H <sub>2</sub> O	Protein	Yağ	Şeker	K.H.
Yeşil (taze)	7-8	22	92-93	0,9-1,2	0,2-0,3	3,8	4,4
Yeşil (pişmiş)	-	-	-	-	-	-	-
Kırmızı (taze)	9	29	91	0,8-1,2	0,6-0,9	-	5,3-5,9
<b>Vitaminler (mg/100g)</b>							
	A vitamini	B1	B2	Niasin	C vitamini		
Yeşil (taze)	530	0,06-0,07	0,02-0,04	0,40	120-160		
Yeşil (pişmiş)	420	0,06	0,07	0,5	96		
Kırmızı (taze)	2200-5700	0,05-0,11	0,08-0,46	0,5-0,7	165-220		
<b>Mineral Maddeler (mg/100g)</b>							
	Ca	Fe	Mg	P	K	Na	S
Yeşil (taze)	7-11	0.40	12-13	22-25	-	-	19
Yeşil (pişmiş)	9	0.5	-	16	149	9	-
Kırmızı (taze)	4-13	0,3-0,6	4-13	20-30	-	-	-

Rutin olarak da bilinen P vitamini doğal bir flavon türevidir. Farmakolojik aktiviteye sahip P vitamini antioksidanlar, antiinflamatuvar, kardiyovasküler koruyucu ilaçlar, gastrik lezyon ve nefropati tedavilerinde olmak üzere birçok ilaç yapımında kullanılmaktadır (La Casa *et al.*, 2000). Biberde bulunan biyoflavonoid P vitamini kan basıncını ayarlamakta ve kan dolaşımını uyarmaktadır (Eren, 2019).

Fenolik bileşenler, meyve ve sebzelerde doğal olarak bulunan renk ve lezzet gibi unsurlarda belirleyici rol oynayan organik bileşikleridir. Söz konusu bileşenler, fenol grupları şeklinde isimlendirilen bir ya da daha çok hidroksil ikame grubu barındıran en

az bir aromatik halkanın mevcudiyeti ile karakterize edilmektedir. Serbest formda bulunmalarının yanı sıra karbonhidrat, hücre duvarı bileşenleri, lipitler, aminler ve organik asitlerle bağlantılı olarak da bulunabilmektedirler (Arruda *et al.*, 2019). Çalışma ve araştırmalar neticesinde gittikçe artan kanıtlar, fenolik açıdan destekli diyetlerin, nörodejeneratif rahatsızlıklar, metabolik yaşlanma ve kanser ile alakalı hastalık risklerini azaltma potansiyeline sahip olduklarını göstermektedir (Esfandiar *et al.*, 2020, Wisnuwardani *et al.*, 2020). Fenolik bileşenlerin kardiyovasküler rahatsızlıklara, bir takım kanser türlerine (mesane, prostat, meme kanserleri gibi), Parkinson, Alzheimer, tip 2 diyabet hastalığı ve obezite gibi rahatsızlıklara karşı oldukça önemli bir rol oynadığı bildirilmektedir (Vita, 2005; Mink *et al.*, 2007). Gerçekleştirilen araştırmalarda fenolik bileşenlerden elde edilen ekstraktların dikkat ve bellek üzerinde olumlu sonuçlara sebep olduğu, bilişsel esneklik, anlamsal erişim, bellek zayıflaması ile hafif bilişsel bozukluğu (normal yaşlılık ile alzheimer rahatsızlığı arasındaki geçiş dönemi) olan kişilerde bu gerilemeyi yavaşlattığı ya da aksine dönüştürdüğü görülmektedir (Calabrò *et al.*, 2019; Ochiai *et al.*, 2019; Krikorian *et al.*, 2020). Özet olarak, fenolik asitler sergilemiş oldukları antioksidan, antibakteriyel, antiviral, antikarsinojenik, antiinflamatuvar özellikleri nedeniyle bilhassa son zamanlarda bir hayli ilgi çekmektedir (Babbar *et al.*, 2015).

Karotenoidler; bitki, alg, mantar ve bakterilerde yaygın bir şekilde yer alan bir grup doğal tetraterpenoid pigmentidir. Bir takım meyve ve sebzelerde sarı, turuncu ve kırmızı renk veren, 600'den çok çeşidi olan bileşenlerdir. Karotenoidlerin, fotosentez ve foto koruma hadiselerinde önemli rol oynadıkları bildirilmiştir (Hashimoto *et al.*, 2016). Kişilerin diyetlerinde tipik olarak 60 civarı karotenoid bulunmakatadır. En yaygın olarak bilinen karotenoidler: Lutein, likopen,  $\alpha$ -karoten,  $\beta$ -karoten,  $\beta$ -kriptoksantin ve zeaksantin'dir. Fitohormon absisik asitin (ABA) ve strigolaktonun (SL) biyosentezleri için öncülük sağlamaktadırlar (Al-Babili and Bouwmeester, 2015).

Bitkilerdeki mevcut merkezi rollerine ek olarak karotenoidler, insanların beslenmesinde ve sağlıklarında oldukça önemli bir role sahiptirler. Provitamin A'nın diyet kaynaklarını sağlamaktadır.  $\beta$ -kriptoksantin,  $\alpha$ -karoten ve  $\beta$ -karoten, provitamin A aktivitesi gösteren bileşenlerdir (Voutilinen *et al.*, 2006). Karotenoidlerin antioksidan, serbest radikal baskılayıcı ve provitamin A karakteristikleri gerçekleştirilen

çalışmalarca kanıtlanmış olup farklı karotenoidlerin birtakım rahatsızlıkların engellenmesinde oldukça önemli bir role sahip olduğu bilinmektedir. Kırmızı biber, renk kaynaklarından  $\alpha$ -karotenin,  $\beta$ -karotenin ve  $\beta$ -kriptoksantin,  $\beta$ -iyonon halkası ve söz konusu bu halkaya ilişkin polien zincirlerini barındırması sebebiyle provitamin A aktivitesi sergilemektedir. Bu renk maddelerinin vücuda alınmalarını takiben ince bağırsakta bulunan karoten oksijenaz ve retinaldehit reduktaz enzimleri vasıtasıyla A vitaminine dönüştüğü bildirilmiştir (Demiray ve Tülek, 2012). 6  $\mu\text{g}$   $\beta$ -karoten veya  $\beta$ -kriptoksantin parçalanmasının ardından 3  $\mu\text{g}$  A vitaminine dönüşmektedir. Bu da 1 IU A vitamini şeklinde ifade edilmektedir. A vitamini bakımından gündelik tüketilmesi gereken doz miktarları sırası ile erkek ve kadınlarda, 900  $\mu\text{g}$  ve 700  $\mu\text{g}$  retinol eşdeğerine denk gelmektedir. 1  $\mu\text{g}$  retinol eşdeğerinin, 12  $\mu\text{g}$   $\beta$ -karoten ve 24  $\mu\text{g}$   $\alpha$ -karoten ve  $\beta$ -kriptoksantine eşit olduğu bildirilmiştir (IOM, 2001). Hastalık riskini artıran nedenlerden düşük karotenoid içeriğine sahip günlük diyet veya kandaki karotenoid düzeyinin düşük oluşu belirtilmiştir (Demiray ve Tülek, 2012). Karotenoidler, lipoproteinler aracılığı ile ince bağırsakta %47-81 arasında emilip kana geçmektedirler. Düşük yoğunluktaki lipoproteinlerin okside olmasını engelleyen karotenoidlerin bu pozitif yararları ile kalp hastalıklarının engellenmesine yardımcı olduğu belirtilmiştir. Ayrıca aktif oksijen vasıtasıyla gözün merceğinde yer alan lipidlerin oksidasyona uğramasını engellemekte ve beraberinde katarakt oluşumunu geciktirmektedir (Yılmaz, 2010).

Yapılan çalışmalar  $\beta$ -karoten bakımından oldukça zengin gıda ürünlerinin tüketilmesi ile beraber karaciğer kanser riskini düşürdüğü bildirilmiş,  $\beta$ -karoten, zeaksantin, lutein ve A vitamini açısından zengin gıdaların günlük diyete dahil edilmesi sonucunda kadın bireylerde göğüs kanser riskini azalttığı ve luteinin kolon kanseri tedavisinde oldukça önemli sonuçlar verdiği belirtilmiştir (Yılmaz, 2010). Karotenoidlerin biyolojik özellikleri içerisinde en sıklıkla üzerinde durulan ve bahsedilen etki antioksidan mekanizmasıdır. Bu bileşiklerin, LDL oksidasyonuna engel olduğu ve yüksek kontrasyonlarda prooksidan etki sergilediği, tümör oluşumunu baskılayıcı, DNA'yı peroksidasyondan koruyucu, immünomodulator ve antikarsinojen özelliklerinin bulunduğu tespit edilmiştir (Yılmaz, 2010). Karotenoid bileşenlerinin kanser, kalp rahatsızlıkları gibi kronik rahatsızlıklara ilave olarak bireylerin yaşlarına bağlı olarak oluşan ve gelişen göz rahatsızlıklarını minimum seviyeye indirdiği

bildirilmektedir. İnsan gözünün foveasında birikmiş lutein ve zeaksantin, mavi ışığın göz retinasında hasara yol açmasını önlemektedir. Geri dönüşü olmayan körlük hadisesi ve yaşla alakalı makula dejenerasyonundan bu karotenoid bileşenlerin diyet ile makul miktarda tedarik edilmeyişi sorumlu görülmektedir (Yılmaz, 2010).

Kapsaisin maddesi, *Solanaceae* familyası ve *Capsicum annuum* türüne ait kırmızı biberlerden elde edilmektedir. Kapsaisin (8-metil-N-vanilil-6-nonenamide), bir homovalinik asit türevi ve yağda çözünebilen fenolik bir bileşiktir. Biberde kantitatif kalıtım sonucunda acılık ortaya çıkmaktadır. Bu kalıtım birçok gen ve çevre faktörleriyle belirlenmektedir. Kimyasal formülü  $C_{18}H_{27}O_3N$  olan kapsaisin, biberin acı olmasını sağlayan proalkaloid yapısında bir bileşendir. Saf bir bileşik özelliği göstermeyen kapsaisin, bazı amidlerin karışımı şeklindedir. Biberde acılık kapsaisin oranına göre değişmektedir. Acılık seviyesi *Capsicum* tür ve çeşidine bağlı olarak değişmekte ve meyvenin gelişme evresi gibi çeşitli etkenlerden etkilenmektedir. Kapsaisin, dirençli bir alkaloid olup hem soğuk ve hem de sıcak şartlara karşı dayanıklılık göstermektedir. Biberlerin yapılarında kapsaisin, homokapsaisin, homodihidrokapksaisin, dihidrokapksaisin ve nordihidrokapksaisin şeklinde isimlendirilen kapsaisinoid çeşitlerinin mevcut olduğu ve bu mevcut kapsaisinoid içeriğinin farklı biber türlerine göre değişiklik gösterdiği belirtilmektedir (Thomas *et al*, 1998).

Kırmızı biberlerden *Capsicum* türü üzerinde yapılan bir araştırmada Maraş biberi örnekleri (*C. annuum*), süs biberi örnekleri ve cin biberi örneklerinin (*C. frutescens*) kapsaisinoid miktarı araştırılmıştır (Yemiş, 2001). Toplam kapsaisinoid miktarı, *C. frutescens* türünde yer alan cin biberinde %0,47, süs biberlerinde %0,21 ve son olarak *C. annuum* türünde kategorize edilen maraş biberlerinde %0,12-0,21 arasında tespit edilmiştir. Yapılan bir başka araştırmada ise çeşitli biber türlerinin (*Capsicum frutescens*, *annuum*, *chinese*) kapsaisinoid miktarlarının 0,22-20mg/g aralığında olduğu tespit edilmiştir (Thomas *et al*, 1998).

Kırmızı biberler baharat olarak yaygın kullanım alanlarına ek olarak oldukça geniş anlamda fizyolojik ve farmakolojik özellikler de sergilemektedirler. Safra oluşumunda uyarıcı etki göstermekte ve kolesterolün vücuttan atılmasında önemli rolü olan safra asitlerinin sekresyonunu artırmaktadır. Hem acı hem de tatlı biberlerin moleküler yapısında bir vanilil çekirdeğine bağlı dallı bir yağ asidi mevcuttur ve bu tatlı

biberlerde de acı biberde de bulunan kapsaisinin değer miktarlarda var olduğunu göstermektedir. Bu bitkilerin duyusal etkileri içerisindeki en büyük fark temel yapıya bağlanan ail ve valinil gruplarının bağlanma biçimlerinden kaynaklanmaktadır. Bazı araştırmalara göre acı biberde amid bağı (kapsaisin) bulunurken tatlı biberde ester bağı bulunduğu belirtilmektedir (iek ve ark., 2005).

Kapsaisinoidler genellikle biber tohumlarında ve plasenta bölgesinde bulunmaktadır (Dong, 2000). Biberde bulunan kapsaisin maddesi mide ve bağırsak hareketlerini hızlandırmakta, hazmı kolaylaştırmakta, emilimi teşvik edip peristaltik hareketleri hızlandırmaktadır (şalk *et al.*, 2008). Yapılan araştırmalarda kapsaisinin serumda kolesterol düzeyine etki ettiği de belirtilmiştir (Srinivasan and Sambaiah, 1991). Kapsaisinin kandaki kolestrol ve trigliserit değerlerinin azalmasını sağlayarak damar sertliği olarak bilinen ateroskleroz oluşma olasılığını azalttığı bildirilmektedir (Kawada *et al.*, 1986). Kapsaisinoidler, farmasötik endüstrisinde nörolojik faydaları bakımından önemli alkaloitlerdir. Kapsaisinin genel olarak kardiyovasküler, solunum, limbik ve termoregülatör sistemler üzerinde etkilerinin olduğu belirtilmektedir (Surh and Lee, 1995). Ayrıca olgun kırmızı biberlerin kanser riskini azaltabileceği de ispatlanmıştır (Nishino *et al.*, 2009).

Taze meyve ve sebzelerde renk önemli bir kalite parametresi olup kurutulmuş kırmızı biberde de renk en önemli kalite kriterlerinin başında gelmektedir. Kırmızı biberlerin renklerini ketokaratenooidlerden kapsantin, kapsorubin ve kapsantin 5,6 epoksit; ksantofillerden  $\beta$ -kriptoksantin, zeaksantin, violaksantin ve kapsolutein; karotenlerden ise  $\beta$ -karotenin oluşturduğu belirtilmektedir (Topuz, 2002). Kırmızı biberlerin yapısındaki toplam karotenoidlerden %70-80'lik bir bölümünü kapsantin ve kapsorubin bileşenleri oluşturmaktadır. Bu karotenoid grupları arasında yer alan karotenlerin yapısında sadece karbon ve hidrojen mevcutken, ksantofillerde ise bunlara ek olarak hidrosil, metoksil, karboksil, keto ya da epoksi gruplar şeklinde oksijen de yer almaktadır (Krinsky, 1993). Bu renk bileşenlerinden kapsantin ve kapsorubinin kırmızı, diğerleri ise açık sarı renkten portakal sarısına kadar değişen ton aralıklarında sarı renk vermekteler. Kapsantin, *Capsicum annuum* türü biberlerin en baskın renk maddesini oluşturmaktadır. *Capsicum annuum* türüne dahil edilen kırmızı biberler bilhassa kapsantin ve kapsorubin bakımından hayli zengin karotenoid kaynaklarını

oluşturmaktadır (Yemiş, 2001). Ayrıca kapsantin; FAO, WHO, Birleşik Krallık, Japonya ve diğer ülkelerde sınırsız kullanım için doğal katkı maddesi olarak onaylanmıştır ve bu yönü ile büyük ilgi görmektedir (Baenas *et al*, 2019). Polien alkol grubundan önemli renk maddeleri içeren kırmızı biber, gıda sanayisinde boyar madde olarak kullanılmaktadır. Yumurta sarısını koyulaştırması sebebiyle de tavuk yemi yapımında da kullanılmaktadır (Arıkan, 2004).

Kırmızı biberlerdeki renk bileşenleri suda erimeyen lipofilik bileşikler olup sulu ortamlarda yüzeye homojen olmayan bir biçimde tutunmakta ya da yüzeyde düzensiz bir biçimde bulunmaktadırlar. Bu bileşenler yağ asitleri ile esterleşmiş bir halde olduklarından stabil bir yapı göstermektedirler. Esterleşme durumu her ne kadar renk bileşenlerinin renk şiddetlerini değiştirmese de polarite gibi ürünlerin kimyasal özelliklerinde etki göstermektedir. Kısa zincire sahip yağ asidi ile esterleşmiş olan karotenoid bileşenleri, uzun zincirli yağ asiti esterlerine kıyasla çok daha fazla dayanıklılık göstermektedir (Topuz, 2002).

Biberlerde yer alan karotenoid bileşenlerin renkleri sahip oldukları konjuge çift bağlardan kaynaklanmakta ve konjuge çift bağ sayılarının artışı ürünlerin renklerini daha da kırmızılaştırmaktadır. Bu bağlar cis ya da trans özellikte olabilmekte ve trans bağların varlığı ile rengin şiddeti de artmaktadır (Uylaşer, 2000). Ayrıca yüksek derecedeki doymamışlığı karotenoidleri oksidatif değişimlere karşı duyarlı kılmakta ve sonucunda karotenoidlerin renginde açılma meydana gelmektedir. Karotenoidlerdeki renk açılma reaksiyonunu O<sub>2</sub> haricinde ışık, sıcaklık, pH, su aktivitesi, metal iyonu ve bazı enzim aktiviteleri de etkilemektedir. Bu etmenlerle beraber biberlerin renk özelliklerindeki etkili en kritik koşulların başında biber çeşidi ve meyvenin olgunluk derecesinin geldiği önemle belirtilmektedir. Biber karotenoidlerinin oksidasyon stabiliteleri farklılık göstermektedir. Ketokarotenoidler arasında yer alan olan kırmızı renge sahip kapsantin ve kapsorubin bileşenleri, oksidasyona karşı daha stabil bir özellik sergilerken sarı renk sağlayan ksantofil ve β-karoteninin ise oksidasyon hızları çok daha yüksektir. Biberlerde en fazla oranda mevcut olan kapsantin bileşeninin oksidasyona karşı en dayanıklı renk maddesi olduğu bildirilmiştir (Perez-Galvez and Minguez-Mosquera, 2001).

Biberlerin olgunlaşması sürecinde klorofil, lutein ve neoksantin renk maddelerinde kayıplar olduğu,  $\beta$ -karoten ve violaksantin konsantrasyonlarında artışların gözlemlendiği ve bunlara ek olarak zeaksantin, kapsantin, kapsorubin,  $\beta$ -kriptoksantin, kapsolutein gibi ara ürünlerin ortaya çıktığı belirtilmektedir (Hornero-Méndez *et al*, 2000). Biber karotenoidlerinden sarı renk maddeleri olan ksantofiller ve  $\beta$ -karotenin 60 °C'nin altındaki sıcaklıklarda bozulduğu, kırmızı renk maddelerinden olan kapsantin ve kapsorubinin ise 60°C'nin üstündeki sıcaklıklarda bozunmasının hızlandığı bilinmektedir. Kurutma uygulama sıcaklıklarının artışı kırmızı kapyta biberdeki toplam karotenoid oranında düşüğe sebep olmaktadır.

Kurutma işlemi eski çağlardan günümüze kadar gelen geleneksel gıda muhafaza şeklidir. Gıda ürünlerinin kurutulmasındaki amaç ortamın su aktivitesini ( $a_w$ ) belli bir seviyenin aşağısına getirmek suretiyle mikrobiyal, kimyasal ve enzimatik bozunmalara karşı ürünü dayanıklı bir hale getirmektir. Kurutma işlemi, aynı anda gerçekleşen ısı ve kütle aktarımıyla alakalı nem giderme prosesi şeklinde tanımlanmaktadır. Kurutma esnasında eş zamanlı birden fazla fiziksel, kimyasal, mekanik, fizikokimyasal ve mikrobiyolojik olaylar gerçekleşmekte ve bu olayların her biri nihai ürün kalitesini etkilemektedir (Yıldız ve İzli, 2020).

Geleneksel olarak ülkemizde biber kurutma, güneşte açık havada kurutularak gerçekleştirilmektedir. Tam olarak kurumanın gerçekleşmesi 3-10 gün sürmektedir ve bu süreç içerisinde biber, toz, toprak, kum parçacıkları ve böceklerle kirlenmeye karşı açıktır. Bu metot hava şartlarına bağlı olarak her daim standart kalitede ürün elde edilmesini zorlaştırmaktadır. Geleneksel olarak kurutulmuş biberlerin nem içeriğinin %8-10 düşürülmesi için uzun süre doğrudan güneşe maruz bırakılan biberlerde genellikle kırmızı renk solması, esmerleşme pigmentasyonu ve C vitamini kaybı içeren düşük kaliteli ürün elde edilmektedir (Yıldız ve İzli, 2020). Ayrıca kurutulmuş ürünlerin mantarlara karşı savunmasız kalması mikotoksin enfektivitesi ihtimalini arttırmaktadır. Temiz ve aynı zamanda her seferinde standart kalitede kuru ürün teminini gerçekleştirmek ancak özel kurutucuların yardımı ile mümkün olabilmektedir. Aynı zamanda daha az besin ve vitamin kayıpları meydana gelmektedir. Bu amaçla güvenilir, hızlı ve kontrol edilebilir kurutma metotları geliştirilmiştir. Gıda ürünlerinin kurutulmuş muhafazası endüstride en yaygın şekilde kullanılan ve fakat aynı zamanda en yoğun

enerji isteyen uygulamalardan biridir. Kurutma uygulaması, doğal veya yapay (dehidrasyon) olmak üzere iki şekilde gerçekleşmektedir. Doğal kurutma yöntemleri gölgede ya da direk güneş altında gerçekleşirken, yapay kurutma uygulamasında kabin ya da tünellerde sıcak hava ile, kızılötesi ile, ozmotik, püskürtmeli, dielektik ve mikrodalga ile kurutma yöntemleri kullanılmaktadır. Ürünün su aktivitesi değerinin belirli bir seviyenin altına inmesi sonucunda kurutulan gıdaların depolama esnasında bozulmasının önüne geçilmekte, gıda kalite özellikleri korunmakta, ürün hacmi azaltıldığından taşıma ve depolamada kolaylık sağlanmaktadır. Taze kırmızı biberlerin nem içeriği %70-80 arasında değişmektedir. Taze biberler zamanında işlenmezse 2-3 gün içerisinde bozulmalar meydana gelmekte ve bu da üretimde %12-15'lik bir kayba neden olmaktadır (Cadenas and Packer, 2002).

Biberler, büyümeleri sırasında doğal olarak yüzeylerinde bulunan dış mikrobiyal enfeksiyon ve UV hasarından koruma sağlayan mumsu bir tabaka oluşturmaktadırlar (Cadenas and Packer, 2002). Ancak bu katman nem difüzyonunu engellediği için uzun süreli kuruma süresi, artan enerji tüketimi, biyokimyasal reaksiyonlar, oksidatif bozulma gibi ciddi kalite sorunlarına neden olmaktadır. Kurutulan biberlerin kalitesinin iyileştirilmesi, kurutma süresinin kısaltılması, besin değerindeki kayıpları en aza indirmek için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Çizelge 2.4'te kuru kırmızı biberin bileşimi sunulmuştur.

**Çizelge 2.4.** 100 g kuru kırmızı biber bileşimi (Korkutata ve Kavaz, 2013)

<b>Bileşen</b>	<b>Miktar (mg-g)</b>	<b>Bileşen</b>	<b>Miktar (mg-g)</b>
<b>Proteinler</b>	13.8 g	<b>H<sub>2</sub>O</b>	7.9 g
<b>Yağlar</b>	6.2 g	<b>Lif</b>	30.2 g
<b>Karbonhidratlar</b>	31.6 g	<b>Fe</b>	0.23 mg
<b>B-karoten</b>	4.91 mg	<b>P</b>	0.3 mg
<b>Tiamin</b>	0.06 mg	<b>Ca</b>	0.2 mg
<b>Riboflavin</b>	1.36 mg	<b>K</b>	2.4 mg
<b>Niasin</b>	15.3 mg	<b>C vitamini</b>	58.8 mg

Biber klimakterik olmayan meyveler grubuna girmektedir (Cantwell, 2013). Biber, 1-3 hafta civarında oda koşullarında saklanabilmekte, ancak bu şartlar altında %10'lara varan miktarlarda hacim kaybı, buruşma ve pörsüme oluşabilmektedir (Söylemezoğlu, 1998). Soğukta muhafaza gerekliliği, tüm taze meyve ve sebzelerde olduğu gibi biberlerin de hasat edildikten sonra kayıpların en aza indirilmesinde fayda sağlamaktadır. Fakat subtropik ve tropik kökenli türlerde görüldüğü gibi biberlerin de düşük sıcaklıklarda muhafaza edilmesi üşüme zararı nedeniyle kullanılamamakta ve depo sıcaklığı kısmen de olsa yüksek tutulmaktadır. Genel olarak 10 °C altındaki sıcaklıklarda ortaya çıkan üşeme zararı neticesinde benek şeklinde yüzeyde çöküntüler, ileri aşamalarda çürümeler, sap kısmında bozulmaların meydana gelmesi ve tohumlarda görülen kararma biberlerin pazar değerini yitirmesine neden olmaktadır (Ku *et al.*, 1999).

Isı stresinin reaktif oksijen türleri (ROS) üretimini tetiklediği, lipid peroksidasyonunu indükleyerek hücre zarına zarar verdiği ve hücre ölümüne yol açtığı belirtilmektedir. Biberler düşük sıcaklık stresine karşı hassas olduklarından yüksek lipid bozulmasına maruz kalmakta ve neticede hücre zarı lipidlerinin doyumluğunun azalması ile zar akışkanlığının zarar görmesine neden olmaktadır (Karapınar, 2013). Taze biberlerin depolanmasında yaşanan bu olumsuz durumlar nedeni ile farklı kurutma yöntemleri geliştirilip uygulanmaktadır.

Doğantan ve Tunçer (1987), laboratuvar tipi kurutucuda kırmızı biberin karakteristik kuruma özelliklerinin belirlenmesi amacıyla çalışma gerçekleştirmiştir. Kırmızı biber için kuruma sıcaklığının en fazla 60 °C olması gerektiği gözlemlenmiş ve 65-70°C'de yanma olabileceği saptanmıştır. Kurutmadan önce biber örneklerinin kesilmesi veya doğranmasının kurutma süresini önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir.

Veres ve ark. (2004), Granny Smith çeşidindeki elma dilimlerini sıcak hava (konvektif)-mikrodalga kombinasyonu kurutma yöntemiyle kurutma işlemine maruz bırakmışlardır. Araştırmalarında 25, 30, 40 ve 50 °C'deki farklı sıcaklık dereceleri ve 0, 3, 5, 7 ve 10 W/g'dan oluşan farklı mikrodalga güç yoğunluklarını kullanmışlardır. Kurutma uygulaması öncesi ön işlem olarak bir izotonik çözelti yardımıyla vakum emdirme işlemi uygulanmıştır. Kurutma esnasında, mikrodalga kurutmada uygulanan farklı güçlerin etkisinin sıcak hava derecelerinin etkisinden çok daha yüksek ve etkili

olduğunu tespit etmişlerdir. Buna ek olarak, çalışmalarında elmalarda oluşan yapısal değişimleri ileri mikroskop tekniklerinden taramalı elektron mikroskobu yardımı ile analiz etmişler ve kurutma uygulaması öncesi vakum emdirmeye maruz bırakılan elma örneklerinin vakum emdirme işlemine tabi tutulmayan elma örneklerine kıyasla mikroskop görüntülerinin kıyaslamasını yapmışlardır.

Contreras *et al.*, (2008), elma ve çilek numunelerini sıcak hava ve mikrodalgasıcak-hava kombinasyonu yöntemleri ile kurutmuşlardır. Sıcak-hava ile kurutmada 30, 40 ve 50 °C hava sıcaklıkları uygularken mikrodalga ile kurutma metodunda çilek meyvesi için 0,2 ve elma meyvesi için de 0,5 W/g mikrodalga güç yoğunluklarını tercih etmişlerdir. Buna ilave olarak da kurutma uygulamasından önce vakum emilim ön işlemi uyguladıkları kuru örnekler üzerinde görsel ve mekanik özellikleri incelemeye tabi tutmuşlardır. Yüksek mikrodalga güç ve sıcak hava yöntemlerinin gerek elma gerekse de çilek meyvesinde kuruma süresini kısaltırken daha az renk farklılıklarına neden olduklarını ve kurutulmuş elma ve çileklerin daha sıkı ve sert bir yapı sergilediklerini tespit etmişlerdir. Uygulanan ön işlemin kurutulmuş ürünler üzerinde mekanik dayanıklılığı arttırırken, numunelerin renk değerlerinde olumsuz anlamda bir etkiye yol açmadıklarını tespit etmişlerdir. Çalışmalarında elde ettikleri bulgular neticesinde elma ve çilek meyvelerinin kurutulmasında kullanılan bütün kurutma koşullarında ön işlem uygulamasını tavsiye etmişlerdir.

Wega-Galvez *etal.*, (2009), 50 °C ve 90 °C aralığındaki sıcaklık derecelerinin kurutulmuş kırmızı biber örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklere, rehidrasyon kapasitesine, renk parametrelerine, C vitamini içeriği ile toplam fenolik madde miktarına etkisi üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Rehidrasyon kapasite değerinin kurutmada uygulanan sıcaklık derecesini yükseltmekle azaldığını ve en iyi su tutma kapasitesinin de 50 °C'de meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Kurutma sıcaklığının yükselmesi ile beraber C vitamini ve toplam fenolik madde miktarının azaldığı, renk parametrelerinin ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) ise kurutma sıcaklık derecelerinden kayda değer bir şekilde etkilendiğini tespit etmişlerdir. Kurutma sıcaklığındaki yükselişin askorbik asit içeriğini önemli seviyede etkilediğini gözlemleyerek 90 °C'de kurutulmuş numunelerin askorbik asit kaybının maksimum seviyede olduğunu ve 80-90 °C'deki sıcaklıklarda ise radikal süpürme aktivitesinin daha fazla antioksidan kapasitesi sergilediklerini belirtmişlerdir.

Witrowa-Rajchert ve Rzaca (2009), konveksiyonel, mikrodalga-konveksiyonel ve kızılötesi-konveksiyonel kurutma metotlarının yardımıyla elma dilimlerini kurutma işlemine tabi tutmuşlardır. Araştırmalarında kuruttukları elma dilimlerinin hem mikroskopik yapılarını ve hem de yoğunluk, porozite ve büzüşme gibi fizikokimyasal özelliklerini analiz etmişlerdir. Ortaya çıkan analitik veriler neticesinde mikrodalga ve kızılötesi kurutma metotları ile kurutulmuş elma dilimlerinin konveksiyonel kurutma metodu ile kurutulan elma dilimlerine kıyasla %11-12 civarında daha az bir büzüşme, %30-34 civarında daha az bir hacimsel değişim ile %25-28 civarında daha yüksek porozite oranlarına sahip oldukları tespit edilmiştir. Elma dilimlerinin yapısında meydana gelen değişimleri analiz etmek amaçlı taramalı elektron mikroskobu kullanılmış ve elde edilen görüntüler dikkate alındığında sıcak hava yardımıyla kurutulan elma dilimlerinin hücre dağılım boyutlarında önemli farklılıklar gözlemlenirken mikrodalga ve kızılötesi kurutma metotları ile kurutulan elma dilimlerinin hücrelerinde bu değişimin daha geniş bir yüzey alanına yayıldığı tespit edilmiştir.

Mrad *et al.*, (2012), armut meyvesinin ürün kalitesi ve yapı karakterizasyonunun değişimi üzerine gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında 30 °C'dan 70 °C'ye kadar değişen 5 farklı sıcaklık koşulları altında armut meyvesini sıcak hava yöntemiyle kurutmaya tabi tutmuşlardır. Araştırma sonunda kurutma sıcaklık dereceleri ile süresinin ürün rengi, toplam fenol bileşenleri ile C vitamini içeriği üzerinde kayda değer etki yarattıkları tespitinde bulunmuşlardır. Ayrıca, kurutma esnasında uygulanan yüksek sıcaklık derecesinin en fazla renk değişimine yol açtığını belirtmişlerdir. Son olarak, C vitamini bozulmasının da yüksek sıcaklık derecelerinde gerçekleştirilen kurutma işlemlerinden daha fazla etkilendiği ortaya konmuştur.

Mohanta *et al.*, (2014), taze zencefil dilim örneklerini (4 mm kalınlık) sıcak hava metodu ile 4 farklı sıcaklık (25, 40, 50 ve 60 °C), 3 farklı mikrodalga gücü (120, 240 ve 360W) ve mikrodalga-sıcak hava kurutma metotlarının kombinasyonunu kullanarak kurutma işlemine tabi tutmuşlardır. Araştırmalarında, kurutulan zencefil örneklerinin yeniden su tutma kapasitelerini analiz ettiklerinde 50 ve 60 °C sıcaklıklarda uyguladıkları sıcak hava kurutma metodu ve 120W-40 °C kombinasyonu ile gerçekleştirdikleri sıcak hava-mikrodalga kurutma metoduyla kurutulmuş zencefil

dilimlerinin yeniden su tutma özelliklerinin kabul edilebilir sınırlarda olduğu, diğer kurutma metotları ile kurutulmuş zencefil dilimlerinin ise rehidrasyon kapasite özelliklerinin kabul edilir değerler sağlamadıklarını tespit etmişlerdir. Buna ilave olarak, en fazla yeniden su tutma kapasitesi hız sonuçlarını 50 °C sıcaklık derecesinde sıcak hava kurutma metodu ile kuruttukları zencefil dilimlerinden elde etmişlerdir. En iyi renk parametrelerini ise 120W-50°C ve 120W-60°C kombinasyonları ile kuruttukları zencefil örneklerinde tespit etmişlerdir. Duyusal değerlendirme sonuçları dikkatle incelendiğinde, 120W-50°C ve 240W-50°C kombinasyonları kullanılarak kurutulmuş zencefil örneklerinden en iyi sonuçları elde etmişlerdir. Araştırmalarında, 120W-50 °C kombinasyonu ile kurutulan örneklerin kurutma süresi açısından 50 ve 60 °C’de gerçekleştirdikleri sıcak hava ile kurutma metoduna kıyasla kurutulmuş örneklerden sırası ile %44 ve %53 oranlarında zaman kazanımı sağlandığını, 240W-50 °C için ise bu oranın %89 ve %91 civarında olduğunu bildirmişlerdir.

El-Mesery ve Mwithiga (2015), sıcak hava, infrared ve infrared- sıcak hava kombinasyonu metotları ile çalışabilen bir kurutucu modeli geliştirmişlerdir. Araştırmalarında, 2000 W/m<sup>2</sup> infared gücü, 0,6 m/s hava hızı ve 30 °C’lik sıcak hava ile 2000 W/m<sup>2</sup> infared gücü, 0,6 m/s hava hızı ve 60 °C’lik sıcak hava kullanmışlardır. Elma meyvesi üzerine gerçekleştirdikleri araştırmalarında ürün kalite parametrelerini ve enerji gereksinimlerini incelemeye tabi tutmuşlardır. Çalışmaları neticesinde infrared- sıcak hava kombinasyonu ile gerçekleştirilen kurutma metodunun tek başına sıcak hava yöntemi ile kurutma işlemine nazaran %57,5 oranında daha hızlı gerçekleştiği, spesifik enerji tüketiminin daha düşük ve termal etkinliğin ise daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda, rehidrasyon özellikleri, büzüşme ve renk değerleri açısından infrared- sıcak hava kombinasyonunun kullanıldığı kurutma metodunun daha iyi sonuçlar verdiği ortaya konulmuştur.

İzli (2018), mikrodalga ve sıcak hava kombinasyonunu temel alarak uyguladığı kurutma yönteminin armut meyvesi üzerinde ortaya çıkardığı etkileri incelediği çalışmasında 90W-55°C, 90W-65°C, 90W-75°C, 160W-55°C, 160W-65°C ve 160W-75°C olacak şekilde 6 farklı mikrodalga gücü ve hava sıcaklığı kombinasyonunu uygulamıştır. Uygulanan kurutma işlemlerinde sıcaklık derecesinin yükselmesi ile armut numunelerinin *L\** (parlaklık) parametresinde bir düşüş yaşanmıştır. Taze armut

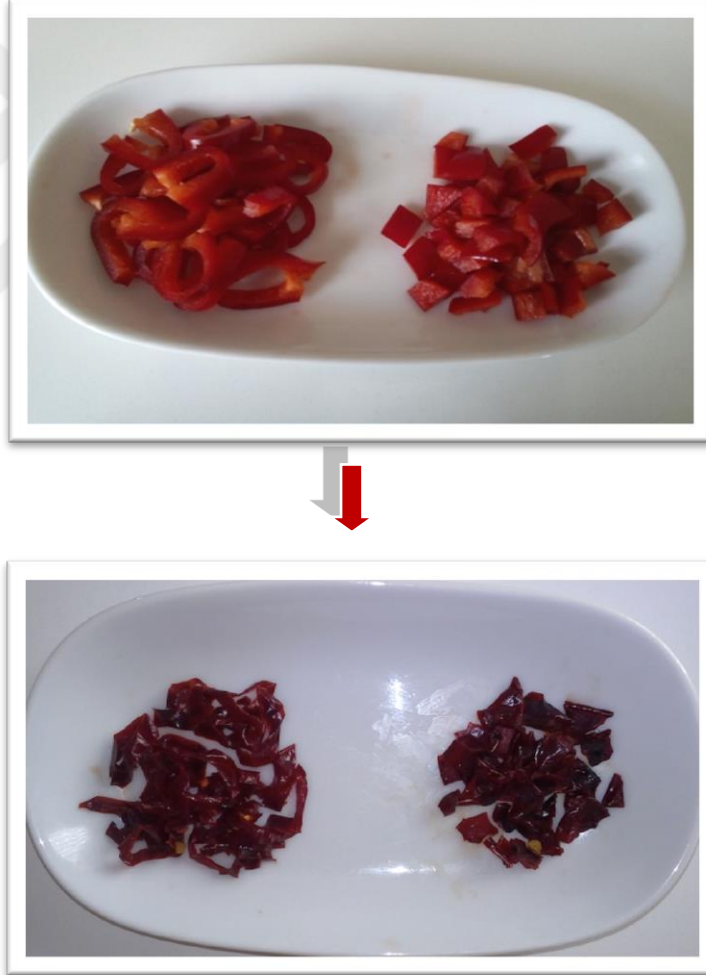
meyvesinin renk değerlerine en yakın rakamlar halka formunda hazırlanarak 160W-55 °C uygulaması ile kurutulmuş armut numunelerinden elde edilmiştir. En fazla toplam fenolik bileşenler yine halka kesim uygulanmış armut örneklerinde tespit edilmiştir. Diğer yandan, en yüksek antioksidan kapasite değerleri taze armut numunelerinde gözlemlenmiştir. Söz konusu çalışmada, uygulanan farklı kurutma yöntemleri ile doğrama biçiminin kuru ürün kalitesini direk etkilediği tespit edilmiştir. Bilhassa, halka formunda doğranarak kurutulmuş armut numunelerinden gerek renk parametreleri gerekse de toplam fenolik madde miktarı bakımından daha başarılı sonuçlar alınmıştır.



### 3. MATERYAL ve METOT

#### 3.1. Materyal

Denelerimizde kullandığımız kapyta biberler, İğdır'dan yerel bir pazardan satın alınmış olup deneyler tamamlanana dek  $4 \pm 0.5$  °C sıcaklık şartlarında muhafazası sağlanmıştır. Kurutma işlemine tabi tutulacak biberler, yıkama işlemi sonrasında ıslaklığı alındıktan sonra halka ve küp şeklinde kesilerek iki farklı formda hazırlanmıştır (Şekil 3.1). Biber numunelerinin başlangıç nem içerikleri, 5 gr'lık örneklerin  $105 \pm 5$  °C'deki fırında sabit ağırlığa ulaşıncaya kadar kurutulması neticesinde %83,8 şeklinde ölçülmüştür.



Şekil 3.1. Deneilerde kullanılan kapyta biberlerin taze ve kurutulduktan sonraki görüntüleri

## 3.2. Metot

### 3.2.1. Kurutma işlemi

Küp ve halka formlarda doğranan taze biber numunelerinin kurutma işlemi sıcak hava fırınında (Memmert IPP 55, Almanya) gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2). Biber örnekleri 50, 60 ve 70 °C olmak üzere 3 farklı sıcaklıkta kurutma işlemine maruz bırakılmıştır. Kurutma uygulaması, biber örneklerinin nihai nem içeriği yaklaşık %12'ye gelince tamamlanmıştır. Denemeler 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Renk, kuru madde, pH, titrasyon asitliği ve rehidrasyon kapasite tayinleri sadece ilk gün örneklerinde gerçekleştirilmiş olup, biyokatif maddelerin (antioksidan kapasitesi ve toplam fenolik madde) tayininde kurutulan örnekler 2 hafta süresince oda sıcaklığı (25 °C) ve soğukta muhafaza (buzdolabı koşullarında, 4 °C) edilmiştir. Depolama süre ve sıcaklığının etkisini gözlemlemek amacıyla analizler ilk gün örneklerine ek olarak 7. ve 14. günlerde de tekrarlanmıştır. Örnek isimleri ve uygulamaların detaylı açıklaması Çizelge 3.1'de gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Kurutma Fırını

**Çizelge 3.1.** Çalışmamızda kullanılan örnekler ve kurutma uygulamaları

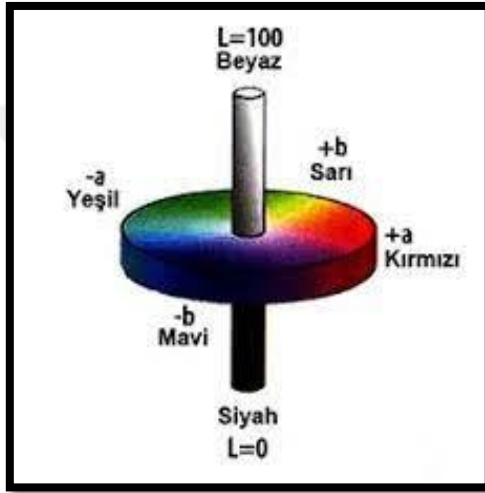
Örnekler	Uygulama
Taze örnek	Herhangi bir kurutma işlemi uygulanmayan kapy a biber
5H-SD	50 °C’de kurutulup halka şeklinde doğranan kapy a biber (soğukta depolama)
5H-O	50 °C’de kurutulup halka şeklinde doğranan kapy a biber (oda sıcaklığında depolama)
5K-SD	50 °C’de kurutulup küp şeklinde doğranan kapy a biber (soğukta depolama)
5K-O	50 °C’de kurutulup küp şeklinde doğranan kapy a biber (oda sıcaklığında depolama)
6H-SD	60 °C’de kurutulup halka şeklinde doğranan kapy a biber (soğukta depolama)
6H-O	60 °C’de kurutulup halka şeklinde doğranan kapy a biber (oda sıcaklığında depolama)
6K-SD	60 °C’de kurutulup küp şeklinde doğranan kapy a biber (soğukta depolama)
6K-O	60 °C’de kurutulup küp şeklinde doğranan kapy a biber (oda sıcaklığında depolama)
7H-SD	70 °C’de kurutulup halka şeklinde doğranan kapy a biber (soğukta depolama)
7H-O	70 °C’de kurutulup halka şeklinde doğranan kapy a biber (oda sıcaklığında depolama)
7K-SD	70 °C’de kurutulup küp şeklinde doğranan kapy a biber (soğukta depolama)
7K-O	70 °C’de kurutulup küp şeklinde doğranan kapy a biber (oda sıcaklığında depolama)

### 3.2.2. Analiz Metotları

#### 3.2.2.1. Renk ölçümü

Gıda ürünlerinde renk, tüketicilerin ürünü beğenmesini sağlayan en önemli etkenlerin başında yer almaktadır.  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  parametreleri, CIE tarafından kabul edilen uluslararası renk uzayıdır (Şekil 3.3). Renk ölçüm cihazı (Konica Minolta CR400, Japonya) (Şekil 3.4) kullanılarak taze ve kurutulmuş biber örneklerinde  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  renk uzayı koordinatları belirlenmiştir.  $L^*$  parametresi, renk parlaklığını göstermekle beraber 0 ile 100 aralığında değişiklik göstermektedir. “0” değeri siyahlığı ifade ederken “100” değeri ise beyazlığı işaret etmektedir. Rakamın küçülmesi parlaklığın azaldığı anlamına

gelmektedir.  $a^*$  parametresinin pozitif oluşu kırmızı, negatif oluşu ise yeşil rengin göstergesi iken,  $b^*$  değerinin pozitif oluşu sarı ve negatif oluşu da mavi rengi ifade etmektedir. Taze ve kurutulmuş kapy biber örneklerinin renk ölçümü, renk analiz cihazının sırasıyla önce siyah ve sonra beyaz plakaya karşı kalibrasyonunu takiben gerçekleştirilmiştir. Renk okuma işlemi, biber örneklerinin dış yüzeyinden gerçekleşmiş ve bu ölçümler 10 defa tekrarlanarak ortalamaları alınarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.3.  $L^* a^* b^*$  renk uzayı



Şekil 3.4. Renk ölçüm cihazı

### 3.2.2.2. Yeniden su alma (Rehidrasyon) kapasitesinin belirlenmesi

Kurutulmuş gıda ürününün yeniden su alması, işlem sonunda kazanmış olduğu su oranının, kuruma esnasında kaybettiği suya oranı olarak tanımlanan rehidrasyon kapasitesi Cemeroğlu (2009)'nda belirtilen metot baz alınarak hesaplanmıştır. Bu amaç ile 10 gram numune 100 mL oda sıcaklığındaki suda 1 gün süre ile bekletilmiştir. Bu sürenin bitiminde kapy biber örnekleri bir elekten süzölmüş ve ıslaklığının fazlalığı giderildikten sonra tartılma tabi tutulmuştur.

$$\text{Rehidrasyon Kapasitesi} = \frac{m_3}{m_1 - m_2} \quad (3.1)$$

$m_1$ : Taze biberlerin sahip olduğu su miktarı, g

$m_2$ : Biber örneklerinin kurutma işleminden sonraki su miktarı, g

$m_3$ : Rehidrasyon esnasında kazanılmış su miktarı, g

### 3.2.2.3. Toplam kuru madde tayini

Homojen hale getirilen örneklerden sartorius marka hassas terazi (Almanya) yardımıyla alüminyum kurutma kaplarına  $5 \pm 0.1$  g örnek tartılmış (Şekil 3.5) ve etüvde  $105 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur (Cemeroğlu, 2009).



Şekil 3.5. Analitik hassas terazi

### 3.2.2.4. pH tayini

Taze biber örnekleri blenderdan geçirilmeyi takiben, kuru biber örnekleri ise üzerlerine eklenen belirli miktardaki su ilavesi ile blenderda parçalandıktan sonra, pH ölçümleri daha öncesinde pH 4.00 ve 7.00'lik tampon çözeltiler ile kalibre edilen pH-metre (Mettler Toledo, İspanya) ile ölçüme tabi tutulmuşlardır (Cemeroğlu, 2009).



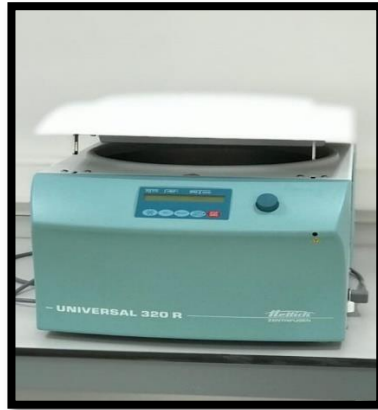
Şekil 3.6. pH-metre

### 3.2.2.5. Titrasyon asitliği tayini

Taze ve kuru biber örneklerinin titrasyon asitliğini belirlemede elektrometrik titrasyon metodu uygulanmıştır (Cemeroğlu, 2009). pH–metrenin kalibrasyonu 4.00 ve 7.00 pH'lı tampon çözeltiler kullanılarak gerçekteştirilmiştir. Taze biberler blenderdan geçirilmeyi takiben, kuru biber numuneleriye üzerine belirli bir miktar su ilave edilip blenderda parçalandıktan sonra 0,1 N NaOH ile pH–metre vasıtasıyla pH 8,1-8,2'ye gelinceye dek titre edilmişlerdir. Tüketilen NaOH'ın miktarı baz alınarak, ölçüm sonuçları sitrik asit cinsinden hesaplanmıştır.

### 3.2.2.6. Toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite tayini için ekstraksiyon işlemi

Taze ve kuru biber numunelerinin ekstraktları, Turkmen ve ark., (2005)'nın belirttiği metot esas alınarak hazırlanmıştır. İlk olarak, homojen bir hale getirilen biber numunelerinden 50 mL' lik santrifüj tüplerine 1'er g tartılarak üzerlerine 4,5 mL %80'lik metanol eklenmiş ve tüp içeriği oda sıcaklık koşullarında 140 rpm' de 2 saat kadar çalkalama işlemine tabi tutulmuştur. Süre bitiminde tüpün içeriği, 4.000 g'de 20-25 °C koşullarında 15 dk süre ile santrifüj işlemine maruz bırakılmıştır (Universal 320 R, Hettich Zentrifugen, Germany) (şekil 3.7). Tüpün üzerindeki berrak bölüm pastör pipeti yardımıyla falkon tüplerine alınarak, alttaki bölüm üstüne ise 4,5 mL %80'lik metanol eklenerek aynı işlemler yinelenmiştir. 2. santrifüj işlemi sonrasında meydana gelen üstteki berrak bölüm ilk ekstraktla birleştirilerek 0,45 µm'lik filtrelerden geçirilmifitir. Ortaya çıkan ekstrakt, toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite tayinlerinde kullanılmıştır.



şekil 3.7. Santrifüj

### 3.2.2.7. 1. Toplam fenolik madde tayini

Elde edilen metanolik ekstraktan 0,25 mL falkon tüplerine alınarak üzerlerine 1,25 mL Folin – Ciocalteu (FC) ayırıcı ve 15 mL saf su ilave edilmiş ve bu karışım 15 sn kadar vortekslenmiştir. 10 dk'lık karanlık şartlarda bekleme işlemini takiben üzerlerine 3,75 mL % 1,5 konsantrasyonlarında Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltilisinden eklenmiş ve tüpün içeriği 25 mL'ye saf su ilavesiyle tamamlanmıştır. Vortekslenen numuneler, karanlık ortamda 2 saat kadar bekletilmiştir. Süre bitiminde tüplerden elde edilen numunelerin absorbansları, ekstrakt yerine saf su kullanılarak meydana getirilen tanık örneğe karşı Cary 60 UV-Vis Spektrofotometre yardımıyla (Agilent Technologie, Santa Clara, CA, ABD) (Şekil 3.8) 765 nm' de okunmuş ve sonuçlar gallik asit eş değeri (mg GAE/100 g) şeklinde hesaplanmıştır (Yildiz ve Izli, 2019a).



Şekil 3.8. UV-Vis Spektrofotometre

### 3.2.2.8. 2. Antioksidan kapasite tayini

Taze ve kuru kopya biber örneklerinin toplam antioksidan kapasite değerleri, numunelerin hazırlanmış olan metanolik ekstraktlarının, DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) radikalini temizleme miktarının tespiti şeklinde Yıldiz ve Izli (2019a)'de bildirilen yönteme göre gerçekleştirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda, uygun oranlarda seyreltilen 0,1 mL ekstrakt üstüne 25 mM'lık metanolde çözüldürülen DPPH çözeltilisi eklenip bu karışım 15-30 sn vorteksledikten sonra 30 dk karanlık ortamda bekletilmiştir. Aynı işlem ekstraktın yerine %80'lik metanol ile hazırlanmış tanık örnek için de gerçekleştirilmiştir. Bu sürenin bitiminde her iki tüp içeriğinin absorbans (A) değeri saf metanole karşı 515 nm' de ölçülmüş ve % Antioksidan kapasite (DPPH

radikali temizleme oranı) hesaplanmıştır. Hesaplanan sonuçlar " $\mu\text{mol Trolox}$  eşdeğeri/100 g" olarak gösterilmiştir.

### **3.2.3. İstatistiksel Değerlendirmeler**

Çalışma sonunda elde ettiğimiz verilerin istatistiki değerlendirilmesi için JMP Statistical Discovery Software 7.0 paket programı (SAS Institute Inc., Cary, ABD) kullanılarak varyans analizi,  $\alpha=0,95$  güven aralığında Asgari Önemli Farklılık (LSD) çoklu karşılaştırma testi uygulanarak gerçekleştirilmiştir.



## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

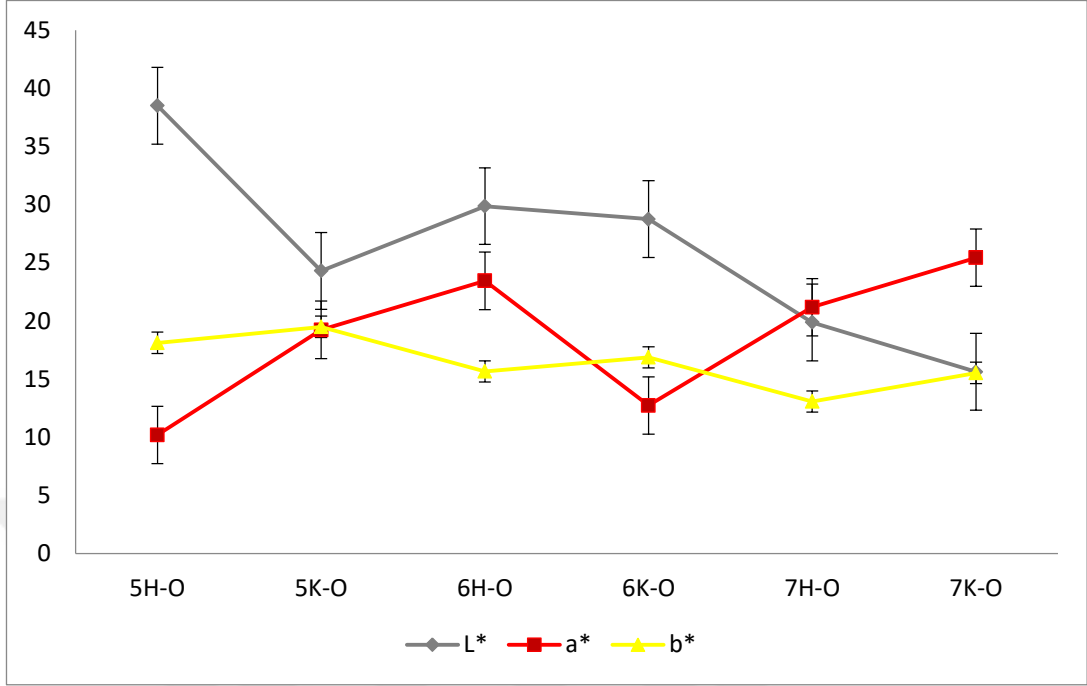
### 4.1. Kurutma İşlemi ile Kapyta Biberlerin Renk Değerlerinde Meydana Gelen Değişimler

Kurutulmuş gıdaların kalite kriterlerinin başında renk ve parlaklık özellikleri dikkat çekmektedir. Küp ve halka şeklinde doğranan kapyta biberlere uygulanan farklı kurutma sıcaklıkları sonucunda elde edilen renk değerleri ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  parametreleri) Çizelge 4.1’de sunulmuştur. Aynı şekilde sıcaklık şartlarına bağlı olarak kapyta biberde  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  renk değişim grafiği Sekil 4.1’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.1.**Sıcak hava kurutma yöntemi ile küp ve halka şeklinde kurutulmuş kapyta biber örneklerinin renk değerleri

Renk parametreleri	$L^*$	$a^*$	$b^*$
Taze örnek	38,55 ± 0,43 <sup>a</sup>	10,21 ± 0,98 <sup>f</sup>	18,12 ± 0,13 <sup>b</sup>
5H-O	24,31 ± 0,12 <sup>c</sup>	19,24 ± 0,15 <sup>d</sup>	19,15 ± 0,34 <sup>a</sup>
5K-O	22,26 ± 0,78 <sup>cd</sup>	23,45 ± 0,07 <sup>b</sup>	15,67 ± 0,72 <sup>e</sup>
6H-O	29,87 ± 0,63 <sup>b</sup>	12,83 ± 0,16 <sup>e</sup>	17,03 ± 0,69 <sup>c</sup>
6K-O	28,75 ± 0,45 <sup>b</sup>	12,74 ± 0,65 <sup>e</sup>	16,88 ± 0,18 <sup>cd</sup>
7H-O	19,88 ± 0,03 <sup>d</sup>	21,18 ± 0,81 <sup>c</sup>	13,08 ± 0,04 <sup>f</sup>
7K-O	15,63 ± 0,19 <sup>e</sup>	25,44 ± 0,27 <sup>a</sup>	15,54 ± 0,71 <sup>e</sup>

<sup>a-f</sup>: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arası farklılıklar istatistikî açıdan önemlidir ( $p < 0.05$ ).



**Şekil 4.1.** Sıcaklık şartlarına bağlı olarak kapyaya biberde  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  renk değişim grafiği

Ürünlerin koyuluk ve açıklığını ifade eden  $L^*$  parametresi en önemli kalite kriterlerinden birisi olup, 0 ile 100 aralığında bir değere sahiptir.  $L^*$  değerinin 0'a yaklaşması koyuluğun, 100'e yaklaşması ise açıklığın artmasını ifade etmektedir. Kurutulmuş gıda ürünlerinin renkleri, kurutma işlemi esnasında uygulanan ısıl işlem neticesinde enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Yaptığımız çalışmadan elde ettiğimiz varyans analiz sonuçlarına göre kurutma yönteminin kapyaya biber örneklerinin  $L^*$  değerini önemli seviyede ( $P < 0,05$ ) değiştirdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). 50 °C'de kurutulan halka ve küp şeklinde doğranan biber örnekleri, 60 °C'de kurutulan halka ve küp şeklinde doğranan biber örnekleri ve 70 °C'de kurutulan halka ve küp şeklinde doğranan biber örnekleri arasında en yüksek  $L^*$  değeri (29.87), 60 °C'de kurutulup halka şeklinde doğranan biber örneklerinde gözlemlenmiştir. Tüm kurutulmuş örneklerin, sıcaklık ya da doğrama şekli fark etmeksizin,  $L^*$  değerinin taze kapyaya biberine nazaran önemli oranda azaldığı tespit edilmiştir ( $p < 0,05$ ). Diğer taraftan, küp şeklinde kurutulan biber örnekleri ile karşılaştırıldığında, halka şeklinde kurutulan örnekler önemli ölçüde daha yüksek  $L^*$  değerleri göstermiştir (Çizelge 4.1). En yüksek  $L^*$  değerleri (taze örneğe en yakın) halka formda ( $29,87 \pm 0,63$ ) ve küp formda ( $28,75 \pm 0,45$ ) 60 °C'de kurutulan

örneklerde bulunurken, en düşük  $L^*$  değeri 70 °C'de kurutulan numunelerde gözlemlenmiştir (Çizelge 4.1). Düşük  $L^*$  değerleri, sıcak hava ile (konvektif) kurutulmuş biber numunelerinin 70 °C'de daha koyu görünmesinin enzimatik olmayan esmerleşmeden kaynaklanabileceği anlamına gelmektedir (Maskan, 2000). Küp ve halka biberlerin kurutulması sonrasında oluşan renk değişimlerinin ısısal işlem uygulanması ile pigmentlerin bozunması ve enzimatik veya enzimatik olmayan (Maillard) esmerleşme reaksiyonlarından kaynaklandığı düşünülmektedir (Kammoun Bejar *et al*, 2011). Maskan (2001), gerçekleştirdiği bir çalışmada sıcak hava, mikrodalga ve sıcak havayı izleyen mikrodalga ile son kurutma tekniklerini kullanarak kuruttuğu kivi örneklerinin renk değişimlerini incelemiştir. Renk göstergeleri olarak  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  parametrelerine ek olarak Kroma, Hue açısı, toplam renk değişimi ve kahverengileşme indeks değerleri incelenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar dikkate alındığında, incelenmiş bütün renk göstergelerinin kurutma koşullarından etkilendiği tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, sıcak hava ile kurutma metodunda uygulanan sıcaklık yükselişinin kivi örneklerinin renk parametrelerini olumsuz anlamda değiştirdiği ve daha fazla oranlarda kahverengileşmenin meydana geldiği bildirilmiştir.

Rengin bir başka kriteri olarak ifade edilen  $a^*$  değeri kapyta biber örneklerinde kırmızı ve yeşil renklerin yoğunluğunu tespit etmede kullanılmaktadır. Yapılan varyans analiz bulgularına göre kurutulan biber örneklerinin  $a^*$  parametresi üzerine kurutma uygulamalarının  $P < 0,05$  düzeyinde etkili olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 4.1). Kurutma işlemlerinde  $a^*$  değeri esmerleşme reaksiyonlarının göstergesidir. Vadivambal ve Jayas (2007), gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında kurutma uygulamasının esmerleşme reaksiyonlarının göstergesi olan  $a^*$  değerinde yükselişe sebep olduğunu belirtmişlerdir. Kurutulan örnekler arasında en yüksek  $a^*$  değeri 70 °C'de kurutulan örneklerde, en düşük  $a^*$  değeri ise 60 °C'de kurutulan örneklerde görülmüştür (Çizelge 4.1). Özetle, 60 °C'de halka şeklinde kurutulan numuneler en yüksek  $L^*$  değerini ve en düşük  $a^*$  değerini göstermiştir. Yani, uygulanan farklı sıcaklıklar sonucunda  $a^*$  değeri verilerine göre esmerleşme reaksiyonlarının en az görüldüğü 60 °C'de halka ve küp şeklinde doğranan biber örnekleri olduğu görülmektedir. İzli ve ark., (2014) yaptıkları bir çalışmada 2 farklı sıcak hava ve mikrodalga kombinasyonunu kullanarak kuruttukları altın çilek örneklerinde sıcaklık yükselişi ile esmerleşme indeksinin arttığını bildirmişlerdir. Biberlerde kurutma işlemi ile esmerleşme sonucunda oluşan

kahverengi pigmentin yüksek seviyede indirgeyici şekerlere ve amino asitlere bağlı olduğu, biberdeki karotenoid esterlerinin serbest ve kısmen esterlenmiş karotenoidlerden daha düşük termal stabilite gösterdiği bildirilmektedir (İzli ve ark., 2014).  $L^*$  değerlerinin aksine tüm kurutulmuş örneklerde taze örneğe göre  $a^*$  değerlerinde önemli bir artış gözlenmiştir. Sacilik ve Elicin (2006) gerçekleştirdikleri sıcak hava ile kurutma araştırmalarında, artan sıcaklık dereceleri ile kuruttukları ürünler üzerinde esmerleşme değerinin arttığını belirtmişlerdir.

Rengin diğer bir kriteri olan  $b^*$  değeri ise kırmızı biber örneklerinde sarı ve mavi renklerin belirlenmesinde kullanılmıştır. Yapılan varyans analiz bulguları esas alınarak kurutulmuş biber örneklerinin  $b^*$  değerleri üzerine kurutma uygulamalarının  $p < 0,05$  düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). Kuru biber örneklerinin  $b^*$  değerleri, 50 °C'de halka şeklinde kurutulan biber numuneleri haricinde taze biber örneklerine göre daha düşük bulunmuştur (Çizelge 4.1). En yüksek  $b^*$  değerleri 50 ve 60 °C'de kurutulan kapy biberlerinde görülürken, en yüksek  $b^*$  değeri kaybı 70 °C'de kurutulan biber örneklerinde görülmüştür. Halka şeklinde kurutulan kapy biber örneklerinin geniş yüzey alanına sahip olması, yüzey alanı daha az olan küp şeklinde kurutulan biber örneklerine kıyasla kuruma süresini kısaltmaktadır. Küp şeklinde kurutulan kapy biber örneklerinin daha uzun kuruma süresine sahip olmasının nedeni yüzey alanının küçük olması ve bu nedenle suyun buharlaşmasının yavaş olmasıdır.

Bunun yanı sıra birçok çalışmada, uzun kurutma sürelerinin ve yüksek sıcaklık derecelerinin renk pigmentlerinin daha fazla bozunmasına ve gıda ürün renklerinin daha fazla değişmesine sebep olduğu bildirilmiştir (DeMan, 1999). Uygulanan 2 farklı doğrama formunda (küp ve halka) en az renk kaybı halka formunda kurutulmuş numunelerde gözlemlenirken, numunelere küp formundaki kesim uygulaması, örneklerin kuruma zamanlarını farklı derecelerde etkilemiştir. Dilimlerin ince oluşu ve yüzey alanının geniş oluşu halka formunda kurutulmuş biber numunelerinin kuruma sürelerinin küp formunda kurutulmuş biber örneklerine göre daha kısa olmasına neden olmuştur. Numune kalınlığının daha fazla, yüzey alanının ise daha küçük olduğu küp formunda kurutulan armut örneklerinde suyun numune yüzeyinden çok daha yavaş buharlaşması neticesinde, bu kesim şekline sahip numunelerde kurutma işleminin daha uzun sürede tamamlanmasına neden olmuştur (İzli, 2018). Prabhanjan ve ark., (1995)

bir araştırmalarında küp Şeklinde kestikleri havuç örneklerini sıcak hava, mikrodalga ve mikrodalga destekli sıcak-hava kurutma metotlarını kullanarak kurutma işlemine tabi tutmuşlardır. Mikrodalga ve sıcak hava ile kurutmanın eş zamanlı kullanıldığı mikrodalga destekli sıcak hava kurutma metodunun yalnızca mikrodalga veya tek başına sıcak hava ile kurutma uygulamalarına kıyasla %25-90 oranlarında süre avantajı ile sonuçlandığı bildirilmiştir. Kurutmaya maruz bırakılan havuç numunelerinin renk parametrelerine bakıldığında, daha düşük sıcaklık derecelerinde gerçekleştirilen sıcak hava ile kurutma uygulamasında daha iyi sveriler elde edilmiştir. Kuşcu (2002) gerçekleştirdiği bir çalışmasında sürekli sistemde kurutma işleminin kırmızı biber örneklerindeki kalite parametreleri üzerine olan etkilerini incelemiştir. Kırmızı biber numuneleri bütün bir halde ve bunun yanı sıra 6x6 ölçülerinde kesilmiş bir formda sisteme verilmiş ve örnek alınan sıcaklık dereceleri 60 °C, 73 °C, 96 °C ve son fırın çıkış sıcaklık derecesi olarak saptanmıştır.  $L^*$  parametresi (parlaklık, 0-100) bütün bir halde, işlem görmemiş kırmızı biber örneklerinde 21,22 Şeklinde saptanırken, kurutma uygulamasının ardından bu değer 23,85 civarına yükselmiştir. Doğranarak kurutulan kırmızı biber numunelerinde ise  $L^*$  parametresi başlangıçta 19,15 Şeklinde tespit edilmişken, kurutma işlemi sonucunda bu değer 41,93 civarına yükselmiştir.  $L^*$  değerinde tespit edilen bu yükselişe ilaveten ısının uygulanması ile birlikte ürün rengi kalitesinde bir azalışın meydana geldiği ortaya konmuştur. Baysal ve ark., (2003) tarafından yapılan bir araştırmada hem havuç hem de sarımsak numunelerinin kalitesinde sıcak havayla, mikrodalgayla ve son olarak da kızıltesiyle kurutma metotlarının etkileri incelenmeye tabi tutulmuştur. Söz konusu çalışmada taze havuç ve sarımsak numuneleri sıcak hava, mikrodalga ve kızılötesi metotları ile farklı Şartlarda kurutulmuş numunelerle kıyaslanmış ve numunelerin tümünde kuru madde miktarları, renk parametreleri ( $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ ), su aktivite değerleri ile büzüşme oranları araştırılmıştır. Kurutmanın uygulanması sırasında gıda ürün renklerinde değişim ortaya çıkmış, taze örneklere ait en yakın renk değerlerine sıcak havayla kurutulan örneklere rastlanmıştır. En fazla kuru madde miktarları, sıcak hava metodu ile kurutulmuş sarımsak numunelerinde saptanmıştır. Diğer taraftan, kurutulmuş örnekler arasında önemli seviyede bir değişiklik saptanmamıştır. Sarımsağı kurutma işleminde sıcak hava ile, mikrodalga ile ve kızılötesi ile kurutma yöntemleri arasında numunelerin renk değerleri haricinde kayda değer bir değişim gözlemlenmemiştir. Sıcak havayla kurutma

teknikinin rengin önemli bir kriter olduğu durumlarda kızılötesi ile kurutma metoduna alternatif bir şekilde ürün rengini muhafa etme amacı ile kullanılacakları sonucuna varılmıştır. Cesur (2013) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada ise kabin kurutucularda kurutulmuş ve herhangi bir ön işleme tabi tutulmayan nar örneklerinin sıcaklık derecelerinin yükselmesi ile  $L^*$  ve  $b^*$  renk parametrelerinin azaldığı,  $a^*$  renk parametresinin ise sıcaklık yükseldikçe arttığı tespit edilmiştir. Benzer olarak, Mohammadi ve ark. (2008), kivi örneklerini birbirinden farklı beş sıcaklık derecesinde kurutma fırını yardımıyla kurutmuş ve kurutma işlemi neticesinde  $L^*$  ve  $b^*$  parametrelerinin azaldığını,  $a^*$  parametresinin ise arttığını tespit etmişlerdir.

Gerçekleştirdiğimiz bu çalışma neticesinde bütün kurutma uygulamalarında sıcaklığın etkisi ile renk karakterizasyon parametrelerinden  $L^*$  ve  $b^*$  parametrelerinin azaldığı,  $a^*$  parametresinin ise arttığı tespit edilmiştir. Yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlar, önceki yapılan çalışmalar ile uyum sağlamaktadır. Kapyta biber örneklerinde kurutma işleminin etkisi ile gözlemlenen renk değişikliklerinin, biberlerin bünyesinde barındırdıkları ve ısıya karşı duyarlı olan bileşiklerde (karbonhidratlar, proteinler ve vitaminler gibi) ortaya çıkan değişikliklerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Tüketici tarafından tercih edilen biber rengi, taze numunelerin orijinal rengine en yakın olanlardır.  $L^*$  değeri daha yüksek olan kapyta biberi, renk kalitesi açısından daha uygun ve pazarlanabilir ürünler olarak değerlendirilmektedir (Ergunes ve Tarhan, 2006). Bu açıdan bakıldığında, 60 °C'de halka şeklinde kurutma, diğer kurutma sıcaklıklarına (50 ve 70 °C) göre daha açık ürün rengi ve taze biberlere en yakın renk değerleri ile sonuçlandığından uygun olarak bulunmuştur.

#### **4.2. Kurutma İşlemi ile Kapyta Biberlerin Kuru Madde, pH, Titrasyon Asitliği ve Rehidrasyon Kapasite Değerlerinde Meydana Gelen Değişimler**

Sıcak hava ile kurutulmuş halka ve küp şeklinde doğranan kapyta biberlerin kuru madde, pH, titrasyon asitliği ve rehidrasyon kapasite sonuçları Çizelge 4.2'de gösterilmiştir. 60 °C'de kurutulan biber numunelerinde, taze ve diğer kurutulmuş numunelere kıyasla önemli ölçüde daha yüksek kuru madde oranı saptanmıştır (Çizelge 4.2). Halka şeklinde kurutulan biberler (%87,06), küp şeklinde kurutulan biberlere (%84,37) nazaran daha yüksek kuru madde oranı sergilemiştir. Diğer kurutulmuş biber örneklerinde de (60 °C ve 70 °C) halka kesimin küp kesime göre daha yüksek oranda kuru madde sergilediği tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Diğer taraftan, en düşük kuru

madde miktarı ise 70 °C'de kurutulan numunelerde elde edilmiştir (Çizelge 4.2). Kurutulmuş biber örneklerinin tümü, halka veya küp şeklinde ya da 50, 60 ve 70 °C'de kurutulan örnekler fark etmeksizin taze biber örneklerine göre kuru madde miktarında önemli bir yükselme gözlenmiştir ( $p<0,05$ ). Ayrıca halka şeklinde kurutulan biber örneklerinde, küp şeklinde kurutulan biber örneklerine göre daha yüksek oranda kuru madde tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.2.**Sıcak hava kurutma yöntemi ile küp ve halka şeklinde kurutulan kapyra biber örneklerinin kuru madde, pH, titrasyon asitliği ve rehidrasyon kapasite değerleri

Örnekler	Kuru Madde (%)	pH	Titrasyon Asitliği (mg sitrik asit eşdeğer/100 g kuru ağırlık)	Rehidrasyon Kapasitesi (%) (RK)
Taze örnek	16,28 ± 0,96 <sup>c</sup>	5,78 ± 0,01 <sup>a</sup>	471,83 ± 0,65 <sup>g</sup>	0,18 ± 0,01 <sup>e</sup>
5H-O	79,19 ± 0,64 <sup>ab</sup>	5,58 ± 0,02 <sup>c</sup>	656,37 ± 0,71 <sup>d</sup>	5,12 ± 0,07 <sup>c</sup>
5K-O	77,34 ± 0,47 <sup>ab</sup>	5,54 ± 0,04 <sup>c</sup>	839,13 ± 0,48 <sup>a</sup>	5,05 ± 0,23 <sup>c</sup>
6H-O	87,06 ± 0,34 <sup>a</sup>	5,69 ± 0,03 <sup>b</sup>	807,15 ± 0,67 <sup>b</sup>	6,72 ± 0,11 <sup>a</sup>
6K-O	84,37 ± 0,65 <sup>a</sup>	5,66 ± 0,01 <sup>b</sup>	711,29 ± 0,94 <sup>c</sup>	5,99 ± 0,02 <sup>b</sup>
7H-O	74,91 ± 0,03 <sup>b</sup>	5,63 ± 0,07 <sup>bc</sup>	565,65 ± 0,12 <sup>e</sup>	4,64 ± 0,07 <sup>d</sup>
7K-O	73,15 ± 0,67 <sup>b</sup>	5,62 ± 0,02 <sup>bc</sup>	514,75 ± 0,73 <sup>f</sup>	4,58 ± 0,01 <sup>d</sup>

<sup>a-g</sup>: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arası farklılıklar istatistiki açıdan önemlidir ( $p < 0,05$ ).

Meyve ve sebzelerde çeşide bağlı bir şekilde değişik tür ve oranlarda organik asitler mevcuttur. Meyvelerde mevcut olan şeker/asit değerinin yüksekliği tatlı tadın, bu oranın düşüklüğü ise ekşi tadın dominant olduğunu ifade etmektedir. Yapılan varyans analizlerinde kurutulmuş biber örneklerinin titrasyon asitlik sonuçları üzerine kurutma derecesinin istatistiksel olarak önemli seviyede ( $p<0,05$ ) etkili olduğu tespit edilmiştir

(Çizelge 4.2). Düşük pH, ortamı mikroorganizmalara karşı elverişsiz bir duruma getirmekte ve kuru biberlerin daha uzun bir süre muhafaza edilmelerine yardımcı olmaktadır (Özkan ve ark., 2000; Cemeroğlu ve ark., 2001; Toğrul ve Pehlivan, 2003; Asma ve ark., 2005). Taze kapy biberlere göre kurutulmuş biber örnekleri pH için önemli bir düşüş ve titrasyon asitliği için önemli bir artış göstermiştir (Çizelge 4.2).

Rehidrasyon kapasitesi (RK), kurutma işlemini takiben ortaya çıkan gıda ürünlerinin kalite göstergelerinden birisidir. Kurutma şartlarından, suyun sıcaklığından, kurutma süresinden ve kurutulacak örneğin yapısından etkilenmektedir. Kurutulan gıda maddelerinin RK'si, suda belirli bir süre içerisinde spesifik şartlarda tutulması neticesinde kazanmış olduğu su miktarı ile belirlenmektedir. Gıda ürünlerinin kurutulma işlemi, bu ürünlerin kalitesi üzerinde olumsuz etki yaratmakta, özellikle de yüksek kurutma sıcaklık değerlerindeki hava ile kurutulan gıda ürünlerinin yeniden su alma diğer bir ifadeyle rehidrasyon kapasiteleri azalmakta, termal bozulma sebebi ile renk, doku ve lezzette istenmeyen değişiklikler yaşanmakta ve besleyici öğelerin bir kısmı da kayba uğramaktadır (Labuza, 1972; Van Arsdel *et al.*, 1973; Karel, 1973). Kurutulmuş gıda ürünlerinin kullanılabilme potansiyeli göz önüne alındığında arzu edilen özelliklerin en başında rehidrasyon kapasitesi, yani kurutulan gıda ürününün su alarak yaş ürüne olabildiğince yakın bir görüntü sergileme derecesidir. Bu özellik ne kadar iyi olur ise, (rehidrasyon kapasite değeri ne kadar yüksek olur ise) bu durum ürünün o kadar iyi ve kaliteli olduğunu göstermektedir (Bolin and Stafford, 1974). Bu çalışmada yapılan varyans analiz hesaplamaları bakımından kurutulan biber örneklerinin rehidrasyon yetenekleri üzerinde farklı kurutma uygulamalarının  $P < 0,05$  seviyesinde etkili olduğu tespit edilmiştir. (Çizelge 4.2). Yapmış olduğumuz çalışmada rehidrasyon kapasitesi en fazla 60 °C'de gözlemlenirken, halka şeklinde doğranan biber örneklerinin küp şeklinde doğranan biber örneklerine oranla rehidrasyon kapasitelerinin daha yüksek olduğu görülmektedir (Cizelge 4.2). Bu durum, halka formdaki kurutulmuş biber örneklerinin 60 °C'de daha kolay geri kazanıldığını göstermektedir. Bunun olası nedeni, 60 °C'de halka formda kurutulmuş biber örneklerinde daha iyi gözenekli yapı ve daha yüksek hücre zarı geçirgenliğinin oluşması olabilir.

### 4.3. Kurutma İşlemi ile Kapy Biberin Toplam Fenolik Madde Miktarında Meydana Gelen Değişimler

Taze ve farklı kurutma sıcaklıkları uygulanarak küp ve halka formunda kurutulmuş kapy biber numunelerinin toplam fenolik madde içerikleri Çizelge 4.3 ve Şekil 4.3’de sunulmuştur. Uygulanan kurutma sıcaklığı, kesim şekli ve depolama şartları (depolama sıcaklığı ve süresi) kurutulmuş kapy biber örneklerinin toplam fenolik madde (TFM) miktarında istatistiki bakımdan kayda değer bir farklılık sergilemiştir ( $p < 0,05$ ).

**Çizelge 4.3.** Sıcak hava kurutma yöntemi ile küp ve halka şeklinde kurutulan kapy biber örneklerinin toplam fenolik madde miktarları

Örnekler	Depolama (Gün)	Toplam Fenolik Madde (mg GAE/100g)
Taze örnek	0	674,83 ± 1,73 <sup>k(x)</sup>
	7	548,18 ± 0,01 <sup>e(y)</sup>
	14	429,21 ± 0,95 <sup>1(z)</sup>
5H-SD	0	1123,89 ± 0,45 <sup>e(x)</sup>
	7	1014,45 ± 0,58 <sup>c(y)</sup>
	14	973,76 ± 0,14 <sup>b(z)</sup>
5H-O	0	989,47 ± 0,38 <sup>g(x)</sup>
	7	952,29 ± 0,85 <sup>d(y)</sup>
	14	865,23 ± 0,49 <sup>c(z)</sup>
5K-SD	0	1078,12 ± 0,65 <sup>f(x)</sup>
	7	953,07 ± 0,17 <sup>d(y)</sup>
	14	869,13 ± 0,22 <sup>c(y)</sup>
5K-O	0	926,13 ± 0,41 <sup>h(x)</sup>
	7	877,45 ± 0,56 <sup>e(y)</sup>
	14	798,54 ± 0,11 <sup>d(z)</sup>
6H-SD	0	1398,18 ± 0,01 <sup>a(x)</sup>
	7	1125,23 ± 0,46 <sup>a(y)</sup>
	14	1048,15 ± 0,62 <sup>a(z)</sup>
6H-O	0	1278,35 ± 0,17 <sup>c(x)</sup>
	7	1076,87 ± 0,15 <sup>b(y)</sup>
	14	943,74 ± 0,75 <sup>b(z)</sup>
6K-SD	0	1315,27 ± 0,17 <sup>b(x)</sup>
	7	1089,34 ± 0,75 <sup>b(y)</sup>
	14	1043,52 ± 0,51 <sup>a(z)</sup>
6K-O	0	1235,12 ± 0,17 <sup>d(x)</sup>
	7	955,89 ± 0,13 <sup>d(y)</sup>
	14	858,19 ± 0,42 <sup>c(z)</sup>

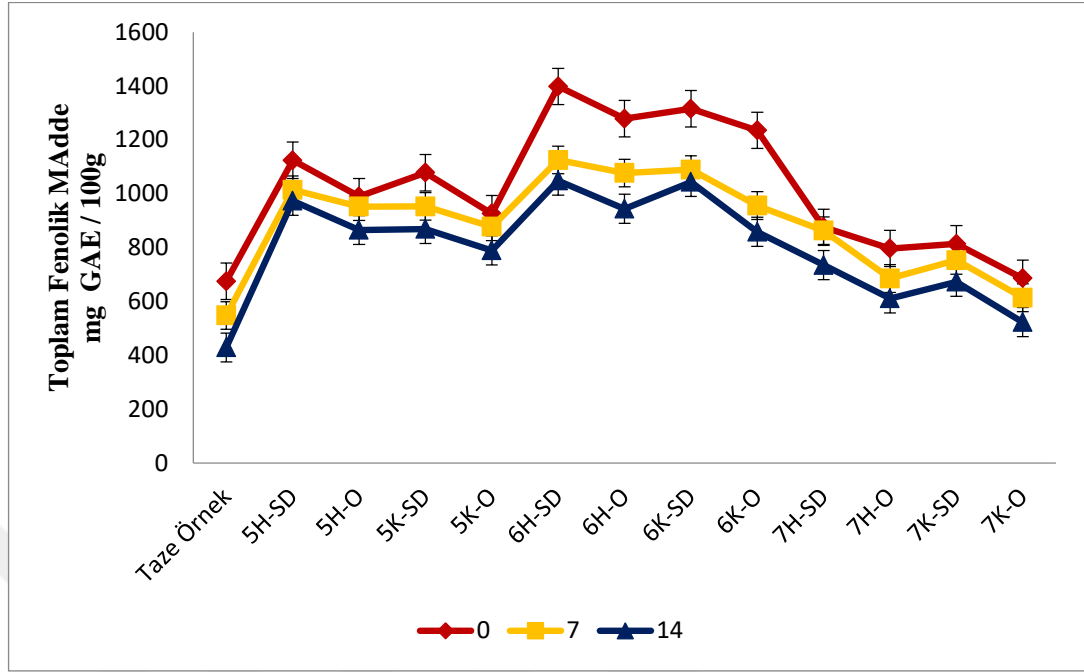
Çizelge 4.3. Devamı.

<b>7H-SD</b>	0	875,43 ± 0,12 <sup>i(x)</sup>
	7	863,07 ± 0,67 <sup>e(y)</sup>
	14	735,39 ± 0,15 <sup>e(z)</sup>
<b>7H-O</b>	0	796,71 ± 0,82 <sup>j(x)</sup>
	7	685,31 ± 0,33 <sup>g(y)</sup>
	14	611,23 ± 0,65 <sup>g(z)</sup>
<b>7K-SD</b>	0	813,79 ± 0,11 <sup>i(x)</sup>
	7	753,19 ± 0,49 <sup>f(y)</sup>
	14	673,09 ± 0,17 <sup>f(z)</sup>
<b>7K-O</b>	0	686,09 ± 0,27 <sup>k(x)</sup>
	7	614,18 ± 0,95 <sup>g(y)</sup>
	14	523,25 ± 0,63 <sup>h(z)</sup>

<sup>a-k</sup> Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arası farklılıklar istatistiki açıdan önemlidir (p < 0,05)  
(Aynı gün için farklı uygulamaların etkisi)

<sup>x-z</sup> Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arası farklılıklar istatistiki açıdan önemlidir (p < 0,05)  
(Aynı uygulama için saklama sürelerinin etkisi)

Taze kapyta biber örneğinde toplam fenolik madde ilk gün örnekleri için 674,83 mg GAE/100g olarak bulunmuş ve taze kapyta biberlerin depolama süresi arttıkça toplam fenolik madde miktarında azalmalar gözlemlenmiştir (Çizelge 4.3). En fazla TFM miktarını 1398,18 mg GAE/100g ile 60 °C'de halka şeklinde kurutulan biber örnekleri sergilerken, en düşük TFM miktarını ise 70 °C'de kurutulan ve küp şeklinde doğranan biber örnekleri sergilemiştir. Genel olarak farklı şekillerde doğranan ve farklı kurutma sıcaklıkları uygulanan biber örneklerinin TFM miktarı taze kapyta biberde bulunan TFM miktarına nazaran kayda değer bir yükselme göstermiştir (p < 0,05). Buna ek olarak, halka şeklinde kurutulan biber örneklerinde, küp şeklinde kurutulan biber örneklerine göre daha yüksek oranda TFM miktarı tespit edilmiştir. Doğrama şekillerine göre kurutma sürelerinde görülen farklılığın bu sonuçların oluşmasında etkili olduğu düşünülmektedir. Halka şeklinde kurutulan kapyta biber numunelerinde, uygulanan kurutma yöntemi ile hücre duvarı matriksinde oluşan bozulma neticesinde hücre duvarında bağlı halde yer alan fenolik bileşenlerin serbest duruma geçmesi ve Maillard reaksiyonu neticesinde yeni bir takım fenolik bileşenlerin meydana gelmesi ile TFM miktarında artışın oluşacağı düşünülmektedir (İzli, 2018).



**Şekil 4.2.** Sıcak hava kurutma yöntemi ile küp ve halka şeklinde kurutulan kapyta biber örneklerinin toplam fenolik madde miktarları

Kurutma sıcaklığındaki 60 °C'den 70 °C'ye olan artış TFM'nin önemli ölçüde düşmesine neden olmuştur ( $p < 0,05$ ). 7. gündeki kurutulmuş tüm biber numuneleri, ilk gün numunelerine kıyasla önemli ölçüde daha düşük toplam fenolik içeriği sergilemiştir. Benzer şekilde, 14. gün numuneleri, yedinci gün numunelerine kıyasla önemli ölçüde daha düşük bir toplam fenolik içerik göstermiştir ( $p < 0,05$ ). Kurutma periyodu sırasında TFM'deki azalma, polifenoliklerin diğer bileşiklerle (yani protein) organizasyonu ve/veya tanımlanamayan veya ekstrakte edilemeyen polifenollerin fizyokimyasal oluşumundaki farklılıklar ile ilgili olabilir. Halka şeklinde kurutulan kapyta biber örnekleri, küp şeklinde kurutulmuş biber örneklerine göre önemli ölçüde daha yüksek TFM göstermiştir (Şekil 4.3). Ayrıca kurutulan numunelerin oda sıcaklığından ziyade soğuk hava deposunda muhafaza edilmesi TFM'nin önemli ölçüde daha yüksek olmasına neden olmuştur (Çizelge 4.3). Sonuç olarak, tüm faktörler ve işlemler göz önüne alındığında, 60 °C'de halka şeklinde kurutulan ve soğuk havada muhafaza edilen kapyta biber örneklerinin (6H-SD örnekleri) en yüksek TFM'yi sergilediği tespit edilmiştir. Gıdaların fenolik maddeleri üzerine kurutma yöntemlerinin etkileri daha önce de birçok bilim adamı tarafından çalışılmıştır (Dewanto *et al.*, 2002; Sultana *et al.*, 2012). Bazı çalışmalarda, kuru üzüm (Carranza-Concha *et al.*, 2012) ve

kayısı (Sultana *et al.*, 2012) dahil olmak üzere birçok gıda ürününde kurutmanın fenolik içeriği artırmada etkili olduğu bildirilmiştir. Öte yandan, bazı çalışmalar (Sultana *et al.*, 2012) kurutma esnasında toplam fenolik maddelerin azaldığını gösterirken, diğer bazı araştırmalar (Dewanto *et al.*, 2002) ise kayda değer bir değişim olmadığına işaret etmiştir. Bu nedenle, farklı gıda ürünlerinden elde edilen fenolik maddeler üzerinde kurutma yöntemlerinin etkilerinin aynı ve/veya benzer sonuçlar vermediğini söylemek yanlış olmayacaktır. Elde edilen bulgular dikkate alındığında kurutma işleminin fenolik maddeler üzerinde değişken etkilerinin bulunduğunu söylemek mümkündür. Kuru gıda ürünlerinin besinsel ve fonksiyonel özelliklerindeki fiziksel ve kimyasal değişimlerin nedenleri halen araştırılmaya devam etmektedir. Bu çalışmada, kurutulmuş biber numunelerinde 60 °C'de gözlenen en yüksek TFM içeriği nedeninin, daha fazla hücre parçalanmasının, bunun da daha fazla fenolik madde salınmasına neden olması ile açıklamak mümkündür. Ayrıca, bu gözlem muhtemelen 60 °C'de kurutulmuş biber örneklerinin 70 °C'de kurutulmuş biber örneklerine kıyasla daha az termal etkiye maruz bırakılmasından da kaynaklanmaktadır.

#### **4.4. Kurutma İşlemi ile Kapy Biberlerin Antioksidan Kapasite Değerlerinde Meydana Gelen Değişimler**

Taze ve farklı kurutma sıcaklıkları uygulanarak küp ve halka formunda kurutulmuş kapy biber numunelerinin AK değerleri Çizelge 4.4 ve Şekil 4.4'de gösterilmektedir. Uygulanan kurutma sıcaklığı, kesim şekli ve depolama şartları (depolama sıcaklığı ve süresi) kurutulmuş kapy biber örneklerinin antioksidan kapasitesinde (AK) istatistiki açıdan önemli düzeyde değişikliğe neden olmuştur ( $p < 0,05$ ).

**Çizelge 4.4.**Sıcak hava kurutma yöntemi ile küp ve halka şeklinde kurutulan kapyta biber örneklerinin antioksidan kapasite değerleri

Örnekler	Depolama (Gün)	Antioksidan Kapasite ( $\mu\text{mol}$ troloks/100g)
Taze örnek	0	4183,24 $\pm$ 0,12 <sup>a(x)</sup>
	7	3465,57 $\pm$ 0,15 <sup>c(y)</sup>
	14	2786,46 $\pm$ 0,67 <sup>c(z)</sup>
5H-SD	0	3580,43 $\pm$ 0,17 <sup>c(x)</sup>
	7	3048,39 $\pm$ 0,95 <sup>e(y)</sup>
	14	2724,19 $\pm$ 0,76 <sup>c(z)</sup>
5H-O	0	3218,17 $\pm$ 0,24 <sup>d(x)</sup>
	7	3055,56 $\pm$ 0,04 <sup>e(y)</sup>
	14	2511,32 $\pm$ 0,11 <sup>e(z)</sup>
5K-SD	0	3276,47 $\pm$ 0,82 <sup>d(x)</sup>
	7	3038,25 $\pm$ 0,06 <sup>e(y)</sup>
	14	2315,91 $\pm$ 0,18 <sup>f(z)</sup>
5K-O	0	2985,15 $\pm$ 0,09 <sup>e(x)</sup>
	7	2575,76 $\pm$ 0,68 <sup>g(y)</sup>
	14	1985,19 $\pm$ 0,94 <sup>h(z)</sup>
6H-SD	0	4170,12 $\pm$ 0,25 <sup>a(x)</sup>
	7	3892,31 $\pm$ 0,97 <sup>a(y)</sup>
	14	3574,16 $\pm$ 0,65 <sup>a(z)</sup>
6H-O	0	3780,43 $\pm$ 0,11 <sup>b(x)</sup>
	7	3657,87 $\pm$ 0,14 <sup>b(y)</sup>
	14	3028,45 $\pm$ 0,46 <sup>b(z)</sup>
6K-SD	0	3715,67 $\pm$ 0,14 <sup>b(x)</sup>
	7	3170,13 $\pm$ 0,26 <sup>d(y)</sup>
	14	2627,64 $\pm$ 0,12 <sup>d(x)</sup>
6K-O	0	3470,33 $\pm$ 0,41 <sup>c(x)</sup>
	7	2887,08 $\pm$ 0,49 <sup>f(y)</sup>
	14	2164,35 $\pm$ 0,01 <sup>g(z)</sup>

Çizelge 4.4. Devamı.

<b>7H-SD</b>	0	2716,28 ± 0,07 <sup>f(x)</sup>
	7	2580,08 ± 0,17 <sup>g(y)</sup>
	14	2289,23 ± 0,13 <sup>f(z)</sup>
<b>7H-O</b>	0	1980,24 ± 0,73 <sup>h(x)</sup>
	7	1865,67 ± 0,32 <sup>i(y)</sup>
	14	1808,99 ± 0,91 <sup>i(z)</sup>
<b>7K-SD</b>	0	2038,37 ± 0,61 <sup>g(x)</sup>
	7	1958,37 ± 0,72 <sup>h(y)</sup>
	14	1746,14 ± 0,65 <sup>i(z)</sup>
<b>7K-O</b>	0	1710,38 ± 0,58 <sup>i(x)</sup>
	7	1588,42 ± 0,81 <sup>i(y)</sup>
	14	953,76 ± 0,16 <sup>j(z)</sup>

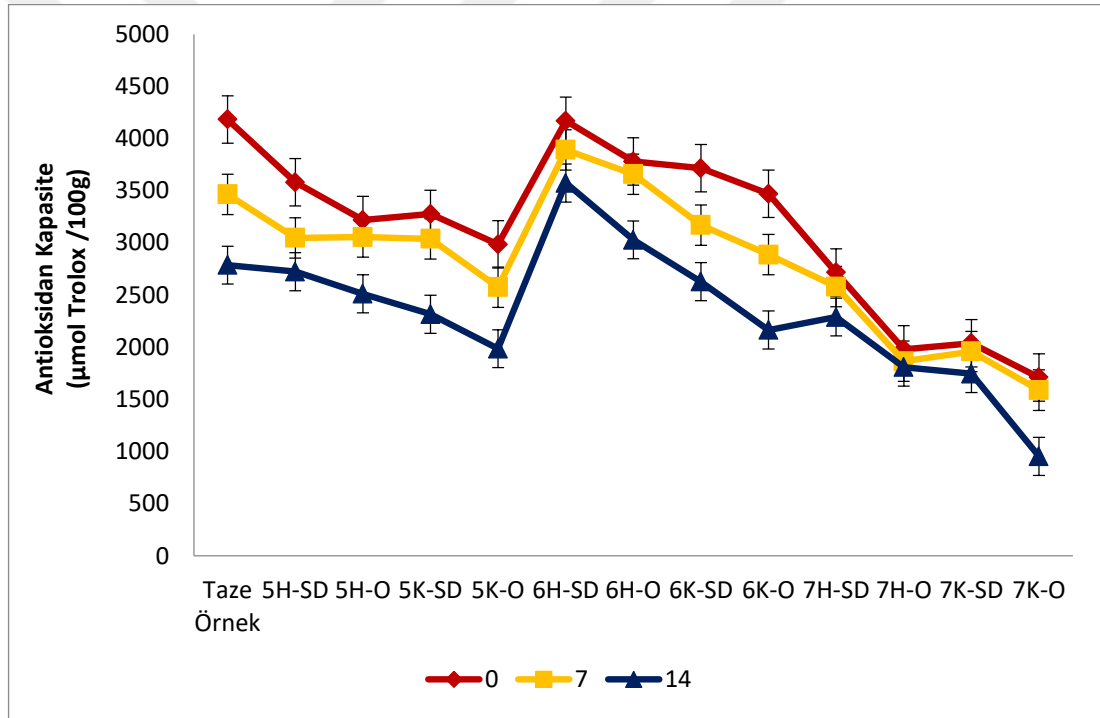
<sup>a-k</sup> Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arası farklılıklar istatistiki açıdan önemlidir (p < 0,05)  
(Aynı gün için farklı uygulamaların etkisi)

<sup>x-z</sup> Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arası farklılıklar istatistiki açıdan önemlidir (p < 0,05)  
(Aynı uygulama için saklama sürelerinin etkisi)

Meyve ve sebzelerin AK'si, öncelikle fenolik madde miktarı olmak üzere, A, C ve E vitaminleri, organik asitler, flavanoidler, antosiyaninler ve karotenoidlerin toplam etkisi ile ortaya çıkmaktadır (Mayer *et al.*, 2000; Sivritepe, 2000). Antioksidan miktarının meyve ve sebzelerin kaliteleri açısından oldukça önemli bir kriter olmasından dolayı, ürünlerin hasadını takiben antioksidan miktarlarında meydana gelen değişikliklerin incelenmesi ve araştırılması oldukça ilgi çeken bir konu haline gelmiştir (Zavala *et al.*, 2004). Ürünlerin antioksidan kapasiteleri, bitkinin ya da meyvenin yetiştiği iklim, toprak, stres şartları gibi çevresel etmenler ile uzun süre muhafaza edilen gıda ürünlerinin depolama şartlarından etkilenebilir. Aynı meyvenin farklı çeşitleri arasında dahi antioksidan kapasitelerinde farklılıklar bulunabilir (Kan, 2009).

Taze kapyta biber örneğinde antioksidan kapasitesi ilk gün örnekleri için 4182,24 µmol troluks/g olarak tespit edilmiş ve taze kapyta biberlerinin depolama süresi arttıkça antioksidan kapasitelerinde azalmalar gözlemlenmiştir (Çizelge 4.4). En yüksek antioksidan kapasite değerini ilk gün örnekleri için 4170,12 µmol troluks/g ile 60 °C'de

halka şeklinde kurutulan biber örnekleri sergilerken, en düşük antioksidan kapasite değerini ise 70 °C’de kurutulan ve küp şeklinde doğranan biber örnekleri sergilemiştir (Çizelge 4.4). Diğer bir ifadeyle, antioksidan kapasite miktarında en fazla kayıp 70 °C’de kurutulan küp şeklindeki kapy biber örneklerinde gözlemlenirken, en az kayıp ise 60 °C’de kurutulan halka şeklindeki biber örneklerinde tespit edilmiştir. Genel itibariyle, farklı şekillerde doğranan ve farklı kurutma sıcaklıkları uygulanan biber örneklerinin antioksidan kapasite değerleri taze kapy biberin antioksidan kapasite değerlerine nazaran önemli seviyede bir azalma sergilemiştir ( $p < 0,05$ ). Buna ilaveten, halka şeklinde kurutulan biber örneklerinin antioksidan kapasite değerleri, küp şeklinde kurutulan biber örneklerine kıyasla daha yüksek bulunmuştur.



**Şekil 4.3.** Sıcak hava kurutma yöntemi ile küp ve halka şeklinde kurutulan kapy biber örneklerinin antioksidan kapasite değerleri

Kurutma işlemini takiben farklı meyve ve sebzelerin antioksidan kapasitelerinde önemli ölçüde düşüş yaşandığı pek çok araştırmacı tarafından tespit edilmiştir (Wojdylo *et al.*, 2014; Sultana *et al.*, 2012; Yıldız ve İzli, 2019a, 2019b; Yıldız ve İzli, 2020; Yıldız, 2021; Yıldız ve ark., 2021; İzli ve Yıldız, 2021; Yıldız, 2021a, 2021b; Cemal ve Yıldız, 2022a, 2022b; İzli ve ark., 2022; Yıldız, 2022; Yıldız ve İzli, 2022). Bu azalmanın nedeni kurutma işleminde meydana gelen antioksidan bileşiklerin

parçalanması kaynaklı olabilir. 50 °C'de kurutulan kapy biber örneklerinde, 60 °C'de kurutulan biber örneklerine nazaran önemli ölçüde daha düşük antioksidan kapasite değeri tespit edilmiştir (p <0,05). Bulgular, sıcak hava ile kurutmada daha düşük sıcaklıkta elde edilen ve daha uzun kurutma süreleri ile sonuçlanan kurutmanın antioksidan kapasitesinde daha fazla düşüşe yol açabileceğini göstermiştir. Ayrıca, ilk gündeki tüm kurutulmuş biber numuneleri, diğer saklama sürelerine (7 ve 14. gün) kıyasla önemli ölçüde daha yüksek antioksidan kapasite göstermiştir. Antioksidan bileşikler ve diğer maddeler arasında sinerjik veya antagonistik bir ilişki söz konusu olabilir (Di Scala *et al.*, 2011). Kırmızı biber gibi birçok meyve ve sebze TFM ve AK arasında pozitif yönde bir ilişki olduğu çeşitli araştırmalarda tespit edilmiştir (Zhou *et al.*, 2016; Yıldız, 2022; Yıldız ve İzli, 2022). Öte yandan, kurutmanın farklı gıda ürünlerinin antioksidan kapasitesi üzerindeki etkileri, antioksidanlar veya diğer bileşikler arasındaki antagonistik veya sinerjistik etkilere ek olarak kurutma yöntemleri ve antioksidan belirleme metodolojisi gibi farklı değişkenlere bağlı olarak da değişiklik gösterebilir (Di Scala *et al.*, 2011).

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Mevcut çalışmada, kapy biberler halka ve küp şeklinde doğranarak 50 °C, 60 °C ve 70 °C sıcak hava ile kurutulmuş ve kurutma sıcaklığı ve doğrama şeklinin kurutulmuş kırmızı kapy biberlerinin renk değerleri, rehidrasyon oranı, kuru madde, pH ve titrasyon asitliği ile biyoaktif bileşikler (toplam fenolik madde ve antioksidan kapasitesi) üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu işlem ve yöntemler arasında yukarıda bahsedilen kalite kriterleri üzerinde en az etki yaratan metot ve uygulama tespit edilmiştir. 60 °C'de halka şeklindeki sıcak hava ile kurutulmuş biber örneklerinin fizikokimyasal özelliklerinde önemli bir değişim gözlemlenmiştir. Kurutulan biber örneklerinin hepsinin  $L^*$  değerinde bir azalış gözlemlenirken, bunun aksine  $a^*$  değerinde bir yükselme tespit edilmiştir. Taze biber numunelerinin renk parametrelerine en yakın değerler, 60 °C'de kurutulan biber örneklerinde tespit edilmiştir. Kuru biber numunelerinde, depolama süresince en fazla TFM ve AK, halka formda doğranan ve 60 °C'de kurutulan örneklerde belirlenmiştir. Bu durumun, kurutma işleminin biberlerde fenolik bileşenlerin serbest hale geçişine yahut da Maillard reaksiyonu neticesinde yeni fenolik bileşenlerin ortaya çıkmasına sebep olduğu ile alakalı olduğu düşünülmektedir.

Sonuç olarak, 60 °C'de halka formda ve soğuk hava şartlarında muhafaza edilen kurutulmuş kapy biber örneklerinin, depolama süresince toplam fenolik içerik ve antioksidan kapasite dahil üzere biyoaktif bileşikleri daha yüksek oranda barındırdığı tespit edilmiştir. Farklı kurutma koşulları ve faktörlerinin (kurutma sıcaklığı, doğrama şekli ve saklama koşulları) kuru biber numunelerinin kalite muhafazasına etkileri dikkate alınarak en uygun kurutma sıcaklığı, kesme tipi ve depolama şartı (60 °C, halka form ve soğuk hava deposu, sırasıyla) belirlenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, koşullar optimize edilerek yüksek kaliteli kurutulmuş biber örnekleri elde etmek amacıyla önem arz etmektedir. Gerek taze gerekse de kurutulmuş biberler, beslenmemizde önemli bir yere sahiptir ve içerdiği fenolik maddeler ve yüksek antioksidan kapasiteleri sebebiyle serbest radikal bozulmalarına karşı insan bedeninin savunma mekanizmasının güçlenmesinde ve bunun neticesinde de birçok dejeneratif rahatsızlıkların ortaya çıkması ve önlenmesinde fonksiyonel niteliği olan bir gıda ürünüdür. Araştırmada kullanılan kurutma yöntem ve şartlarının farklı biber çeşitlerindeki farklı bileşikler üzerindeki etkileri değişiklik göstereceği için bundan itibaren gerçekleştirilecek uygulamaların çeşit ve türe göre uygun kurutma

metodunun, spesifik olarak da sıcak hava ile kurutma uygulamasında en ideal sıcaklık derecesi ve depolama koşullarının seçilmesi gerekliliği önerilebilir.



## KAYNAKLAR

- Akgül, A., (1985). *Tat, Koku ve Renk Katkısı Olarak Kırmızıbiber*. Gıda, 10 (6), 355-360.
- Al-Babili, S. ve Bouwmeester, H.J., (2015). *Strigolaktonlar, karotenoid kökenli yeni bir bitki hormonu*. Annual Review of Plant Biology, 66, 161–186.
- Arıkan, B.C., (2004). *Acı kırmızı biberin serum leptin ve serum nitrik oksit düzeylerine akut etkisinin araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş. 36.
- Arruda, H.S., Silva, E.K., Pereira, G.A., Angolini, C.F.F., Eberlin, M.N., Meireles, M.A. A. ve Pastore, G.M., (2019). *Yüksek yoğunluklu ultrason işlem parametrelerinin, araticum peel'den fenolik bileşiklerin geri kazanımı üzerindeki etkileri*. Ultrasonik Sonokimya, 50, 82–95.
- Asma, B.M., Gültek, A., Kan, T. ve Birhanlı, O., (2005). *Kayıtsızda Kükürt Sorunu*. Özgayret Ofset, Malatya.
- Babbar, N., Oberoi, H.S. ve Sandhu, S.K., (2015). *Therapeutic and Nutraceutical Potential of Bioactive Compounds Extracted from Fruit Residues*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 55(3), 319-337.
- Baenas, N., Belovic, M., İliç, N., Moreno, D.A. ve García-Viguera, C., (2019). *Biberin endüstriyel kullanımı (Capsicum annum L.) türevli ürünler: Teknolojik faydalar ve biyolojik avantajlar*. Gıda Kimyası, 274, 872–885.
- Baysal, T., Icier, F., Ersus, S., ve Yıldız, H. (2003). *Effects of Microwave and Infrared Drying on the Quality of Carrot and Garlic*. European Food Research and Technology, 218, 68-73.
- Blanco-Ríos, A.K., Medine-Juarez, L.A., González-Aguilar, G.A. ve Gamez-Meza, N., (2013). *Farklı Tatlı Biberlerin Fenolik ve Yağlı Fraksiyonlarının Antioksidan Aktivitesi*. Journal of Mexican Chemical Society, 57, 137–143.
- Bolin, H.R. Ve Stafford, A.E., (1974). *Effect of Processing and Storage on Provitamin A and vitamin C in apricots*. Journal of Food Science, 39, 1034-1035.

- Cadenas, E. ve Packer, L., (2002). *Handbook of Antioxidants*. Marcel Dekker, New York-Basel. 0-8247-0547-5.
- Calabrò, R.S., De Cola, M.C., Gervasi, G., Portaro, S., Naro, A., Accorinti, M., Manuli, A., Marra, A., De Luca, R. ve Bramanti, P., (2019). *The Efficacy of Cocoa Polyphenols in the Treatment of Mild Cognitive Impairment: A Retrospective Study*. *Medicina*, 55, 156.
- Cantwell, M., (2013). *Bell pepper: Recommendations for maintaining postharvest quality*. University of California Postharvest Technology Center.
- Carranza-Concha, J., Benlloch, M., Camacho, M.M. ve Martínez-Navarrete, N., (2012). *Effects of drying and pretreatment on the nutritional and functional quality of raisins*. *Food Bioprod Process*, 90(2), 243-248.
- Cemal, D. ve Yildiz, G. (2022a). *The effect of drying temperature, cutting types, storage degree and period on physical, chemical and physicochemical properties of red capia pepper*. *Latin American Applied Research Journal*, 52 (1), 67-72,
- Cemal, D. ve Yildiz, G., (2022b). *Antioxidant Capacity and Total Phenolic Content of Dried Red Capia Pepper During Storage in Bioactive compounds and their importance*. Nova Science Publishers, Inc., New York, USA. ISBN: 978-1-68507-361-9, 23-35.
- Cemeroğlu, B., Yemincioğlu, A. ve Özkan, M., (2001). *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Meyve ve Sebzelerin Bileşimi Soğukta Depolanmaları*. Gıda Teknolojisi Dergisi Yayınları No: 24, Ankara.
- Cemeroğlu, B., (2009). *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi*. Gıda Teknolojisi Yayınları No:39 2. cilt, 3. Baskı, Ankara.
- Cesur, Ö., (2013). *Kurutma metodları ve şartlarının nar tanesinin kurutma kinetiği ve kalitesi üzerine etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.

- Contreras, C., Martin-Esparza, M.E., Chiralt, A. ve Martinez- Navarrete, N., (2008). *Influence of microwave application on convective drying: Effects on drying kinetics, and optical and mechanical properties of apple and strawberry.* Journal of Food Engineering, 88(1), 55-64.
- Çiçek, H., Yılmaz, N., Çelik, A., Ceylan, N. Ö. ve Meram, İ., (2005). *Kapsaisin (kırmızı biber) insan sağlığı üzerine etkileri.* Anadolu Tıp Dergisi, 7, 31-37.
- Dağhan, Ş., (2015). *Farklı Kurutma Metodların Pul Biber Kalitesi ve Kurutma Kinetiği Üzerine Etkisi.* Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Davey, M.W., Mantagu, M.V., Inze, D., Sanmartin, M., Kanellis, A., Smirnoff, N., Benzie, I.J.J., Strain, J.J., Favell, D. ve Fletcher, J., (2000). *Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing* Journal of the Science of Food and Agriculture, 80, 825-860.
- DeMan, J.M., (1999). *Principles of Food Chemistry.* Aspen Publication, New York, 520s.
- Demiray, E. ve Tülek, Y., (2012). *Kurutma İşleminin Kırmızı Biberdeki Renk Maddelerine Etkisi.* Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, 7(3), 1-10.
- Dewanto, V., Wu, X., Adom, K.K. ve Liu, R.H., (2002). *Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity.* Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50, 3010-3014.
- Di Scala, K., Vega-Gálvez, A., Uribe, E., Oyanadel, R., Miranda, M., Vergara, J. ve Quispe, I., (2011). *Changes of quality characteristics of pepino fruit (Solanum muricatum Ait) during convective drying.* International Journal of Food Science and Technology, 46, 746-753.
- Doğantan, S.Z., Tuncer, İ.K. ve Başçetinçelik, A., (1987). *Use of Solar Energy for Red Pepper.* Third Technical Meeting of the FAO-CNRE on Solar Drying. 9-11 September 1987, Stuttgart F.R. of Germany.
- Dong, M.W., (2000). *How Hot Is the Pepper?* Today's Chemist at Work, 9, 17-20.

- Dorantes, L., Fernández, E. ve Hernández-Sánchez, H., (2002). *Antimicrobial activity of Capsicum extracts against some pathogenic bacteria*. In Proceedings of the 16th International Pepper Conference, Tampico, Tamaulipas, Mexico, 10-12 November, 2002. Regional Agricultural Association from the South of Tamaulipas.
- El-Mesery, H. S. ve Mwithiga, G., (2015). *Performance of a convective, infrared and combined infrared-convective heated conveyor-belt dryer*. Journal of Food Science and Technology, 52(5), 2721-2730.
- Eren, M.F., (2019). *Kilis ve Çevresinde Üretilen Yöresel Biber Kurutmalığının Antimikrobiyal Aktivitesi ve Fitokimyasal, Antioksidan Özelliklerinin Yanıt Yüzey Metodu ile Optimizasyonu*. Yüksek Lisans Tezi, Kilis 7 Aralık Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kilis.
- Ergunes, G. ve Tarhan, S., (2006). *Color retention of red peppers by chemical pretreatments during green-house and open sun drying*. Journal of Food Engineering, 76, 446–452.
- Ermiş, Ö. C., (1999). *Kırmızı Pul Biberlerde Mikloflora ve Aflatoksin Oluşumuna Bölgenin Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Esfandiar, Z., Hosseini-Esfahani, F., Mirmiran, P., Yüzbaşyan, E. ve Azizi, F., (2020). *The Association of Dietary Polyphenol Intake with the Risk of Type 2 Diabetes: Tehran Lipid and Glucose Study*. Diabetes Metab Syndr Obes, 13, 1643-1652.
- Fudholi, A., Othman, M.Y., Ruslan, M.H. ve Sopain, K., (2013). *Drying of Malaysian Capsicum annum L. (Red Chili) Dried by Open and Solar Drying*. International Journal of Photoenergy, 2013, 9.
- Govindarajan, V.S., (1985). *Capsicum-production, technology, chemistry and quality. 1. History, botany, cultivation and primary processing*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 22 (2), 109- 176.

- Hashimoto, H., Urugami, C. ve Cogdell, C.J., (2016). *Carotenoids and Photosynthesis*. In: Stange, C. (ed.) Carotenoids in Nature: Biosynthesis, Regulation and Function. Series: Subcellular biochemistry (79). Springer International Publishing: Switzerland, pp. 111-139.
- Hornero-Méndez, D., Gómez-Ladrón de Guevara, R. ve Mínguez-Mosquera, M.I., (2000). *Carotenoid biosynthesis changes in five red pepper (Capsicum annuum L.) cultivars during ripening*. Cultivar selection for breeding. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48 (9), 3857-3864.
- IOM., (2001). *Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium and Zinc*.
- 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, N., Yıldız, G., Ünal, H., Işık, E., ve 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, 9-17.
- İzli, G. ve Yıldız, G., (2021). *Evaluation of the high intensity ultrasound pre-treatment effects on the physical properties and bioactive compounds of convective dried quince samples*. International Journal of Fruit Science, 21(1), 645-656
- İzli, G., Yıldız, G. ve Berk, S.E., (2022). *Quality retention in pumpkin powder dried by combined microwave-convective drying*, Journal of Food Science and Technology, 59, 1558-1569.
- Karel, M., (1973). *Recent reseach and development in the field of low moisture and intermediate moisture foods*. CRC Critical Reviews in Food Technology, 4(2), 329-373.

- Kammoun Bejar, A., Kechaou, N. ve Boudhrioua Mihoubi, N., (2011). *Effect of microwave treatment on physical and functional properties of orange (Citrus Sinensis) peel and leaves*. Journal of Food Processing & Technology, 2, 109-116.
- Kan, T., (2009). *Kayısıda (Prunus armeniaca L.) Kükürtleme Uygulamasının Bazı Antioksidant Madde İçerikleri Üzerine Etkileri*. Doktora Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Karapınar, H.S., (2013). *Bazı gıdaların aflatoksin içeriğinin HPLC metodu ile tayini*. Yüksek Lisans Tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karaman.
- Kawada, T., Hagihara, K. ve Iwai, K., (1986). *Effects of Kapsaisin on Lipid Metabolism in Rats Fed With High Fat Diet*. Journal of Nutrition, 116, 1272-1278.
- Keleş, D., 2007. *Farklı Biber Genotiplerinin Karakterizasyonu ve Düşük Sıcaklığa Tolerans*. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Kılıç, F. ve Calam, T.T., (2019). *Kırmızı Kapyra Biberlerinin Kurutma ve Rehidrasyon Kinetiklerinin Belirlenmesi*. Kurutma İşleminin Termodinamik Analizi. Gazi Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Ankara.
- Korkutata, N.F. ve Kavaz, A., (2013). *Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Yetiştirilen Kırmızı Acı Biber Popülasyonlarının Capsicum Annum L. Bazı Kalite Parametreleri*. Akademik Gıda, 11 (1), 53-58.
- Krikorian, R., Kalt, W., McDonald, J.E., Shidler, M.D., Summer, S.S. ve Stein, A.L., (2020). *Cognitive performance in relation to urinary anthocyanins and their flavonoid-based products following blueberry supplementation in older adults at risk for dementia*. Journal of Functional Foods, 64, 103667.
- Krinsky, N.I., (1993). *Actions of carotenoids in biological systems*, Annual Review of Nutrition, 13, 561-587.

- Ku, V.V.V., Shonet, D., Wills, R. ve Kim, G., (1999). *Importance of low ethylene levels to delay senescence of non-climacteric fruits and vegetables*. South Korea Animal Production Science, 39(2), 221-224.
- Kuşçu, A., (2002). *Sürekli Sistemde Kurutma İşleminin Kırmızıbiberde Kalite Özelliklerine Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- La Casa, C., Villegas, I., Alarcon de la Lastra, C., Motilva, V. ve Martin Calero, N.J., (2000). *Evidence for protective and antioxidant properties of rutin, a natural flavone, against ethanol induced gastric lesions*. Journal of Ethnopharmacology, 71, 45–53.
- Labuza, T.P., (1972). *Nutrient losses during drying and storage of dehydrated foods*. CRC Critical Reviews in Food Technology, 3 (9), 217-240.
- Lee, J.J., Crosby, K.M., Yoo, K.S. ve Lescobar, D.I., (2005). *Impact of genetic and environmental variation of development of flavonoids and carotenoids in pepper (Capsicum spp.)*. Scientia Horticulturae, 106, 341–352.
- Manikharda, T.M., Arakaki, M., Yonamine, K., Hashimoto, F., Takara, K. ve Wada, K., (2018). *Influence of Fruit Ripening on Color, Organic Acid Contents, Capsaicinoids, Aroma Compounds, and Antioxidant Capacity of Shimatogarashi (Capsicum frutescens)*. Journal of Oleo Science, 67(1), 113-123.
- Marin, A., Ferreres, F., Tomas-Barberan, F.A. ve Gil, M.I., (2004). *Characterization and quantitation of antioxidant constituents of sweet pepper (Capsicum annuum L.)*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52, 3861-3869.
- Maskan, M., (2000). *Microwave/air and microwave finish drying of banana*. Journal of Food Engineering, 44, 71–78.
- Maskan, M., (2001). *Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying*. Journal of Food Engineering, 48, 177-182.

- Mayer, A.S., Suhr, K.I. ve Nielsen, N.P., (2000). *Natural food preservatives. Minimal processing technologies in the food industry*. CRC press, USA.
- Mink, P., Scrafford, C.G. ve Barraj, L.M., (2007). *Flavonoid intake and cardiovascular disease mortality: a prospective study in postmenopausal women*. The American Journal of Clinical Nutrition, 85, 895-909.
- Mohammadi, A., Rafiee, S., Djomeh, Z. E. ve Keyhani, A., (2008). *Kinetic Models for Colour Changes in Kiwifruit Slices During Hot Air Drying*. Journal of Food Engineering. 4, 376-383.
- Mohanta, B., Dash, S.K., Panda, M.K. ve Sahoo, G.R., (2014). *Standardization of process parameters for microwave assisted convective dehydration of ginger*. Journal of Food Science ve Technology, 51(4), 673-681.
- Morales-Soto, A., Gómez-Caravaca, A.M., García-Salas, P., Zegura-Carretero, A. ve Fernández-Gutiérrez, A., (2013). *High-performance Liquid Chromatography Coupled to Diode Array and Electrospray Time-of-flight Mass Spectrometry Detectors for a Comprehensive Characterization of Phenolic and Other Polar Compounds in Three Pepper (Capsicum Annuum L.) Samples*. Food Research International, 51, 977–984.
- Mrad, N.D., Boudhrioua, N., Kechaou, N., Courtois, F. ve Bonazzi, C., (2012). *Influence of air-drying temperature on kinetics, physicochemical properties, total phenolic content and ascorbic acid of pears*. Food and Bioproducts Processing, 9, 433-441.
- Nishino, H., Murakoshi, M., Tokuda, H. ve Satomi, Y., (2009). *Cancer prevention by carotenoids*. Archives of Biochemistry and Biophysics, 483(2), 165-8.
- Oboh, G. ve Rocha, T.B.J., (2007). *Distribution and antioxidant activity of polyphenols in ripe and unripe tree pepper (capsicum pubescens)*. Journal of Food Biochemistry, 31, 456–473.
- Ochiai, R., Saitou, K., Suzukamo, C., Osaki, N. ve Asada, T., (2019). *Hafif bilişsel bozuklukta klorojenik asitlerin bilişsel işlev üzerindeki etkisi: Randomize*

- kontrollü çapraz geçiş denemesi.* Alzheimer Hastalığı Dergisi, 72 (4), 1209 – 1216.
- Omolo, M.A., Wong, Z.Z., Mergen, A.K., Hastings, J.C., Le, N.C., Reiland, H.A., Vaka, K.A. ve Baumler, D.J., (2014). *Acı Biberlerin Antimikrobiyal Özellikleri.* Dis Ther'i enfekte edin. 2, 145–153.
- Orobiyi, A., Dansi, A., Assogba, P., Loko, L.Y., Dani, M., Vodouhe, R. ve Sanni, A., (2014). *Chili in Southern Benin: Production Constrains, Varietal Diversity, Prefence Criteria and Participatory Evaluation.* International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science, 107-120.
- Özdikmenli, S. ve Zorba, N.N., (2015). *Közlenmiş Kırmızı Biber (Kapyra) Konservesi Üretiminde Gıda Güvenliği.* Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 12(1), 55- 64.
- Özkan, R., Öztürk, K. ve Kılınç, A., (2000). *İncir ve Kayısların Güneş kollektörlü sistemle Kurutulmaları ve Depolama Teknikleri Üzerine Araştırmalar.* Tagem/Gy/97/0.
- Öztürk, P.K ve Baloğlu, S., (2019). *Doğu Akdeniz Bölgesi'nde Açık Alanda Yetiştirilen Biberlerde Bazı Virüslerin Serolojik ve Moleküler Tanısı.* Alatarım, 18(1), 1 – 11.
- Özkaya, F.D. ve Sarıcan, B., (2014). *Latin Amerika Mutfağının Kültürel Etkileşim Yolu.* Journal of Tourism and Gastronomy Studies, 2, 36–45.
- Palevitch, D. ve Craker, L.E., (1996). *Nutritional and Medisal Impotence of Red Pepper.* Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants. 3 (2), 55-83.
- Prabhanjan, D.G., Ramaswamy, H.S. ve Raghavan, G.S.V., (1995). *Microwave-assisted convective air drying of thin layer carrots.* Journal of Food Engineering, 25, 283-293.
- Perez-Galvez, A. Ve Minguez-Mosquera, M. I. (2001). *Structere-reactivity relationship in the oxidation of carotenoid pigments of pepper.* Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49, 4864-4869.

- Sacilik, K. ve Elicin, A.K., (2006). *The thin layer drying characteristics of organic apple slices*. Journal of Food Engineering, 73, 281-289.
- Sivritepe, N., (2000). *Asma, üzüm ve şaraptaki Antioksidantlar*. Gıda Dünya Yayınları. 12, 73 78.
- Srinivasan, K. ve Sambaiah, K., (1991). *The Effect of Spices on Cholesterol 7  $\alpha$ -hydroxylase Activity and on Serum and Hepatic Cholesterol Levels in the Rat*. International Journal for Vitamin and Nutrition Research, 61(4), 364-369.
- Surh, Y.J. ve Lee, S.S., (1995). *Capsaicin, a Double-Edged Sword: Toxicity, Metabolism and Chemopreventive Potential*. Life Science, 56, 1845-1855.
- Şeniz, V., (1992). *Domates, Biber ve Patlıcan Yetiştiriciliği*. Tarımsal Araştırmaları Destekleme ve Geliştirme Vakfı (TAV) Yayınları. No:26, Yalova, 174s.
- Söylemezoğlu, G., (1998). *Klimakterik ve klimakterik olmayan bahçe bitkileri üzerinde etilenin etkisi ile etilen antagonistlerinin hasat sonrası fizyolojisinde kullanım imkanları*. Gıda 23(5), 329-337.
- Sultana, B., Anwar, F., Ashraf, M. ve Saari, N., (2012). *Effect of drying techniques on the total phenolic contents and antioxidant activity of selected fruits*. Journal of Medicinal Plants Research, 6, 161–167.
- Taiti, C., Costa, C., Migliori, C.A., Comparini, D. ve Figorilli, S., (2019). *Correlation between volatile compounds and Spiciness in domesticated and wild fresh chili peppers*. Food and Bioprocess Technology, 12 (8), 1366-1380.
- Thomas, B.V., Schreiber, A.A. ve Weisskopf, P.C., (1998). *Simple Method for Quantitation of Capsaicinoids in Peppers Using Capillary Gas Chromatography*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46, 2655-2663.
- Toğrul, İ.T. ve Pehlivan, D., (2003). *Modelling of drying kinetics of single apricot*. Journal of Food Engineering, 58, 23-32.
- Topuz, A., (2002). *Farklı Gamma Işınlama Dozlarının ve Depolamanın Kırmızı Pul Biberin Bazı Kimyasal, Mikrobiyolojik ve Duyusal Kalitesi Üzerine Etkileri*. Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.

- Turgay, Ö. ve Çelik, E., (2016). *Kırmızı Biberden Pigment Ekstraksiyonunda Kullanılan Yöntemler*. KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19(3), 184-188.
- Turkmen, N., Sari, F. ve Velioglu, S., (2005). *The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables*. Food Chemistry, 93, 713--718.
- Uyulaşer, V., (2000). *Karotenoidler ve bazı özellikleri*. Gıda, 6 (12), 79-84.
- Vadivambal, R. ve Jayas, D.S., (2007). *Changes in quality of microwave-treated agricultural products – A review*. Biosystems Engineering, 98, 1-16.
- Van Arsdel, W.B., Copley, M.J. ve Morgan, A.I.Jr., (1973). Food Dehydration, Vol. 1. *Drying Methods and Phenomena*. 2 nd ed. The Avi Pub. Comp., Inc., Westport, Conn.
- Veres, A., Bilbao, C., ve Fito, P. (2004). *Drying kinetics of apple cylinders under combined hot-air microwave dehydration*. Journal of Food Engineering, 63, 71-78.
- Vita, J.A., (2005). *Polyphenols and cardiovascular disease: Effects on endothelial and platelet function*. The American Journal of Clinical Nutrition, 81, 292-297.
- Voutilinen, S., Nurm, T., Mursu, J. and Rissanen, T.H., (2006). *Carotenoids and cardiovascular health*. Am J. Clin Nutr 2006, 83, 1265-1271.
- Wega-Galvez, A., Scala, K.D., Rodriguez, K., Lemus, M., Miranda, M., Lopez, J. ve Perez-Won, M., (2009). *Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper*. Food Chemistry, 117, 647-653.
- Wisnuwardani, R.W., Henauw, S.D., Forsner, M., Gottrand, F., Huybrechts, I., Knaze, V., Kersting, M., Done, C.L., Manios, Y., Marcos, A., Molnár, D., Rothwell, J. A., Scalbert, A., Sjöström, M., Widhalm, K., Moreno, L.A. ve Michels, N., (2020). *Polyphenol intake and metabolic syndrome risk in European adolescents: the HELENA study*. European Journal of Nutrition, 59, 801–812

- Witrowa-Rajchert, D. ve Rzaca, M., (2009). *Effect of drying method on the microstructure and physical properties of dried apples*. Drying Technology, 27, 903-909.
- Wojdyło, A., Figiel, A., Lech, K., Nowicka, P. ve Oszmiański, J., (2014). *Effect of convective and vacuum-microwave drying on the bioactive compounds, color, and antioxidant capacity of sour cherries*. Food and Bioprocess Technology, 7(3), 829-841.
- Xiao-min, Z., Zheng-hai, Z., Xiao-zhen, G. Sheng-li, M., Xi xiang, L., Chadœuf, J., Palloix, A., Li-hao, W. ve Bao-xi, Z., (2016). *Genetic diversity of pepper (Capsicum spp.) germplasm resources in China reflects selection for cultivar types and spatial distribution*. Journal of Integrative Agriculture, 15 (9), 1991-2001
- Yemiş, O., (2001). *Kırmızı Biberlerden Oleoresin Capsicum Üretimi Üzerine Araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yıldız, G., ve İzli, G., (2020). *Gıdaların Kurutulmasında Mikrodalga ve Sıcak Hava Yöntemleri*. Ankara, Türkiye. Iksad International Publishing House. ISBN: 978-605-7811-87-5.
- Yıldız, G., (2021). *Ultrases Teknolojisinin Gıdaların Biyoaktif Bileşenleri Üzerine Etkisi*. Ankara, Türkiye. Iksad International Publishing House. ISBN: 978-625-8007-21-3.
- Yıldız, G., İzli, G., Çavuş, M. ve Ceylan, M.M., (2021). *Ultrason Ön İşleminin Kurutulmuş Iğdır Kayısının Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi*. Journal of the Institute of Science and Technology, 11(1), 303-313.
- Yılmaz, İ., (2010). *Antioksidan İçeren Bazı Gıdalar ve Oksidatif Stres*. İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, 17(2), 143-153.
- Yildiz, G. ve Izli, G., (2019a). *Influence of microwave and microwave-convective drying on the drying kinetics and quality characteristics of pomelo*. Journal of Food Processing and Preservation, 43 (6), e13812.

- Yildiz, G. ve İzli, G., (2019b). *The effect of ultrasound pretreatment on quality attributes of freeze-dried quince slices: Physical properties and bioactive compounds*. Journal of Food Process Engineering, 42 (5), e13223.
- Yildiz, G., (2021a). *The Effect of High Intensity Ultrasound Pre-treatment on the Functional Properties of Microwave-dried Pears (Pyrus communis)*. Latin American Applied Research Journal, 51(2):133-137.
- Yildiz, G., (2021b). *The Effect of Novel Microwave-Convective Drying on the Functional Properties of Dried-Pears (Pyrus communis)*. Current Microwave Chemistry, 8(1),22-26.
- Yildiz, G., (2022). *Color, microstructure, physicochemical, textural and sensory properties with the retention of secondary metabolites in convective-, microwave- and freeze-dried carrot (Daucus carota) slices*. British Food Journal, <https://doi.org/10.1108/BFJ-03-2021-0308>
- Yildiz, G. ve İzli, G., (2022). *The Effects of Drying Process on Bioactive Compounds of Fruits and Vegetables in Bioactive compounds and their importance*. Nova Science Publishers, Inc., New York, USA. ISBN: 978-1-68507-361-9, 1-22.
- Zavala, F.A.Y., Wang, S.Y., Wang, C.Y. ve Aguilar, G.A.G., (2004). *Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit*. Lebensmittel- Wissenschaft Technologie, 37, 687-695.
- Zhou, L., Cao, Z., Bi, J., Yi, J., Chen, Q., Wu, X. ve Zhou, M. (2016). *Degradation kinetics of total phe-nolic 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.