



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

**MİKRODALGA VE SICAK HAVA KOMBİNASYONU İLE KURUTULAN
CENNET HURMASININ KURUTMA KİNETİĞİ VE TOZ ÜRÜNÜN
KALİTE ÖZELLİKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Esma MECİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

HAZİRAN 2024

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

**MİKRODALGA VE SICAK HAVA KOMBİNASYONU İLE KURUTULAN
CENNET HURMASININ KURUTMA KİNETİĞİ VE TOZ ÜRÜNÜN
KALİTE ÖZELLİKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Esma MECİ
(21278347017)
ORCID: 0000-0002-7651-1267**

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

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

HAZİRAN 2024

BTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 21278347017 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Esmâ MECİ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “MİKRODALGA VE SICAK HAVA KOMBİNASYONU İLE KURUTULAN CENNET HURMASININ KURUTMA KİNETİĞİ VE TOZ ÜRÜNÜN KALİTE ÖZELLİKLERİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

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

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

Doç. Dr. Onur TAŞKIN
Bursa Uludağ Üniversitesi

Dr. Öğretim Üyesi Seda ALTUNTAŞ
Bursa Teknik Üniversitesi

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



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

İNTİHAL BEYANI

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

Öğrencinin Adı Soyadı: Esma MECİ

İmzası:





Aileme ve en sevdiklerime,

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim ve yürüttüğüm bu çalışma boyunca çok değerli bilgi ve tecrübelerini esirgemedi bana rehberlik eden Prof. Dr. Gökçen YILDIZ'a içten teşekkürlerimi sunmak isterim. Daima yanımda olan annem Meziyet MECİ, ablam Nida MECİ ve çalışma sürecinde her daim desteklerini esirgemeyen ev arkadaşım Yasemin AKCA'ya içtenlikle teşekkürlerimi sunuyorum.

Haziran 2024

Esma MECİ
(Gıda Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR.....	x
SEMBOLLER	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xii
ŞEKİL LİSTESİ	xiv
ÖZET.....	xiv
SUMMARY.....	xvii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	4
3. MATERYAL VE METOT	16
3.1 Malzeme	16
3.2 Deney Tasarımının Oluşturulması.....	16
3.3 Yöntem	16
3.3.1 Nem içeriğinin hesaplanması	16
3.3.2 Kurutma hızının hesaplanması.....	17
3.3.3 Enerji tüketimi.....	17
3.3.4 Cennet hurması tozu analizleri.....	17
3.3.4.1 Yığın, sıkıştırılmış ve partikül yoğunluğu tayini	17
3.3.4.2 Gözeneklilik, akabilirlik ve yapışkanlık değerleri	18
3.3.4.3 Şişme kapasitesi tayini	18
3.3.4.4 Su tutma kapasitesi tayini.....	18
3.3.4.5 Suda çözünme indeksi tayini.....	19
3.3.4.6 Toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite tayini için ekstraksiyon yöntemi.....	19
3.3.4.7 Renk tayini	21
3.3.4 İstatistiksel analiz	21
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	22
4.1 Nem İçeriği Değişimi	22
4.2 Kuruma Hızı Değişimi	24
4.3 Enerji Tüketimi.....	26
4.4 Kurutulmuş Cennet Hurması Tozunun Fiziksel ve Fizikokimyasal Özellikleri	27
4.4.1 Yığın, sıkıştırılmış, partikül yoğunluk, gözeneklilik, akabilirlik ve yapışkanlık değerleri.....	27
4.4.2 Şişme kapasitesi, su tutma kapasitesi ve suda çözünme indeks değerleri. 31	
4.4.3 Toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite değerleri	33
4.4.4 Renk Değerleri	35
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	41
KAYNAKLAR.....	45

ÖZGEÇMİŞ.....Hata! Yer işareti tanımlanmamış.



KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devleti
DPPH	: 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl
GAE	: Gallik Asit Eş Değeri
HMF	: Hidroksimetil furfural
HPLC	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
MD	: Mikrodalga
MDSH	: Mikrodalga-sıcak hava
SH	: Sıcak hava

SEMBOLLER

%	: Yüzde
°C	: Santigrat derece
μm	: Mikro mol
°Bx	: Brix
<i>a</i>*	: Rengin kırmızılığı (+) ya da yeşilliği (-)
<i>a_w</i>	: Su aktivitesi
<i>b</i>*	: Rengin sarılığı (+) ya da maviliği (-)
<i>C</i>*	: Renk yoğunluğu (kroma)
cm	: Santimetre
cm³	: Santimetreküp
g	: Gram
Kg	: Kilogram
km	: Kuru madde
<i>L</i>*	: Parlaklık
m/s	: Metre/saniye
mg	: Miligram
mg/kg	: Miligram/Kg
mg/L	: Miligram/litre
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
Na₂CO₃	: Sodyum karbonat
nm	: Nanometre
<i>α</i>°	: Hue açısı
<i>ΔE</i>	: Renk değişimi

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1 : Cennet hurması meyvesinin bileşenleri.....	2
Çizelge 2.1 : Cennet hurması üretiminin ülkelere göre dağılımı.....	4
Çizelge 2.2 : 11 çeşit Cennet hurması şeker içerikleri (g kg ⁻¹ FW).	10
Çizelge 4.1 : Cennet hurmasının farklı yöntemlerle kurutma süresi ve kurutma sırasında tüketilen enerji değerleri.	26
Çizelge 4.2 : Farklı uygulamalarla kurutularak elde edilen Cennet hurması tozu örneklerinin yığın, sıkıştırılmış, partikül yoğunluk, gözeneklilik, akabilirlik (<i>CI</i>) ve yapışkanlık (<i>HR</i>) değerleri.	29
Çizelge 4.3 : Farklı uygulamalarla kurutularak elde edilen Cennet hurması tozu örneklerinin şişme, su tutma kapasitesi ve suda çözünme indeksi değerleri.....	32
Çizelge 4.4 : Farklı uygulamalarla kurutularak elde edilen Cennet hurması tozu örneklerinin toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite değerleri..	33
Çizelge 4.5 : Farklı uygulamalarla kurutularak elde edilen Cennet hurması tozu örneklerinin renk değerleri.	38

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 : Cennet hurması olgunlaşma süreci.....	5
Şekil 4.1 : Farklı yöntemlerle kurutulan Cennet hurması örneklerinin nem içeriğinin zaman ile değişimi.....	22
Şekil 4.2 : Farklı yöntemlerle kurutulan Cennet hurması örneklerinin kuruma hızlarının nem içerikleri değişimi.	24



MİKRODALGA VE SICAK HAVA KOMBİNASYONU İLE KURUTULAN CENNET HURMASININ KURUTMA KİNETİĞİ VE TOZ ÜRÜNÜN KALİTE ÖZELLİKLERİ

ÖZET

Bu çalışmada, Cennet hurması (*Diospyros kaki L.*) meyvesi önceden kabuk ve çekirdeklerinden ayrılıp blender yardımıyla püre haline getirildikten sonra sıcak hava (SH), mikrodalga (MD) ve mikrodalga-sıcak hava (MDSH) kombinasyonu olmak üzere üç farklı kurutma yöntemine tabi tutulmuştur. SH (50 °C ve 75 °C), MD (100 ve 200 W) ve MDSH (100 W-50 °C, 100 W-75 °C, 200 W-50 °C, 200 W-75 °C) olmak üzere 8 farklı kurutma yöntemi uygulanmış ve elde edilen örnekler nem içeriği, kurutma hızı, enerji tüketimi, yığın, sıkıştırılmış ve partikül yoğunluğu, gözleneklilik, akabilirlik ve yapışkanlık değerleri, şişme kapasitesi, su tutma kapasitesi, yeniden su alma, renk değerleri (L , a^* , b^* , C , a° , ΔE), toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite değerleri incelenmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki, artan kurutma hava sıcaklığı ve mikrodalga güç seviyeleri daha kısa kurutma süresine neden olmuş ve kurutma işlemi azalan periyotta gerçekleşmiştir. Uygulanan kurutma yöntemleri arasında, MDSH yöntemi önemli ölçüde daha yüksek kuruma hızı ve kısa sürede daha fazla nemin uzaklaştırılması sağlamıştır. Nem içeriği ve kurutma hızı bakımında örnekler birbiriyle benzerlik göstermekle birlikte, 50 °C’de sıcak havayla kurutulan örneğin en yavaş kuruduğu ve kurutma sonucunda en yüksek nem içeriğine sahip olduğu gözlenirken, 200 W-75 °C’nin en kısa zamanda en az nem içeriğine sahip olduğu gözlenmiştir. Farklı kurutma yöntemleri ile elde edilen Cennet hurması tozu örneklerinin yığın ve sıkıştırılmış yoğunluk değerlerinde önemli değişiklikler gözlenirken, partikül yoğunluğunda istatistiksel olarak bir fark gözlenmemiştir ($p>0,05$). Cennet hurması tozlarının gözeneklilik değerleri en düşük 200 W-75 °C’de %37,99 iken; en yüksek değer ise 50 °C’ye ait olup %77,57’dir. Örneklerin akabilirlik ve gözeneklilik değerleri MDSH yöntemi ile kurutulan örneklerde önemli artışlar göstermiştir. Toplam fenolik madde ve antioksidan kapasitesi değerlerinde artan sıcaklık ve MDHS yöntemlerinde azalma belirlenmiştir. Hammaddeyle kıyaslandığında, taze Cennet hurmasının toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite değerlerine en yakın veriler 50 °C sıcak havayla kurutmada elde edilirken, en düşük değerler ise MDSH uygulamalarında elde edilmiştir. Renk değerleri incelendiğinde, taze örneğe kıyasla tüm kurutma şartları için L^* değerinde bir azalma gözlenirken, a^* değerinde artış saptanmıştır. ΔE değeri bakımından en düşük değer 100 W-75 °C MDSH yöntemine aitken, en yüksek değer ise 200 W-75 °C MDSH yöntemine ait olduğu belirlenmiştir. Tüm sonuçlar bir bütün olarak göz önüne alındığında, sadece SH ve/veya sadece MD yöntemlerinin olumsuz etkilerini en aza indirmek amacıyla MD ile SH kurutma tekniklerinin kombine edilmesi tavsiye edilmektedir.

Anahtar kelimeler: Mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu, Cennet hurması, Toz ürün özellikleri.



DRYING KINETICS OF PERSIMMON DRIED BY MICROWAVE AND HOT AIR COMBINATION AND QUALITY CHARACTERISTICS OF THE POWDER PRODUCT

SUMMARY

In this study, persimmon (*Diospyros kaki L.*) fruit was previously separated from its fruit skin and seeds and pureed with the help of a blender, and then subjected to three different drying methods: hot air (SH), microwave (MD) and microwave-hot air combination (MDSH). 8 models: SH (50 °C and 75 °C), MD (100 and 200 W) and MDSH (100 W-50 °C, 100 W-75 °C, 200 W-50 °C, 200 W-75 °C). Different drying methods were applied, and the samples obtained showed moisture content, drying rate, energy consumption, bulk, tapped and particle density, porosity, flowability and cohesiveness values, swelling capacity, water retention capacity, rehydration, color values (L , a^* , b^* , C , a° , ΔE), total phenolic substance and antioxidant capacity were examined. The results showed that increasing drying air temperature and microwave power levels caused shorter drying time and the drying process took place in a decreasing period. Among the applied drying methods, the MDSH method provided significantly higher drying rate and greater moisture removal. Although the samples are similar in terms of moisture content and drying speed, it was observed that the sample dried with hot air at 50 °C dried the slowest and had the highest moisture content because of drying, while 200 W-75 °C had the lowest moisture content in the shortest time. While significant changes were observed in the bulk and compressed density values of persimmon powder samples obtained with different drying methods, no statistical difference was observed in particle density ($p < 0.05$). The lowest porosity values of persimmon powders are 37.99% at 200 W-75 °C; The highest value belongs to 50 °C and is 77.57%. The flowability and porosity values of the samples showed significant increases in the samples dried with the MDSH method. Total phenolic substance and antioxidant capacity were found to decrease with increasing temperature and MDHS methods. Compared to the raw material, the closest values in terms of total phenolic substance and antioxidant capacity of fresh persimmon were obtained in 50 °C hot air drying, while the lowest values were obtained in MDSH applications. When the color values were examined, a decrease in the L^* value was observed for all drying conditions compared to the fresh sample, while an increase in the a^* value was observed. In terms of ΔE value, it was determined that the lowest value belonged to the 100 W-75 °C MDSH method, while the highest value belonged to the 200 W-75 °C MDSH method. Considering all the results, it was recommended to combine MD and SH drying techniques to minimize the negative effects of SH only and/or MD only methods.

Keywords: Microwave-hot air combination, Persimmon, Powder product quality.

1. GİRİŞ

Diospyros kaki, *Ebenaceae* familyası mensubu olup, 3 farklı cinse sahiptir. Cennet hurmalarının da dahil olduğu *Diospyros* cinsi, yaklaşık 400 farklı tür içermektedir. Yunanca kökenli olan *Diospyros* kelimesindeki ‘‘Dios’’ baştanrı, ‘‘pyros’’ ise tane anlamına gelmektedir. Meyvelerin görünüş ve tatlarının hoşluğundan kaynaklı, bazı kaynaklarda Zeusun meyvesi olarak geçen *Diospyros kaki*, Türkiye’de ise Cennet hurması, Trabzon hurması, Cennet elması gibi farklı adlandırmalara sahiptir (Alhammadiy, 2022).

Çin kökenli olduğu kabul edilen Cennet hurmasının, başta Japonya olmak üzere birçok ülkede yetiştiriciliği yapılmaktadır. Ülkemizde ise ilk defa Trabzon Bölgesinden kültürümüze dahil edilen meyve, suptronik iklim meyvesi olmasından kaynaklı en çok Akdeniz bölgesinde yetiştirilip, Marmara bölgelerinde de yetiştiriciliği yapılmaktadır (Lodos, 2022).

Cennet hurması, ülkemizde eylül ile aralık ayları arasında yetişip, ortam şartlarına bağlı olarak rengi olgunlaşırken sarıdan kırmızının ve turuncunun farklı tonlarına dönüşebilir, şekil ve boyut olarak farklılıklar gözlemlenebilir. Sıcak iklim koşullarında yetişen diğer subtropik meyvelerden farklı olarak, *Diospyros Kaki* kış koşullarına uyum sağlayabilen ve kışın yaprak döken bir meyvedir (Akbulut, 2021).

Cennet hurmasının tüketimi gün geçtikçe artmasına rağmen, hala çok fazla tercih edilmemektedir. Bunun başlıca nedenleri, buruk tada sahip olması, olgunlaşmış halinin ise yumuşaklığından kaynaklı ezilmesi, meyve yüzeyinin parçalanması, olgunlaşan meyvedeki renk farklılıklarının fazla olması ve olgunlaştıkça rengin fazla koyulaşması, bundan dolayı tüketicide olumsuz bir izlenim bırakması sayılabilir (Erbay, 2021).

Cennet hurmasının tüketiminde karşılaşılan en büyük olumsuzluk buruk tattır. Bu buruk tada içerdiği fenolik maddeler neden olmaktadır. Bu buruk tadın tüketilebilir olması için fizyolojik olarak olgunluğa erişmesi, CO₂ uygulanması, ethrel solüsyonuna

daldırılması, etilen odalarında bekletilmesi ve 21 °C sıcaklıkta yeme olgunluğuna ulaşana kadar bekletilmesi gibi yollar izlenebilir (Alhammadiy, 2022).

Cennet hurması içeriğinde bulunan fenolik bileşikler ve askorbik asit miktarı nedeniyle önemli bir antioksidan kaynağıdır. Bunların yanı sıra, Vitamin A, Vitamin E, tanenler, kalsiyum ve demir gibi birçok bileşen barındıran içeriği bakımından zengin bir meyvedir (Yönel ve diğ, 2008). Çizelge 1.1’de Cennet hurmasının bileşenleri yer almaktadır.

Çizelge 1.1 : Cennet hurması meyvesinin bileşenleri (Yönel ve diğ, 2008).

	Herman, 1994	Duckwort, 1979
Su	79-83	78-88
Toplam Kurumadde (g/100 g)	17-21	12-22
Toplam Şeker (g/100 g)	13-15	-
Ham Protein (g/100 g)	0,4-0,8	0,5
Ham Yağ (g/100 g)	0,1-0,3	İz Miktarda
Ham Selüloz (g/100 g)	-	1,2
Kül (g/100 g)	0,3-0,7	-
Askorbik Asit (mg/100 g)	20-50	9-5
Kalsiyum (mg/100 g)	6-20	10
Magnezyum (mg/100 g)	8-11	-
Fosfor (mg/100 g)	20	-
Demir (mg/100 g)	-	0,4
Potasyum (mg/100 g)	130-210	-
Thiamin (mg/100 g)	0,01-0,03	0,02
Niacin (mg/100 g)	0,01-0,05	0,2
Riboflavin (mg/100 g)	0,3-05	0,02

Cennet hurması meyvesinin zengin içeriğinden dolayı insan sağlığına birçok olumlu etkisi vardır. Kanserle karşı direnç sağlamasında, diyabet, katarakt, ateroskleroz (damar sertliği), kolesterol ve sindirim sistemini düzenleyici etkilere sahiptir. Aynı zamanda anti-bakteriyel, anti-alerjik ve anti-mutajenik olduğu da bildirilmektedir (Butt ve diğ, 2015; Khaled ve diğ, 2020). Buruk tadı üzerinde yüksek oranda etkisi olan tannik asidin, meyvenin olgunlaşması ile miktarı ve etkisi azalır. Meyve içinde çözünmüş şekilde bulunan tanin’in kanama durdurucu etkisi vardır (Dal, 2016).

Cennet hurması meyvesi taze olarak kullanılmakla beraber, belirli işlemler ardından fonksiyonel gıda olarak da günlük diyetle ilave edilerek, zengin içeriğinden yararlanılmalıdır. Hem mevsimi olmadığı zamanlarda zengin içeriğinden yararlanabilmek, hem de raf ömrünü uzatmak için kurutma, dondurma gibi yöntemler

kullanılmaktadır. Bunların yanı sıra jöle, marmelat, dondurma, sos, kek, sakız gibi ürünlerin üretiminde de sık sık kullanılmaktadır (Kaya ve diğ, 2017).

Kurutma, çok eski tarihlerden itibaren, ürünün lezzetini arttırmak, raf ömrünü uzatmak, kalitesini korumak için üründeki sıvıyı uzaklaştırarak son üründeki nem miktarını en aza indirmek için kullanılan geleneksel bir yöntemdir. Kurutma işleminde asıl istenilen son üründe renk, tekstür, tat gibi özellikler ile tüketicinin beğenisini kazanmaktır (Erbay ve İçier, 2009). Kurutma ile ürünlerdeki serbest suların uzaklaştırılmasıyla mikroorganizma gelişimini engelleyecek ya da durduracak bir seviyeye indirgenmesi, ürünlerin taşınması için ağırlığının ve hacminin azaltılarak ekonomik hale getirilmesi gibi birçok avantaj sağlanması amaçlanmaktadır (Alhammadiy, 2022).

Kurutma işlemi ilk başlarda güneşe serilerek yapılırsa da teknolojinin gelişmesiyle birlikte, yeni yöntemler geliştirilmiştir. Açık havada yapılan kurutma da karşılaşılan dezavantajlardan bazıları; Kurutmanın uzun sürmesi, bu sürenin uzamasıyla mikrobiyal risk ve farklı kontaminasyon oluşma risklerinin artması, ürünün eşit derece ve istenilen ölçüde kurumaması, istenilen nem dengesine ulaşamaması, son üründe belirgin farklılıklar gözlemlenmesi (Doymaz, 2012). Dolayısıyla, kaliteyi korumak, kuruma süresini azaltmak, daha az enerji kullanmak ve diğer tüm dezavantajları en aza indirmek amacıyla farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden bazıları sıcak hava ile, mikrodalga ile ve dondurarak kurutmadır.

Kurutma işleminde uygun kurutucu, sıcaklık ve süreninin belirlenmesi, elde edilen ürünün kalitesi açısından önemlidir. Bu çalışmada sıcak hava ile kurutma, mikrodalga ile kurutma ve bu iki yöntemin kombine kullanılarak yapılan kurutmaların toz ürünün kurutma kinetiği ve kalite özellikleri incelenmiştir. Zengin içeriğe sahip olan Cennet hurmasının, toz haline getirilerek taze meyvede karşılaşılan kısa raf ömrü sorunu ortadan kaldırmak ve farklı kullanım alanları açılmasına imkan sağlanması öngörülmüştür.

2. LİTERATÜR TARAMASI

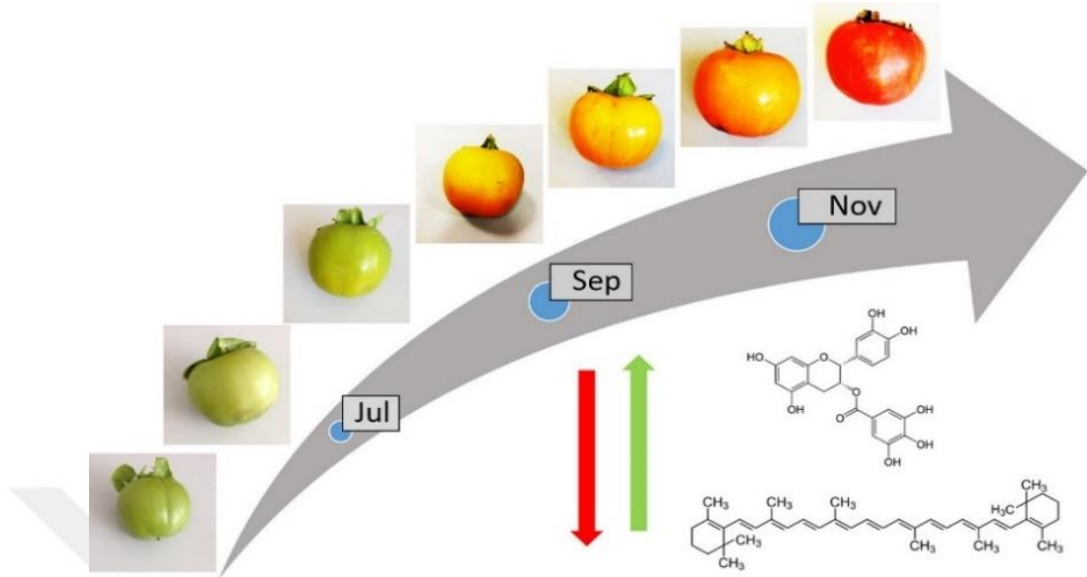
Cennet hurmasının kökeni Çin olup, Çin'den sonra Japonya'da daha sonra da diğer ülkelere yayılmıştır. 18. yy'da Amerika ve Avrupa'da yaygınlaşan Cennet hurmasının Türkiye'ye getirilme tarihi net olmamakla birlikte, çok eski yıllardan itibaren yetiştirildiği bilinmektedir (Yeşilkanat, 2019). Türkiye'ye girişi Karadeniz bölgesinden olması nedeniyle Trabzon hurması olarak da adlandırılan meyve, çeşitli iklim şartlarında yetiştirebildiğinden dolayı Türkiye'de Ege, Marmara ve Karadeniz gibi birçok bölgesinde yetiştirilmektedir (Özcan, 2005). Cennet hurması üretiminde öne çıkan ülkeler Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 : Cennet hurması üretiminin ülkelere göre dağılımı (Uçar, 2010).

Ülke	Alan (Ha)	Üretim (Ton)	Üretim/Alan
Çin	683.869	2.533.899	3,7
Kore	30.669	430.521	14,0
Japonya	23.200	244.800	10,6
Brezilya	8.650	169.000	19,5
Azerbaycan	6.917	132.179	19,1
İtalya	2.700	50.000	18,5
Özbekistan	3.000	31.000	10,3
İsrail	3.000	30.089	10,0
Yeni Zellanda	180	3.000	16,7
İran	100	1.000	10,0
Avustralya	82	715	8,7
Nepal	73	489	6,7
Meksika	45	442	9,8
Slovenya	32	441	13,8

Subtropik bir iklim meyvesi olan Cennet hurması (*Diospyros Kaki L.*), sıcak iklim koşullarına uyum sağlarken, çoğu subtropik meyvenin aksine -12 °C seviyelerine kadar dirençli ve kış mevsiminde yaprak dökmektedir. Cennet hurması (*Diospyros kaki L.*) biçim olarak yuvarlak, ortalama ağırlığı 500 gram, kabuğu pürüzsüz, parlak ve incedir. Ağızda burukluk bırakan ve bırakmayan türlere sahiptir (Alhammadiy, 2022). Buruk olmayan bazı türler Jiro, Suruga Fuyu ve Gosho iken, buruk olan türler içinde Aizumishirazu, Hiratanenashi, Hachiya vardır (Ito, 1971). Meyve rengi hasat

döneminde turuncu sarı renk, turuncu kırmızı olup, fizyolojik olgunlaşma sırasında koyu turuncu, kırmızı, kırmızı turuncu olmaktadır (Kuzucu ve Kaynaş, 2004).



Şekil 2.1 : Cennet hurması olgunlaşma süreci (Bordiga ve diğ, 2019).

Cennet hurması meyvesinin ticari değeri tespit edilirken en öne çıkan kalite özelliği görünümüdür. Renk, pürüzsüzlük, ebat, biçim, yumuşaklık, bozulma miktarı, hasar miktarı önemli kalite parametrelerinden olup, meyvenin şeker miktarı, buruk olup olmaması tüketici açısından büyük bir öneme sahiptir (Kuzucu ve Kaynaş, 2004).

Burukluk temel olarak çözünen tanen miktarının burukluğa neden olmaktadır. Meyvede bulunan tanen hücrelerinin parçalanıp çözünmesi ile yoğun bir şekilde burukluk oluşur (Zorlugenç, 2010). Meyvenin türüne bağlı olarak tanen hücrelerinin miktarı ve boyutu değişmekte olup, burukluk derecesini de belirlemektedir. Tanen çözünebilir durumdayken parçalanarak meyvenin yüzeyine yayılarak burukluk oluşmasına neden olurken, polimerize tanenin suda çözünmemesiyle burukluk hissi oluşmamaktadır (Kuzucu ve Kaynaş, 2004). Burukluğun giderilmesi amacıyla yapılan bazı uygulamalar, etanol buharı uygulamak, ılık suya daldırma, dondurma, kurutma ve karbondioksit gazı muamelesidir. Bu uygulamaların sonucunda çözünür halde bulunan tanenler, çözünmez hale gelerek burukluk giderilmiş olur. Uzak doğu ülkelerinde burukluğu gidermede kullanılan en yaygın yöntem kurutmadır (Alhammadiy, 2022).

Toplu ve diğ, (2016) Amankaki ve Vainiglia çeşitlerinde yaptıkları çalışmada, burukluğunu gidermek için %5 etanolde belirli sürelerde bekletildikten sonra 7-10 gün belirli şartlar altında depolanan her iki çeşit hurmanın da burukluğunun giderildiğini gözlemlenmiştir.

İçeriğindeki yüksek tanen miktarının yanı sıra polifenoller, terpenoidler, steroidler, flavonoidler, karotenoidler, mineraller ve diyet lifi dahil olmak üzere birçok biyoaktif bileşikler barındıran Cennet hurması meyvesinin zengin içeriğinden dolayı sağlığa olumlu etkilere sahip olduğu saptanmıştır (Shazia ve diğ, 2016). Yapılan başka bir çalışmada Çin’de tedavi amacıyla kullanılan Cennet hurması meyvesinin yapraklarının sağlık üzerine etkileri incelenmiştir ve antioksidatif, hipolipidemik, antidiyabetik, antibakteriyel, hemostaz aktiviteleri gibi birçok olumlu etkisi olduğu sonucuna varılmıştır (Xie ve diğ, 2015).

Cennet hurması içeriği açısından ele alındığında, askorbik asit ve fenolik bileşikler bakımından zengin olduğu bilinmektedir. Meyvenin içeriğindeki A ve E vitaminleri, yüksek diyet lifi, zengin karbonhidrat ve tanen ile meyvenin antioksidan aktivitesinin zenginliği açıklanmaktadır. Gıda sektöründe biyoaktif bileşenler katkı maddesi, fonksiyonel gıda bileşeni veya gıda takviyesi gibi birçok amaçla kullanılmaktadır (Yeşilkanat, 2019). Yapılan bir araştırmada buruk olmayan (Fuyu) ve buruk (Hachiya) iki farklı hurmanın olgunlaşma sürecinde ana fenolik bileşik, ana karotenoid bileşik ve L-askorbik asit değişimini HPLC cihazında gözlemişlerdir. Hachiya cinsinde olgunlaşma ile fenolik bileşenlerde gözle görülür bir değişim gözlenmiştir. Fuyu’da ise ölçülen en yüksek değer 84,7 mg/kg iken, olgunlaşmış hurmada bu değer 39,6 mg/kg düzeylerinde ölçülmüştür (Karhan ve diğ, 2003).

Suzuki ve diğ, (2005) 3 tanesi buruk olan 5 tane Cennet hurması üzerinde yaptıkları çalışmada kateşin kompozisyonunu ve toplam fenolik madde içeriğini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda meyvelerin gallik asit, epigallokateşin, kateşin ve epikateşin içerdiğini, buruk olanlarınsa buruk olmayanlara oranla daha fazla fenolik madde içerdiğini ve daha iyi bir doğal antioksidan olduğunu bildirmişlerdir.

Cennet hurması meyvesinin bir başka antioksidan bileşen olan C vitamini bakımından da önemli bir doğal kaynak olduğu çalışmalar ile kanıtlanmıştır. Toplam C vitamini miktarının olgunlaşma ile azaldığı gözlenmiştir. Homnava ve diğ, (1990) Fuyu çeşidi Cennet hurmasında taze meyvede 218 mg/100 g C vitamini olduğunu ve bu değer diğer Cennet hurması çeşitleri arasında da en yüksek C vitamini miktarı olduğunu bildirmiştir.

Cennet hurması zengin içeriği nedeniyle birçok yarara sahip olduğu araştırmalar ile ortaya konmuştur. Kalp-damar hastalıklarında iyileştirici etkisi olup, son yıllarda

yapılan araştırmalardan yüksek tansiyon ve kolesterolü düşürücü etkilere sahip olduğu da kanıtlanmıştır. Kansızlık, kilo alma, mide-barsak hastalıklarının iyileştirilmesi, iştah aması, mide gastritini önlemesi ve bağırsak iltihabına iyi gelmesi gibi birçok olumlu yan etkiye de sahiptir (Alhammadiy, 2022).

Cennet hurması zengin içeriği göz önüne alındığında sağlığa olumlu etkileri hakkında birçok literatür çalışması bulunmaktadır. Hwang ve diğ, (2017) tarafından yürütülen çalışmada kolesterol metabolizması üzerine etkileri araştırılmış ve bu araştırma sonucunda buruk hurma eşitlerinde, DPPH ve ABTS radikal süpürme etkinliğinin C vitaminine eşdeğer davranışlar sergiledikleri gözlenmiştir. Cennet hurması ekstraktının, LDL ve HDL kolesterol ile ilişkili genler üzerinde etkili olduğu saptanmıştır.

Cennet hurması içeriğindeki karbonhidrat, pektin, tanen, biyoaktif bileşenler, karotenoidler, A, C ve E vitaminleri ile biyoaktif bileşenler bakımından zengin olan meyve, sağlığa yararlılığı, rengi ve tadı ile alternatif besin arayışı için çok uygun bir meyvedir. İçeriğindeki yoğun doğal şeker ile beyaz şekere bir alternatif oluşturabilecek meyve, taze olarak kullanılmakla beraber reçel, marmelat, dondurma, jöle, kek yapımı, gibi birçok kullanım alanına sahiptir. (Yeşilkanat, 2019; Kaya ve diğ, 2017). Meyvenin kendisinin kullanımının yanı sıra, Uzakdoğu lkelerinde yapraklarının da alternatif tıpta çay olarak kullanıldığı bilinmektedir. Chang ve arkadaşları (2019) meyve yaprağı bileşimi hakkında yaptıkları çalışmada meyve yapraklarının hasat döneminin biyoaktif bileşenlerin miktarı üzerinde etkili olduğunu ve erken hasatta daha zengin olduğunu ifade etmektedir.

Kokangül ve Fenercioğlu (2014) Cennet hurmasının %15, %25 ve %35 oranlarında elma ve armut ilave ederek marmelat üretimi yaptıkları çalışmada 9 ay muhafaza edilen marmelatların farklı kalite parametrelerini değerlendirmişlerdir. Yapılan değerlendirmede, muhafaza süresi ile Hidroksimetil Furfural değerinin doğru orantıda yükselirken, jel gücü değerlerinin belirgin bir değişkenlik göstermediği ve örnekler arasında kayda değer bir farklılık olmadığı belirtilmiştir. Renk, pH, toplam kurumadde miktarı gibi değerlerin katılan meyve oranlarıyla farklılık gösterirken, duyuusal analiz sonucunda armut ve elma katkılı marmelatların, %100 Cennet hurması kullanılan marmelatlardan daha çok tercih edildiği ifade edilmiştir.

İçeriğinde fenolik maddeler bakımından zengin olan Cennet hurması, fonksiyonel gıdalarda geleneksel tatları zenginleştirmek ve tüketimini arttırmak, günlük diyetle kullanımını arttırmak için birçok ürüne eklenmektedir. İçeriğindeki zengin lif miktarı nedeniyle elma ve Cennet hurması katkılı probiyotik yoğurt üzerine bir çalışma yapılmış ve bu yoğurdun fiziksel, kimyasal ve duyusal kalitesini incelemişlerdir. Ayrıca bu çalışmada Cennet hurmasının sağlık üzerine etkilerine de değinilmiştir (Karaca ve diğ, 2019).

Karaman ve arkadaşları (2014) Cennet hurmasını püre haline getirdikten sonra %8, 16, 24, 32 ve 40 oranlarında dondurmaya ilave etmiş ve ortaya çıkan ürünlerin kalite parametrelerini incelemişlerdir. Dondurmaya ikame edilen oran arttıkça, kül, yağ, protein, viskozite, erime zamanı, L^* değeri, sakkaroz ve laktoz miktarının azaldığı, glukoz, früktoz, fenolik madde, a^* ve b^* miktarlarının ise yükseldiği tespit edilmiştir. Cennet hurmasının besin değerinden dolayı, dondurma çeşitliliğini ve kalitesini arttırmak için yapılan araştırmadan başarılı bir sonuç elde edildiği ve duyusal analiz sonucunda da %24 Cennet hurması ikame edilen örneklerin en fazla beğeni aldığı ortaya konmuştur.

Hernández-Carrión ve diğ, (2015) Cennet hurması ilaveli milkshake üretimi yapılmış ve tercih edilebilirliği değerlendirilmiştir. Fonksiyonel bir gıda olarak tasarlanan ürün, günlük diyet için sağlıklı bir seçenek olup, tüketicilerin dikkatini çekme potansiyeli yüksek olduğu vurgulanmıştır.

Yönel (2009) Cennet hurması pulpuna kan portakalı, pembe greyfurt ve mandalina konsantreleri katarak nektarı üretmiş ve oda sıcaklığında 3 ay depolanan Cennet hurması sularında fiziksel, kimyasal ve duyusal analizler ile kalite parametrelerini incelemiştir. Yapılan duyusal analizde %70 hurma pulpu kullanılarak hazırlanan nektar hem en az beğeniye sahip olup, hemde en düşük toplam fenolik madde içeriğine sahip örnektir. En beğenilen örnek Kan Portakalı Konsantrasyonu ile hazırlanan örnekler olup, aynı zamanda en yüksek toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite oranlarına sahip olan ürünlerdir.

Sakanaka ve Ishihara (2008) yaptıkları araştırmada, içeriğindeki yüksek şekeri göz önünde bulundurarak Cennet hurması sirkesi üretim potansiyelini değerlendirmiş ve ticari sirkeler ile antioksidan özelliği ve serbest radikal süpürme kapasitelerini kıyaslamıştır. Pirinç sirkesi ve elma sirkesi ile karıştırılan Cennet hurması, zengin

antioksidan içeriğine sahip olduğu ve bu antioksidan etkinin lipit oksidasyonunu inhibe edici özelliği ortaya konmuştur.

Bordiga ve arkadaşları (2023) farklı mikroorganizmalar kullanarak Cennet hurmasından ürettikleri sirkelerin kalitesini değerlendirmişlerdir. Yüksek antioksidan özelliği ve elde edilen olumlu özellikler sonucunda Cennet hurmasından elde edilen sirkenin gelecekte yaygınlaşma olasılığının yüksek olduğu bildirilmiştir.

Cennet hurmasının en önemli özelliklerinden biri, burukluğu giderilmiş ve buruk olmayan tüm çeşitlerindeki yüksek şeker, lif ve zengin antioksidan içeriğidir. Besin değerleri türler arasında değişiklikler göstermekle birlikte, tüm Cennet hurması türleri günlük diyet için besin değeri yüksek bir ürün olduğu birçok çalışma ile ispatlanmıştır. Artan sanayileşme ile hazır gıdaya yönelimin hızla artması, fiziksel aktivitenin ise gün geçtikçe azalması ile obezite ve kanser gibi sağlık problemleri gündeme gelmiş ve bu problemin çözümünün bir parçası olarak fonksiyonel gıdalar ile daha yüksek besin değeri olan, görünüş ve tat bakımından tatmin edici gıdaların kullanımı yaygınlaşmıştır.

Günlük diyetle alınan basit şeker tüketimi insülin direncine yol açmakta ve hücrelerin kontrolsüz bir biçimde çoğalarak kanser hücrelerine dönüşmesine yol açmaktadır. Basit şeker tüketiminin %10 ile sınırlandırılması obeziteyi engellemesi öngörülen yollardan birisidir. Basit şeker kullanımının azaltılması için başvuru yollarından biri ise tatlandırıcıların kullanımı olup, yapay tatlandırıcıların (aspartam, asesülfam K vb.) uzun vadede sağlık açısından riskleri olabileceğine dair çalışmalar vardır. Tüm bunların sonucunda yüksek tatlılık oranına sahip, yüksek antioksidan içeriği ile sağlığa olumlu etkisi olabilecek doğal tatlandırıcılar mercek altına alınması gerekmiştir. Bu bağlamda Cennet hurmasının içeriği nedeniyle tüm bu ihtiyaçları giderebilecek potansiyeldedir (Yeşilkanat, 2019) Çizelge 2.2’de 11 çeşit Cennet hurması meyvesinin şeker içerikleri verilmiştir.

Yıldız ve arkadaşları (2005) cennet hurmalarının raf ömrü üzerinde yaptıkları çalışmada, meyveye sıcak su uygulayarak dayanıklılığını incelemişlerdir. Hana Fuyu çeşidini kullanarak yaptıkları çalışmada, belirli süre ve sıcaklıkta sıcak su ile işlem görmüş meyveyi kurutma işleminin ardından belirli şartlar altında 4 ay boyunca belirli aralıklar ile kalite parametreleri incelenmiş ve depolama süresinin uzaması ile meyve yumuşaklığının arttığı ve son aylarda küf mantarı kaynaklı bozulmaları gözlenmiştir.

Bibi ve arkadaşları (2017) N₂ ve CO₂ atmosferine 48 saat maruz bırakıldıktan sonra 3 hafta 20-25 °C’de depolanan Cennet hurması meyvesinin belirli kalite parametrelerini göz önüne aldıkları, raf ömrünü inceledikleri ve burukluğa etkisini araştırdıkları çalışmada, 3 haftanın sonunda duyusal kalitenin ve besin değerlerinin korunduğunu belirtmişlerdir. Duyusal analiz sonuçlarına göre görünüş konusunda en tercih edilen cennet hurmaları N₂ ile muamele edilen, lezzet bakımından en tercih edilen ise CO₂ ile muamele edilen cennet hurmaları olmuştur.

Çizelge 2.2 : 11 çeşit Cennet hurması şeker içerikleri (g/kg⁻¹FW) (Veberic ve diğ, 2010).

<i>Diospyros kaki L.</i> Çeşitleri	Sakaroz	Fruktoz	Glikoz	Toplam şeker
‘Amankaki’	10,4 ±0,35	55,9 ±2,67	60,5 ±2,74	127 ±4,97
‘Cal Fuyu’	9,90 ±0,39	42,0 ±3,06	53,7 ±2,74	108 ±5,08
‘Fuji’	11,4 ±0,61	52,9 ±2,79	66,3 ±1,89	132 ±3,85
‘Hana Fuyu’	9,99 ±0,36	44,2 ±2,49	53,6 ±1,78	108 ±2,26
‘Jiro’	11,2 ±0,57	44,2 ±2,48	60,5 ±2,00	120 ±2,54
‘O’Gosho’	9,16 ±0,21	38,0 ±5,00	47,8 ±3,5	106 ±6,77
‘Tenjin O’Gosho’	9,47 ±0,18	46,0 ±3,95	61,8 ±2,01	117 ±5,47
‘Tiyen’	11,5 ±0,46	63,6 ±2,71	79,9 ±2,10	156 ±3,54
‘Tipo’	10,3 ±0,48	46,6 ±2,67	68,2 ±1,69	126 ±3,71
‘Ton Wase’	10,2 ±0,25	77,8 ±3,77	87,9 ±2,91	178 ±5,76
‘Zafer’	12,2 ±0,46	68,5 ±2,62	76,7 ±1,97	160 ±2,88

Gıdalardaki bozulmaların temel nedeni gıda içeriğindeki yüksek su içeriğidir. Gıdadaki su, kimyasal, biyokimyasal ve mikrobiyolojik olaylarda önemli bir role sahiptir (Aykırı ve diğ, 2015). Kısa sürede bozulan gıdaların, raf ömrünü uzatmak ve her mevsim tüketilebilir kılmak ve besin değerini koruyabilmek için bazı yöntemler kullanılır. Bunlardan bazıları pastörizasyon ve sterilizasyon gibi ısı uygulamaları, dondurma ve soğuk uygulamaları, koruyucu madde katılması, kurutma, uygun paketlenme, ışınlama ve gaz atmosferinde depolama, reçel yapma, konservelemedir (Barroca ve Guiné, 2012; Göztepe, 2021).

Gıdalarda kurutarak muhafaza insanlık tarihinin çok eski zamanlarından beri kullanılan en eski yöntemdir. Gıdalarda kurutma temel olarak “güneşte kurutma” ve

“yapay kurutma” olarak ikiye ayrılır (Cemeroğlu, 1986). Güneş altında kurutma, kurutma yöntemleri arasında bilinen en eski yöntemdir. Maliyet bakımından da oldukça avantajlı olan güneş altında kurutmanın bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlardan bazıları, son ürün kalitesinde ve ürün özelliklerinde belirgin farklılıklar gözlenmesi, mikrobiyal risk ve kontaminasyon ihtimali, homojen bir kurutma sağlanmaması, uzun süreler ve geniş alanlara duyulan ihtiyaçlardır (Doymaz, 2012).

Gıda kurutma yöntemi olarak yaygın olan birçok yöntem vardır. Bunlardan bazıları güneşte kurutma, püskürtmeli kurutma, dondurarak kurutma, sıcak hava ile kurutma, mikrodalga enerjisi ile kurutmadır. Sıcak hava ile kurutma yönteminde, gıda sürekli bir sıcak hava akımına maruz bırakılarak serbest su uzaklaştırılır. Bu yöntem uygulanırken genellikle tepsili kurutucular, akışkan yatak kurutucular, tünel kurutucular kullanılmaktadır. Sıcak hava ile kurutma popüler olarak kullanılan bir yöntem olmakla birlikte, yüksek ısı maruziyeti nedeniyle ürünlerde renk, tekstür, fiziksel, kimyasal ve duyuşsal birçok olumsuzluğa neden olabilmektedir (Cemeroğlu, 2007; Guena ve Barroca, 2011).

Bir diğer yöntem ise mikrodalga ile kurutmadır. Mikrodalga ile kurutmanın diğer kurutma yöntemlerine kıyaslandığında ürünün içerisinde oluşması ve kısa sürede içerisinde bulunan suyu buharlaştırması gibi avantajlara sahip olsa da yüksek maliyeti ve düzensiz ısıtma gibi dezavantajları vardır (Yılmaz, 2015; Arda, 2017). Tüm bu dezavantajları en aza indirmek ve kuruma süresini ve enerji kullanımını düşürmek için kombine sistemler geliştirilmiştir. Mikrodalga ile sıcak hava kurutma sıkça kombine kullanılan yöntemlerden biridir. Bu kombinasyonda, sıcak hava suyu ürün yüzeyinden serbest halde uzaklaştırırken, mikrodalga enerjisi suyu ürünün iç kısmından uzaklaştırır, böylece sadece kurutma süresi kısalmaz, nihai ürünün de kalitesi daha iyi korunur (Wojdylo ve diğ., 2014). Yapılan bir çalışmada, sıcak hava, kombine sıcak hava-mikrodalga ve vakum-dondurma tekniklerini kullanarak üretilen hurma cipslerinin duyuşsal, dokusal, besinsel ve diğer kalite özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda enerji ve zaman tasarrufu ile kalite göz önüne alındığında kombine sıcak hava-mikrodalga kurutma yöntemi tavsiye edilmiştir (Yangyan ve diğ., 2019).

Kurutmadaki temel amaç, mikrobiyolojik ve enzimatik reaksiyonları en az indirgeyerek raf ömrünü uzatmaktır. Bunun yanı sıra gıdalardaki renk, tat, aroma, koku, besin değerleri ve fiziksel kayıpları da göz önüne alınarak en uygun kurutma

yöntemi seçilmelidir (Göztepe, 2021). Bu amaçların yanı sıra, gıda maddelerin kullanımın alanlarını genişletmek, taşınma ve depolama için ağırlığın ve hacmin azaltılması, sterilize edilebilmesi, alternatif fonksiyonel gıdalar üretilmesi gibi birçok amaca da hizmet etmektedir (Alhammadiy, 2022). Kurutma esnasında üründeki nem kurutma boyunca azalır ve belirli seviyelerde durur. Bunun yanı sıra kurutma hızı ilk dakikalarda yüksekken, süre geçtikçe azalır. Kurutma hızında temel etkenler, ürün miktarı, ürün şekil ve boyutu, kurutma sıcaklığı ve hızıdır (Demirtaş ve diğ, 1998).

Kurutulmuş hurmaların taze hurmalar için alternatif olma potansiyelini gözlemlemek için Jung ve arkadaşlarının (2005) yaptıkları çalışmada Cennet hurması meyvesinin mineral madde, çözünür ve çözünmez diyet lifi, antioksidan potansiyeli ve fenolik asit içerikleri incelenmiştir. Mineral madde ve diyet lifi miktarları birbirine yakın iken, antioksidan potansiyeli ile fenolik madde içeriğinin taze Cennet hurmasında daha yüksek olmasına karşın aradaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirtilmiştir.

Güneşte kurutma bilinen en eski yöntem olup, dezavantajlarına rağmen ekonomik olarak en uygun ve basit olmasıyla günümüzde de oldukça sık tercih edilen bir yöntemdir. Karakasova (2013) yaptığı çalışmada, farklı ön işlemler kullanarak hurmaların burukluğunu gidermiş ve kontrollü şartlar altında 52 saat güneşte kurutmuştur. Çalışma sonucunda donma işleminden sonra kurutulan meyvelerin, farklı çözeltiler kullanıldıktan sonra kurutulan örneklerle göre TKM, şeker (glikoz ve früktoz) ve askorbik asit miktarı daha yüksek bulunurken, nem ve toplam asitlik miktarı ise daha düşük bulunmuştur. Duyusal analiz sonucunda ise dondurma işleminden sonra kurutulan meyvelerin daha fazla tercih edildiği saptanmıştır. Çalışmada güneş altında kurutulan Cennet hurmalarında C vitamin içeriğinde azalmalar gözlenmiştir.

Park ve arkadaşları (2006) tarafından yapılan çalışmada taze cennet hurmaları güneşte 1 ay ve 60 °C’de 12 saat kurutucuda kurutulan meyvelerin mineral, diyet lifi, toplam fenolik madde içerikleri ve antioksidan aktiviteleri incelenmiştir. Taze örneklerle kurutulmuş örnekler kıyaslandığında önemli farklılıklar gözlenmemekle beraber, taze olan cennet hurmalarının antioksidan aktiviteleri ve polifenol içerikleri kuru meyvelere oranla daha yüksek çıkmıştır.

Bölek ve Obuz (2014) belirli kalınlıkta dilimlenen Fuyu çeşidi Cennet hurması bir kısmı sodyum metabisülfite çözeltisi diğer kısmı ise askorbik asit çözeltisine 5 saniye

daldırılan örnekler, 50 °C’de 6 saat, 65 °C’de 4 saat ve 80 °C’de 3 saat kurutulmuştur ve farklı kalite parametreleri incelenmiştir. Sodyum metabisülfite daldırılan örnek duyusal olarak en az tercih edilmiştir. Askorbik asite daldırılan ve 65 °C’de kurutulan hurma meyvelerinin ise hem duyusal değerlendirmede hem de besin değerleri açısından en iyi sonuçları verdiği belirtilmiştir.

Tülek ve Demiray (2014) ön işlem uygulayarak farklı sıcaklıklarda kuruttukları Cennet hurmasının renk ve kuruma özelliklerini inceledikleri çalışmada, sıcaklık artışı ile kurutma hızının da arttığını ancak yükselen sıcaklığın ürünün rengi üzerinde olumsuz etkilere sahip olduğunu, ön işlemlerin ise raf ömrü, kuruma hızı ve süresinin üzerinde olumlu etkileri olduğu vurgulanmıştır. Benzer bir çalışmada dilimlenen cennet hurmaları farklı sıcaklıklarda kurutulup renk, su aktivitesi, protein değerlerindeki değişimleri ve kuruma davranışları incelenmiştir. Yüksek sıcaklığın meyve rengi üzerindeki olumsuz etkisi bu çalışmada da vurgulanırken, yüksek sıcaklıklarla kurutulan meyvelerin protein içeriklerinin yüksek, su aktivitelerinin düşük olduğu görülmüştür (Kaya ve diğ, 2015).

Bir diğer kurutma yöntemi olarak mikrodalga ile yapılan çalışmada cennet hurmaları 104 dakikada 180 W, 41 dakikada 360 W, 31 dakikada 540 W, 25 dakikada 720 W ve 18 dakikada 900 W şeklinde kurutulmuş ve mikrodalga gücü ile kurutma hızı incelenmiş ve mikrodalga süresi arttıkça kuruma süresinin azaldığı gözlenmiştir (Karaaslan, 2014). Farklı bir çalışmada Çelen (2019) farklı mikrodalga enerjileri (120 W, 350 W, 460 W, 600 W) kullanarak kurutma hızı ile mikrodalga gücü arasındaki benzer bir ilişki gözlenirken mikrodalga gücünün arttırılmasıyla birlikte meyve rengi üzerinde olumsuz etkilerin olduğu saptanmıştır.

Kurutma işlemi ile elde edilen birçok avantaja ek olarak, gelişen teknolojiyle depolama alanını azaltmak, ambalajlama ve nakliye kolaylığı, mikrobiyolojik stabilite, kolay karışabilme, doz ayarlama kolaylığı ve kullanım alanlarını genişletmek amacıyla yönelinen başka bir ürün ise toz gıdalardır. Kurutulan ürünün farklı işlere tabii tutularak elde edilen meyve ve sebze tozları, meyve suyu, pasta, dondurma, meyveli yoğurt, reçel, şekerleme ve içecek gibi gıdaların üretiminde kullanılmaktadır.

Aşık (2019) portakal pürelerini farklı yöntemlerle kurutularak elde edilen toz ürünlerin bazı kalite parametrelerini incelemiştir. Portakal püreleri hem köpük formunda hem de püre formunda kırınım pencereli ve sıcak hava kurutulan ürünler, iki farklı sıcaklık

ortamında depolanmıştır. Yapılan araştırma sonucunda kırınım pencereli köpük kurutma yöntemi ile hem fonksiyonel bileşenlerce zengin hem de HMF içeriği düşük portakal tozu üretimi gerçekleştirildiği ancak uçucu bileşenleri korumada diğer sonuçlar kadar etkili olmadığı gözlenmiştir.

Ahmed (2023) ultrason (ULS) ön işlemine tabi tutulan ve farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan mango dilimlerinin kurutma kinetikleri ve elde edilen mango tozu örneklerinin bazı kalite parametreleri incelenmiştir. Sıcak hava, mikrodalga ve mikrodalga-sıcak hava kombinasyonları ile yapılan çalışmada, mango tozu üretiminde ultrasona tabi tutularak iki tekniğin kombinasyonu kullanılması önerilmiştir.

Unlu mamullerin kolay erişilebilirliği, doyuruculuğu, tüketime hazır biçimde olmaları ve raf ömürlerinin yeterli olması nedeniyle tüketim açısından sıkça tercih edilen ürünlerdir. Gün geçtikçe genişleyen gıda sanayisiyle birlikte, tüketilen gıdaların tercih edilme nedenleri de farklılık göstermeye başlamıştır. Günlük diyetle tüketilen gıdalara sağlık açısından zengin bileşenler eklenerek bağışıklık ve sindirim sistemine yardımcı olabilecek, antioksidan ve vitamin içeriği yüksek gıdalara yönelinmiştir (Meral ve Doğan, 2009). Pankek ve kurabiyede de sırasıyla hurma ve nar suyu tozu ilave edilerek tahıl ürünlerinin fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri araştırılmıştır (Messaoudi ve Fahloul, 2018; Paul ve Bhattacharyya, 2015).

Ekmek, makarna gibi ürünleri zenginleştirmek amacıyla kullanılan başka bir ürün ise balkabağıdır. İncelenen başka bir çalışmada, dondurarak ve sıcak hava ile kurutma yöntemleri kullanılarak üretilmiş balkabağı tozunun su tutma, yağ tutma, suda çözünürlük indeksi, emülsiyon oluşturma gibi fizikokimyasal özellikleri ve nem sorpsiyon özellikleri üzerine etkisinin incelenmesi ve balkabağı tozunun kek üretiminde kullanılabilirliği test edilmiştir. %50 oranında balkabağı tozu ile üretilen kekin fiziksel, tekstürel, nem içeriği, renk gibi özelliklerinde olumlu etkileri olduğu bildirilmiştir. Ayrıca bayatlamayı geciktirdiği de gözlenmiştir (Gözükara, 2013).

Shin ve arkadaşları (2011) tarafından yapılan çalışmada Cennet hurması kabuğu tozu katkılı ekmeklerin fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri araştırılmıştır. Farklı oranlarda ikame edilen toz ile yapılan ekmeklerin kalite özellikleri incelenmiştir. İkame oranı arttıkça depolama boyunca ekmekteki nem oranı nedeniyle depolamanın olumsuz etkilendiği, ağırlığın arttığını ancak hacmin azaldığı bildirilmiştir. En çok tercih edilen ikame oranının ise %4 ve %6 katkılı ekmeklerin olduğu vurgulanmıştır.

Yeşilkanat (2019) tarafında yapılan bir başka araştırmada ise, Fuyu ve Hachiya çeşidi Cennet hurması tozu ikameli kek üretimi yapılmış ve kalite parametreleri incelenmiştir. Farklı oranlarda Cennet hurması tozu ikame edilen keklerde fiziksel (hacim, ağırlık, spesifik hacim, yoğunluk, yükseklik, renk, doku profili analizi), kimyasal (nem, kül, protein, yağ, şeker, pH, su aktivitesi, antioksidan aktivite, fenolik madde miktarı) ve duyuşsal özellikler belirlenerek glutensiz kontrol keki ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışma biyoaktif bileşenler içeren, glutensiz sağlıklı bir fonksiyonel gıda üretimini amaçlamıştır. Artan ikame oranlarında keklerin fiziksel, duyuşsal ve tekstürel özelliklerinde istenmeyen değişimler gözlenmiştir.

Baltacıoğlu ve arkadaşları (2020) %10, %20 ve %30 oranlarında Cennet hurması tozu ikame ederek yaptığı kek formülasyonlarında, viskozite, fenolik madde, askorbik asit, antioksidan aktivite, renk, nem ve kül değerlerini incelemiştir. Artan ikame oranı ile viskozite, fenolik madde ve askorbik asit değerlerinin arttığı fakat antioksidan aktivite, hacim, L^* , a^* ve b^* değerlerinin ise düştüğü tespit edilmiştir. Duyusal analizde ise %30 oranında Cennet hurması tozu ilaveli kekler daha çok tercih edilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, üretim potansiyeli yüksek olan Cennet hurması meyvesinin yüksek doğal şeker içeriğinin avantajını kullanarak rafine şekere ve buğday ununa bir alternatif oluşturması ve bir dezavantaj olan taze meyvenin kısa olan raf ömrünü uzatmak, ambalaj kolaylığını, düşük nakliye maliyeti, doz ayarlama kolaylığı ve bunlara bağlı olarak kullanım süresini ve alanlarını arttırarak, vitamin, mineral ve biyoaktif bileşenlerce zenginleştirilmiş alternatif bir ürün geliştirilmesidir. Bu kapsamda yaşanabilecek kalite kayıplarını minimum düzeyde tutmak amacıyla mikrodalga, sıcak hava ve mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu yöntemleri ile kurutma yapılması, kurutulan meyvelerin öğütülmesi ve elde edilen Cennet hurması tozunun bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi için gerekli bilimsel çalışmaların yapılması tez kapsamında gerçekleştirilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Malzeme

Çalışmada kullanılan Hachiya çeşidi Cennet hurması meyveleri Kocaeli’de bir bahçeden olgun meyveler olarak toplanmıştır. Toplanan meyveler kabuk ve çekirdekleri ayrıldıktan sonra blender yardımıyla püre haline getirilmiştir. Püre haline getirilen Cennet hurması meyvesi ince tabakalar halinde kilitli buzdolabı poşetlerine konulmuş ve deneyler bitene kadar $-18 \pm 0,5$ °C sıcaklık koşullarında muhafaza edilmiştir. Dondurulmuş ürünler, kurutma işlemi uygulanacağı zaman yaklaşık 100 gram olacak şekilde $+4$ °C $\pm$ $0,5$ °C koşullarında çözündürüldükten sonra oda sıcaklığında homojen hale getirilmiştir. Oda sıcaklığına getirilen örnek yağlı kağıt üzerine daire şeklinde yayılarak kurutulmuştur.

3.2 Deney Tasarımının Oluşturulması

İnce tabakalar halinde daire şeklinde yayılmış, yaklaşık 100 gram gelen örnekler, mikrodalga-sıcak hava fırını (Arçelik KMF 833, Türkiye) kullanılarak SH (50 °C, 75 °C), MD (100 W, 200 W) ve MDSH (100 W + 50 °C, 100 W + 75 °C, 200 W + 50 °C, 200 W + 75 °C) yöntemleri kullanılarak sekiz farklı uygulama ile kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Denemeler 2 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Cennet hurması meyvesi püresinin ağırlık ölçümleri örneklerin 10 dakikalık aralıklarla fırından alınıp, hızlı bir şekilde 0,01 g hassasiyete sahip dijital terazide (Denver TP-3002, Almanya) tartılmasıyla belirlenmiştir. Kurutma sonrası örnekler sabit hızda öğütülmüş ve 60 meshlik elekten elenerek Cennet hurması tozu elde edilmiştir.

3.3 Yöntem

3.3.1 Nem içeriğinin hesaplanması

Cennet hurması örneklerinin kurutma işlemi sırasında herhangi bir t anındaki nem içerikleri aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanmıştır (Dadalı, 2007).

$$M_t = \frac{m - KM}{KM} \quad (3.1)$$

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

m : örnek ağırlığı (g)

KM : Örneğin kuru madde miktarı (g)

3.3.2 Kurutma hızının hesaplanması

Kurutma hızı, aşağıdaki eşitlik ile nem içeriğine karşılık kuruma zamanı eğrilerinin türevlerinin alınması ile saptanmıştır (Dadalı, 2007).

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

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

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

dt : Kuruma zamanı (dakika)

3.3.3 Enerji tüketimi

Kurutma sırasında tüketilen enerji 0,01 kWh hassasiyetli Trotec (Bx11, Almanya) dijital elektrik sayacı kullanılarak ölçülmüştür.

3.3.4 Cennet hurması tozu analizleri

3.3.4.1 Yığın, sıkıştırılmış ve partikül yoğunluğu tayini

Yığın (kitle) yoğunluğu ($\rho_{yığın}$) ve sıkıştırılmış yoğunluk ($\rho_{sıkıştırılmış}$) tayini; Jinapong ve diğerlerini (2008) yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Farklı kurutma sonuçlarından elde edilen meyve tozu 10 mL'lik bir cam mezüre içine serbest akış yöntemiyle doldurulup hassas terazide tartılacak ve silindirden okunan hacim, kütle/hacim ilişkisine göre hacim yoğunluğunu ($\rho_{yığın}$), sıkıştırılmış yoğunluk ($\rho_{sıkıştırılmış}$) ise deneyi ise aynı toz örneğin 100 defa cam mezürde vurularak sıkıştırılması sonucu elde edilen hacim değeri üzerinden hesaplanarak belirlenmiştir.

Partikül yoğunluğunun ($\rho_{partikül}$) belirlenmesinde 10 mL'lik kapaklı silindire aktarılan 1 g toz örnek üzerine 5 mL petrol eteri eklenerek tüm parçacıklar askıda

kalana dek bir süre sallanarak karıştırılmıştır. Ardından silindirin duvarlarında kalan partikül taneciklerini arındırmak amacıyla silindirin duvarlarını yıkamak suretiyle 1 mL daha petrol eteri eklenerek silindirin toplam hacmi okunmuş ve aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$\text{Partikül yoğunluğu } (\rho_{\text{parçaçık}}) = \frac{(\text{Toz ürün ağırlığı (g)})}{\text{Petrol eter ve askıdaki ürünün toplam hacmi (mL)}-6} \quad (3.3)$$

3.3.4.2 Gözeneklilik, akabilirlik ve yapışkanlık değerleri

Yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yoğunluk değerleri hesaplandıktan sonra bu değerler üzerinden aşağıdaki denklemler yardımıyla hesaplanan gözeneklilik, akabilirlik ve yapışkanlık değerleri Porozite (ϵ), Carr Index (CI) ve Hausner Oranı (HR) değerleri ile ifade edilmiştir.

$$\epsilon = [(\rho_{\text{parçaçık}} - \rho_{\text{sıkıştırılmış}}) / \rho_{\text{parçaçık}}] \times 100 \quad (3.4)$$

$$CI = [(\rho_{\text{sıkıştırılmış}} - \rho_{\text{yığın}}) / \rho_{\text{sıkıştırılmış}}] \times 100 \quad (3.5)$$

$$HR = \rho_{\text{sıkıştırılmış}} / \rho_{\text{yığın}} \quad (3.6)$$

3.3.4.3 Şişme kapasitesi tayini

Cennet hurması tozu örneğinden 1 gram tartılıp (M) hacmi ölçüldükten (V_1) sonra üzerine 10 mL saf su ilave edilerek çalkalanmıştır. Elde edilen örnek 48 saat oda sıcaklığında bekletilerek toz partiküllerin çökmesi sağlanmıştır. 48 saat sonunda çöken ıslanmış ürünün hacmi ölçülerek aşağıdaki eşitlik ile şişme kapasitesi hesaplanmıştır (İzli ve diğ, 2022).

$$\text{Şişme Kapasitesi (mL/g)} = (V_2 - V_1) / M \quad (3.7)$$

3.3.4.4 Su tutma kapasitesi tayini

Darası alınan falkon tüp (M) içerisine 0,5 gram örnek (M_1) eklendikten sonra üzerine 0,05:1 (w/v) oranında saf su ilave edilmiş ve hazırlanan örnek karışımı 60 °C’de

sıcaklıktaki su banyosunda 30 dakika bekletilmiştir (Memmert-WNB 14, Almanya). Süre bitiminde karışım Hettich Universal 320 R marka (Almanya) santrifüj cihazında 3500 rpm x 20 dakika 25 °C’de santrifüj edilmiştir. Süpernatantı uzaklaştırılan örnekler tartılmış (M₂) ve aşağıdaki eşitlikte yardımıyla su tutma kapasitesi hesaplanmıştır.

$$\text{Suda Tutma Kapasitesi (g/g)} = (M_2 - M) / M_1 \quad (3.8)$$

3.3.4.5 Suda çözünme indeksi tayini

Suda çözünme indeksi tayini İzli ve diğ, (2022)’e göre yapılmıştır. Cennet hurması tozu örneğinden 0,5 gram (S₁) tartılmasının ardından 0,02:1 (w/v) oranını sağlayacak şekilde su ilave edilmiştir. 80 °C’de 30 dakika su banyosunda (Memmert-WNB 14, Almanya) bekletilen karışım, süre bitiminde 25 °C’de 3500 rpm x 20 dakika santrifüj edilmiştir (Hettich Universal 320 R, Almanya). Önceden darası belirlenen kaplara (S) konulan süpernatant sabit ağırlığa gelinceye dek 105±5 °C’de kurutulmuş (UN55 Memmer, Almanya) ardından tartılmıştır (S₂). Suda çözünme indeksi aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$\text{Suda Çözünme İndeksi (\%)} = [(S_2 - S) / S_1] \times 100 \quad (3.9)$$

3.3.4.6 Toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite tayini için ekstraksiyon yöntemi

Taze ve kurutulmuş Cennet hurması tozu örneklerinin ekstraktları hazırlanma aşamaları bazı farklılıklar yapılarak İzli ve diğ, (2022) tarafından yapılan çalışmada belirtilen basamaklar ile hazırlanmıştır. 0,5 gram tartılan örnek bir falkon tüpe alınmış ve üzerine 2,5 mL %80’lik metanol eklenmiştir. Elde edilen karışım 200 rpm’de çalkalandıktan sonra 25 °C’de 10000 rpm x 15 dakika santrifüj edilmiştir (Hettich Universal 320 R, Almanya). Tüp içindeki berrak kısım pastör pipeti ile falkon tüplere alınmış ve alt kısım üzerine 3 mL %80’ lik metanol ilave edilerek aynı işlemlere tabii tutulmuştur. İkinci uygulama sonunda elde edilen üst berrak kısım birinci uygulama sonucunda elde edilen ekstrakt üzerine eklenerek 0,45 µm’lik filtreden geçirilmiştir. Filtre edilen son ekstrakt toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite tayininde kullanılmıştır.

Toplam fenolik madde miktarı tayini

Toplam fenolik madde tayini İzli ve diğ, (2022) çalışmasında uygulanan metot üzerinde bazı değişiklikler yapılarak Folin-Coicalteau yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Folin-Coicalteau yönteminin ilkesi; fenolik bileşiklerin bazik ortamda Folin-Coicalteau çözeltisini indirgemesine dayanmaktadır. Elde edilen metanolik ekstraktan 0,2 mL alınarak 15 mL'lik falkon tüpe konulmuştur. Ekstraktın üzerine 1,6 mL 1:10 oranında seyreltilmiş Folin-Coicalteau (Sigma-Aldrich, Almanya) çözeltisi eklenerek vortekslenmiş (Velp Scientifica F202 A0173, İtalya) ve 5 dakika bekletilmiştir. Süre sonunda karışımın üzerine 1,6 mL %7'lik Na₂CO₃ çözeltisi eklenerek tekrar vortekslenip 90 dakika karanlıkta bekletilen örneklerde gerçekleşen reaksiyon sonucunda oluşan mavi renk, indirgenen Folin-Coicalteau çözeltisinin bir sonucu olup spektrofotometrede (Thermo Scientific Evolution™ 201, ABD) 765 nm dalga boyunda absorbansı okunmuştur. Cennet hurması tozu örneklerinin toplam fenolik madde miktarı hazırlanan gallik asit (GA) (5-50 mg/L) kalibrasyon eğrisinden yararlanılarak değerlendirilmiş ve mg Gallik Asit Alenii/kg cinsinden hesaplanmıştır (İzli, 2017).

Antioksidan kapasite tayini

Toplam fenolik madde içeriği ile antioksidan içeriği birbirleriyle bağlantılı olup, toplam antioksidan kapasitesi analizinde de aynı metanolik ekstraktlar kullanılmıştır. Analiz sonunda DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) radikalini antioksidatif etkiye sahip bileşenlerin inhibe etme oranı İzli ve diğ, (2022) tarafından kullanılan yöntemine göre belirlenmiştir. Bu bağlamda, hazırlanan 0,1 mL örnek 15 mL'lik falkon bir tüpe alınmış, üzerine 3,9 mL etanol ile hazırlanmış 0,1 mM DPPH (Aldrich, Almanya) çözeltisi ilave edilmiştir. Örnekler önce vortekslenip (Velp Scientifica F202 A0173, İtalya) daha sonra 30 dakika karanlıkta bekletilmiş ve 515 nm dalga boyunda spektrofotometre (Thermo Scientific Evolution™ 201, ABD) ile absorbansı okunmuştur. Metanol kullanılarak aynı sistemin uygulanmasıyla şahit numune örnekleri de spektrofotometrede okunmuştur. Antioksidan kapasite değerleri elde edilen absorbans farkları kullanılarak, troloks kurvesi (0,1-1,0 mM) yardımıyla µmol Troloks/mL olarak hesaplanmıştır ($y = 0,7392 x - 1,3707$ $R^2 = 0,9976$).

3.3.4.7 Renk tayini

Örneklerin renk analizi commission Internationale de l'Eclairage (CIE) renk ölçüm sistemine uygun ve Konica Minolta (CR-400, Japonya) renk spektrofotometresi kullanılarak L^* , a^* , b^* değerleri belirlenmiştir. Parlaklığı ifade eden L^* eksenini parlaklığın değişimini 0 ile 100 arasında ifade etmekle birlikte 0 değeri yansımanın olmadığı ve siyah rengini, 100 değeri yansıma olduğunu ve beyaz rengi temsil ederken a^* eksenini negatif değerler yeşilliği, pozitif kısım ise kırmızılığı temsil etmekle birlikte yeşilden kırmızıya doğru değişen skalayı, b^* eksenini ise negatif değerler sarılığı, pozitif değerler ise maviliği temsil etmekle birlikte sarıdan maviye olan değişimi ifade eder (İzli, 2016).

Kroma (C) ve Hue açısı (α°) değerleri ölçülen L^* , a^* ve b^* piyasada algılanan renk olmadığı için bu değerleri insan renk algılarını tam olarak ifade etmek için kullanılır. Kroma (C) canlılık/parlaklık-matlık/donukluk, rengin yoğunluk/doygunluk veya netlik/berraklık değerini ifade eder, kroma değeri arttıkça genel anlamda rengin parlaklaştığı kabul edilir. Hue açısı (α°) rengin açısını ifade eder. 0° ise renk kırmızı, 90° ise sarı, 180° ise yeşil, 270° ise mavidir (Bulam, 2023).

Kurutma sırasındaki toplam renk değişimi eğilimini (Δe) değeri ise aşağıdaki denklem ile hesaplanmıştır. Taze ürüne ait renk değerleri ise denklemde L_0^* , a_0^* ve b_0^* şeklinde ifade edilmiştir.

$$C = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (3.10)$$

$$a = \tan^{-1} \left(\frac{b}{a} \right) \quad (3.11)$$

$$\Delta e = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2} \quad (3.12)$$

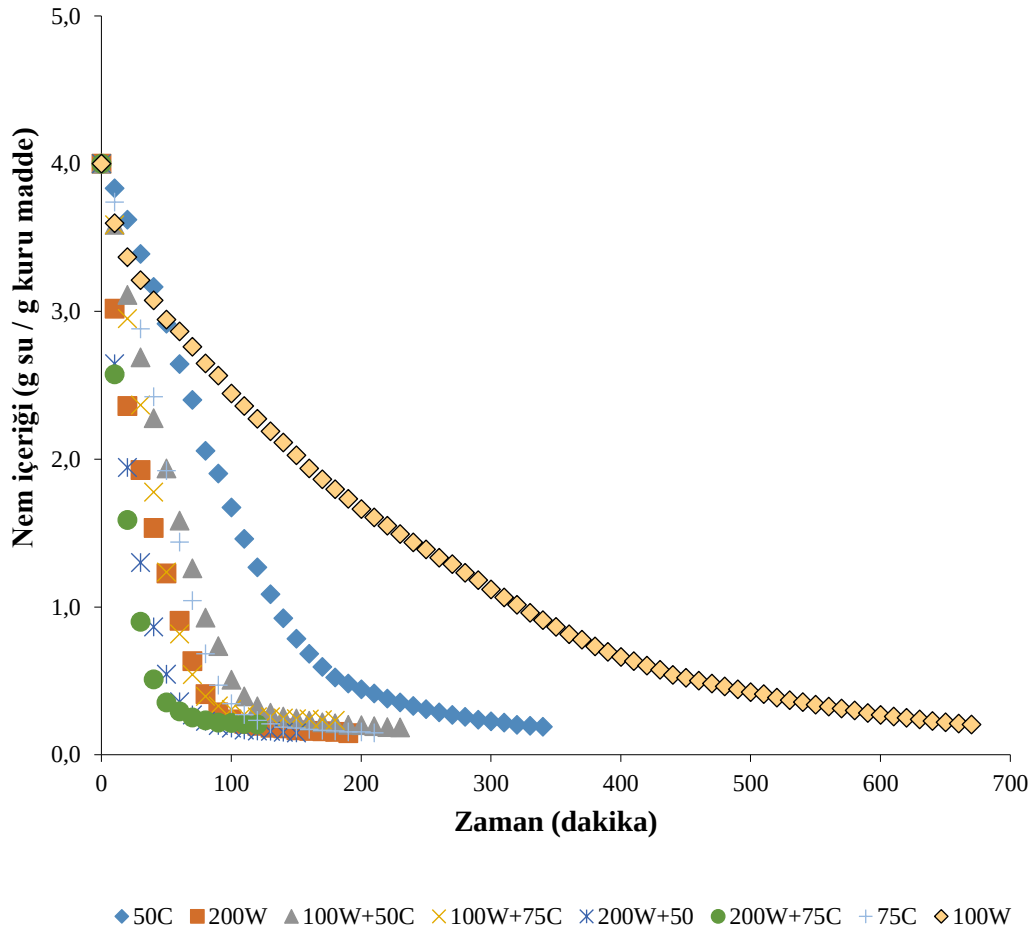
3.3.4 İstatistiksel analiz

Denemeler 2 tekerrürlü olacak şekilde yapılmıştır. Elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde 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. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Nem İçeriği Değişimi

Cennet hurmasının kurutma süresine bağlı nem içeriği sıcak hava, mikrodalga ve kombine sıcak hava-mikrodalga kurutma için Şekil 4.1’de verilmiştir. Kurutma işlemi öncesi ilk nem içeri $4,00 \pm 0,01 \text{ g}_{\text{su}}/\text{g}_{\text{km}}$ olan Cennet hurması örnekleri $0,2 \pm 0,01 \text{ g}_{\text{su}}/\text{g}_{\text{km}}$ olana dek kurutma işlemine tabii tutulmuştur.



Şekil 4.1 : Farklı yöntemlerle kurutulan Cennet hurması örneklerinin nem içeriğinin zaman ile değişimi.

Şekil 4.1 incelendiğinde farklı yöntemler kullanılarak kurutulan Cennet hurması örneklerinin sıcak hava-mikrodalga kombine (200 W+75 °C) kurutma yönteminin kullanılarak kurutulan örneğin kuruma süresinin en kısa olduğu tespit edilmiştir.

Bunun yanı sıra en uzun sürede kuruyan örneğin ise 100 W mikrodalga gücünde kurutulan örneğe ait olduğu gözlenmiştir. MD (100 W) çıkış gücü ile kurutulan örneğin istenilen nem düzeyine gelmesi 690 dakika sürerken, 200 W+75 °C’de kurutulan örneğin istenen düzeye gelmesi 120 dakika sürmüştür.

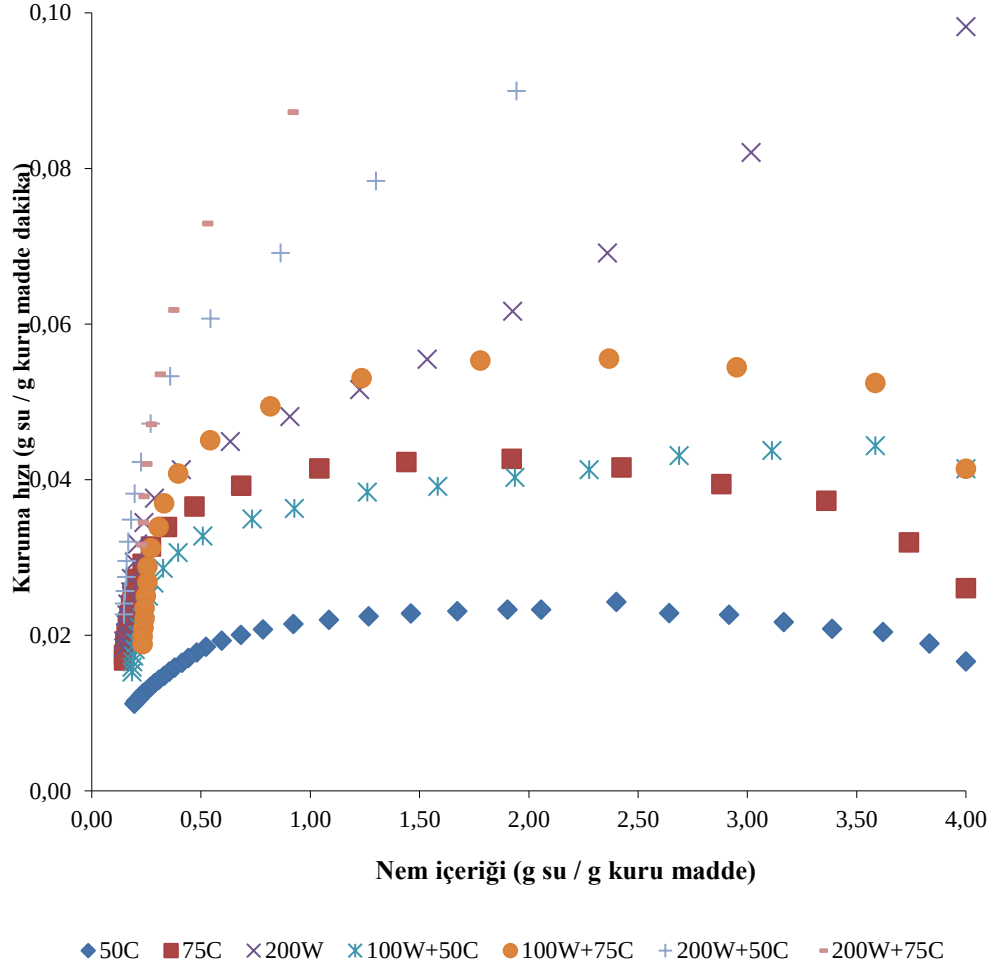
Sıcak hava ile kurutulan örnekler incelendiğinde 50 °C’de kurutulan örneğin nem düzeyinin istenilen seviyeye düşmesi 340 dakika sürerken, 75 °C’de kurutulan örneğin nem düzeyinin istenilen seviyelere gelmesi 210 dakika sürmüştür. Bu bağlamda 100 W ve 200 W mikrodalga güç çıkışı kullanılan örnekler kıyaslandığında (100 W: 690 dakika, 200 W: 180 dakika) güç seviyesi 2 katına çıkmasına rağmen kuruma süresi 2 katından daha fazla azalmıştır. MDSH yönteminin bir arada kullanıldığı yöntemler incelendiğinde ise 100 W mikrodalga gücü kombinasyonları ile kurutulan örneklerin 200 W mikrodalga gücü kombinasyonları ile kurutulan örneklerle kıyaslandığında daha uzun sürdüğü tespit edilmiştir. Sıcak hava ve mikrodalga güç yoğunluğunun kombine olarak kullanıldığı kurutma işlemlerinde kurutma sürelerinin azaldığı rapor edilmiştir (Bhattacharya ve diğ, 2015; Miraei Ashtiani ve diğ, 2018).

Benzer şekilde, Pepino meyvesini konvektif, mikrodalga ve mikrodalga-konvektif yöntemleriyle kurutulmuş ve kurutma kinetikleri incelenmiştir. Bu tez çalışmasına benzer şekilde, daha düşük olan mikrodalga enerjisi ile kurutulan örnekler ile daha yüksek mikrodalga enerjisi ile kurutulan örnekler kıyaslandığında, kurutma hızının arttığı gözlenmiştir. Kombine kurutma yöntemleri incelendiğinde ise düşük mikrodalga enerjisi ile kurutulan örneklerin daha yavaş kuruma davranışı sergilediği rapor edilmiştir (İzli ve diğ, 2021).

Horuz ve diğ, (2017) hibrit (mikrodalga-konvektif) ve konvektif kurutma yöntemleri kullanılarak yapılan kurutma işleminde kurutma davranışlarını incelemişlerdir. 50 °C, 60 °C ve 75 °C’de kurutulan örnekler kıyaslandığında, sıcaklığın artması ile kurutma hızının arttığı, hibrit çalışmalar incelendiğinde ise 180 W mikrodalga gücü kombinasyonları ile kurutulan örneklerin kuruma hızlarında önemli bir kısalma gözlemlendiği, hibrit kurutmalarda ise en uzun süren kurutmanın 120 W+50 °C’de kurutulan örneklere ait olduğu bildirilmiştir.

4.2 Kuruma Hızı Değişimi

SH, MD ve MDSH yöntemleri ile 50 °C, 75 °C, 200 W, 100 W+50 °C, 100 W+75 °C, 200 W+50 °C, 200 W+75 °C koşullarında kurutulan cennet hurmalarının kuruma hızlarının nem içerikleri ile değişimi Şekil 4.2’de grafiksel olarak sunulmuştur.



Şekil 4.2 : Farklı yöntemlerle kurutulan Cennet hurması örneklerinin kuruma hızlarının nem içerikleri değişimi.

Cennet hurması örneklerinin kurutulmasında kullanılan tüm kurutma işlemleri sonucu elde edilen kuruma hızları incelendiğinde, 100 W MD gücünde kurutulan örneğin kuruma hızını Şekil 4.2’de gösterilmemiştir. 100 W mikrodalga güç seviyesinde kurutulan örneğin, kurutma süresinin çok uzun olması, optimum kalite parametrelerini karşılamaması ve istenilen özellikleri göstermemesi nedeniyle bu ve diğer analizlere dahil edilmemiştir.

Kuruma hızı kurutulan gıdanın nem içeriği ile ilgilidir. Kurutma işlemi başlangıcında, kurutulan maddenin kuruma sıcaklığına ulaşana kadar daha az oranda olan kuruma hızı, zamanla sabitlenir ve istenilen nem oranına yaklaştıkça yavaşladığı görülmektedir. Sıcaklığın artması ile de kuruma hızının arttığı bilinmektedir (Uysal, 2019). Bhattacharya ve diğ, (2015) konvektif-mikrodalga kombine kurutma yönteminde ortalama kurutma hızının konvektif kurutma ile kıyaslandığında daha verimli olduğunu belirtmişlerdir. Cennet hurmalarının kurutulmasında tüm kurutma yöntemlerinin sonuçları incelendiğinde, 50 °C SH yöntemi ile kurutulan Cennet hurması örnekleri en düşük değere sahipken, 200 W+75 °C’de kurutulan örnekler en yüksek değere sahiptir.

Tüm kurutma uygulamaları göz önüne alındığında, kurutma hızı açısından incelendiğinde sıcak hava-mikrodalga kombinasyonu yöntemiyle kurutulan örneklerin (100 W+75 °C, 200 W+50 °C ve 200 W+75 °C) diğer yöntemlere kıyasla daha hızlı gerçekleştiği ve daha hızlı nem uzaklaştırması sağlandığı saptanmıştır.

Soğan dilimleri konvektif ve mikrodalga kurutma olmak üzere iki farklı kurutma yöntemi ile kullanılarak kurutulmuştur. 50 °C, 60 °C ve 70 °C’de kurutulan örneklerinin kuruma hızlarının nem içerikleriyle değişimi incelendiğinde aynı düzeylerde olan nem miktarının sıcaklık artışı ile daha hızlı uzaklaştığı, kurutma hızının arttığını ve sonuç olarak kuruma süresinin kısaldığını rapor etmişlerdir (Demiray ve diğ, 2017).

Yılmaz (2022) yaptığı çalışmada Cennet hurmasını doğal, konvektif, mikrodalga ve kombine konvektif-mikrodalga kurutma yöntemleriyle kurutmuş ve kuruma davranışlarını incelemiştir. Yapılan çalışmada konvektif kurutmanın en düşük parametresi olan 70 °C’de 120 dakikanın sonunda ayrılabilir nem içeriğinin %57,65’i üründen buharlaşırken, bu değer aynı zaman diliminde doğal kurutmada %9 olduğu rapor edilmiştir. Bununla birlikte 5 W g⁻¹ kurutma yöntemi kullanılarak kurutulan örneklerin 10. dakikasında toplam ayrılabilir nemin %71’i üründen ayrılırken, aynı zaman diliminde 5 W g⁻¹ – 130 °C kurutulan örneklerin %95’i üründen uzaklaştığı bildirilmiştir.

Horuz ve diğ, (2017) yaptıkları çalışmada kiraz meyvesini kurutmak için mikrodalga-konvektif yöntemini kullanmış ve kurutma hızının nem içerikleri ile değişimini

incelediklerinde, en yüksek mikrodalga güç seviyesi olan 180 W ile kombine olan yöntemlerin birbiriyle benzer kurutma davranışları gösterdikleri rapor edilmiştir.

4.3 Enerji Tüketimi

Optimum kuruma yöntemini belirlemede kuruma süresi ve tüketilen enerji önemli faktörlerdendir. Büyük hacimli üretimlerde, maliyet hesaplamalarında önemli bir ölçüt olan tüketilen enerji ve kuruma süresi analizlerinin gerekli olduğu düşünülmektedir. Farklı yöntemlerle kullanılarak kurutulan Cennet hurması örneklerinin kuruma süreleri ve tüketilen enerji miktarları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 : Cennet hurmasının farklı yöntemlerle kurutma süresi ve kurutma sırasında tüketilen enerji değerleri.

Yöntem	Kurutma Süresi (dk)	Tüketilen Enerji (kWh)
50 °C	340	1,3
75 °C	210	1,1
100 W	690	1,5
200 W	180	1,2
100 W + 50 °C	240	1,1
100 W + 75 °C	180	1,2
200 W + 50 °C	150	1,3
200 W + 75 °C	120	1,1

Sıcak hava kullanılan kurutma yöntemlerinde sarf edilen enerji, enerjinin yükselmesi ile süresinin kısılmasından kaynaklı 75 °C’de sarf edilen enerjinin daha az olduğu görülmüştür. Mikrodalga enerjisi kullanılarak yapılan kurutmalardaki enerji tüketimi göz önüne alındığında, benzer nedenlerden dolayı benzer şekilde daha az olmuştur. Burada 100 W ile yapılan kurutmada harcanan yüksek enerji ve kurutma için uzun zamanlar alması nedeniyle; bunlara ek olarak kurutulan örneğin beklenen kalite parametrelerini karşılamaması nedeniyle çalışmanın bu aşamasından sonraki kısma dahil edilmemiştir.

Sıcak hava ve mikrodalga enerjisinin kombine olarak kullanıldığı kurutma işlemlerinde ise hem en kısa sürede hem de en az enerji tüketimi ile en başarılı sonucun

200 W+75 °C'ye ait olduğu saptanmıştır. Kombine kurutma yöntemlerinin kullanıldığı kurutma metodlarında hem konvektif hem de mikrodalga yönteminin bir arada kullanılması nedeniyle rezistans, fan ve magnetron aynı anda çalışmakta ve daha fazla enerji tüketimine neden olmaktadır. Buna rağmen sıcaklık ve mikrodalga güç yoğunluklarının bir arada kullanılması nedeniyle kurutma süresinin azalmasına bağlı enerji tüketimi de azalmaktadır (Yılmaz, 2022).

Jia ve diğ, (2019) Cennet hurmasını konvektif ve mikrodalga kullanarak kurutmuş, toplam enerji tüketimini incelemişlerdir ve konvektif kurutma yönteminde tüketilen enerjinin arttığını, bunun nedeninin ise kurutma süresinin uzunluğu olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde soğan dilimlerinin kombine konvektif ve mikrodalga kurutma yöntemi kullanarak kurutulan bir çalışmada tüketilen toplam ve özgül enerji incelenmiştir ve yüksek mikrodalga güç yoğunluğu ve sıcaklıkların birlikte kullanıldığı kurutma yöntemlerinde en düşük enerji tüketimi olduğu rapor edilmiştir (Maftoonazad ve diğ, 2022).

4.4 Kurutulmuş Cennet Hurması Tozunun Fiziksel ve Fizikokimyasal Özellikleri

Çizelge 4.2'de farklı SH, MD ve MDSH kurutma yöntemleri kullanılarak elde edilen Cennet hurması tozlarının yığın, sıkıştırılmış ve partikül yoğunlukları, gözeneklilik, akabilirlik (carr indeksi), yapışkanlık (hausner oranı), şişme kapasitesi, su tutma kapasitesi ve suda çözünme indeksi olmak üzere bazı fiziksel özellikleri incelenmiştir.

4.4.1 Yığın, sıkıştırılmış, partikül yoğunluk, gözeneklilik, akabilirlik ve yapışkanlık değerleri

Yığın yoğunluğu toz ürünler için taşıma ve depolama açısından önemlidir. Düşük yığın özelliğine sahip ürünleri kapladıkları yüksek alandan dolayı hem depolamak hem de paketlemek maliyeti yükseltir. Bunun yanı sıra yığın yoğunluğu değeri düştükçe ürünler arasındaki hava boşlukları artacağı, bu artışın oksidasyon gibi riskli bir sonucunun olabileceği ve bu durumun depolama stabilitesini önemli ölçüde etkileyebileceği vurgulanmıştır (İzli ve diğ, 2022).

Farklı yöntemlerle kurutularak elde edilen Cennet hurması tozlarının yığın yoğunluğu değerleri Çizelge 4.2'de verilmiştir ($p<0,05$). Yığın yoğunluğu değerleri $0,22 \text{ g / cm}^3$ ile $0,51 \text{ g / cm}^3$ değerleri arasında değişmekte olmakla birlikte en yüksek değer olan $0,51 \text{ g / cm}^3$ değeri 200 W + 75 °C'de kurutulan örneğe aittir. En düşük değer olan $0,22$

g / cm³ değeri ise üç farklı kurutma değerine ait olup, bunlar; 50 °C, 200 W ve 100 W + 50 °C'dir (p<0,05).

İzli ve diğ, (2022)'nin yaptıkları çalışmada sıcak hava, mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombinasyon yöntemleri ile kuruttukları balkabağı tozu örneklerinde de benzer olarak en yüksek yığın yoğunluğu değeri 200 W + 80 °C'de kurutulan örneğe (0,56 g / cm³) aitken, en düşük değer 50 °C'de kurutulan örneğe (0,33 g / cm³) aittir.

Mango meyvesinin kurutulması ile elde edilen mango tozu üzerinde yapılan çalışmada ultrason ön işlemine tabi tutulan ve farklı kurutma yöntemleriyle kurutulan manga tozu örneklerinde yığın yoğunluğu değeri 0,35 g / cm³ ile 0,25 g / cm³ arasında değiştiği ve ultrason ön işleminin, ön işlem görmemiş örneklerle karşılaştırıldığında yığın yoğunluğu değerlerinin önemli ölçüde azaldığı bildirilmiştir (Ahmed, 2023).

Sıkıştırılmış yoğunluk değerleri incelendiğinde ise en düşük değeri 50 °C'de kurutulan örnekte (0,23 g / cm³) tespit edilirken, 200 W ve 100 W+50 °C'de kurutulan örneklerin ise diğer örneklerle kıyasla daha düşük değerlere (0,27 g / cm³) sahip olduğu saptanmıştır. 200 W + 75 °C'de kurutulan örnek (0,62 g / cm³) ise yığın yoğunluğu sonuçlarındaki gibi en yüksek değeri vermiştir.

Aşık (2019) farklı kurutma yöntemleriyle kurutarak elde ettiği portakal tozunun özelliklerini incelemiş ve yığın yoğunluğu değerlerinin 0,4611 g / cm³ ile 0,5288 g / cm³ arasında değişirken; sıkıştırılmış yoğunluk değerlerinin 0,5968 g / cm³ ile 0,6818 g / cm³ arasında değiştiği gözlenmiştir.

Partikül yoğunluğu değerleri 1,03 ± 0,01 ile 1,05 ± 0,03 g / cm³ aralığında değişim göstermiştir.

Toz ürünlerdeki boşluk fraksiyonu gözeneklilik ile ifade edilmektedir. Cennet hurması tozları arasındaki gözeneklilik değerleri birbirine yaklaşık olmakla beraber sonuçlar arasında en büyük farklılık 200 W + 75 °C'ye ait olup 37,99'dir. Diğer sonuçlar ise 59,95 ile 77,57 arasında değişiklik göstermektedir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 : Farklı uygulamalarla kurutularak elde edilen Cennet hurması tozu örneklerinin yığın, sıkıştırılmış, partikül yoğunluk, gözeneklilik, akabilirlik (*CI*) ve yapışkanlık (*HR*) değerleri.

Kurutma parametreleri	Yığın yoğunluk (g/cm ³)	Sıkıştırılmış yoğunluk (g/cm ³)	Partikül yoğunluğu (g/cm ³)	Gözeneklilik	Akabilirlik (CI)	Yapışkanlık (HR)
50 °C	0,22 ± 0,02 ^d	0,23 ± 0,02 ^d	1,03 ± 0,01	77,57 ± 2,42 ^a	6,08 ± 1,25 ^c	1,06 ± 0,01 ^c
75 °C	0,36 ± 0,02 ^b	0,41 ± 0,02 ^b	1,04 ± 0,03	59,95 ± 3,08 ^b	12,15 ± 3,60 ^b	1,14 ± 0,05 ^b
200 W	0,22 ± 0,03 ^d	0,27 ± 0,03 ^d	1,06 ± 0,02	74,90 ± 4,15 ^a	16,98 ± 3,33 ^a	1,21 ± 0,05 ^a
100 W + 50 °C	0,22 ± 0,04 ^d	0,27 ± 0,04 ^d	1,06 ± 0,01	74,53 ± 4,36 ^a	15,91 ± 2,37 ^{ab}	1,19 ± 0,03 ^{ab}
100 W + 75 °C	0,32 ± 0,01 ^{bc}	0,40 ± 0,02 ^b	1,04 ± 0,02	60,89 ± 1,67 ^b	18,63 ± 3,35 ^a	1,23 ± 0,05 ^a
200 W + 50 °C	0,29 ± 0,02 ^c	0,35 ± 0,02 ^c	1,06 ± 0,03	65,98 ± 2,06 ^b	14,90 ± 1,76 ^{ab}	1,18 ± 0,02 ^{ab}
200 W + 75 °C	0,51 ± 0,03 ^a	0,62 ± 0,05 ^a	1,05 ± 0,03	37,99 ± 3,66 ^c	17,90 ± 3,60 ^a	1,22 ± 0,05 ^a

a-d: Farklı harflerle ifade edilen aynı depolama süresi ve depolama sıcaklığına ait değerler istatistiki açıdan önemlidir (p<0,05).

Sıcaklık ve mikrodalga derecesi ile gözeneklilik arasında doğru bir orantı olduğu, yüksek dereceli kombinasyonlarda gözenekliliğin dikkate değer bir biçimde azaldığı gözlenmiştir. Gözeneklilik değeri 50 °C’de %77,57 iken 75 °C’de dikkate değer bir şekilde azalmış ve %59,95 olmuştur. Aynı şekilde kombine uygulanan sıcaklıklarda da birbiriyle kıyaslandığında kurutma havası sıcaklıklarının artması gözenekliliğin düşmesine neden olmuştur. 100 W+50 °C’de %74,53 olan gözeneklilik değeri 200 W+75 °C’de %37,99 değeri ile en düşük gözeneklilik değerine sahiptir.

Gözeneklilik değerindeki artış parçacıklar arasında O₂ erişilebilirliğini ifade ettiği kabul edilerek, bozunabilirlikle doğrudan ilişkilendirilebilir (Ferrari ve diğ, 2012). Michalska ve diğ, (2016) yaptıkları çalışmada farklı kurutma yöntemleri ile elde ettikleri erik tozlarının gözeneklilik değerlerini %56,6 ile %73,0 arasında değişmekte olduğunu ve dondurarak kurutmaya kıyasla konvektif ve mikrodalga ile kurutulan eriklerin daha düşük gözenekliliğe sahip olduğunu bildirilmişlerdir.

Granür katı maddelerin ve tozların akma kabiliyeti olarak ifade edilen akabilirlik değeri (*CI*), yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yoğunluk değerleri kullanılarak hesaplanır ve bir diğer adı ise Carr İndeksi’dir. Carr (1965) ortaya koyduğu çalışmasında hesaplamalarının sonuçlarını sınıflandırdı ve bu sınıfa göre; hesaplanan değer 15’ten küçük ise çok iyi, 15 ile 20 arasında iyi, 20 ile 35 arasında ise zayıf, 35 ile 45 arası kötü ve 45 ve üzeri ise çok kötü olarak ifade etmiştir. Yığın yoğunluğu ve sıkıştırılmış yoğunluk değerleri kullanılarak hesaplanan başka bir değer ise yapışkanlık (*HR*) Hausner oranına dayanmaktadır ve bu oran 1,2’den düşük çıkarsa düşük yapışkanlığa, 1,2 ile 1,4 arasında ise orta ve 1,4’ten yüksekse yüksek yapışkanlığa sahip olarak değerlendirilmektedir (Jinapong ve diğ, 2008).

Bu sınıflandırmalar göz önüne alınarak Cennet hurması tozundan elde edilen değerler değerlendirildiğinde, akabilirlik değerlerinin çok iyi ile iyi arasında değiştiği ve yapışkanlık değerlerinin ise düşük ile orta değerleri arasında değiştiği gözlenmektedir. Bu değerler göz önüne alındığında Cennet hurması tozlarının akabilirliği ve yapışkanlığı arasında pozitif bir ilişki saptanmıştır. Cennet hurması tozları arasındaki akabilirlik (*CI*) değerleri 6,08 ile 18,63 arasında değişmektedir (Çizelge 4.2). En düşük oran olan 6,08 değeri 50 °C’ye aitken, sıcak hava değeri yükseldikçe akabilirlik değeri yükselmekte ve akabilirlik durumu kötüleşmektedir. Bu durum yapışkanlık (*HR*) oranında da aynı seyretmekte ve en iyi yapışkanlık değeri 50 °C’de 1,06’dır.

Yapışkanlık (*HR*) değerleri ise 1,06 ile 1,23 arasında değişmektedir. Akabilirlik ve yapışkanlık oranları arasında pozitif bir ilişki olup her ikisinin de en düşük ve en yüksek değerleri aynı kurutma yöntemlerine ait olmakla beraber, en yüksek akabilirlik ve yapışkanlık değerleri 100 W+75 °C'ye aittir. Bunun nedeni yüksek sıcaklıkların yüksek şeker içeriğinde kristalleşmeye neden olarak daha az akışkan ve daha çok yapışkanlığa neden olması, 100 W+75 °C'de ise bu kristalleşmenin daha az gerçekleşmesi olabilir.

Hasan ve diğ, (2022) tarafından yapılan araştırmada kurutulan Sukkari ve Barakawi olmak üzere iki hurma meyvesi çeşidi kurutularak elde edilen toz ürünün yapışkanlık ve akışkanlık değerleri incelenmiştir. Akışkanlık değerlerinin 8,12 ile 30,04 arasında değiştiği, yapışkanlık değerinin ise 1,09 ile 1,43 aralığında olduğu bildirilmiştir. Başka bir çalışmada incelenen Mango tozu ve ananas tozu akabilirlik ve yapışkanlık değerleri sırasıyla 22,65 ve 23,43; 1,29 ve 1,31 olarak saptanmıştır (Saifullah ve diğ, 2016).

4.4.2 Şişme kapasitesi, su tutma kapasitesi ve suda çözünme indeks değerleri

Çizelge 4.3'te farklı kurutma yöntemleri kullanılarak elde edilmiş Cennet hurması tozu örneklerinin şişme kapasitesi, su tutma kapasitesi ve suda çözünme indeksi değerleri verilmiştir.

Cennet hurması tozu örneklerinin şişme kapasitesi değerleri $3,48 \pm 0,18$ ile $7,37 \pm 0,07$ mL/g aralığında; su tutma kapasitesi değerleri $30,05 \pm 2,85$ ile $43,59 \pm 3,22$ g/g aralığında ve suda çözünme indeksi değerleri ise $\%2,75 \pm 0,15$ ile $5,51 \pm 0,43$ aralığında değişim göstermiştir ($p<0,05$).

Şişlik indeksi olarak da adlandırılan şişme kapasitesi, bir gıda maddesinin bir gram (1 g) tozunun belirli koşullar altında şişmesiyle alınan mililitre hacmidir (Awuchi ve diğ, 2019). Cennet hurması tozunun şişme kapasitesi Çizelge 4.3'de verilmiş olup, en düşük şişme kapasitesi değeri (2,68 mL/g) 200 W mikrodalga güç seviyesinde kurutulmuş örnekte gözlemlenirken, en yüksek şişme kapasitesi değeri (7,37 mL/g) ise 200 W+50 °C'de kurutulan örnekte saptanmıştır ($p<0,05$). Düşük şişme kapasitesine neden olduğu düşünülen bir durum da granüler stabiliteyi artıran ve granüler şişmeyi azaltan birçok kristalitin varlığıdır. Belirli bir sıcaklıkta jelatinleştirilen nişasta, moleküler organizasyon granüller içinde bozulur ve nişasta-su etkileşimleri artar, bunun sonucunda da şişmede kayda değer bir yükselmenin meydana geldiği bildirilmiştir (Liu ve diğ, 2003).

Numunenin dış kuvvetlere maruz kaldığında su tutma kabiliyetinin bir ölçüsü, su tutma kapasite ile ifade edilmektedir (Lan ve diğ, 2012). Numunenin su tutma kapasitesinin ise lif parçacıklarının yüzey özelliklerine, yük yoğunluğuna ve hidrofobikliğine bağlı olduğu rapor edilmiştir (Qi, 2017). Cennet hurması tozunun su tutma kapasiteleri incelendiğinde, 200 W+50 °C’de kurutulan örnek dışındaki kombine kurutma yöntemi kullanılan tüm örnekler, birbirine yakın sonuçlar vermiştir. Buna ek olarak, 50 °C, 75 °C, 200 W ve 200 W+50 °C’de kurutulan örnekler ise yine birbirine yakın sonuçlar vermiştir.

Ahmed (2023) tarafından yapılan araştırmada sıcak hava, mikrodalga ve kombine kurutma yöntemleri ile kuruttuğu mango tozlarının su tutma kapasiteleri incelenmiş ve 70 °C, 200 W ve 200 W kombinasyonları ile kurutulan örneklerde en düşük su tutma kapasitesi değerlerinin belirlendiği rapor edilmiştir.

Çizelge 4.3 : Farklı uygulamalarla kurutularak elde edilen Cennet hurması tozu örneklerinin şişme, su tutma kapasitesi ve suda çözünme indeksi değerleri.

Kurutma parametreleri	Şişme kapasitesi (mL/g)	Su tutma kapasitesi (g/g)	Suda çözünme indeksi (%)
50 °C	6,37 ± 0,28 ^b	33,48 ± 2,52 ^b	5,51 ± 0,43 ^a
75 °C	6,54 ± 0,29 ^b	30,29 ± 2,18 ^b	3,63 ± 0,53 ^{bc}
200 W	2,68 ± 0,02 ^d	31,90 ± 1,32 ^b	3,14 ± 0,16 ^{cd}
100 W + 50 °C	3,48 ± 0,18 ^{cd}	43,59 ± 3,22 ^a	4,11 ± 0,24 ^b
100 W + 75 °C	6,02 ± 0,61 ^b	42,51 ± 1,10 ^a	2,75 ± 0,15 ^d
200 W + 50 °C	7,37 ± 0,07 ^a	30,05 ± 2,85 ^b	2,89 ± 0,19 ^d
200 W + 75 °C	3,63 ± 0,67 ^c	38,91 ± 2,69 ^a	3,17 ± 0,03 ^{cd}

a-d: Farklı harflerle ifade edilen aynı depolama süresi ve depolama sıcaklığına ait değerler istatistiki açıdan önemlidir (p<0,05).

Cennet hurması tozlarının çözünürlük değerleri %2,75 ile %5,51 arasında değişmekle birlikte, en yüksek çözünürlük indeksini 50 °C’de kurutulan örnekler sergilerken, en düşük çözünürlük indeksi %2,75 ile 100 W+75 °C’de ve %2,89 ile 200 W+50 °C’de kurutulan örneklerde saptanmıştır. 100 W+50 °C’de kurutulan örnek hariç kombine kurutma yöntemi uygulanarak kurutulan örneklerde, düşük suda çözünme indeksi tespit edilmiştir. Şeker içeriği yüksek gıda maddelerinin kurutulması, şekerin kristal durumundan amorf haline yapısal değişimine neden olduğundan suda çözünürlüğünü

önemli ölçüde etkilemektedir (Jaya, 2009). Bu çalışmada, Cennet hurmasının zengin şeker içeriği nedeniyle, yüksek ısılardan etkilenecek kombine yüksek ısıların şeker yapısını etkilediği ve çözünme indeksini düşürdüğü gözlenmiştir.

4.4.3 Toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite değerleri

Fenolik maddeler, meyve ve sebzelerde tat, lezzet, renk gibi duyuşsal özelliklerde etkili olmakla birlikte gıda maddelerinin antioksidan, antidiyabetik ve antikanser aktivitelerinde etken olan biyoaktif metabolitlerdir. Uzun kuruma süreleri ve yüksek sıcaklıklar gerektiren kuruma uygulamaları gıda ürünlerinde besin maddelerinin azalmasına neden olabilir (Fernandes ve diğ., 2008). Özellikle fenolik maddelerin yüksek sıcaklıklardan etkilendiği birçok araştırma ile ortaya konmuştur. Farklı yöntemler kullanılarak kurutulan Cennet hurması tozlarının toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan kapasitesi Çizelge 4.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4 : Farklı uygulamalarla kurutularak elde edilen Cennet hurması tozu örneklerinin toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite değerleri.

Kurutma parametreleri	Toplam Fenolik Madde (mg/100 g GA kuru ağırlık)	Antioksidan Kapasite (μmol Trolox/g kuru ağırlık)
Hammadde	7572,99 ± 86,89 ^a	17,02 ± 0,63 ^a
50 °C	3544,22 ± 27,21 ^b	9,57 ± 0,32 ^b
75 °C	2164,01 ± 25,10 ^d	6,02 ± 0,09 ^{cd}
200 W	3554,93 ± 25,09 ^b	6,12 ± 0,15 ^{cd}
100 W + 50 °C	2906,04 ± 5,92 ^c	5,37 ± 0,09 ^d
100 W + 75 °C	2077,85 ± 4,27 ^d	3,92 ± 0,01 ^e
200 W + 50 °C	2956,49 ± 4,62 ^c	6,92 ± 0,49 ^c
200 W + 75 °C	1356,09 ± 14,37 ^e	6,61 ± 0,05 ^c

a-e: Farklı harflerle ifade edilen aynı depolama süresi ve depolama sıcaklığına ait değerler istatistikî açıdan önemlidir (p<0,05).

Çizelge 4.4'de hammadde ile karşılaştırıldığında kurutma işlemine tabi tutulan tüm örneklerin toplam fenolik madde içeriklerinin azaldığı, en yüksek toplam fenolik madde içeriği (3554,93 mg/100 g GA kuru ağırlık) ise 200 W'da kurutulan örnekte belirlenmiştir. Benzer bir çalışmada konvektif, mikrodalga enerji ve kombinasyon kurutma yöntemleri kullanarak kuruttuğu mango tozu örneğinde de en yüksek toplam

fenolik madde içeriğine 200 W'da kurutulan örneğe ait olduğu bildirilmiştir (Ahmed, 2023)

Örneklerin toplam fenolik madde içerikleri incelendiğinde 50 °C'de kurutulan örnek ile 200 W mikrodalga gücünde kurutulan örnekler benzer sonuçlar vermiştir ($p>0,05$). Tüm uygulamalar incelendiğinde 50 °C ve 50 °C ile kombine uygulamalara tabi tutulan örnekler birbirini takip eden ve diğerlerine kıyasla birbirine daha yakın sonuçlar sergilerken, 75 °C ve kombinasyonlarının uygulandığı örneklerde önemli düşüşler gözlemlendiği ve en düşük toplam fenolik madde içeriğinin (1356,09 mg/100 g GA kuru ağırlık) 200 W + 75 °C'ye ait olduğu belirlenmiştir. İstatistiksel olarak incelendiğinde kurutulmuş Cennet hurması tozlarının toplam fenolik madde içerikleri kurutuma yöntemlerinden önemli şekilde etkilenmiştir ($p<0,05$).

Benzer bir çalışmada, konvektif, mikrodalga enerji ve kombinasyon yöntemleriyle kurutulan cennet hurmalarında toplam fenolik madde içeriği belirlenmiş ve benzer sonuçlar elde edilmiştir. Taze örneğe en yakın değer en düşük sıcaklık olan 70 °C'ye ve kombinasyonlarına ait olduğu bildirilmiştir (Yılmaz, 2022)

Toplam fenolik madde ile pozitif bir korelasyon içinde olduğu saptanan antioksidan kapasite bu tez çalışmasında DPPH yöntemi ile belirlenmiş ve $\mu\text{mol Trolox/g}$ kuru ağırlık cinsinden Çizelge 4.4'te verilmiştir. Antioksidan kapasite değerleri 3,92 ile 17,02 $\mu\text{mol Trolox/g}$ kuru ağırlık arasında değişmekle birlikte, taze Cennet hurmasından sonra en yüksek antioksidan kapasite değeri 50 °C'de SH yöntemiyle kurutulan örneklerde tespit edilmiştir (9,57 $\mu\text{mol Trolox/g}$ kuru ağırlık) ve taze numuneye kıyasla anlamlı bir kayıp gözlemlenmiştir ($p<0,05$). En düşük antioksidan kapasite değeri ise, 100 W+75 °C'de kurutulan örneklerde (3,92 $\mu\text{mol Trolox/g}$ kuru ağırlık) belirlenmiştir. Bu değer taze örnek ve diğer örneklerle kıyaslandığında anlamlı bir düşüş ortaya çıkmıştır ($p<0,05$).

Yılmaz (2022) yaptığı çalışmada konvektif, mikrodalga enerji ve kombinasyon yöntemleriyle kurutulan cennet hurmalarında toplam antioksidan kapasitesini belirlemede CUPRAC, ABTS ve DPPH olmak üzere 3 farklı metot kullanılmış ve bu metotlar arasında Fuyu çeşidi Cennet hurmasının antioksidan tayini için en uygun metodun DPPH olduğunu bildirmiştir. Yılmaz (2022) yaptığı çalışmada DPPH yöntemine göre belirlediği en yüksek antioksidan kapasitesi değerine sahip olan örneklerin 4 W / g – 100 °C ve 4 W / g – 130 °C'de elde edilirken, en düşük değerlerin

ise 130 °C ve 4 W / g – 70 °C’de kurutulan örnekte olduğu tespit edilmiş ve mikrodalga kurutma tekniği, DPPH yöntemine göre antioksidan kapasitesinin herhangi bir parametresi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki sergilemediği vurgulanmıştır.

Benzer bir şekilde, Zia ve Alibaş (2021) yaptıkları çalışmada doğal, konvektif, mikrodalga ve kombine kurutma yöntemiyle kurutulan kıvılcık kirazında DPPH yöntemiyle antioksidan kapasite değerleri incelenmiştir. Taze örnekle kıyaslandığında bütün kurutulan örneklerde istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir. Taze örneğe en yakın değerleri 70 °C’de ve 500 W+70 °C’de kurutulan örneklerde belirlenirken, en düşük değer 100 W+70 °C’de olduğu saptanmıştır.

Yapılan bir başka çalışmada sıcak hava, mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombinasyonları ile kurutularak elde edilen balkabağı tozlarının antioksidan kapasiteleri incelenmiştir. En yüksek değeri 200 W+60 °C’de kurutulan örnekler sergilerken, en düşük değeri ise 100 W+70 °C’de kurutulan örnekler sergilemiştir (İzli ve diğ, 2022).

Farklı kurutma yöntemlerine ek olarak, yapılan bazı çalışmalarda ultrason uygulamasının meyve ve sebzeler üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bazı çalışmalarda, ultrason ön işleminin toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite bakımından olumsuz etkilere sahip olduğu bildirilmiştir (Ahmed, 2023; Ren ve diğ, 2018; Siucińska ve diğ, 2016).

4.4.4 Renk Değerleri

Taze ve farklı yöntemlerle kurutulmuş Cennet hurması tozunun parlaklık/koyuluk (L^*), kırmızılık/mavilik (a^*), sarılık/yeşillik (b^*), kroma (C), renk açısı (a°) ve toplam renk değişimi (ΔE) değerleri Çizelge 4.5’te verilmiştir. Kurutma işlemi uygulanan tüm örnekler hammadde ile kıyaslandığında parlaklığında önemli düşüşler olduğu gözlemlenmiştir. Parlaklık (L^*) değeri taze hammaddede 50,01 iken kurutulmuş örneklerde önemli bir azalma göstererek, 32,46 ile 37,81 arasında değişim göstermiştir ($p<0,05$). Kurutulmuş örnekler kendi aralarında değerlendirilmeye alındığında ise en parlak değeri gösteren kurutmanın 200 W ile 37,81 daha sonra da 100 W+75 °C ile 37,25 olduğu saptanmıştır. Buna paralel olarak, Yılmaz (2022) tarafından yapılan çalışmada doğal, konveksiyonlu, mikrodalga ve kombine mikrodalga-konveksiyonlu

kurutma yöntemleri kullanılarak kurutulan cennet hurmalarında en yüksek L^* değeri mikrodalga ile kurutulan ve mikrodalga-konveksiyon kombine kurutma yöntemi kullanılan örneklerle ait olduğu belirlenmiş olup, bunlara ek olarak doğal yöntemlerle kurutulan örneklerde önemli bir azalma olduğu, bunun nedeninin ise uzun kurutma süresi nedeniyle yüksek oksidasyon olabileceği rapor edilmiştir. Yapılan çalışmada mikrodalga kurutma yönteminin parlaklık açısından anlamlı bir fark oluşturmadığını, konvektif kurutmanın ise parlaklığı önemli seviyede azalttığını bildirilmiştir.

Başka bir çalışmada 60 °C’de, güneşte ve 100 W mikrodalga gücü ile kurutulan cennet hurmalarında taze üründe L^* değeri 54,88 ile en yüksek değer olduğu saptanmışken, taze ürüne en yakın değeri mikrodalga kurutmanın verdiği, fırında kurutma ve güneşte kurutmada ise L^* değerinin anlamlı bir düşüş gösterdiği bildirilmiştir (Akbulut, 2021).

Kırmızılık/mavilik (a^*) ve sarılık/yeşillik (b^*) değerleri incelendiğinde ise taze cennet hurmaları ile kıyaslandığında a^* değerinin önemli bir artış gösterdiği ve b^* değerinin ise 31,73 ile 45,88 arasında değiştiği ve hammaddede ölçülen b^* değerinin bu aralıkta olduğu saptanmıştır. Buna ek olarak a^* değerinin sıcaklık artışı ile önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir ($p<0,05$). Taze Cennet hurmasına en yakın değer 200 W ile kurutulan örnekte okunduğu, buna karşın en yüksek kırmızılık değerinin ise 200 W+75 °C’de kurutulan örneklerde ölçüldüğü belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Bununla birlikte, taze örneğe en yakın b^* değerini 100 W+75 °C’de kurutulan Cennet hurması tozlarının sergilediği, bu değerleri ise sırasıyla 75 °C ve 50 °C kurutma parametrelerinin izlediği belirlenmiştir. b^* değerinde kaydedilen en yüksek değerin ise 200 W’da kurutulan örneklerle ait olduğu saptanmıştır.

Bölek ve Obuz (2014) konvektif kurutma yöntemiyle 50, 65 ve 80 °C sıcaklıkta kuruttukları Cennet hurması dilimlerinin L^* , a^* ve b^* değerlerinin değişimini incelemişlerdir. L^* değerinin sıcaklığın artması ile arttığını, a^* değerinin ise sıcaklığın artması ile azaldığı rapor edilmiştir.

Yapılan bir başka çalışmada farklı kalınlıklarda ve sıcaklıklarda kurutulan Cennet hurması pestilinde L^* , a^* ve b^* değerleri incelenmiştir. L^* değeri, 50 °C’de 3 mm olarak kurutulan Cennet hurması pestili değeri ile bu tezde bulunan 100 W+50 °C’de kurutulan Cennet hurması tozu benzer sonuçlar vermiştir. Benzer şekilde a^* değeri incelendiğinde her iki çalışmada da a^* değeri 8,71 olarak bulunan iki kurutma

parametresi vardır; bunlar Cennet hurması pestilinde 50 °C’de 2 mm olarak kurutulan örnek ve Cennet hurması tozunda ise 50 °C’de kurutulan örnektir (Gökçe, 2015).



Çizelge 4.5 : Farklı uygulamalarla kurutularak elde edilen Cennet hurması tozu örneklerinin renk değerleri.

Kurutma parametreleri	L^*	a^*	b^*	C	α°	ΔE
<i>Hammadde</i>	$50,01 \pm 0,59^a$	$5,08 \pm 0,44^c$	$34,92 \pm 0,34^c$	$35,29 \pm 0,40^d$	$81,77 \pm 0,64^a$	-
50 °C	$33,12 \pm 1,05^d$	$8,71 \pm 0,38^c$	$33,15 \pm 0,42^{de}$	$34,27 \pm 0,43^{de}$	$75,32 \pm 0,63^b$	$17,37 \pm 1,07^{bc}$
75 °C	$34,47 \pm 1,08^c$	$8,94 \pm 0,65^c$	$34,57 \pm 1,58^{cd}$	$35,72 \pm 1,46^d$	$75,50 \pm 1,43^b$	$16,10 \pm 1,10^c$
200 W	$37,81 \pm 0,65^c$	$7,66 \pm 0,43^d$	$45,88 \pm 2,46^a$	$46,52 \pm 2,37^a$	$80,51 \pm 0,96^a$	$16,72 \pm 1,68^c$
100 W + 50 °C	$33,23 \pm 0,63^d$	$9,11 \pm 0,32^c$	$31,73 \pm 1,09^c$	$33,02 \pm 1,05^c$	$74,01 \pm 0,76^{cd}$	$17,58 \pm 0,61^{bc}$
100 W + 75 °C	$37,25 \pm 0,85^b$	$9,34 \pm 0,78^c$	$34,12 \pm 0,88^{cd}$	$35,38 \pm 1,03^d$	$74,76 \pm 0,92^{bcd}$	$13,51 \pm 0,99^d$
200 W + 50 °C	$32,46 \pm 0,59^d$	$10,37 \pm 0,34^b$	$38,73 \pm 0,58^b$	$40,10 \pm 0,52^c$	$75,04 \pm 0,63^{bc}$	$18,74 \pm 0,54^{ab}$
200 W + 75 °C	$32,72 \pm 1,00^d$	$11,82 \pm 0,59^a$	$40,18 \pm 0,61^b$	$41,89 \pm 0,47^b$	$73,63 \pm 0,96^d$	$19,31 \pm 0,82^a$

a-e: Farklı harflerle ifade edilen aynı depolama süresi ve depolama sıcaklığına ait değerler istatistiki açıdan önemlidir ($p<0,05$).

Kroma (C), rengin saflığını veya doygunluğunu belirler (Gonçalves ve diğ, 2007). Bu çalışmada taze Cennet hurması örneklerin kroması 35,29 olarak hesaplanmış ve elde edilen Cennet hurması tozu numunelerinde bu değer 33,02-46,52 aralığında değişim göstermiştir ($p<0,05$). En düşük C değeri 100 W+50 °C’de sıcak hava ve mikrodalga’nın kombine olarak kullanıldığı kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerle (33,02) aitken, en yüksek C değeri ise 200 W mikrodalga gücü ile kurutulan örneklerle (46,52) ait olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada C ve b^* değerleri arasında pozitif bir ilişki gözlenmekle beraber, her ikisinin de en yüksek ve en düşük olduğu kurutma parametrelerinin benzer olduğu görülmektedir.

Renk açısı (a°) incelendiği ise taze Cennet hurmasının renk açısı 81,77 iken bu değere en yakın değeri 100 W+50 °C’de kurutulan örnek sergilemiştir. En uzak a° değeri ise 200 W+75 °C’de kurutulan örnekte (73,63) tespit edilmiştir.

L^* , a^* ve b^* değerlerindeki değişimlerle ilişkili olarak bu parametrelere ek olarak farklı kurutma yöntemlerine bağlı olarak hesaplanan toplam renk değişimi (ΔE) değerleri Çizelge 4.5’te verilmiştir. Bu çizelgede de görüldüğü üzere minimum renk değişimi, 100 W+75 °C’de MDSH ile kurutulan örneklerde kaydedilirken, 200 W+75 °C’de kurutulan örneklerdeki renk değişim seviyesinin maksimum olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Ayrıca sıcak hava ve 200 W kombinasyonları ile kurutulan örneklerin diğer örneklerle kıyaslandığında toplam renk değişiminin bu kurutma parametrelerinde arttığı saptanmıştır. Kumar ve diğ, (2014) konvektif ve mikrodalga kurutma yöntemleriyle kuruttukları bamya örneklerinde en düşük toplam renk değişimini mikrodalga ve konvektif sıcak havanın kullanıldığı kombine kurutmada elde edildiğini belirtmiştir.

Gıda örneklerinin ısı işlemlere karşı hassas olduğu, ısı işlem şiddeti artmasına bağlı olarak kalite parametrelerinde kayıplar olduğu, gıda ürünlerinde tercih edilebilirliği önemli derecede etkileyen ve gıdanın karakteristik rengini veren renk pigmentlerinin ısı işlemlerden oldukça etkilenerek önemli seviyelerde kayba uğradığına birçok çalışmada değinilmiştir (Kerkhofs ve diğ, 2005; Alibaş, 2012; Demiray ve diğ, 2013). Kurutma sırasındaki renk değişimleri, karotenoidlerin ısıdan kaynaklı hasar alması, oksidasyon, enzimatik veya enzimatik olmayan esmerleşme ve benzeri birçok farklı faktörden kaynaklanabilmektedir (Nahimana ve Zhang, 2011). Bu çalışmada da bütün renk parametreleri değerlendirildiğinde, taze üründen en uzak değerler 200 W + 75

°C’de belirlenmiştir. Bunun nedenin hem mikrodalga gücünde hem de sıcak hava derecesinde en yüksek ısıya maruz kalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; Cennet hurması meyvesi kabuk ve çekirdeklerinden ayrıldıktan sonra blender ile püre haline getirilip ince bir tabaka halinde sıcak hava (SH), mikrodalga (MD) ve mikrodalga-sıcak hava (MDSH) kombinasyon olmak üzere üç farklı kurutma yöntemine tabi tutulmuştur. SH (50 °C ve 75 °C), MD (100 ve 200 W) ve MDSH (100 W-50 °C, 100 W-75 °C, 200 W-50 °C, 200 W-75 °C) olmak üzere 8 farklı kurutma uygulaması gerçekleştirilmiş ve elde edilen örneklerin nem içeriği, kurutma hızı, enerji tüketimi, yığın, sıkıştırılmış ve partikül yoğunluğu, gözleneklilik, akabilirlik ve yapışkanlık değerleri, şişme kapasitesi, su tutma kapasitesi, yeniden su alma, renk değerleri (L , a^* , b^* , C , a° , Δe), toplam fenolik madde ve antioksidan kapasitesi değerleri incelenmiştir.

Kurutma işlemi sırasında, 100 W ile kurutmanın uzun zaman ve yüksek enerji tüketimine neden olduğu ve kurutma sonucunda elde edilen örneğin beklenen kalite parametrelerini sağlamadığı gözlenmiş olup etkin bir kurutma yöntemi olmadığına karar verildiğinden, bu yöntem ile elde edilen örnek toz analizlere tabi tutulmamıştır.

Kurutma hızı incelendiğinde, 120 dakika ile 200 W+75 °C MDSH kombinasyonu ile kurutulan örnekler en hızlı kuruma davranışını sergilerken, 100W ile kurutulan örnekler istenilen nem seviyesine ancak 690 dakika ile gelerek en yavaş kuruma seviyesini sergilemiştir. Bu bağlamda, MDSH kombinasyon yöntemi ile kurutulan örneklerin, istenilen nem içeriğine gelme davranışları benzerlik gösterirken, 100 W ve 50 °C ile kurutulan örneklerinin istenilen nem içeriğine gelmesi daha uzun süreler almıştır. Sonuçlar göstermiştir ki, artan kurutma hava sıcaklığı ve mikrodalga güç seviyeleri daha kısa kurutma süresine neden olmuş ve kurutma işlemi azalan periyotta gerçekleşmiştir. Uygulanan kurutma yöntemleri arasında, MDSH yöntemi önemli ölçüde daha yüksek kuruma hızı sağlamıştır.

Kurutma yöntemlerinde sarf edilen enerji değişim değerleri incelendiğinde, MDSH yönteminde hem mikrodalga güç seviyesinin hem de sıcak havanın aynı anda kullanılması nedeniyle enerji tüketiminin yüksek olması beklenirken iki yöntemin

kombine kullanılması nedeniyle kurumanın kısa süreli olmasına bağlı olarak, en düşük enerji tüketimi 200 W + 75 °C (1,1 kWh), 100 W + 50 °C (1,1 kWh) ve 75 °C'ye (1,1 kWh) ait olduğu tespit edilmiştir. En yüksek tüketim ise 100 W (1,5 kWh) mikrodalga gücünde kurutulan örneğe ait olduğu, bunun sebebinin ise kuruma süresinin çok uzun olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

SH, MD ve MDSG yöntemleri ile kurutularak elde edilen Cennet hurması tozu örneklerinin yığın yoğunluk değerlerinde önemli bir değişiklik gözlemlenmiştir ($p<0,05$). 200 W + 75 °C kombinasyon yöntemi ile kurutulan örnekde en yüksek yığın yoğunluğu değeri ($0,51 \text{ g/cm}^3$) saptanırken, en düşük değer 3 farklı kurutma yönteminde saptanmıştır. Bunlar; $0,22 \text{ g/cm}^3$ yığın yoğunluk değeri ile 50 °C, 200 W ve 100 W+50 °C'de kurutulan örneklerdir. Bu bağlamda sonuçlar incelendiğinde, 75 °C ve kombinasyonları ile kurutulan örneklerin daha yüksek yığın yoğunluk değerleri sergiledikleri gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, sıkıştırılmış yoğunluk değerleri incelendiğinde 75 °C ve kombinasyonları ile kurutulan örneklerin daha yüksek sıkıştırılmış yoğunluk değerleri elde edilmiştir. En yüksek sıkıştırılmış yoğunluk değeri, yığın yoğunluk değerinde olduğu gibi 200 W + 75 °C kombinasyon yöntemi ile kurutulan örneğe ($0,62 \text{ g/cm}^3$) aitken, en düşük değer de 50 °C'de kurutulan örnekte ($0,23 \text{ g/cm}^3$) tespit edilmiştir. Cennet hurması toz örnekleri arasındaki partikül yoğunluğu değerleri anlamlı bir değişim göstermemiştir ($p<0,05$). Ayrıca Cennet hurması tozları arasındaki gözeneklilik değerleri %37,99 ile %77,57değişiklik göstermiştir. En düşük gözeneklilik değeri 200 W + 75 °C kombinasyon yöntemi ile kurutulan örnek sahipken, en yüksek gözenekliliğe 50 °C'de kurutulan örnek sahiptir.

Cennet hurması tozlarının akabilirlik (*CI*) ve yapışkanlık (*HR*) değerleri arasında pozitif bir korelasyon vardır. Sıcak hava ve mikrodalga güç seviyesindeki artış, Cennet hurması tozlarında akabilirlik (*CI*) ve yapışkanlık (*HR*) değerlerinde artışa sebep olmuştur. 100 W+75 °C MDSH yöntemi ile kurutulan örnekler en yüksek akışkanlık ve yapışkanlık değerlerine sahipken, en düşük akabilirlik ve yapışkanlık değerleri ise 50 °C'de SH yöntemi ile kurutulan örneklere aittir.

En yüksek şişme kapasitesini $7,37 \text{ mL/g}$ ile 200 W+50 °C MDSH ile kurutulan örnekler sergilerken, en düşük şişme kapasitesini ise 200 W MD yöntemi ile kurutulan örnekler ($3,48 \text{ mL/g}$) sergilemiştir. Tüm kurutma yöntemleri içinde su tutma kapasitesi en yüksek değer 100 W+50 °C MDSH ile kurutulan örneklerde tespit edilirken, 200 W+50 °C'de kurutulan örnek dışındaki kombine kurutma yöntemi kullanılan tüm

örnekler, istatistiksel olarak benzer özellikler gösterdiği tespit edilmiştir. En yüksek suda çözünmek indeksi 50 °C SH yöntemi ile elde edilen Cennet hurması tozu örneklerinde saptanırken, sıcaklık arttıkça suda çözünme indeksinin azaldığı saptanmıştır.

Farklı yöntemlerle kurutulan Cennet hurması tozlarının fenolik madde içerikleri 1356,09 mg/100 g GA kuru ağırlık ile 3554,93 mg/100 g GA kuru ağırlık arasında değişirken, taze Cennet hurmasının toplam fenolik madde içeriği 7572,99 mg/100 g GA kuru ağırlık olarak saptanmıştır. Toz örnekler arasında en yüksek değeri 200 W MD yöntemi ile kurutulan örnekte tespit edilirken, bu değerden sonra en yüksek değer 50 °C’de SH yöntemi ile kurutulan örnekte saptanmıştır. SH yönteminde sıcak hava derecesi arttıkça toplam fenolik madde içeriğinde anlamlı azalmalar tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Taze Cennet hurmasının antioksidan kapasite değeri 17,02 μmol Troloks/g kuru ağırlık olarak tespit edilmiştir. Taze Cennet hurmasına en yakın antioksidan kapasite değeri ise 50 °C SH yöntemi ile elde edilen Cennet hurması tozu örneklerinde (9,57 μmol Troloks/g kuru ağırlık) belirlenmiştir. Antioksidan kapasite değerleri incelendiğinde, en yüksek (50 °C) ve en düşük (100 W+75 °C) değerler dışında kalan değerler istatistiksel olarak birbirlerine yakındırlar ($p>0,05$).

Renk parametreleri incelendiğinde ise, SH/MD ve/veya SHMD yöntemler fark etmeksizin L^* değerinde anlamlı bir azalma gözlenirken, a^* değerinin yükseldiği saptanmıştır. Taze Cennet hurması örneği en yüksek L^* değerine sahipken, en düşük a^* değerine sahiptir. Bunun aksine, en düşük L^* değeri ve en yüksek a^* değeri 200 W+75 °C MDSH yöntemi kullanılarak elde edilen Cennet hurması tozlarında tespit edilmiştir ($p<0,05$). En düşük ΔE değeri 100 W+75 °C’de MDSH ile kurutulan örneklerde belirlenirken, 200 W+75 °C’de kurutulan örneklerdeki renk değişim seviyesinin maksimum olduğu gözlemlenmiştir.

Genel olarak, farklı kurutma yöntemleri uygulanarak elde edilen Cennet hurması tozunun ürün kalitesinin doğrudan kurutma parametresiyle ilişkili olduğu belirlenmiştir. Uygulanan kurutma yöntemleri arasında en iyi kurutma kinetiği sonuçları MDSH yöntemi kullanılarak kurutulan örneklerde tespit edilmiştir. Toz ürün örnekleri incelendiğinde 200 W+75 °C MDSH yönteminin toz numunelerinin fizikokimyasal özellikleri üzerinde olumsuz etkilere sahip olduğu saptanmıştır.

Tüm sonuçlar bir bütün olarak göz önüne alındığında, Cennet hurması tozu üretiminde sadece SH ve/veya sadece MD yöntemlerinin olumsuz etkilerini en aza indirmek amacıyla MD ile SH kurutma tekniklerinin kombine edilmesi tavsiye edilmektedir



KAYNAKLAR

- Ahmed, A. A.** (2023). *Ultrason uygulamalari ve farkli kurutma yöntemlerinin mango tozunun bazi fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi*. (Yüksek lisans tezi). Bursa Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bursa.
- Alhammadiy, A.** (2022). *Dilimlenmiş Cennet hurmasının (Diospyros Kaki) dondurarak kurutma kinetiğinin belirlenmesi*. (Yüksek lisans tezi). Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Karabük.
- Akbulut, Y. E.** (2021). *Farklı koşullarda kurutulan trabzon hurması (Diospyros kaki) ve Kivi (actinidia deliciosa) 'nin bazı fizikokimyasal ve mikrobiyolojik kalite parametrelerinin incelenmesi*. (Yüksek lisans tezi). Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- Alibaş, İ.** (2012). Asma yaprağının (*Vitis vinifera* L.) mikrodalga enerjisiyle kurutulması ve bazı kalite parametrelerinin belirlenmesi. *Journal of Agricultural Sciences-Tarım Bilimleri Dergisi*, 18: 43-53
- Arda, S. O.** (2017). *Mikrodalga ve güneş enerjisi kombinasyonlu kurutucu kullanılarak kurutma davranışının deneysel olarak incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Aşık, S.** (2019). *Farklı kurutma yöntemleri ile biyoaktif bileşenlerce zengin portakal tozu üretimi*. (Yüksek lisans tezi). Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Awuchi, C. G., Igwe, V. S., & Echeta, C. K.** (2019). The functional properties of foods and flours. *International Journal of Advanced Academic Research*, 5 (11), 139–160.
- Aykırı, E., Arslan S., Durak N. A., ve Erbaş M.** (2015). Gıdalarda bulunan suyun fizikokimyasal durumu ve sorpsiyon izotermi. *The Journal of Food*, 40 (2), 109 – 116.
- Barroca, M. J. & Guiné, R.** (2012). Study of drying kinetics of quince. *In International Conference of Agricultural Engineering*, 2012.
- Bhattacharya, M., Srivastav, P. P., & Mishra, H. N.** (2015). Thin-layer modeling of convective and microwave-convective drying of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Journal of Food Science and Technology*, 52 (4), 2013-2022. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1209-2>.
- Bibi, N., Khattak, A. B., & Mehmood, Z.** (2007). Quality Improvement and Shelf-Life Extension of Persimmon Fruit (*Diospyros kaki*). *Journal of Food Engineering*. 79: 1359-1363.
- Bordiga, M., Travaglia, F., Giuffrida, D., Mangraviti, D., Rigano, F., Mondello, L., Arlorio, M., & Coisson, J.** (2019). Characterization of peel and pulp proanthocyanidins and carotenoids during ripening in persimmon

“Kaki Tipo”, cultivated in Italy. *Food Research International*, 120, 800-809.

- Bordiga M., Guzzon R., Manfred M., Barberis E., Grasso S., Benítez-González M. A., Meléndez Martínez A. J., Travaglia F., Arlorio M., & Coisson J. D.** (2023) Characterisation of Diospyros kaki (persimmon) vinegars produced with different microorganisms. *Food Bioscience*, 55, 102987
- Bölek, S. & Obuz, E.** (2014). Quality characteristics of Trabzon persimmon dried at several temperatures and pretreated by different methods. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38 (2), 242-249.
- Bulam, S.** (2023). *Giresun ilinde yetişen doğa mantarlarının tozlarının fizikokimyasal özellikleri* (Doktora tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Samsun.
- Butt, M. S., Sultan, M. T., Aziz, M., Naz, A., Ahmed, W., Kumar, N. & Imran, M.** (2015). Persimmon (Diospyros kaki) fruit: hidden phytochemicals and health claims. *Excli journal*, 14, 542-561.
- Carr, R. L.** 1965. Evaluating flow properties of solids. *Chem Engineer*, 72: 163–168.
- Chang, Y. L., Lin, J. T., Lin, H. L., Liao, P. L., Wu, P. J., & Yang, D. J.** (2019). Phenolic compositions and antioxidant properties of leaves of eight persimmon varieties harvested in different periods. *Food Chemistry*, 289, 74-83.
- Cemeroğlu, B.** (1986). Meyve ve sebze işleme teknolojisi. *Gıda Teknoloji Dergisi Yayınları*, 6, 479-480.
- Cemeroğlu, B.** (2007). Gıda Analizleri, *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*, 34, 535 s, Ankara.
- Çelen, S.** (2019). Effect of microwave drying on the drying characteristics, color, microstructure, and thermal properties of Trabzon persimmon. *LWT-Food Science and Technology*, 8 (84),119.
- Dadalı, G.** (2007). *Bamya ve ıspanağın mikrodalga tekniği kullanılarak kurutulması, doku ve renk özelliklerinin incelenmesi ve modellenmesi*.
- Dal, Z.** (2016). *Kurutulmuş ve taze trabzon hurması katkılı meyveli yoğurtların bazı özelliklerinin incelenmesi* (Yüksek lisans tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Demiray, E., Tulek, & Y., Yilmaz, Y.** (2013). Degradation kinetics of lycopene, β -carotene and ascorbic acid in tomatoes during hot air drying. *LWT-Food Science and Technology*, 50 (1), 172-176.
- Demiray, E., Seker, A., & Tulek, Y.** (2017). *Drying kinetics of onion (Allium cepa L.) slices with convective and microwave drying*. Heat Mass Transfer, Volume 53, pages 1817–1827, 53:1817–1827 DOI 10.1007/s00231-016-1943-x.
- Doymaz, I.** (2012). *Prediction of drying characteristics of pomegranate Arils*. Food Analysis Methods, 5:841-848.
- Erbay, K.** (2021). *Farklı ısıl proseslerin trabzon hurması (Diospyros kaki cv. hachiya) pekmezinin bazı fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi*. (Yüksek lisans tezi). Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu üniversitesi, Ordu.

- Erbay, Z., & İçier, F., (2009).** A review of thin layer drying of foods. theory, modeling and experimental results. *Critical reviews in food science and nutrition*, 50:441-464.
- Ferrari, C. C., Germer, S. P. M., Alvim, I. D., Vissotto, F. Z., & Aguirre, J. M. (2012).** Influence of carrier agents on the physicochemical properties of blackberry powder produced by spray drying. *International Journal of Food Science & Technology*, 47:1237–1245.
- Fernandes, F. A., Gallão, M. I., & Rodrigues, S. (2008).** Effect of osmotic dehydration and ultrasound pre-treatment on cell structure: Melon dehydration. *LWT-Food Science and Technology*, 41 (4), 604–610.
- Gökçe, E. (2015).** *Farklı kurutma parametrelerinin trabzon hurması pestilinin kalite kriterlerine etkisi* (Yüksek lisans tezi). Gaziantep üniversitesi, Gaziantep.
- Göztepe, B., (2021).** *Farklı kurutma yöntemlerinin kuşburnunun kurutma kinetiği, biyoaktif bileşen ve renk kalitesi üzerine etkisi* (Yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Gözükara, İ., Ö. (2013).** *Balkabağı tozunun fizikokimyasal ve sorpsiyon özellikleri üzerine kurutma metotlarının etkisi ve balkabağı tozunun kek üretiminde kullanımı* (Yüksek lisans tezi). Fen bilimleri enstitüsü, İstanbul teknik üniversitesi, İstanbul.
- Gonçalves, B., Silva, A. P., Moutinho-Pereira, J., Bacelar, E., Rosa, E., & Meyer, A. S. (2007).** Effect of ripeness and postharvest storage on the evolution of colour and anthocyanins in cherries (*Prunus avium* L.). *Food Chemistry*, 103 (3), 976–984.
- Hasan, F., Nazir, A., Sobti, B., Tariq, H., Karim, R., Al-Marzouqi., H., A., & Kamal-Eldin A., (2022)** Dehydration of date fruit (*Phoenix dactylifera* L.) for the production of natural sweet powder. *NFS Journal*, 27, 13-20.
- Hernández-Carrión, M., Varela, P., Hernando, I., Fiszman, S., & Quiles, A., (2015).** “Persimmon Milkshakes With Enhanced Functionality: Understanding Consumers' Perception of The Concept and Sensory Experience of a Functional Food” *Food Science and Technology*, 62 (1), 384-392.
- Homnava, A., Payne, J., Koehler, P., & Eitenmiller, R. (1990).** Provitamin-A (Alpha-Carotene, Beta-Carotene And Beta-Cryptoxanthin) and Ascorbic-Acid content of Japanese and American Persimmons. *Journal Of Food Quality*, 13 (2), 85-95.
- Hwang, K. A., Hwang, Y. J., Hwang, I. G., Song, J., & Cho, S. M. (2017).** Cholesterol-Lowering effect of astringent Persimmon Fruits (*Diospyros kaki* Thunb.) extracts. *Food Science and Tecnology*, 26 (1), 229-235.
- Ito, S. (1971).** *The persimmon*. The Biochemistry of Fruits and Products. 281- 301
- İzli, G., Taşkın, O., & İzli N. (2021).** Convective, Microwave and Combined Microwav Convective Drying of Pepino, *Erwerbs-Obstbau*, 63, 175–184. <https://doi.org/10.1007/s10341-021-00555-9>.

- İzli, G., Yildiz, G., & Berk, S. E.** (2022). Quality retention in pumpkin powder dried by combined microwave-convective drying. *Journal of Food Science and Technology*, 59 (4), 1558–1569.
- Jia, Y., Khalifa, I., Hu, L., Zhu, W., Li, J., Li, K., & Li, C.** (2019). Influence of three different drying techniques on persimmon chips' characteristics: A comparison study among hot-air, combined hot-air-microwave, and vacuum-freeze drying techniques. *Food and Bioproducts Processing*, 18, 67-76. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.08.018>.
- Jinapong, N., Supphantharika, M., & Jamnong, P.** (2008). Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 84 (2), 194–205.
- Jung, T. C., Park, Y. S., Zacwieja, Z., Folta, M., Barton, H., Piotrowics, J., Katrich, E., Trakhtenberg, S., & Gorinstein, S.** (2005). Some essential phytochemicals and the antioxidant potential in fresh and dried Persimmon. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 56: 105-113.
- Karaaslan, S.** (2014). Trabzon hurmasının mikrodalga ile kurutulmasında uygun kuruma modelinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 9 (1): 8- 15, ISSN 1304-9984, Araştırma Makalesi.
- Karaca, O., B., Saydam, I., B., & Guven, M.** (2019). Physical, chemical, and sensory attributes of low-fat, full-fat, and fat-free probiotic set yogurts fortified with fiberrich persimmon and apple powders. *Journal Of Food Processing And Preservation*.
- Karakasova, L., Babanovska-Milenkovska, F., Lazov, M., Karakasov, B. & Stojanova, M.** (2013). Quality properties of solar dried persimmon (*Diospyros kaki*). *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 4 (1), 54-59.
- Karaman, S., Toker, Ö. S., Yüksel, F., Çam, M., Kayacier, A. & Dogan, M.** (2014). Physicochemical, bioactive, and sensory properties of persimmon-based ice cream: Technique for order preference by similarity to ideal solution to determine optimum concentration. *Journal of Dairy Science*, 97 (1), 97-110.
- Karhan, M., Artık, N., & Özdemir, F.** (2003). Trabzon hurmasının (*Diospyros kaki* L.) olgunlaşma sürecinde HPLC ile belirlenen majör fenolik bileşik, majör karotenoid bileşik ve L-Askorbik Asit kompozisyonunun değişimi. *The Journal of Food*, 28 (4).
- Kaya, A., Kamer, M., S. & Şahin, HE.** (2015). Trabzon hurmasının (*Diospyros kaki* L.) kuruma davranışının deneysel incelenmesi. *The Journal of Food*, 40 (1), 9-14.
- Kaya, C., Yücel, E., E., Bayram, M., Meşe, C., Aybakan, E., Gökgöz, G., & Sözer, T. T.** (2017). Trabzon hurması (*Diospyros kaki* L.) bazlı karışık meyveli geleneksel marmelat üretimi üzerine bir araştırma. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 47 (2), 107-112.
- Khaled, A. Y., Kabutay, A., Selvi, K. Ç., Mizera, Č., Hrabe, P., & Herák, D.** (2020). Application of computational intelligence in describing the drying

kinetics of persimmon fruit (*Diospyros kaki*) during vacuum and hot air drying process. *Processes*, 8 (5),1-21.

- Kokangül, G. & Fenercioğlu, H.** (2014). Trabzon hurmalarını kullanarak karışık meyveli geleneksel marmelat üretimi üzerine bir araştırma. *The Journal of Food*, 39 (6), 339-346.
- Kuzucu, F. & Kaynaş, K.** (2004). *Farklı zamanlarda hasat edilen Trabzon hurması (Diospyros kaki L.) meyvelerinin fizyolojik ve kimyasal yapılarında meydana gelen değişimler*.
- Lan, G., Chen, H., Chen, S., & Tian, J.** (2012). Chemical composition and physicochemical properties of dietary fiber from *Polygonatum odoratum* as affected by different processing methods. *Food Research International*, 49 (1), 406–410.
- Lodos, D.** (2022). *Sıcaklık, pH ve konsantrasyonun trabzon hurma (diospyros kaki) püresinin reolojik özellikleri üzerine etkisinin incelenmesi*. (Yüksek lisans tezi), Sivas Cumhuriyet üniversitesi, Sivas.
- Meral, R. & Doğan, İ. S.** (2009). Fonksiyonel öneme sahip doğal bileşenlerin unlu mamullerin üretiminde kullanımı. *Gıda Dergisi*, 34 (3), 193-198.
- Messaoudi, A. & Fahloul, D.** (2018). Physicochemical and sensory properties of pancake enriched with freeze dried date pomace powder. *Food Science and Technology*, 19 (1), 59-68.
- Michalska, A., Wojdyło, A., Lech, K., Łysiak, G., P., & Figiel, A.** (2016). Physicochemical properties of whole fruit plum powders obtained using different drying technologies. *Food Chemistry*, 207:223–232.
- Miraei Ashtiani, S., H., Sturm, B., & Nasirahmadi, A.** (2018). Effects of hot-air and hybrid hot air-microwave drying on drying kinetics and textural quality of nectarine slices. *Heat and Mass Transfer*, 54, 915-927. <https://doi.org/10.1007/s0023-017-2187-0>
- Nahimana, H. & Zhang, M.** (2011). Shrinkage and color change during microwave vacuum drying of carrot. *Drying Technology*, 29 (7), 836–847.
- Özcan, M.** (2005). Trabzon hurması yetiştiriciliği. *Hasad Yayınları*. 42-6.
- Park, Y. S., Jung, S. T., Kang, S. G., Delgado, L. E., Ayala, A. L. M., Tapia, M. S., Martin-Belloso, O., Trakhtenberg, S., & Gorinstein, S.** (2006). Drying of Persimmon (*Diospyros kaki* L.) and the Following Changes in the Studied Bioactive Compounds and the Total Radical Scavenging Activities. *LWT-Food Science and Technology*.39: 748-755
- Paul, P. & Bhattacharyya, S.** (2015). Antioxidant profile and sensory evaluation of cookies fortified with juice and peel powder of fresh pomegranate (*Punica Granatum*). *International Journal of Agricultural and Food Science*, 5 (3), 85- 91.
- Ren, F., Perussello, C., Zhang, Z., Kerry, J. P., & Tiwari, B. K.** (2018). Impact of ultrasound and blanching on functional properties of hot-air dried and freeze dried onions. *Lwt*, 87, 102–111.

- Saifullah, M., Yusof, Y. A., Chin, N. L., & Aziz M. G.** (2016). Physicochemical and flow properties of fruit powder and their effect on the dissolution of fast dissolving fruit powder tablets. *Powder Technology*, 301, 396-404.
- Shazia, Y., Umar, F., Afshan, S., Kashif, A., Mian, A. M., Tusneem, K., & Farzana, S.** (2016). Chemistry and functionality of bioactive compounds present in Permisson. *Journal of Chemistrey*.
- Shin, D. S., Park, H. Y., Kim M. H., & Han G. J.** (2011). Quality characteristics of bread with Persimmon peel powder. *Korean journal of food and cookery science*, 27 (5), 589-597.
- Siucińska, K., Konopacka, D., Mieszczakowska-Frać, M., & Polubok, A.** (2016). The effects of ultrasound on quality and nutritional aspects of dried sour cherries during shelf-life. *LWT-Food Science and Technology*, 68, 168-173.
- Suzuki, T., Someya, S., Hu, F., & Tanokura, M.** (2005). Comparative study of catechin compositions in five Japanese Persimmons (*Diospyros kaki* L.). *Food Chemistry*, 93: 149-152.
- Toplu, C., Özdemir, A. E., Yıldız, E., Coşkun, G., Güzel, U., Duman, C., & Ünlü, M.** (2016). Amankaki ve Vainiglia Trabzon hurması çeşitlerinde etanol uygulamalarının burukluğu önlemeye etkisi. *Bahçe*, 45 (1), 390-395
- Tülek, Y. & Demiray, E.** (2014). Sıcak hava kurutma yönteminde farklı sıcaklık ve ön işlemlerin Trabzon hurmasının renk ve kuruma karakteristiklerine etkisi. *Tarım Bilgileri Dergisi*, 20, 27-37.
- Uçar, H.** (2010). *Farklı dönemlerde hasat edilen Trabzon hurması (Diospyros kaki) meyvelerinin kalite özelliklerinin araştırılması*. Ege Üniversitesi, İzmir.
- Veberic, R., Jurhar, J., Mikulic-Petkovsek, M., Stampar, F., & Schmitzer, V.** (2010). Comparative study of primary and secondary metabolites in 11 cultivars of persimmon fruit (*Diospyros kaki* L.). *Food Chemistry*, 119 (2), 477-483.
- Xie, C., Xie Z., Xu X.** (2015). Persimmon (*Diospyros kaki* L.) leaves: A review on traditional uses, phytochemistry and pharmacological properties. *Journal of Ethnopharmacology*, 163, 229-240.
- Yeşilkanat, N.** (2019). *Trabzon hurması (Diospyros Kaki) tozunun glutensiz kek üretiminde şeker ikamesi olarak kullanımı*. (Yüksek lisans tezi), Malisa Celal Bayır Üniversitesi, Manisa.
- Yıldız, G., Andrade, J., Engeseth, N. C., & Feng, H.** (2017). Functionalizing soy protein nano-aggregates with pHshifting and mano-thermo-sonication. *Journal of Colloid and Interface Science*, 505, 836-846.
- Yılmaz, A.** (2022). *Doğal, konveksiyonlu, mikrodalga ve kombine mikrodalga-konveksiyonlu kurutma yöntemlerinin trabzon hurmasının biyoaktivitesi üzerine etkisi*. (Doktora tezi). Bursa Uludağ üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Yılmaz, M., S.** (2015). *Brokolinin mikrodalga kurutma karakteristiklerinin belirlenmesi ve modellenmesi*. (Yüksek lisans tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Yönel, S., Uylaser, V., ve Yonak, S.** (2008). Trabzon hurmasının bileşimi ve besleyici değeri. Gıda Kongresi, Erzurum, 339-342.
- Yönel, S., P.** (2009). *Farklı turuncgil meyve suyu konsantreleri katkısı ile hazırlanan trabzon hurması nektarı üretiminin optimizasyonu*. (Yüksek lisans tezi), Fen bilimleri enstitüsü, Bursa Uludağ üniversitesi, Bursa.
- Zia, M. P. & Alibas, I.** (2021). The effect of different drying techniques on color parameters, ascorbic acid content, anthocyanin and antioxidant capacities of cornelian cherry. *Food Chemistry*, 364, 130358. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130358>.

