



T.C.

SİVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİKRODALGA İLE KURUTULMUŞ KEREVİZ YAPRAKLARININ (*Apium
graveolens* L.) KURUMA HIZININ VE BAZI KALİTE
PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Esra KÖMÜŞ

(201492141079)

Tez Danışmanı

Doç. Dr. FERDA SARI

SİVAS

Aralık 2018

Esra KÖMÜŞ'ün hazırladığı “**MİKRODALGA İLE KURUTULMUŞ KEREVİZ YAPRAKLARININ (*Apium graveolens L.*) KURUMA HIZININ VE BAZI KALİTE PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı **Doç. Dr. Ferda SARI**

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Jüri Üyesi **Prof. Dr. Y. Sedat VELİOĞLU**

Ankara Üniversitesi

Jüri Üyesi **Prof. Dr. Nursel DEVELİ IŞIKLI**

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. İsmail ÇELİK

FEN BİLİMLERİ ENTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)' nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.

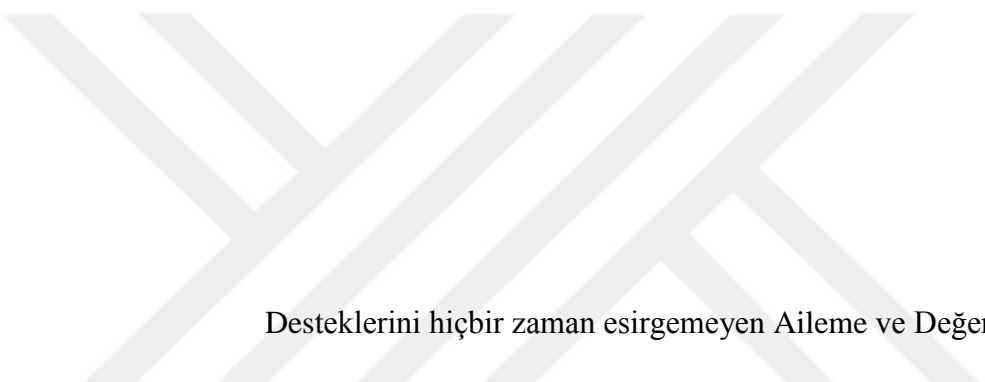




Bütün hakları saklıdır.

Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

©Esra KÖMÜŞ, 2018



Desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen Aileme ve Değerli Eşime...

ETİK

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)' nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- ✓ Bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ✓ Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ✓ Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ✓ Tezin herhangi bir bölümünü, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

27.11.2018

Esra KÖMÜŞ

KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösteren, araştırmam boyunca sabrını ve desteğini esirgemeyen, örnek aldığım saygıdeğer hocam Sayın Doç. Dr. Ferda Sarı'ya,

Bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım ve zamanını bana ayıran değerli ve güler yüzlü hocam sayın Prof. Dr. Nursel Develi Işıklı'ya,

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen, her zaman yanımda olup destekleri ile beni cesaretlendiren Aileme,

Yorulduğum anda devam etmemi sağlayan ve umudum olan Değerli Eşime teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

MİKRODALGA İLE KURUTULMUŞ KEREVİZ (*Apium graveolens* L.) YAPRAKLARININ KURUMA HIZININ VE BAZI KALİTE PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Esra KÖMÜŞ

Yüksek Lisans Tezi

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ferda SARI

2018, 73 + xvii sayfa

Bu çalışmada kereviz yaprakları (*Apium graveolens* L.) mikrodalga tekniği ile kurutulmuştur. Mikrodalgada kurutma işlemi 180, 360, 600 ve 900 W mikrodalga güç yoğunluğunda yapılmıştır. Uygulanan farklı mikrodalga güç yoğunluğunun kereviz yapraklarının kuruma kinetiği, toplam fenolik madde içeriği, antioksidan kapasite, klorofil a, b ve toplam klorofil miktarı ve renk parametreleri üzerine etkileri incelenmiştir. Kereviz yapraklarının kuruma davranışlarını açıklamak için Page, Newton ve Weibull olmak üzere 3 farklı model test edilmiştir. Uygulanan tüm koşullarda Page modelin kereviz yapraklarının farklı mikrodalga güç yoğunluğunda kurutulmasında kuruma kinetiğini açıklayan en iyi model olduğu görülmüştür. Kereviz yapraklarının kurutulması azalan hız periyodunda gerçekleşmiş olup uygulanan mikrodalga gücünün artmasıyla kuruma oranı artmış ve kuruma süresi ise azalmıştır. Kurutulan kereviz yapraklarının toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasitesi 180, 360 ve 600 W uygulamasında taze örneğe göre azalırken 900 W'da artmıştır. Uygulanan tüm mikrodalga güç yoğunlukları kereviz yapraklarının klorofil a, b ve toplam klorofil içeriğinde taze yapraklara göre azalmaya neden olmuştur. Bu azalma en yüksek 180 W'da en düşük ise 900 W'da tespit edilmiştir. Renk parametrelerinden L*, b* ve C* değerleri mikrodalga güç yoğunluğu arttıkça azalırken, a* değeri artış göstermiştir. Ancak uygulanan güç yoğunluklarından 900 W'da a* değerinde en az artış tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Mikrodalga, Kurutma, Kereviz (*Apium graveolens* L.) yaprağı, kalite

ABSTRACT

DETERMINATION OF DRYING RATE AND SAME QUALITY PARAMETERS OF CELERY LEAVES (*Apium graveolens* L.) DRIED BY MICROWAVE

Esra KÖMÜŞ

Master Of Science Thesis, Department Of Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ferda SARI

2018, 73 + xvii pages

In this study celery leaves (*Apium graveolens* L.) were dried by microwave technique. The microwave drying process was carried out at 180, 360, 600 and 900 W microwave power density. The effects of different microwave power densities applied on drying kinetics, total phenolic content, antioxidant capacity, chlorophyll a, b and total chlorophyll content and color parameters of celery leaves were investigated. In order to explain the drying behavior of celery leaves, three different drying models, namely, Page, Newton and Weibull were tested. In all conditions applied, it was found that Page model was the best to describe drying kinetics in drying of celery leaves at different microwave power density. It was observed that drying of celery leaves was realized in falling drying period and drying rate increased but drying time decreased as microwave power applied increased. The total phenolic content and antioxidant capacity of the dried celery leaves decreased at 180, 360, 600 W but increased at 900 W compared to the fresh sample. All the microwave power densities applied caused a decrease in chlorophyll a, b and total chlorophyll content of celery leaves compared to fresh leaves. This reduction was determined to be highest at 180 W and lowest at 900 W. With respect to the color parameters, L *, b *, and C * values decreased a * value increased as the microwave power density increased. But at 900 W from applied microwave powers the least increase in a * value was detected.

Keywords: Microwave, Drying, Celery (*Apium graveolens* L.) leaves, quality

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
SİMGELER DİZİNİ	xv
KISALTMALAR DİZİNİ	xvii
1.GİRİŞ	1
2.KURAMSAL TEMELLER	2
2.1.Kurutmanın Mekanizması	2
2.1.1.Kurutmanın aşamaları ve kinetiği	2
2.1.2.Kuruma hızına etki eden faktörler	4
2.1.2.1.Sıcaklık	4
2.1.2.2.Kurutma havasının hızı	4
2.1.2.3.Kurutulan gıdanın kendine özgü özellikleri.....	4
2.2.Gıdaların Kurutulması Sırasında Meydana Gelen Değişimler	4
2.2.1.Kimyasal değişimler	5
2.2.1.1.Esmerleşme reaksiyonları	5
2.2.1.2.Lipid oksidasyonu	5
2.2.1.3.Renk değişimleri	5
2.2.2.Fiziksel değişimler	5
2.2.2.1.Büzülme ve rehidrasyon kapasitesi	5
2.2.2.2.Dokusal değişimler ve çözünbilme kapasitesi	6
2.2.3.Biyokimyasal değişimler.....	6
2.3.Endüstriyel Kurutucular	7
2.3.1.Fırın kurutucular	7
2.3.2.Kabin kurutucular	7
2.3.3.Tünel kurutucular	8
2.3.4.Bantlı (Konveyör) kurutucular	8
2.3.5.Pnömatik kurutucular	8
2.3.6.Akışkan yataklı kurutucular	8

2.3.7.Püskürtmeli kurutucular	9
2.3.8.Vakum kurutucular	9
2.3.9.Döner kurutucular	9
2.3.10.Dondurarak kurutmanın yapıldığı kurutucular	10
2.3.11.Mikrodalga kurutucular.....	10
2.4.Mikrodalga Kurutucular ve Gıda Sanayinde Kullanımı.....	10
2.4.1.Temel kavramlar	10
2.4.2.Uygulamanın avantajları ve kullanımını sınırlayan faktörler	15
2.4.3.Mikrodalga teknolojisinin kullanıldığı alanlar.....	16
2.4.4.Gıdaların kurutulmasında mikrodalga fırınların kullanımı.....	20
2.4.5.Mikrodalga kullanımının sağlık üzerine etkileri.....	22
2.5.Kereviz	24
3.MATERYAL VE YÖNTEM.....	27
3.1.Materyal.....	27
3.2.Yöntem	27
3.2.1.Kurutma sistemi	27
3.2.2.Kurutma yöntemi	28
3.2.3.Nem içeriğinin ve kuruma hızının belirlenmesi.....	28
3.2.4.Kuruma hızının hesaplanması	28
3.2.5.Nem oranının hesaplanması	29
3.2.6.Kurutma prosesinin modellenmesi.....	29
3.3.Analizler	31
3.3.1.Örneklerin hazırlanması	31
3.3.2.Örneklerin ekstraksiyonu	31
3.3.3.Toplam fenolik madde analizi.....	31
3.3.3.1.Toplam fenolik madde analizi için gerekli çözeltilerin	31
hazırlanması	31
3.3.3.2.Gallik asit kalibrasyon eğrisinin çizilmesi.....	32
3.3.3.3.Kereviz yapraklarında toplam fenolik madde analizi	32
3.3.4.Antioksidan kapasite tayini	33
3.3.5.Klorofil ekstraksiyonu ve analizi	33
3.3.6.Renk analizi.....	34

3.3.7.Nem tayini	34
3.3.8.İstatistiksel analiz	34
4.BULGULAR VE TARTIŞMA	35
4.1.Mikrodalga Güç Yoğunluğunun Kereviz Yapraklarının Kurutma Kinetiği Üzerine Etkisi	35
4.1.1.Nem içeriği değişimi	35
4.1.2.Kuruma eğrilerinin matematiksel modellere uygunluğu	38
4.1.3.Kuruma hızı değişimi	42
4.2.Farklı mikrodalga güç yoğunluklarında kurutmanın kereviz yapraklarının kalite parametreleri üzerine etkisi	43
4.2.1.Toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite üzerine etkisi	43
4.2.2.Klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil üzerine etkisi	48
4.2.3.Renk parametreleri üzerine etkisi	51
5.SONUÇ	56
KAYNAKLAR	58
ÖZGEÇMİŞ	73

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2. 1 Gıdaların kurutulması sırasında meydana gelen taşınım olayları.....	2
Şekil 2. 2 Kuruma eğrilerinin temel özellikleri (Bingöl, 2010).....	3
Şekil 2. 3 Elektromanyetik spektrum (Özkarayel, 2013).....	11
Şekil 2. 4 Mikrodalga ile moleküllerin etkileşim mekanizması (Williams, 2001).	12
Şekil 2. 5 Mikrodalga fırın- Dış Ünite (URL 2)	13
Şekil 2. 6 Mikrodalga fırın- İç Ünite (URL 2).....	14
Şekil 2. 7 Magnetron kesiti (URL 3)	14
Şekil 2. 8 Sap ve kök kerevizine ait son üç yıllık TÜİK verileri	25
Şekil 3. 1 Denemelerde kullanılan mikrodalga fırın	27
Şekil 3. 2 Gallik asit kalibrasyon eğrisi	32
Şekil 4. 1 Farklı güç yoğunluklarında kurutulmuş kereviz yapraklarının nem içeriğinin kuruma süresi ile değişimi	36
Şekil 4. 2 Farklı güç yoğunluklarında kurutulmuş kereviz yapraklarının nem oranının kuruma zamanı ile değişimi	37
Şekil 4. 3 Farklı mikrodalga güç yoğunluğunda kurutulmuş kereviz yapraklarının deneysel ve Page denkleminin tahmini nem içerikleri	41
Şekil 4. 4 Farklı mikrodalga güç yoğunluğunda kurutulmuş kereviz yapraklarının kuruma hızlarının nem içeriği ile değişimi	42

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3. 1 Kereviz yapraklarının kuruma eğrilerinin modellenmesinde kullanılan eşitlikler...	30
Çizelge 4. 1 Kereviz yapraklarının kurutma denemelerine ait kuruma süreleri	35
Çizelge 4. 2 Kereviz yapraklarının farklı güç yoğunluğunda kurutulmasında uygulanan modellere ilişkin parametreler ve modellere uyum verileri	39
Çizelge 4. 3 Farklı mikrodalga güç yoğunluğunda kurutulan kereviz yapraklarının toplam fenolik madde ve antioksidan kapasiteleri	43
Çizelge 4. 4 Farklı mikrodalga güç yoğunluğunda kurutmanın kereviz yapraklarının kalite parametreleri üzerine etkisine ilişkin varyans analizi	44
Çizelge 4. 5 Farklı mikrodalga güç yoğunluğunda kurutulan kereviz yapraklarının klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarları (mg/g KM)	49
Çizelge 4. 6 Farklı mikrodalga güç yoğunluğunda kurutulan kereviz yapraklarının renk değerleri	53

SİMGELER DİZİNİ

%	Yüzde
*C	Kroma değeri
°C	Santigrat derece
Abs_{Kontrol}	Örnek içermeyen DPPH çözeltisinin absorbansı
Abs_{Örnek}	Örnek içeren DPPH çözeltisinin absorbansı
Accuracy	Doğruluk
bias	Yanlılık
dt	Kuruma süresi (saniye)
g	Gram
GHz	Gigahertz
h*	Hue değeri
Hz	Hertz
k	Kinetik sabit (sn ⁻¹)
kW	Kilowatt
m	Metre
m	Numunenin kütlesi(g)
MBE	Ortalama eğilim hatası
M_e	Denge nem miktarı (g su/g KM)
mg	Miligram
MHz	megahertz
ml	Mililitre
mm	Milimetre
M_o	Başlangıç nem miktarı (g su/g KM)
MR	Nem oranı (birimsiz)
MR_{den,i}	Deneysel olarak gözlenen i. düzey
MR_{tah,i}	Modellerden tahmin edilen i. düzey
M_t	Herhangi bir süredeki nem miktarı (g su/g KM)
Mt	Herhangi bir t süresindeki nem içeriği (g su/ g KM)
M_{t+dt}	t + dt süresindeki nem içeriği (g su/g KM)
n	Page Modele ait katsayı
N	Gözlem sayısı
nm	Nanometre

R²	Regresyon katsayısı
RMSE	Ortalama karesel hatanın karekökü
s	Saniye
t	Kurutma süresi
W	Watt
z	Kullanılan modeldeki katsayı sayısı
α	Weibull Model skala parametresi, s
β	Weibull Model şekil parametresi
χ^2	Khi-kare



KISALTMALAR DİZİNİ

%AA	Antioksidan kapasite
DPPH	Kimyasal bileşen (C ₁₈ H ₁₂ N ₅ O ₆)
GA	Gallik asit
GAE	Gallik asit eşdeğeri
HPLC	High Performance Liquid Chromatography (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi)
IR	İnfrared
KM	Kuru Madde
LSD	En Küçük Önemli Fark
SD	Serbestlik derecesi
UV	Ultra Viole

1. GİRİŞ

Kurutma gıda muhafaza yöntemlerinden en eski ve en yaygın uygulananlardan birisidir. Kurutma, gıdalarda mevcut suyun büyük bir kısmının uzaklaştırılarak, su aktivitesinin mikroorganizma faaliyetini önleyecek, enzimatik ve kimyasal reaksiyonların yavaşlatılması veya durduracak seviyeye düşürülmesi işlemidir. Kurutma işleminde hedef, ürün kalitesinde herhangi bir bozulmaya imkân vermeden üründeki nemi en kısa sürede ve en az enerji harcayarak son nem değerine düşürmektir. Tarımsal ürünlerin kurutulmasında kullanılan en yaygın yöntem güneşte kurutmadır. Ancak açık alanda uygulanan güneşte kurutmanın, iklim koşullarına bağlı olması, kurutma süresinin uzun olması, kurutma sırasında çeşitli böcek, kuş ve diğer hayvanlar tarafından zarara uğratılması ve ürünün tozlanması sonucunda son ürün kalitesinde istenmeyen sonuçlar doğurmaktadır. Bu nedenle güneşte kurutma dışında gıdaların kurutulmasında yapay kurutma sistemleri kullanılmaktadır. Bu kurutma yöntemlerine örnek olarak sıcak hava kurutma, vakum kurutma, dondurarak ve sprey kurutma yöntemleri verilebilir.

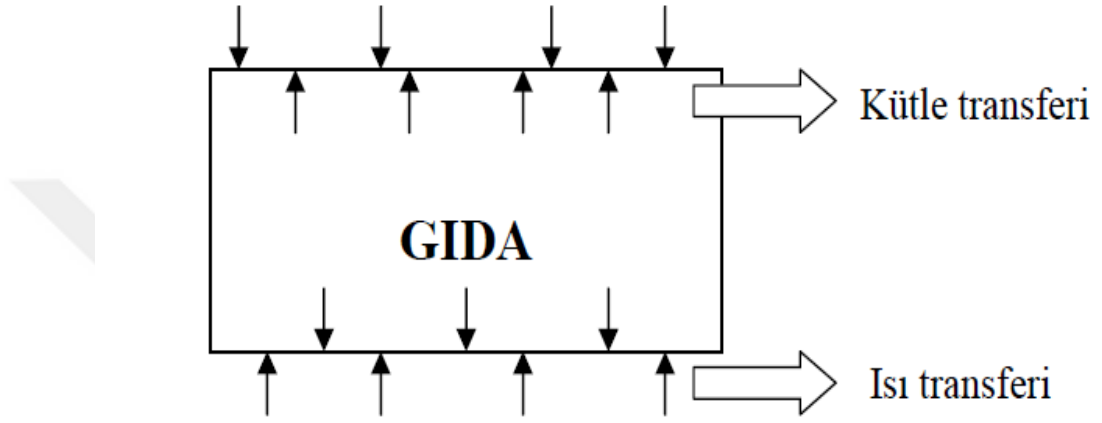
Mikrodalga ile kurutma hızlı kurutma sağlama, enerji tüketiminin az olması ve besin içeriğinin korunması gibi nedenlerden dolayı son yıllarda yaygın olarak kullanılan kurutma yöntemlerinden biri haline gelmiştir. Kurutma proseslerinde mikrodalga kullanımı ısı transfer hızını artırdığından diğer kurutma yöntemlerinden daha etkilidir ve mikrodalga ile kurutmada ısı yüzeyden transfer olmaz, elektromanyetik enerji materyal tarafından absorblanır. Materyal bünyesindeki su molekülleri hedef alındığından elektromanyetik alan doğrudan seçici bir ısıtma yapmaktadır. Mikrodalgalar gıda maddeleri tarafından absorbe edildiği zaman ısı doğrudan materyal içerisinde oluşmakta ve gıdanın içindeki su bu ısı sayesinde kısa sürede buharlaşmaktadır. Bu nedenlerden dolayı mikrodalga teknoloji ile kurutma işlemi son yıllarda kurutma yöntemlerine alternatif olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Bu çalışmada mikrodalga ile kereviz yapraklarının (*Apium graveolens* L.) kurutulması ve uygulanan farklı mikrodalga güç yoğunluklarının kereviz yapraklarının kuruma kinetiği, toplam fenolik madde içeriği, antioksidan kapasite, klorofil a, b ve toplam klorofil miktarı ve renk parametreleri üzerine etkileri incelenmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Kurutmanın Mekanizması

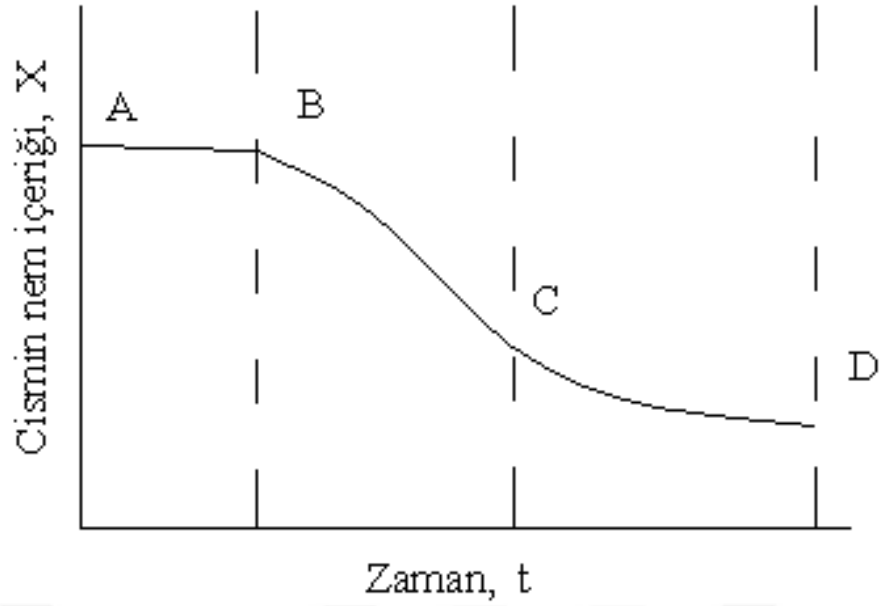
Kurutma su aktivitesinin düşürülerek, mikrobiyal gelişimi ve kimyasal reaksiyonların önemli ölçüde sınırlandırıldığı eşzamanlı bir ısı ve kütle transfer mekanizmasıdır (İçier vd., 2014). Bu işlemlerin şematik gösterimi Şekil 2.1’de gösterildiği gibidir.



Şekil 2. 1 Gıdaların kurutulması sırasında meydana gelen taşınım olayları
(Dadalı, 2007)

2.1.1. Kurutmanın aşamaları ve kinetiği

Gıdaların kurutulması sırasında elde edilen kuruma eğrilerinde genellikle iki farklı kuruma periyodu gözlemlenir. Şekil 2.2’de gıdaların kurutulması sırasında elde edilen tipik bir kuruma eğrisi görülmektedir.



Şekil 2. 2 Kuruma eğrilerinin temel özellikleri (Bingöl, 2010)

Grafikte bulunan A-B bölümü maddenin sıcaklığının arttığı aşamadır ve sabit hızda kuruma bölgesidir. Bu bölümde kurutulacak maddenin yüzeyinin sıcaklığı kurutma havası ile dengeye gelmektedir.

B-C bölümü azalan hızda gerçekleştiği aşamayı göstermektedir. Bu aşamada kurutulan maddenin yüzeyine ilerleyen sıvı miktarı ile yüzeyden buharlaşma ile ayrılan sıvı miktarı birbirini dengelemektedir. Ancak kurutma işlemi devam ettikçe bu denge bozulur ve bu noktada artık kurutulan maddenin içinden yüzeye ulaşan nem, buharlaşan nem miktarını karşılayamaz ve yüzey kurumaya başlar. Bu da kurutma hızını azaltır ve C noktasına ulaşılır.

C noktasında madde “kritik nem içeriği” ne ulaşır. Bu noktadan sonra kurutma işlemine devam edildiğinde kuruyan yüzeyin sıcaklığı artmaya başlar. Azalan hızda kuruma iki bölüme ayrılabilir. İlk bölümde yüzey kurur ve kuruma hızı düşmeye başlar. İkinci bölümde ise buharlaşma yüzeyi katının içine kayar ve kuruma hızı daha da azalır. Azalan hızda kuruma bölgesinde kuruma hızı en çok buharın katı içindeki hareketinden ve hava hızından etkilenir (Çalışkan, 2002; Chen ve Mujumdar, 2009).

2.1.2. Kuruma hızına etki eden faktörler

Kuruma hızı; ısı ve kütle transferine etki eden parametrelerden etkilenir. Bu parametreler sıcaklık, kurutma havasının hızı ve kurutulacak ürünün kendine özgü özellikleri olarak sıralanabilir (Cemeroğlu vd., 2003).

2.1.2.1. Sıcaklık

Ürün ve kurutma havası arasındaki sıcaklık farkı üründen buharlaşan suyun miktarını belirler. Fark ne kadar yüksek tutulursa üründen de o kadar fazla su buharlaşır (Saldamlı ve Saldamlı, 2004).

2.1.2.2. Kurutma havasının hızı

Kurutma havasına ısı eklendiğinde, seçilen kurutma sıcaklığına ve hava hızına bağlı olarak kuruma oranı artar (Ndukwu, 2009). Bunun sebebi ürün yüzeyinden su buharının uzaklaştırılarak doygun hale gelmesinin önlenmesiyle açıklanmaktadır (Saldamlı ve Saldamlı, 2004). Aşırı kuruma, kuru maddeyi azaltır ve enerji maliyetinde artışa neden olurken; hızlı kurutma, fermantasyon sırasında kimyasal işlemlerin başlatılmasını önler (Arinze vd., 1996).

2.1.2.3. Kurutulan gıdanın kendine özgü özellikleri

Kuruma hızı kurutulan gıdanın karakteristik boyutundan büyük ölçüde etkilenmektedir (Kiranoudis vd., 1997). Gıdanın yüzey alanı ve kalınlığı sıcaklığın merkeze ulaşma hızını etkiler. Ayrıca tüm alanda bu özelliklerin eşit olması da önemlidir. Örneğin ince kenarlar ve köşeler daha hızlı ısınır ve sıcaklık merkeze ulaşmamış olmamasına rağmen bu alanlarda aşırı ısınma gözlemlenebilir (Cemeroğlu vd., 2003; Saldamlı ve Saldamlı, 2004).

2.2. Gıdaların Kurutulması Sırasında Meydana Gelen Değişimler

Gıdanın kurutma sonrası kalitesi kurutma sırasında meydana gelen değişimler mikrobiyolojik, enzimatik, kimyasal ve fiziksel reaksiyonlar ile anlaşılabilir (Bonazzi ve Dumoulin, 2011).

2.2.1. Kimyasal değişimler

2.2.1.1. Esmerleşme reaksiyonları

Gıdaların kurutulması sırasında ısıl işlem nedeniyle meydana gelen en yaygın enzimatik olmayan reaksiyonlar Maillard ve karamelizasyon reaksiyonlarıdır (Bonazzi ve Dumoulin, 2011). Maillard sırasında gıdada bulunan amino grupları ve indirgen şekerler geri dönüşümsüz bir dizi reaksiyona girerek gıdada değişimlere neden olurlar (Cernişev, 2010). Bu reaksiyonlar sonucu melanoidin olarak adlandırılan kahverengi azotlu bileşikler oluşur. Karamelizasyon ise şekerlerin doğrudan ısıtılmasıyla desteklenen karmaşık bir kimyasal reaksiyon dizisidir (Bonazzi ve Dumoulin, 2011).

2.2.1.2. Lipid oksidasyonu

Lipid oksidasyonu gıdada ransiditeden sorumludur. Reaksiyon sırasında tat kaybı, yağda çözünen vitamin ve pigmentlerin kaybı meydana gelmektedir. Lipit oksidasyonu, ısı, ışık, serbest radikaller ve peroksitler tarafından başlatılır, metal iyonları tarafından aktive edilir ve daha yüksek dehidrasyon sıcaklıklarında artar. Gıdanın nem içeriğinin de etkisi büyüktür (Perera, 2005).

2.2.1.3. Renk değişimleri

Renk kurutulmuş gıdaların kalitesi ile ilgili en önemli özelliklerden birisidir. Çünkü görselliğin bir parçası olan renk çoğu zaman tüketicilerin dikkat ettiği ilk noktadır. Isıl işlem meyvelerde, sebzelerde, aromatik bitkilerde ve baharatlarda, gıdanın içeriğine (klorofil, karotenoid, antosiyanin, betalain vb.) bağlı olarak renk değişimlerine neden olabilmektedir (Bonazzi ve Dumoulin, 2011).

2.2.2. Fiziksel değişimler

2.2.2.1. Büzülme ve rehidrasyon kapasitesi

Isıl işlem sırasında su sıvı halde, katı bir ürünün merkezinden yüzeye doğru hareket eder ve buharlaşır. Buharlaşan su hacminin bir fonksiyonu olarak büzülme gözlemlenir. Büzülme, rehidrasyon sırasında kısmen ortadan kaldırılabilir. Çünkü kurutma sırasında meydana gelen, hücresel bütünlüğün bozulması, nişasta jelatinizasyonu veya protein denatürasyonu gibi fiziko-kimyasal değişikliklerin çoğu geri döndürülemez. Kurutulan ürünün rehidrasyon kapasitesi ile ilgili bazı hususlar oldukça önemlidir. Bunlar dispersiyon büyüklüğü, yüzey ıslanabilirliği, yapıda

bulunan bileşenlerin çözünebilme kabiliyetleri, gözenekli yapı, kılcallık vb. şeklinde sıralanabilir. Bu kriterler gözönüne alınmazsa son üründe çökme, çözünmeme ve topaklanma gibi kalite kayıpları meydana gelebilir (Bonazzi ve Dumoulin, 2011).

2.2.2.2. Dokusal değişimler ve çözünebilme kapasitesi

Gıdalarda kurutma sırasındaki dokusal değişimlere bağlı oluşan değişimler; pektinin bozunması, selülozun kristalizasyonu ve nişastanın jelâtinleşmesi olarak sıralanabilir (Dadalı, 2007; Bingöl, 2010).

Selülozun hidroliz mekanizması genellikle asitlerin iyonlara ayrılmasını takiben selüloz zincirlerindeki glikozid bağların dağılmasını içerir. Pektin çözeltilerinin vizkozitesindeki azalmanın sebebi ise ısı uygulaması nedeniyle birincil değerli bağların kırılmasından kaynaklanır. Bu bozulmalar çoğunlukla geri dönüşümsüzdür (Merril ve Week, 1974).

Çözünebilme kapasitesi kurutulmuş taneli yapıdaki gıdaların (süt tozu, kahve vb.) kalite kriterleri arasında yer almaktadır (Dadalı, 2007; Bingöl, 2010). Biyomoleküllerin dahil olduğu sistemlerde protein çözünürlüğü ve kristalleşmesi oldukça önemlidir. Protein kristalizasyonu ve çözünürlüğü başta ısı uygulamaları olmak üzere su aktivitesi, pH, iyonik güç vb. şartlardan etkilenmektedir (Pinho ve Macedo, 2007). Yüksek ısı uygulaması protein denatürasyonunu artırabildiğinden çözünürlük önemli ölçüde azalmaktadır (Bingöl, 2010).

2.2.3. Biyokimyasal değişimler

Isıl işlem gıdalarda vitamin degradasyonu, protein denatürasyonu, çeşitli enzimatik reaksiyonlar yoluyla besin değeri kayıplarına neden olmaktadır. Örneğin C vitamini (askorbik asit) önemli bir besin maddesidir ve çoğu zaman kalite göstergesi olarak anılır. Askorbik asit sıcaklık ve su aktivitesi etkisiyle önce oksidasyona sonrasında hidrolize uğrayarak yıkılır (Santos ve Silva, 2008). Kurutulmuş proteinlerin biyolojik değeri kurutma prosedürüne göre değişir. Yüksek sıcaklıklara uzun süreli maruz kalma, fonksiyonel özellikleri etkileyebilir veya proteini diyetle daha az yararlı hale getirebilir. Proteinlere düşük sıcaklık uygulaması, bazı durumlarda doğal malzemenin üzerinde protein sindirilebilirliğini artırabilir (Bonazzi ve Dumoulin, 2011).

2.3. Endüstriyel Kurutucular

Kurutucular, ısı transfer şekillerine, operasyon şekillerine ve kurutma yöntemlerine göre çeşitli sınıflara ayrılırlar (Çalışkan, 2002; Dadalı, 2007; Chen ve Mujumdar, 2009; Bingöl, 2010). Bu sınıflandırma aşağıdaki şekilde şematize edilebilir.

- Isı transfer şekillerine;
 - Konveksiyonel kurutucular,
 - Kondüksiyon ile kurutma yapan kurutucular
 - Radyasyon (kızılötesi) ile kurutma yapan kurutucular
 - Dielektrik (mikrodalga) ile kurutma yapan kurutucular
 - Kombine sistemler
- Operasyon şekillerine;
 - Kesikli
 - Sürekli
- Kurutma yöntemlerine;
 - Güneş enerjisi ile kurutma
 - Sıcak hava ile kurutma
 - Dondurarak kurutma
 - Mikrodalga ile kurutma

Kurutma yöntemi, operasyon tipi kurutulacak olan gıdanın kendine özgü özellikleri dikkate alınarak seçilir (Polatçı ve Taşova, 2017). Gıda sanayinde genel olarak kullanılan kurutucu tipleri aşağıda kısaca açıklanmıştır.

2.3.1. Fırın kurutucular

Düşük maliyetli ve en pratik kurutma yöntemlerinden biridir. Kurutma hava şartlarına bağlı değildir. Sürekli kullanımda tavsiye edilmez. Verimleri düşüktür ve düşük sıcaklıklarda çalışamadığı için ürünün kalitesi etkilenebilmektedir (Çalışkan, 2002).

2.3.2. Kabin kurutucular

Kabin tipi kurutucular daha çok taneli ve dilimlenmiş ürünler (fındık, ceviz, elma, erik, mantar vb.) için uygundur. Kurutma kabininde kurutulacak olan maddeler kurutma havası ile temas yüzeyini arttıracak şekilde tepsilere yerleştirilmektedir.

Tepsiler, ürünün kurutma havasıyla temas ettiği kurutucu bölüme sürülmektedir. Bu tip kurutucularda ürüne göre belli bir hava hızı uygulanır ve ürün kısa sürede kurutulur (Dadalı, 2007; Erbay ve Küçüköner, 2008).

2.3.3. Tünel kurutucular

Kabin kurutucuların geliştirilmiş şekli olan tünel kurutucular sürekli ya da yarı sürekli olarak çalıştırılabilmektedir. Ürün raflı sistemde bulunan tepsilere yerleştirilir ve hava tüneline aktarılır. Kurutma havası sisteme paralel yönlü ya da zıt yönlü verilebilir (Çalışkan, 2002).

2.3.4. Bantlı (Konveyör) kurutucular

Bantlı kurutucu, esas olarak kurutulan ürünün taşındığı hareketli ve delikli bir konveyör sistemdir. Bant, ürünü içinde ısıtılmış hava bulunan kurutma odasına taşır. Hava akış hızı diğer kurutucu tiplerine göre önemli ölçüde düşüktür. Sıcak hava akışın altından ya da üstünden verilir. Ürünün homojen kuruması için prosesin ara noktalarında çevirilmesi gerekmektedir (Baker, 1997).

2.3.5. Pnömatik kurutucular

Pnömatik kurutucularda kurutulacak olan malzeme, içinde tutulduğu sıcak ve kuru bir gaz akışıyla taşınır ve bu gaz malzemedan suyu uzaklaştırır gazın başlangıç sıcaklığı sınırlıdır. Ürünün istenen seviyede kurutulabilmesi için parçacıkların süspansiyonda tutulduğu ve askıda kalma süresi olarak adlandırılan süreç yeteri kadar uzun olmalıdır (Mark, 1974). Kurutulacak olan malzeme ince bir tabaka halinde tutulur, böylece birim hacimdeki yüzey alanında ve ısı transferinde yüksek oranlar elde edilir (URL 1). Bu kurutma sisteminin kurulum maliyeti (güvenlik, gaz, uzun ve hantal bir işleme hattı vb.) oldukça yüksektir (Mark, 1974).

2.3.6. Akışkan yataklı kurutucular

Isıtılmış hava veya brülörden çıkan sıcak gaz katı maddelerin geri akışını engelleyecek şekilde biçimlendirilmiş bir akışkan yatak malzemesine geçer. Islak malzeme sürekli olarak yatak içine beslenir. Kurutulan malzeme bir soğutucudan geçerek entegre bir üniteye taşınır. Ürün yatak üzerinde o kadar hızlı taşınır ki homojen bir görüntü algılanır. Elde edilen yüksek kütle transfer oranları yatağın kuru halde kalmasını sağlar (URL 1).

2.3.7. Püskürtmeli kurutucular

Püskürterek kurutma ürünün kurutma ortamına püskürtülmesiyle ve akışkan bir durumdan sürekli parçacık haline dönüşmesiyle gerçekleşen bir prosestir. Püskürtülecek ürün pompalanabilir ve atomize edilebilir olmak şartıyla çözelti, emülsiyon, jel veya macun formunda olabilir. Uygulama, üç temel adım içermektedir. İlk adımda, sıvı besleme ince damlacıklar halinde atomize edilir. İkinci adımda, atomize ürün ısıtılmış bir gaz akımıyla karşılaştırılır ve bu sayede sıvı buharlaşarak uzaklaştırılır. Son adımda ise toz haline gelen ürün gaz akışından ayrılır ve toplanır (Gohel vd., 2009).

2.3.8. Vakum kurutucular

Vakumla kurutma malzemenin kurutulması gereken sıcaklığa indirgenmiş basınç altında hızla düşürüldüğü bir prosestir. Vakumlu kurutucular sıcaklığa duyarlı ürünlerin düşük sıcaklıkta kurutulmasını sağlar ve solvent içeren katı ürünlerden solvent geri kazanımı için uygundur. Isı genellikle buhar veya sıcak su ile içi boş raflardan geçirilerek sağlanır. Kurutma sıcaklığı dikkatli bir şekilde kontrol edilebilir ve kurutma prosesinde ürünün sıcaklığı ısıtıcı ajanın kaynama noktasında sabit kalır. Kuruma süresi ürüne göre değişmekle beraber 12 ila 48saat arasındadır. Vakumlu kurutucular malzemeyi dolaylı olarak yani iletim yoluyla kurutur. Vakumlu kurutucuların kullanımında proseste hedeflenen verim ve maliyet iyi değerlendirilmelidir (Parikh, 2015)

2.3.9. Döner kurutucular

Döner kurutucularda kurutma yataklarla döndürülen ve genellikle yatay olarak hafifçe eğimli olan silindirik bir kabuktan oluşan sistemde gerçekleşir. Islak besleme kurutucunun üst ucundan verilir ve ürün yataklar üzerinde çıkışa doğru ilerler. Silindir içinde gaz akımı sağlanır. İşlenecek ürün ısıya duyarlı ise aynı yönlü ve eş zamanlı gaz akımı verilir. Bu sayede yüzey neminin ilk buharlaşma anında ısıtıcı gazın hızlıca soğuyarak ürüne zarar vermesi engellenir. İşlenecek üründe yüksek termal verimlilik isteniyorsa karşı akım kullanılır ve ısıtıcı gazla karşılaşan ürün öncesinde ısınmaya başladığı için gazın sıcaklığında ani düşüş gözlenmez (Krokida vd., 2006).

2.3.10. Dondurarak kurutmanın yapıldığı kurutucular

Dondurularak kurutma, aynı zamanda liyofilizasyon veya kriyodikasyon olarak bilinir. Genellikle çabuk bozulan ürünleri korumak veya nakliye için daha uygun hale getirmekte kullanılan dehidrasyon yöntemidir. Dondurarak kurutma, ürünün dondurulması ve sonra içindeki donmuş suyun doğrudan katı fazdan gaz fazına dönüşümünü sağlamak için çevre basıncını azaltarak çalışır (Ahmed vd., 2013).

2.3.11. Mikrodalga kurutucular

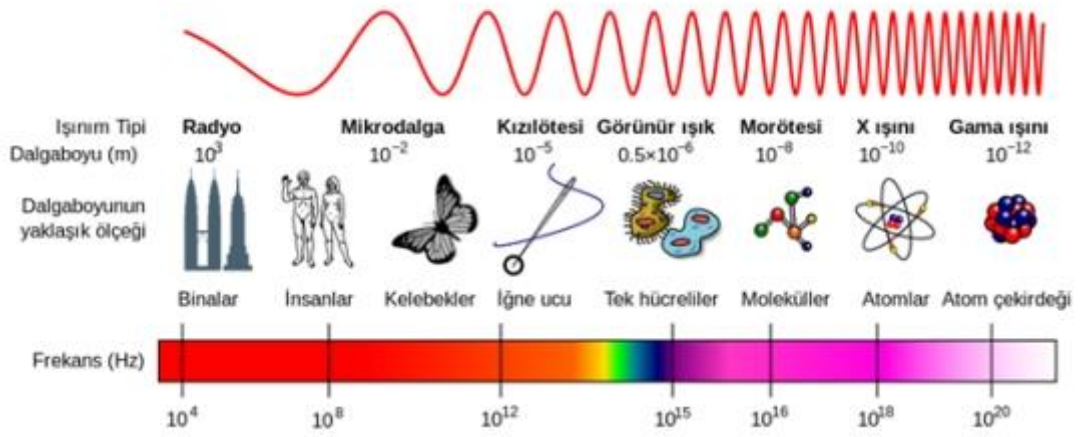
Elektromanyetik spektrumun mikrodalga alanı; 1mm -1m boyundaki dalgaların 300 GHz - 300 MHz frekansları arasında oluşturduğu bölgedir (Hoogenboom vd., 2009; Puligunda vd., 2013). Mikrodalgalar diğer elektromagnetik dalgalardan daha düşük enerjiye ve daha yüksek dalga boyuna sahiptir. Isınma yüksek frekansa sahip elektromanyetik dalga ve materyal içindeki yüklü parçacıkların etkileşiminden kaynaklanır. Bu ısınma iki önemli etken sayesinde oluşur (Oliveira ve Francai 2002; Ahmed ve Ramaswamy, 2004; Polatçı ve Taşova, 2017). Bunlar;

- Ötelenme, dönme ve titreşim hareketlerinden kaynaklanan Dipol rotasyon ve
- Sürtünme sonucu kaynaklanan İyonik polarizasyon' dur (Kuşlu ve Bayramoğlu, 2002).

2.4. Mikrodalga Kurutucular ve Gıda Sanayinde Kullanımı

2.4.1. Temel kavramlar

Mikrodalgalar; elektromanyetik spektrumda radyo dalgaları ile kızılötesi ışınlar arasında yer alan, x-ray ışınlarından, ultraviyole ve kızılötesi ışınlardan daha düşük frekansa sahip bölgede bulunurlar (Turgut, 2016; Chandrasekaran et al.,2013). Elektromanyetik spektrum Şekil 2.3'de gösterilmiştir (Özkarayel, 2013). Uluslararası Radyo Düzenlemelerine uygun Federal İletişim Komisyonu, endüstriyel, bilimsel ve tıbbi kullanımlar için çeşitli frekanslarda mikrodalgalar sağlamıştır. 915 MHz ve 2450 MHz frekansları çoğunlukla ticari ve evsel yiyecek hazırlamada kullanılır, 2450 MHz frekansı ise genellikle referans noktası olarak kullanılır. 5.800 MHz ve 22,125 MHz frekansları ise sadece laboratuvar ve araştırma projelerinde kullanılır (Lambert, 1980).



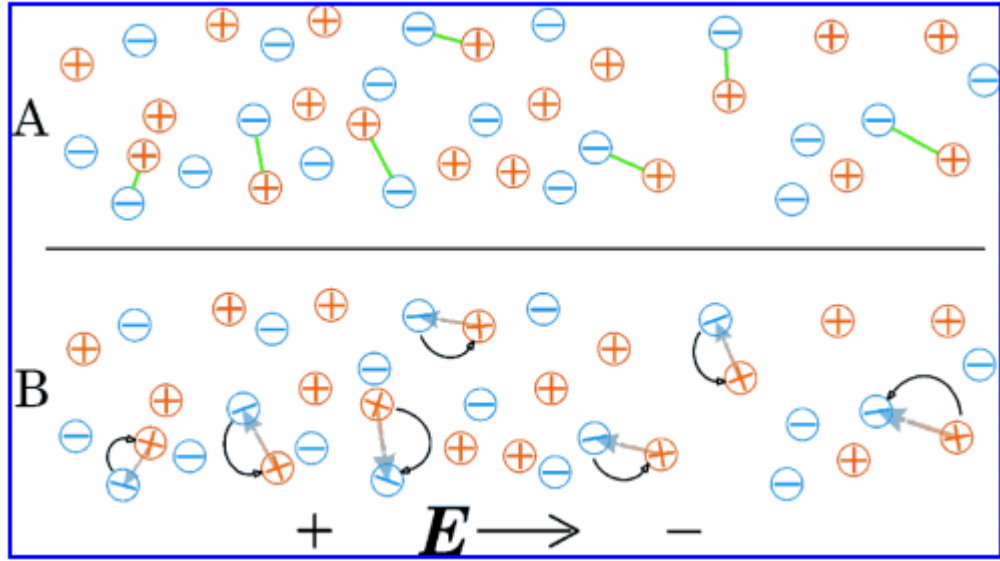
Şekil 2. 3 Elektromanyetik spektrum (Özkarayel, 2013)

Mikrodalgalar bir malzemeye doğru uygulandığında farklı seçenekler söz konusudur;

- Malzeme, şeffafsı (hava, kuvars camı vb.) dalgaları geçirirler.
- Malzeme, yansıtıcı (grafit ve metaller vb.) ise dalgaların kendilerine nüfuz etmelerine izin vermezler ve onları boşluğa geri yansıtırlar.
- Malzeme, enerjinin içerisine absorbe olmasına imkân sağlayacak şekilde (yiyecekler, seramikler, yaş ağaçlar vb.) ise mikrodalga enerjisini emerler ve bunu ısıya çevirirler. Dalgaların madde içine ne kadar nüfuz edeceği ise malzemeye ve malzemenin dielektrik özelliklerine göre değişir. Çoklu sistemlerde en azından bir tane emici malzeme varsa sistem onu iyi ısıtabilir (Akagün, 2006).

Mikrodalganın ısıtma mekanizması materyalin mikrodalga enerjisini absorblaması ve ısıya dönüştürmesiyle ilgilidir. Burada dipolar yapı ve iyonik özellikler rol almaktadır (Şekil 2.4). Ortamda suyun varlığı, suyun dipolar doğasına bağlı olarak dielektrik ısınmaya neden olur. Bu ısınma su moleküllerine uygulanan elektriksel alanın dipolar yapıyı elektrik alanı yönünde hizalamaya çalışmasından kaynaklanır. Yüksek frekanslı elektrik alan nedeniyle saniyede milyon kez gerçekleşen bu hareket moleküllerin sürtünmesine dolayısıyla da içsel ısınmaya neden olur (Ahmed ve Ramaswamy, 2007). Bunun dışında gıda içerisinde ki çözülmüş tuzların iyonik bileşenleri, uygulanan elektrik alanın polaritesine zıt istikamette hızlanarak hareket etmeye başlarlar. İyonların birbirleriyle çarpışması hareket eden iyonların kinetik enerjilerinin termal enerjiye dönüşmesine neden olmaktadır (Oliveira ve Francai

2002; Vadivambal ve Jayas, 2007; Chandrasekaran vd., 2013; Ağagündüz ve Bilici, 2016).



Şekil 2. 4 Mikrodalga ile moleküllerin etkileşim mekanizması (Williams, 2001).

(A: Dipol etkileşim; B: İyonik etkileşim; E: Elektriksel alan, düz oklar dipol momentlerini temsil eder; eğri oklar dönüşü temsil eder).

Mikrodalga ısıtmayı ve ısı dağılımını etkileyen birçok faktör vardır. Bunlardan en önemlileri dielektrik özellikler ve penetrasyon derinliğidir.

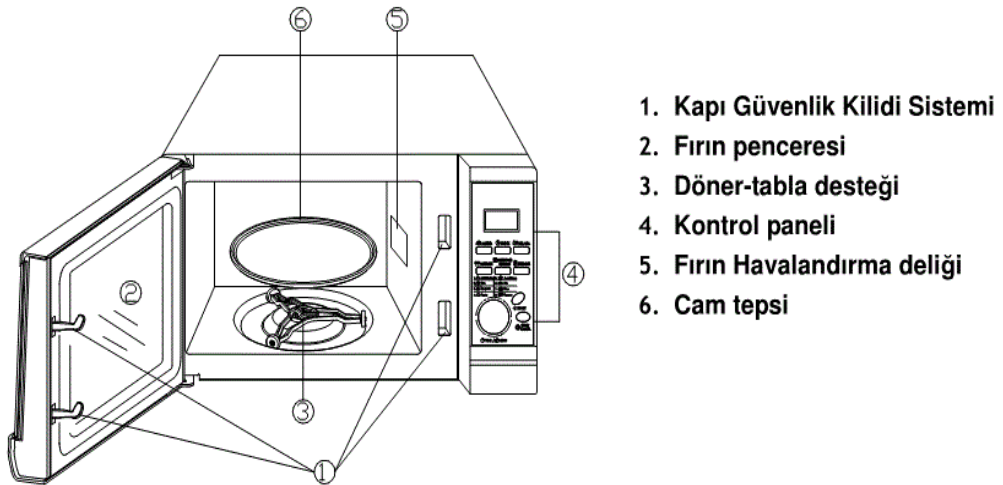
Bir malzemenin mikrodalga enerjisini ısıya dönüştürme yeteneği dielektrik özelliklerinin bilinmesiyle anlaşılabilir (Bertrand, 2005). Dielektrik özellikte sabit (elektrik enerjisini depolama kapasitesi) ve kayıp (elektrik enerjisini ısı enerjisine dönüştürme kapasitesi) olmak üzere iki kısım mevcuttur. Özelliğin sabit kısmı gerçek olarak adlandırılır ve kayıp kısmı ise sanal olarak adlandırılır (Venkatesh ve Raghavan, 2004; Chandrasekaran vd.,2013). Malzemenin kayıp kısmını ifade eden kayıp faktörü ne kadar büyükse malzeme o kadar fazla enerji kaybına uğrar ve mikrodalga uygulamasında o kadar hızlı ısınır (Galema, 1997; Wang vd., 2003). Diğer faktörler ise;

- Frekans (915 MHz-2450 MHz)
- Mikrodalga çıkış gücü ve ısıtma hızı (Mikrodalga çıkış gücünün fazla olması ısıtma hızını artırmakta ve üründe istenmeyen kalite değişimlerine neden

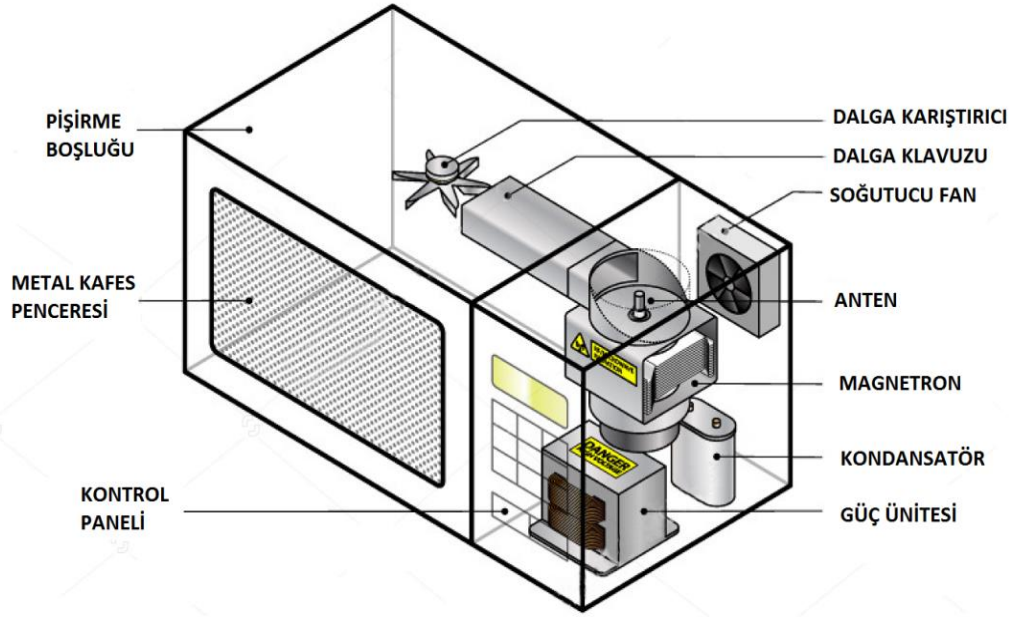
olmaktadır. Bu nedenle malzemenin özelliklerine uygun güç ayarı yapılmalıdır.)

- Kurutulan gıdanın kütlesi (Küçük ölçekte kütleler için kesikli, büyük ölçekteki kütleler için ise bantlı ve sürekli sistemler tavsiye edilmektedir.)
- Gıdanın nem içeriği (Ürünün nem oranı arttıkça dielektrik kaybı da paralel şekilde artmaktadır) (Schiffmann, 1986).
- İletkenlik (Malzemenin elektronik/atomik yapısı enerjinin absorblanması üzerine etkili değilken dipol ve iyonik yapı etkilidir. Ürüne tuz eklenmesi iyonik karakteri artırarak iletkenliği yükseltmektedir.)
- Spesifik ısı (Düşük dielektrik kayba sahip uzun kurutma işlemi gerektiren ürünlerde önemlidir.) (Schiffmann, 1986; Chandrasekaran vd., 2013)
- Yoğunluk (Gıdadaki gözenekli yapı arttıkça dielektrik sabit düşmektedir.)
- Fiziksel geometri (Düzgün şekilli gıdalar daha düzgün ısınma özelliğine sahiptirler. Özellikle keskin köşe ve kenarlardan kaçınmak işlemi iyileştirir.) (Schiffmann, 1986; Cemeroglu vd., 2003; Saldamlı ve Saldamlı, 2004).

Mikrodalga sistemine ait dış ünite Şekil 2.5'te, iç ünite ise Şekil 2.6'da verilmiştir. İç ünite aksamalarının görevlerine kısaca değinilmiştir.



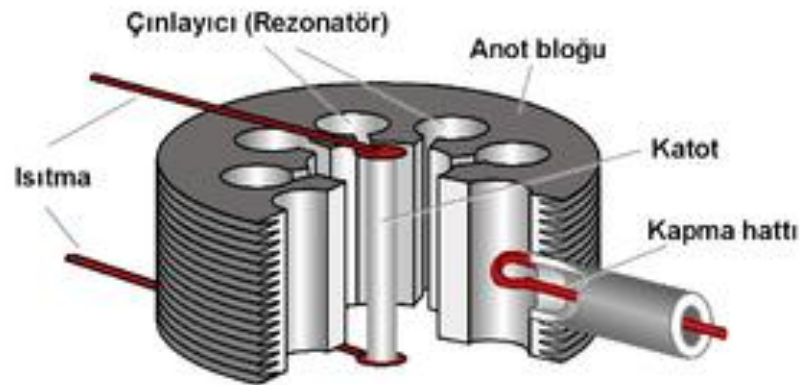
Şekil 2. 5 Mikrodalga fırın- Dış Ünite (URL 2)



Şekil 2. 6 Mikrodalga fırın- İç Ünite (URL 2)

Cihazın güç kaynağı genelde bir magnetrondur. 500 W – 2 kW arasında (maksimum 6-15 kW'a ulaşabilen) çıkış gücüne sahip 2,456 GHz magnetronlar genelde uygundur (Akagün, 2006). Magnetron kesiti Şekil 2.7'de görülmektedir. Magnetron elektriksel gerilimi (60 Hz) mikrodalga enerjisine (2450 MHz) çeviren anod ve katod olarak iki temel kısımdan oluşan elektronik bir tüp olarak tanımlanmaktadır (Çalışkan, 2002; Dadalı, 2007).

Şebekeden alınan elektrik enerjisi güç ünitesi kullanılarak magnetronun çalışması için gerekli enerjiye çevrilir. Magnetron birkaç bin voltluk potansiyel farkında çalışır (Dadalı, 2007).



Şekil 2. 7 Magnetron kesiti (URL 3)

Dalga kılavuzları yüksek frekanslı elektromanyetik dalgaların iletilmesinde kullanılan; dikdörtgen (en sık), dairesel ya da eliptik kesitli olabilen; bakır, gümüş ya da altın kaplı pirinçten yapılan parçalardır. Elektrik gücü kayıpsız olarak iletmekle beraber hem dışarıya hem de dışarıdan gelebilecek sızmaları önlemektedir. Böylece ışıma sırasında kayıp yaşanmamaktadır (URL 4).

Dalga karıştırıcı; mikrodalga ile ısıtma sırasında enerjinin dengesiz bir şekilde dağılması üründe enerjinin dengesiz şekilde absorblanmasına neden olarak yüksek sıcaklığa ulaşan noktaları (hot spots) meydana getirir. Buda ürünün istenen kaliteden uzaklaşmasına neden olmaktadır. Bu durumun engellenmesi için jeneratörden çıkan ışınların fırın içerisinde dengeli bir şekilde dağılmasını sağlayan dalga karıştırıcılar kullanılmaktadır (Fidancı ve Ayhan, 1993).

2.4.2. Uygulamanın avantajları ve kullanımını sınırlayan faktörler

Kurutma işlemi için birçok yöntem kullanılabilir. Bunların başında geleneksel olarak kabul edilen; sıcak hava akımıyla kurutma, vakumla kurutma, dondurarak kurutma gelmektedir. Ancak bu uygulamalarda; düşük kuruma oranı, yüksek sıcaklık uygulamaları ve uzun süreli işlem prosesleri son üründe istenmeyen kalite kayıplarına neden olmaktadır. Mikrodalga uygulaması sağladığı birçok avantaj ile bu kayıpların önüne geçebilmektedir (Kuşlu ve Bayramoğlu, 2002; Zhang vd., 2006; Dadalı, 2007). Bu avantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Uygulama geleneksel yöntemlere göre hızlıdır ve operasyon maliyeti düşüktür,
- Odaklanabilme etkisiyle seçici ısıtma sağlanabilmektedir,
- Suda çözünür bileşenlerin göçü engellenebilmektedir,
- Üründe hızlı enerji dağılımı sağlanabilmektedir,
- Kurutma işlemi kapalı ortamda yapıldığı için bazı yöntemlere göre daha temiz ve steril son ürün elde edilebilmektedir,
- Sistem daha az yer kaplar, kullanımı ve bakımı daha kolaydır,
- Kaliteyi bozan büzüşme son üründe daha azdır,
- Isınma ürün içerisinde gerçekleştiği için uygulama alanı ve fırın ısınmamakta, etkin bir ısıtma enerji kaybı olmadan sağlanmaktadır.

Uygulamanın birçok avantajı olsa da bazı dezavantajlar mikrodalga kurutmanın tek başına bir uygulama olmasını sınırlandırmaktadır. Mikrodalga ürün içerisinde ısı üretmek için kolayca enerji sağlayabilse de oluşan elektromanyetik alanın doğal olmayan tekdüzeliği en büyük dezavantajdır. Nem içeriği yüksek gıdalarda mikrodalga uygulamasının başarısı genellikle ısıtmanın homojenliğine bağlıdır. Bu problem dalga kılavuzları ve döner tablalar kullanılarak dengelense de uygulanabilecek enerji seviyesi bu çözümü sınırlandırmaktadır (Zhang vd., 2006).

Mikrodalga uygulaması sırasında boşlukta üretilen elektromanyetik alanın kurutulacak malzemede herhangi bir sıcak nokta oluşturmasını engellemek için ürünün sabit bir hareketlilikte olması gerekmektedir. Son aşamada ürünün nem miktarı oldukça düşük olduğundan sıcaklık ürünün yanmasına neden olabilecek bir seviyeye yükselebilir. Mikrodalga uygulamasında son ürünün sıcaklığının kontrolü diğer yöntemlere göre zordur. Ayrıca keskin köşe ve kenarlara sahip ürünlerde bu sıcaklık artışı yer yer aşırı kurumaya neden olurken merkezde kuruma tam gerçekleşmeyebilir (Zhang vd., 2006; Dadalı, 2007).

Penetrasyon derinliği de dezavantaj sağlamaktadır. Yüksek değerli mikrodalga (915 MHz) derine nüfuz etse de büyük ölçekli kurutma uygulamalarında radyo frekansının (10-300 MHz) penetrasyon derinliğine göre düşük kalmaktadır (Zhang vd., 2006).

Sabit yatırım maliyetlerinin fazla oluşu, farklı emniyet tedbirleri gerektirmesi, mikrobiyal kalitenin yakalanmasının zor olması gibi durumlarda diğer dezavantajlar olarak sıralanabilmektedir (Dadalı, 2007).

2.4.3. Mikrodalga teknolojisinin kullanıldığı alanlar

Mikrodalga teknolojisinin sahip olduğu birçok avantaj kullanım alanını genişletmekte ve gıda alanında birçok dalda gelecek vaat etmektedir. Kurutma dışında mikrodalga teknolojisinden yararlanılan alanlardan kısaca bahsedilmiştir.

Pastörizasyon işlemi; üründe bulunabilecek yüksek miktardaki mikroorganizma yükünü düşürmek, vejetatif formdaki bakteriler gibi patojenleri yok etmek ve bazı ürünlerdeki enzim inaktivasyonu için kullanılmaktadır. Mikrodalga teknolojisi ile düşük sıcaklıkta pastörizasyonun yapılabilmesi seçici ısıtma, elektroporasyon, hücre

membranı reptürü ve manyetik alan bağlantısı teorileriyle açıklanmaktadır. (1) Seçici ısıtma teorisinde mikrodalgalar mikroorganizmayı seçici olarak ısıtmakta ve mikroorganizmayı çevreleyen akışkanın sıcaklığından daha yüksek bir sıcaklığa ulaştırmaktadır. Bu sayede pastörizasyon sağlanmış olur. (2) Elektroporasyon teorisine göre uygulanan mikrodalga hücre zarında gözenekler oluşturur ve bu da hücre materyalinin sızmasına neden olur. (3) Hücre membranı yırtılması teorisinde hücre zarı boyunca uygulanan voltaj nedeniyle hücre zarının yırtılır ve mikroorganizma yok edilir. (4) Son olarak manyetik alan bağlantısı teorisinde ise elektromanyetik enerji hücredeki protein ve DNA gibi yaşamsal molekülleri etkiler ve metabolizma durdurulur. Bu teoriler mikrodalga uygulamasının termal olmayan etkilerini ortaya koysa da pH ve ısı gibi stres faktörlerinin eksikliğinde mikrodalga uygulaması yetersiz kalmaktadır. Ancak uygulanan termal etkinin değeri arttırıldığında mikroorganizmaların yok edilmesinde veya enzimlerin inaktivasyonunda mikrodalgaların etkili olduğu belirtilmektedir (Chandrasekaran vd., 2013).

Paketlenmiş ürünlerin sterilizasyonunda UV ışık, mikrodalga, ozon ve soğuk plazma gibi çeşitli yeni teknikler kullanılmaktadır. Ambalaj materyalleri; ürün içindeki bileşenlerin göç edebileceği ya da interaksiyona girebileceği düşük molekül ağırlıklı bileşiklerden elde edilmektedir. Bu bileşiklerden plastikleştiriciler ve benzen gibi çeşitli maddeler ürüne nüfuz ederek toksikolojik etki oluşturmaktadır. Güçlü bir oksidan yapısı olan ozon gaz ya da sulu formuyla ambalaj malzemesinin dezenfekte edilmesinde kullanılabilir. Benzer şekilde, 250-280 nm dalga boyunda UV ışığının mikroorganizmalara karşı etkili olduğu bulunmuştur. Ancak ozonlamanın ve UV kullanımının ambalaj materyalindeki polimerlerde çapraz bağlanmalara ya da degradasyona neden olabileceği bildirilmektedir. Aynı şekilde mikrodalga uygulaması da bu bozulmalara neden olabilmektedir. Ama mikrodalga uygulaması; işlem maliyetini düşürmekte, zamandan tasarruf sağlamakta ve son ürün kalitesini arttırmaktadır. Bozulmalara karşı ise ambalajlarda cam, kâğıt, seramik vb. ürünler kullanılarak önlem alınabilmektedir (Chandrasekaran vd., 2013).

Temperleme işlemi, donmuş gıdaların sıcaklığının suyun donma noktasının altında olan daha yüksek bir sıcaklığa kadar ısıtılmasıdır. Gıdalar bu sıcaklıkta hala sıkı yapıdadır ama kolaylıkla dilimlenebilir, küçük parçalar halinde kesilebilir.

Geleneksel buz çözme ve temperleme işlemleri, 24 saat veya daha kalın örneklerde daha uzun sürerken mikrodalga uygulaması ile 5-15 dakika sürer (Decareau, 1986).

Çözme işleminde ürün sıcaklığı 0°C'ye kadar ulaşır ve yapıda serbest buz bulunmaz. Dondurulmuş et, balık, sebze, meyve, tereyağı ve meyve suyu konsantreleri birçok gıda üretim prosesi için yaygın olarak kullanılan hammaddelerdir. Bu materyallerin çözülmesinde mikrodalga uygulamasının kullanılması; çözme süresinin en aza indirilmesini sağlarken, üründe mikrobiyal gelişmeyi, kimyasal bozulmayı, damlama ve dehidrasyonun neden olduğu aşırı su kaybını azaltabilmektedir. Donmuş ürünlerin mikrodalga ile çözülme hızı materyalin özelliklerine ve boyutlarına, elektromanyetik ışının büyüklüğüne ve frekansına bağlı olarak değişmektedir. Gıdaların sıcaklık ile değişen termal özellikleri, düzgün olmayan şekilleri ve heterojen yapıları çözme işlemini zorlaştırmaktadır (Taher ve Farid, 2001; Swain ve James 2005).

Chandrasekaran vd.'nin (2013) bildirdiğine göre pişirme yönteminde mikrodalga kullanımı son üründe istenen tat ve renk kalitesi sağlanamadığı için sınırlıdır. Örneğin ekmeğin pişirilmesi sırasında istenen esmer renk, sert yapı ve doku mikrodalganın tek başına uygulanmasıyla elde edilememektedir. Bunun gibi birçok eksilik nedeniyle teknoloji ancak bazı ürünlerin ön pişirme basamağı için uygun görülmektedir.

Renk iyileştirmesi ve enzim inaktivasyonu için kullanılan ağartma işlemi gıda maddesinin sıcak suya, buhara, asit veya tuz içeren solüsyonlara batırılmasıyla gerçekleştirilmektedir. Ancak mikrodalga kullanılarak yapılan çeşitli ağartma işlemlerinde renk ve askorbik asit içeriğinde su ve buharla ağartmaya göre daha kaliteli ürün elde edilmiştir (Chandrasekaran vd., 2013).

Meyve ve sebze teknolojisin önemli bir basamağı olan haşlamada mikrodalga uygulamasını ön işlem olarak kullanılması termal işlemin süresini kısaltmakta veya tamamen ortadan kaldırmaktadır (Dorantes-Alvarez ve Parada-Dorantes, 2005).

Mikrodalga uygulaması sektörel olarak;

- Metalürji (elyafların kurutulmasında, kerestelerin parazitlerden temizlenmesinde, orman ürünlerinin kurutulmasında ve kömürün iyileştirilmesinde),
- Biyomedikal (tıbbi atıkların sterilizasyonu, alçı ve akrilik protezlerin kurutulması, beyindeki kan akışının ve atımlı kan akışının tespiti, termal görüntüleme ve beyindeki sinirsel etkinliğin tespiti, sağlıklı ve tümörlü dokuların tespiti gibi birçok alanda),
- Kimya (boyaların, seramiklerin, polimerlerin ve selülozik ürünlerin kurutulmasında, ahşapta oluşan mantarların yok edilmesinde, plastik ve kauçuk vulkanizasyonunda ve birçok alanda)

gibi birçok alanda da kullanılmaktadır (Gümüşdereoğlu ve Kaynak, 2012). Bu alanların yanı sıra mikrodalga teknolojisi belli sistemlerin belli aşamalarında kullanım alanı bulmaktadır. Yani sistemin tümüne ya da belli aşamalara uygulanabilmektedir. Enerji kullanımından tasarruf etmek ve aşırı ısınma riskinden kaçınmak için aşamalı kullanım tavsiye edilmektedir.

Sıcak hava ile kurutma sistemlerinde mikrodalga desteği dört farklı şekilde uygulanabilmektedir. (1) Proses başlangıcında uygulandığında ürünler nem kaybı için istenen sıcaklığa hızla ulaşır ve buharlaşma hızlı bir şekilde gerçekleşir. (2) Kuruma hızının düşmeye başladığı anda (malzemenin yüzeyi kurumuştur ve nem merkezde yoğunlaşmıştır) uygulama içsel ısıyı artırır ve nemi merkezden yüzeye çıkmaya zorlar. (3) Nem içeriğinin çok düşük olduğu azalan periyot anında uygulandığında büzülmeye uğrayabilen ürünlerde büzülmenin engellenmesi için uygulanabilmektedir. Ayrıca burada üründe bulunan bağlı suyun uzaklaştırılması da sağlanabilmektedir. Bu noktada ki uygulama ürün kalitesini oldukça artırmaktadır. (4) Bu yöntemlerin dışında mikrodalga tüm sistem boyunca da uygulama alanı bulabilmektedir (Çalışkan, 2002; Zhang vd. 2006).

Sıcak hava kurutma sistemlerinde yaşanan önemli kalite kayıplarının önüne geçebilmek için vakum altında kurutma yöntemi geliştirilmiştir. Vakum yüksek enerjili su moleküllerinin üründen hızla uzaklaşmasını sağlamaktadır. Bunu ürün içindeki suyun kaynama noktasını düşürerek gerçekleştirir. Bu düşüş ürünün iç ve dış

yüzeyleri arasında büyük bir buhar basıncı farkı oluşturur kuruma önemli ölçüde hızlanır. Ayrıca sistemde havanın olmaması dehidrasyon sırasında oluşan oksidasyonu düşürür ve ürünün rengi, dokusu ve tadı korunur. Vakumla kurutma özellikle ısıya duyarlı yüksek şeker içerikli meyveler ve yüksek besin değerli sebzeler için uygundur. Ancak vakum ile kurutmada konveksiyon dışında bir ısı transferi mevcut değildir ve uzun süreli kurutmalarda vakumun muhafazası yüksek işletme maliyeti gerektirir. Vakumlu kurutmanın dezavantajlarının üstesinden gelmek için, mikrodalga destekli vakum ile kurutma yöntemi araştırılmıştır. Bu yöntem özellikle son üründe hacme ihtiyacı olan sebze ve meyveler üzerinde odaklanmıştır (Zhang vd., 2006; Chandrasekaran vd., 2013).

Mikrodalga uygulamasında uniform olmayan ısıtma yüksek şeker içerikli ürünlerde kavrulmaya neden olabilmektedir. Bunu engellenebilmesi ve tekdüze bir ısıtma için ürün mikrodalga sistemi içerisinde sürekli hareket halinde olmalıdır. Hareket mekanik araçlar ya da pnömatik çalkalama yoluyla gerçekleştirilebilir. Akışkan yataklı kurutucular ile mikrodalga uygulamasının birleştirilmesi ürün için pnömatik hareketliliği sağlar, ısı ve kütle transferini kolaylaştırır, düzensiz ısıtmanın önüne geçer.

Dondurarak kurutma teknolojisi ile mikrodalga teknolojisinin birleştirilmesi yatırım maliyetini oldukça yükseltse de kurutma işleminde sağladığı verim ve son ürün kalitesi bu durumu dengelemektedir. Isıya duyarlı gıdalarda, farmakolojide ve biyolojik materyallerin kurutulmasında hafif bir dehidratasyon sağlanabilmektedir. Düşük işlem sıcaklığı, ortamda neredeyse hiç oksijen bulunmaması, kimyasal ayrışmanın minimum düzeyde olması ve kolay rehidrasyon oldukça yüksek ürün kalitesi eldesi mümkündür. Mikrodalga destekli dondurarak kurutma sistemlerinde sublimasyon için gerekli enerji kuru madde tarafından etkilenmeden malzeme içerisindeki su moleküllerine iletilir. Bu da gerekli operasyon maliyetini düşürebilmektedir (Zhang vd., 2006).

2.4.4. Gıdaların kurutulmasında mikrodalga fırınların kullanımı

Uygulamada kurutma genel olarak 3 aşamada gerçekleşir. İlk aşama ısınma olarak adlandırılır. Burada nemli malzeme içerisindeki enerji mikrodalga sayesinde termal enerjiye dönüşür ve ürünün sıcaklığı zamanla artar. Gıdadaki nemin buhar basıncı

ortam basıncının üzerine çıktığında malzeme az da olsa nem kaybetmeye başlar. Nem kaybının başlamasını takiben ikinci aşama başlar. Bu aşama hızlı kuruma aşamasıdır. İstikrarlı bir sıcaklık profili oluştuğunda mikrodalga enerjisi nemin buharlaşması için termal enerjiye dönüştürülür. Son aşama olan yavaş kuruma evresinde ürünün nemi öyle bir noktaya iner ki termal enerjiye dönüşen mikrodalga enerjisi nemin uzaklaşması için gerekli enerjiden az olur. Bu noktada merkez sıcaklık suyun kaynama sıcaklığının üzerine çıkabilir.

İlk aşamada ürünün istenen sıcaklığa ulaşma süresi kısadır. Nem kabının çoğu hızlı kuruma evresinde gerçekleşir. Kısa süreli uygulama özellikle ısıya duyarlı ürünlerde önem kazanmaktadır (Zhang vd., 2006).

Soysal (2004) maydanozun mikrodalgada kurutma karakteristiğini incelemiştir. 360-900 W aralığında yedi farklı güçte çalışılmıştır. Kısa bir ısınma evresinden sonra kuruma ve azalan kuruma periyotları gözlenmiştir. Artan güç kullanımına paralel olarak nem kaybında artış gerçekleşmiştir. Renk değerinin değişimi uygulanan güçle bağlı değildir. Bazı noktalarda gözlenen kararmalar dışında son ürünün rengi taze ürüne yakın bir kalitededir. Ürün 900W güç yoğunluğunda, 360W güç yoğunluğuna göre %64 oranında daha hızlı kurutulmuştur.

Özkan vd.'nin (2007) yaptığı çalışmanın amacı; mikrodalga kurutma tekniğinin ıspanağın kurutulmasındaki etkinliğinin araştırılması, ürünün askorbik asit ve renk değerlerindeki değişikliklerin incelenmesidir. Ispanak yaprakları nem içerikleri 9,01 kg su/ kg KM'den 0,1 kg su/ kg KM'e düşene kadar 90-1000 W arasında değişen sekiz farklı mikrodalga güç yoğunluğu kullanılarak kurutulmuştur. Renk ve askorbik asit açısından en iyi değer 750 W (350 s) güçte kurutmada elde edilmiştir. 1000 W (120-150 s) ta ise uzaklaşan nem miktarı en yüksek düzeydedir. En uzun kuruma süresi 90 W güç yoğunluğunda iken askorbik asit düzeyi en düşük değerdedir.

Wang ve ark. (2007) elma posasının (sıcak hava ön kurutmalı ve kurutmasız) ince tabakalı mikrodalga kurutma özelliklerini değerlendirmişlerdir. Ön kurutma işlemi 105 °C'de, mikrodalga uygulaması 150, 300, 450 ve 600 W lık güç yoğunluğunda gerçekleştirilmiştir. Ön kurutma uygulanan elma posasından aynı oranda nemi uzaklaştırmak için gerekli enerji ön kurutma uygulanmayana göre %25 daha düşük

bulunmuştur. Çalışmada elde edilen verilerin elma posasının mikrodalga ile kurutulması için endüstriyel tasarıma uygulanabileceği bildirilmiştir.

İçier vd. (2014) siyah zeytin dilimlerinin mikrodalga ile kurutulmasını ve işlemin toplam fenolik madde üzerine etkisini incelemişlerdir. Siyah zeytin dilimleri farklı güç yoğunluğunda (180, 360 ve 540 W) kurutulmuştur. 540 W güç yoğunluğunda kurutulan ürünün toplam fenolik madde içeriğinin, 180 ve 360 W güç yoğunluklarında kurutulanlarınkinden önemli ölçüde daha düşük olduğu belirlenmiştir. Kuruma süresi, kullanılan mikrodalga güç yoğunluğu arttıkça azalmış olup uygulamanın endüstriyel olarak kullanımının olumlu sonuçlar vereceği bildirilmiştir.

Turgut (2016), süt ve süt ürünlerinde mikrodalga uygulamalarını incelemiştir. Genel olarak pastörizasyon ve sterilizasyon basamağında uygulama alanı bulan mikrodalga uygulamasının proseslerdeki besin değeri ve vitamin kayıplarını azaltarak gıdanın biyolojik potansiyelini ve ayrıca mikrobiyolojik kalitesini de artırılabilirliğini belirtmiştir.

Karaarslan vd. (2016) 5mm kalınlığındaki ayva dilimlerini farklı mikrodalga güç yoğunluklarında (180, 360, 540, 720 ve 900) kurutmuşlardır. Mikrodalga güç yoğunluklarının artması kuruma süresini kısaltmıştır. Çalışmada sabit bir kuruma periyodu gözlemlenmemiş olup işlem azalan kuruma periyodu özellikleri göstermiştir.

2.4.5. Mikrodalga kullanımının sağlık üzerine etkileri

İyonize olmayan radyasyon türlerinden olan mikrodalgaların diğer iyonize dalgalarla aynı zararlı etkilere sahip olmadığı bildirilmektedir (Bih, 2013). Bunun yanı sıra mikrodalga radyasyonunun neden olduğu biyolojik etkiler, alıcı organizma ile mikrodalgaların kaynağı arasındaki etkileşimin fiziği ile ilgili çeşitli faktörlere bağlıdır. Tehlikenin derecesini etkileyen başlıca faktörler; ilgili noktada mikrodalga radyasyonunun frekans ve güç yoğunluğu, yakındaki yüzeyin ve ortam sıcaklığının yansıtıcı özelliklerine ilişkin olarak organizmayı çevreleyen ortam, mikrodalga enerjisinin penetrasyon derinliği ve sürekliliği şeklinde sıralanabilir (Lambert, 1980).

Mikrodalga fırınlar ile ilgili risklerin başında mikrodalga fırında yaşanabilecek kaçak durumlarıdır. Fırının herhangi bir yerinde farkına varılmayan bir kaçak kaynağı sızıntıya neden olabilmektedir (FDA, 1992). Bu tür tehlikeler katı emisyon kurallarına uyulmasını zorunlu hale getirmektedir. Çeşitli ülkeler ve Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC), Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (IEEE), Uluslararası Elektromanyetik Güvenlik Komitesi (ICES) ve Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi (CENELEC), fırının dış yüzeylerinden 5 cm uzaklıkta herhangi bir noktada metrekare başına 50 watt (W/m^2) ürün emisyon limiti belirlemiştir (Fields, 2005). Belirlenen bu standartlara uyulduğunda herhangi bir radyasyon tehlikesinin olmayacağı bildirilmektedir (Ağagündüz ve Bilici, 2016)

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) mikrodalga enerjisinin vücut tarafından emilebileceğini ve mikrodalga enerjisine maruz kalan dokularda ısı üretilebileceğini bildirmiştir. Özellikle sıcaklığa duyarlı ve zayıf kan akışının olduğu organlar (göz, testis, deri vb.) için yüksek maruz kalma süresi risk oluşturmaktadır. Ancak bu risk yüksek güç seviyelerinde gözlenmektedir (Fields, 2005). Göz, sıcaklıktaki yükselmeye duyarlı organlardan biridir ve bu nedenle, mikrodalga radyasyonuna maruziyete karşı en hassas olanıdır. Mikrodalga radyasyonuna maruz kalmak göz merceği proteininin denatürasyonuna ve katarakt oluşumuna neden olabilmektedir. Bunun dışında kan hücreleri, makro moleküller, organlar, hücre zarı vb. birçok alanda araştırmalar yapılmıştır. Ortaya çıkan sonuçlar, mikrodalga radyasyonun, iyonlaştırıcı radyasyondan çok daha az enerjili olsa da, yüksek frekanslarda ve daha yüksek güç yoğunluklarında, canlı organizmalarda biyolojik tepkilere neden olduğunu göstermiştir (Lambert, 1980).

Gıda için ise mikrobiyolojik riskler, kimyasal riskler ve zararlı bileşik oluşumları (heterosiklik aminler, akrilamid vb.) önem kazanmaktadır (Ağagündüz ve Bilici, 2016).

Mikrodalga pişirme geleneksel pişirme işleminden daha hızlı olduğu için, mikrodalga pişirmenin gıda kaynaklı organizmaların sayısını etkili bir şekilde azaltıp azaltmadığı sorgulanabilir. Mikrodalgaların gıdalardaki mikroorganizmalar üzerindeki etkileri gıdaların içsel (pH ve nem seviyesi, oksidasyon-indirgeme potansiyeli, besin içeriği, anti mikrobiyal bileşenleri, biyolojik yapıları, kimyasal

bileşimi, şekli ve boyutu vb.) özelliklerinden ve dışsal (ortamın sıcaklığı, nemi ve gazları; radyasyonun frekansı ve yoğunluğu; maruz kalma süresi, yiyeceğin etkili alandaki konumu vb.) faktörlerden etkilenir. Ayrıca, ışınlanan mikroorganizmaların fiziksel ve kimyasal bileşimleri, gıdada bulunduğu yer ve sayıları da önemli faktörlerdir (Fung ve Cunningham, 1980). Bu noktada Fung ve Cunningham (1980) mikrobiyal güvenliğin sağlanması için bazı öneriler sunmaktadır. Bunlar;

- Mikrodalga gıdanın profiline uygun olarak uygulanmalıdır.
- Ürünün mikrobiyal kalitesi mikrodalga uygulaması sonunda istenen verimin elde edilmesine yetecek derecede olmalıdır.
- Mikrobiyal riskin fazla olduğu ürünler için mikrodalga uygulaması diğer yöntemlerle birlikte kullanılmalıdır.
- Uygulanacak olan mikrodalga yoğunluğu ve maruz bırakılma süresine dikkat edilmelidir.

Yüksek sıcaklık uygulamaları gıdada karsinojen oluşumu artırmaktadır. Ancak mikrodalga uygulamasında diğer uygulamalarda olduğundan daha düşük sıcaklıklarda çalışılmaktadır (≤ 100 °C). Bu nedenle mikrodalga uygulaması önemli miktarda karsinojenik etki oluşturmaz. Ayrıca et ürünlerinde ön pişirme ve kızartılacak patateslerde ön çözündürme işlemi olarak uygulandığında yüksek sıcaklığa maruz kalma süresini düşürür. Bu sayede kanserojenik bileşikler ve akrilamid oluşumunu azaltılabilir (Ağagündüz ve Bilici, 2016).

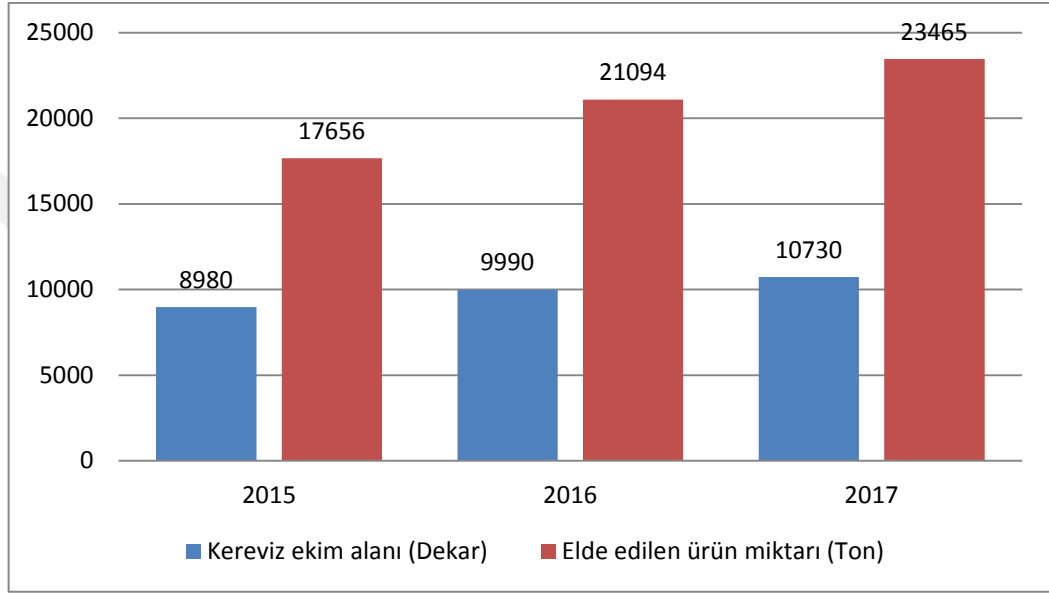
İnsanlar tarafından kullanılan diğer cihazlarda olduğu gibi risk-fayda karşılaştırması yapılmalı ve fayda, cihazın kullanımını gerektirecek kadar büyükse, riskin kabul edilebilir bir seviyeye indirilmesi için daha fazla çaba sarf edilmelidir (Lambert, 1980).

2.5. Kereviz

Kereviz çok eskiden beri kültüre alınmış *Apiaceae* takımının *Apiaceae* familyasından, taze olarak tüketildiğinde tek yıllık, tohumu için üretildiğinde ise iki yıllık bir bitkidir (Bayraktar, 1981; Vural vd 2000). Dünyanın birçok bölgesinde rastlanan kerevizin (*Apium graveolens* L.) anavatanı tam olarak bilinmemektedir (Vural vd 2000; Kaiser vd., 2013). Kerevizin *Apium graveolens* var. *dulce*, *Apium graveolens* var. *rapaceum*

ve *Apium graveolens* var. *secalinum* olmak üzere üç kültür formu vardır (Öztürk, 2012).

Kışları ılık, yazları fazla sıcak ve kurak geçmeyen yerlerde çok iyi gelişme gösteren kereviz Türkiye’de yıldan yıla artan dikim alanına sahiptir. Son üç yıllık TÜİK verilerine göre sap ve kök kerevizi ekim alanı ve elde edilen ürün miktarı Şekil 2.8’de verilmiştir.



Şekil 2. 8 Sap ve kök kerevizine ait son üç yıllık TÜİK verileri

Tarihi araştırmalarda kerevizin besin maddesi olarak kullanılmadan çok önceleri halk arasında sinir sistemi üzerine yatıştırıcı olarak, eklem iltihabına, ses kısıklığına ve böbrek ağrısı gibi birçok hastalığa karşı ilaç olarak kullanıldığına dair bilgilere rastlanmıştır (Bayraktar, 1981). Bunların yanı sıra astım, bronşit, dalak ve karaciğer hastalıklarını tedavi etmek için kullanılmıştır (Singh ve Handa 1995). Günümüzde de kerevizin kök, gövde ve yaprakları tıbbi ve aromatik bitki olarak kullanılmaktadır (Popovic vd., 2006; Choochote vd., 2004). Yapılan araştırmalarda kerevizin kan basıncını düşürdüğü, kalp fonksiyonlarını düzenlemenin yanı sıra pankreası uyararak insülin salgılamasını ve dolayısıyla kan şekerini düzenlediği belirlenmiştir (Yusni vd., 2018; Popovic vd., 2006, Nagella 2012). Bunların yanı sıra kerevizin yüksek tansiyonu düzenlediği, karaciğer ve mideyi kuvvetlendirdiği ve baş ağrılarına iyi geldiği bildirilmektedir (Kızıldağ vd., 2016). Kereviz; antioksidan aktivitesi (Ninfali ve Bacchiocca 2003), antiinflamatuvar aktivitesi (Ovodova ve ark. 2009),

antikanserojenik etkisi (Sultana ve ark. 2005), antihiperlipidemik etki (Tsi ve Tan 2000; Iyer ve Patil 2011) vb. özellikleri nedeniyle oldukça ilgi çeken bir bitki haline gelmiştir (He vd., 2016).

Kereviz yaprakları gıda üretim sektöründe ise garnitür olarak, taze veya kurutulularak; et, çorba veya soslu yemeklerde dünya genelinde yaygın olarak kullanılan bir baharattır (Kaiser vd., 2013).

Kereviz tohumu karakteristik bir aromaya ve keskin bir tada sahiptir. Gıda ürünlerinin lezzetlendirilmesinde çeşni olarak kullanılır. Kereviz tohumu özleri, alkollü ve alkolsüz içecekler, dondurulmuş süt tatlıları, şekerleme, fırınlanmış ürünler, jelatinler, pudingler, et ürünleri, çeşniler ve baharatlar, çorbalar, mezeler, aperatif yiyecekler vb. birçok gıda ürününde lezzet verici madde kullanılmaktadır (Nagella 2012).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada kullanılan kereviz yaprakları Sivas'ta yerel bir marketten temin edilmiştir. Kereviz yaprakları deneylerde kullanılanlara kadar + 4 °C'de muhafaza edilmiş ve 24 saat içerisinde denemeye alınmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Kurutma sistemi

Kereviz yapraklarının kurutulmasında kurutma denemeleri mikrodalga fırında (HMT84M651, Bosch, Stuttgart, Almanya) yapılmıştır. Denemelerde kullanılan mikrodalga fırın Şekil 3.1'de görülmektedir. Mikrodalga Fırın 90, 180, 360, 600, 900 W olan 5 farklı mikrodalga güç seviyesinde çalışabilmektedir. Kurutma tablası 360° dönmekte, kontrol panosunda programlanabilir özelliğine sahip olan dijital zaman göstergesi bulunmaktadır.



Şekil 3. 1 Denemelerde kullanılan mikrodalga fırın

3.2.2. Kurutma yöntemi

Kurutma denemeleri 180, 360, 600, 900 W mikrodalga güç seviyelerinde yapılmıştır. Kereviz yapraklarının sağlıklı ve zedelenmemiş kısımlarından yaklaşık 5 g alınarak cam bir tabak üzerine tek sıra olacak şekilde dizildikten sonra kurutulmuştur. Denemeler üç tekrarlı yapılmıştır. Kurutma kinetiğinin belirlenmesi için her 15 saniyede bir fırın açılarak tartım alınmıştır. Tartımda 0.01 g hassasiyete sahip dijital tartım cihazı (AND GX 4000) kullanılmıştır. Her bir ağırlık ölçümünün süresi 10 saniyeyi geçmeyecek şekilde yapılmıştır.

3.2.3. Nem içeriğinin ve kuruma hızının belirlenmesi

Kereviz yaprağı numunelerinin mikrodalga tekniği ile kurutulması sırasında, herhangi bir t süresindeki nem içeriği değeri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır;

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

Burada;

M_t : Herhangi bir t süresindeki nem içeriği (g su/ g KM)

m : Numunenin kütlesi(g)

KM : Numunenin içerdiği kuru madde miktarı (g) olarak tanımlanmıştır.

3.2.4. Kuruma hızının hesaplanması

Kuruma hızı, nem içeriğine karşılık kuruma süresi eğrilerinin türevlerinin alınması ile bulunmuştur. Kuruma hızının birimi; g su/g KM sn'dır.

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

Burada;

M_{t+dt} : t + dt süresindeki nem içeriği (g su/g KM)

dt : Kuruma süresi (saniye)

olarak tanımlanmıştır.

3.2.5. Nem oranının hesaplanması

Örneklerin ağırlık değişimlerinden nem oranı hesaplanmış ve kurutma kinetiği ile ilgili modellemelerde nem oranı değerleri kullanılmıştır. Nem oranı (MR) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_o - M_e} \quad (3.3)$$

Burada;

MR : Nem oranı (birimsiz)

M_t : Herhangi bir süredeki nem miktarı(g su/g KM),

M_o : Başlangıç nem miktarı (g su/g KM),

M_e : Denge nem miktarını (g su/g KM) göstermektedir.

Gıdaların mikrodalga ile kurutulması işleminde daha önce yapılan çalışmalarda (Maskan, 2000; Maskan, 2001a) belirtildiği gibi M_e ifadesi diğer ifadelerden çok daha küçük olduğu için sıfır kabul edilmiştir.

3.2.6. Kurutma prosesinin modellenmesi

Deneysel veriden yararlanarak nem oranı ve kuruma süresi arasındaki ilişkiyi göstermek amacıyla Çizelge 3.1'de verilen Newton, Page ve Weibull olmak üzere 3 farklı model test edilmiş ve istatistiksel olarak kıyaslanmıştır.

Çizelge 3.1 Kereviz yapraklarının kuruma eğrilerinin modellenmesinde kullanılan eşitlikler

Model	Eşitlik	Kaynaklar
Newton	$MR = \exp(-k \cdot t)$	Ayensu (1997), Roberts vd. (2008)
Page	$MR = \exp(-k \cdot t^n)$	Sobukola ve Dairo (2007), Hassan-Beygi vd. (2009)
Weibull	$MR = \exp(-t/\alpha)^\beta$	Babalis vd. (2006), Szychowski vd. (2018)

k: Kinetik sabit (sn^{-1}) t: Kuruma süresi (sn) n: Page modele ait katsayı, α ve β : sırasıyla Weibull model skala parametresi (s) ve

Matematiksel modellerin deneysel verilere uyumu MİNİTAB (16) istatistik programında doğrusal olmayan regresyon yapılarak belirlenmiştir.

Uygun modelin belirlenmesinde validasyon çalışması yapılmıştır. Modellerle nem oranları tahmin edilirken iki tekkerrür sonuçlarının ortalamaları kullanılmış model uygunluğunun validasyonu 3. tekerrür sonuçları ile yapılmıştır. Validasyon için modelin kuruma eğrilerine uyumunu belirleyen parametrelerden regresyon katsayısı (R^2), yanlışlığı (bias) ölçmek için ortalama eğilim hatası (MBE), doğruluğu (accuracy) ölçmek için ortalama karesel hatanın karekökü (RMSE) ve Khi-Kare (χ^2) hesaplanmıştır. RMSE, MBE ve χ^2 değerleri aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (Walther ve Moore 2005).

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{tah,i} - MR_{den,i})^2 \right]^{1/2} \quad (3.4)$$

$$MBE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{tah,i} - MR_{den,i}) \quad (3.5)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{tah,i} - MR_{den,i})^2}{N - z} \quad (3.6)$$

N	: Gözlem sayısı
z	: Kullanılan modeldeki katsayı sayısı
MR _{den,i}	: Deneysel olarak gözlenen i. düzey
MR _{tah,i}	: Modellerden tahmin edilen i. düzey

3.3. Analizler

3.3.1. Örneklerin hazırlanması

Kurutulmuş kereviz yaprakları kahve öğütücüde (Sinbo) öğütüldükten sonra gözenek aralığı 300 µm ve 150 µm olan eleklerden (RETSCH) geçirilmiş ve analizlerde bu aralıktaki örnekler kullanılmıştır.

3.3.2. Örneklerin ekstraksiyonu

Örneklerin ekstraksiyonu için 0.2 g örnek tartılmış ve üzerine 10 ml 50 °C'de saf su konularak 50°C'ye ayarlanmış çalkalamalı su banyosunda 30 dakika tutulmuştur. Süre sonunda örnekler 1 dakika vortekste karıştırılmış ve kaba filtre kağıdından süzülmüştür. Bu ekstraktlar örneklerin toplam fenolik madde ve antioksidan kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Örnekler analiz anına kadar -18°C'de muhafaza edilmiştir.

3.3.3. Toplam fenolik madde analizi

Toplam fenolik madde analizi Obanda ve Owuor (1997) tarafından belirtilen Folin-Ciocalteu spektrofotometrik yöntemin modifiye edilmesiyle, 3 tekrarlı olarak aşağıda belirtildiği gibi gerçekleştirilmiştir.

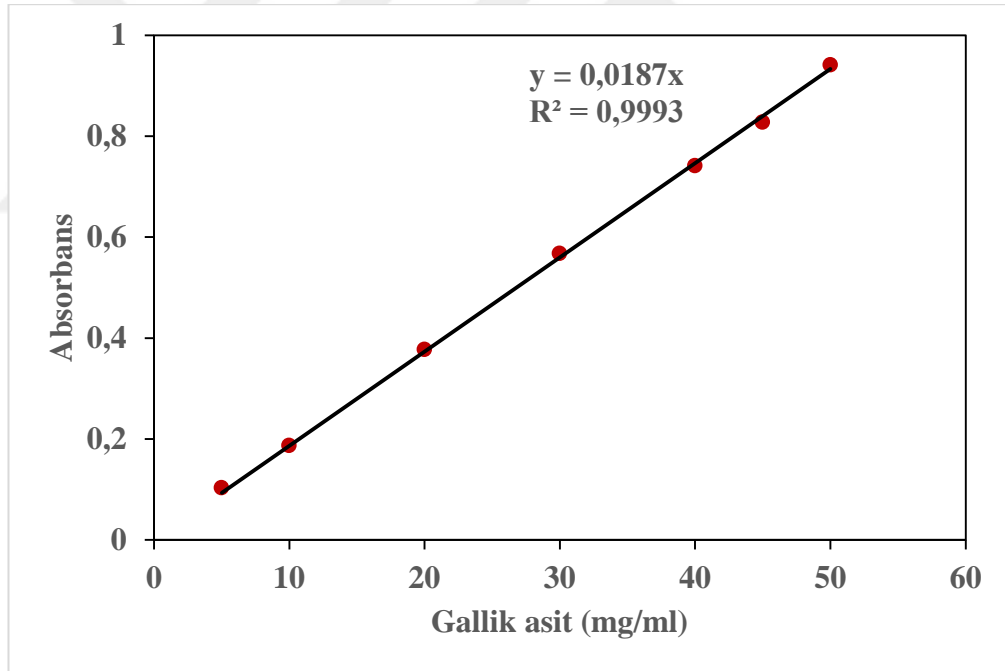
3.3.3.1. Toplam fenolik madde analizi için gerekli çözeltilerin hazırlanması

- *Folin-Ciocalteu çözeltisi:* Folin-Ciocalteu çözeltisi: 1:3 oranında seyreltilmiştir.
- *Doğun sodyum karbonat (%35) çözeltisi:* 35 g sodyum karbonat distile suda çözündürülüp 100 ml'ye tamamlanmıştır. Bir gece bekletildikten sonra filtre edilmiştir.
- *Gallik asit stok çözeltisinin (500 µg/ml) hazırlanması:* 100 ml saf suya 50 mg gallik asit çözündürülerek hazırlanmıştır.

- *Gallik asit çalışma çözeltilerinin hazırlanması:* 500 µg/ml gallik asit stok çözeltisinden su ile seyreltilerek 0-50 µg/ml arasında değişen 7 ayrı çalışma çözeltisi hazırlanmıştır.

3.3.3.2. Gallik asit kalibrasyon eğrisinin çizilmesi

Farklı konsantrasyonlarda hazırlanmış gallik asit çalışma çözeltilerinin her birinden 0.5 ml alınıp 0.5 ml Folin-Ciocalteu çözeltisi ile karıştırılmıştır. Karışıma 5 dakika sonra 1 ml sodyum karbonat ilave edilip hafifçe çalkalanmıştır. Daha sonra karışıma 1 ml distile su ilave edilerek iyice karışmaları sağlanmıştır. Elde edilen karışım 30 dakika karanlıkta bekletilip oluşan mavi rengin spektrofotometrede 700 nm’de absorbansı okunmuştur. Gallik asidin farklı konsantrasyonlarına karşı okunan absorbansların grafiğe geçirilmesiyle kalibrasyon eğrisi elde edilmiştir (Şekil 3.2). Kalibrasyon eğrisi linear olup, eğrinin denklemi ve korelasyon katsayısı Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3. 2 Gallik asit kalibrasyon eğrisi

3.3.3.3. Kereviz yapraklarında toplam fenolik madde analizi

Örneklerde toplam fenolik madde analizi için 3.3.2’de belirtildiği üzere elde edilen ekstraktlar uygun absorbans değerleri elde etmek için distile su ile 10 kez seyreltilmiştir. Elde edilen seyreltilmiş ekstraktların toplam fenolik madde içeriği 3.3.3.2’de belirtildiği gibi saptanmıştır. Burada standart gallik asit çözeltisi yerine

örnek ekstraktı kullanılmıştır. Toplam fenolik madde miktarı mg Gallik asit eşdeğeri (GAE)/g km olarak ifade edilmiştir.

3.3.4. Antioksidan kapasite tayini

Antioksidan kapasite tayini için 3.3.2’de belirtildiği üzere elde edilen ekstraktlar kullanılmıştır. Örneklerin antioksidan kapasitesi, DPPH yöntemi (Katalinić vd., 2004; Atoui vd., 2005) kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla, otomatik pipet yardımıyla ekstraktan (2mg/ml) 50 µl alınarak 1950 µl, 6×10^{-5} molar DPPH radikali (metanolde hazırlanmış) ile karıştırılmıştır. Kontrol olarak saf su kullanılmıştır. Reaksiyon karışımı vorteks karıştırıcıda karıştırılıp oda sıcaklığında 60 dakika süreyle karanlıkta bekletilmiştir. Sürenin bitiminde karışımın absorbansı spektrofotometrede 517 nm’de metanole karşı okunmuştur. Antioksidan kapasite (% AA), aşağıdaki eşitlikten (Yen ve Duh, 1994) yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$AA(\%) = \frac{Abs_{Kontrol} - Abs_{Örnek}}{Abs_{Kontrol}} \times 100 \quad (3.7)$$

Formülde $Abs_{Kontrol}$ örnek içermeyen DPPH çözeltisinin absorbansını, $Abs_{Örnek}$ ise örnek içeren DPPH çözeltisinin absorbansını göstermektedir.

3.3.5. Klorofil ekstraksiyonu ve analizi

Klorofil ekstraksiyonu Shivanna ve Subban (2014), Sun ve Li (2017) tarafından belirtilen yöntemler modifiye edilerek yapılmıştır. Klorofil ekstraksiyonu % 80’lik soğuk aseton kullanılarak 3 tekrarlı yapılmıştır. Havana 0.05 g örnek alınmış ve üzerine feofitinizasyon oluşumunu en aza indirmek için 0.01 g $MgSO_4$ ilave edilmiştir. Bu karışım üzerine 3 ml % 80’lik aseton ilave edilerek 30 s havanda ezilmiştir. Süre sonunda süpernatant falcon tüpüne aktarılmış ve havadaki kalıntı üzerine tekrar 3 ml çözelti ilave edilerek ekstraksiyona devam edilmiştir. Bu işlem toplam 18 ml % 80’lik aseton olacak şekilde 6 kez tekrarlanmıştır. En son ilave edilen 3 ml % 80’lik asetonla ezme işleminden sonra havadaki kalıntının tümü kazınarak falcon tüpüne aktarılmıştır. Falcon tüplerine toplanan ekstraktlar 1 dakika vortekste karıştırılmış ve kaba filtre kâğıdından süzölmüştür.

Elde edilen klorofil ekstraktlarının UV spektrofotometrede (OPTİMA, SP-3000) 645 ve 663 nm’de absorbansları ölçülmüştür. Örneklerin klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil içerikleri aşağıda belirtilen eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuçlar mg klorofil /g kuru madde cinsinden verilmiştir.

$$\text{Klorofil a (mg/L)} = 12.72 * A_{663} - 2.59 * A_{645} \quad (3.8)$$

$$\text{Klorofil b (mg/L)} = 22.88 * A_{645} - 4.67 * A_{663} \quad (3.9)$$

$$\text{Toplam klorofil (mg/L)} = 20.29 * A_{645} + 8.05 * A_{663} \quad (3.10)$$

3.3.6. Renk analizi

Renk analizi için MİNOLTA CR-400 (Minolta Osaka, Japan) renk ölçüm cihazı kullanılarak L*, a* ve b* değerleri saptanmıştır. Bu değerler kullanılarak aşağıdaki eşitliklerden Chroma (C*) ve Hue (h*) değerleri hesaplanmıştır.

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (3.11)$$

$$h^* = \arctan(b^*/a^*) \quad (3.12)$$

3.3.7. Nem tayini

Örneklerin başlangıç nem içerikleri nem tayin cihazında (SHIMADZU, MOC63u) belirlenmiştir.

3.3.8. İstatistiksel analiz

Çalışmada mikrodalga güç yoğunluğunun test edilen bağımlı değişkenler üzerine etkisi, Statistica paket program (1995) kullanılarak varyans analizi ile incelenmiştir. Varyans analiz sonuçlarının önemli bulunması durumunda hangi gruplar arasında fark olduğu çoklu karşılaştırma testlerinden en küçük önemli fark (LSD) testi uygulanarak belirlenmiştir (p<0.05).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Mikrodalga Güç Yoğunluğunun Kereviz Yapraklarının Kurutma Kinetiği Üzerine Etkisi

4.1.1. Nem içeriği değişimi

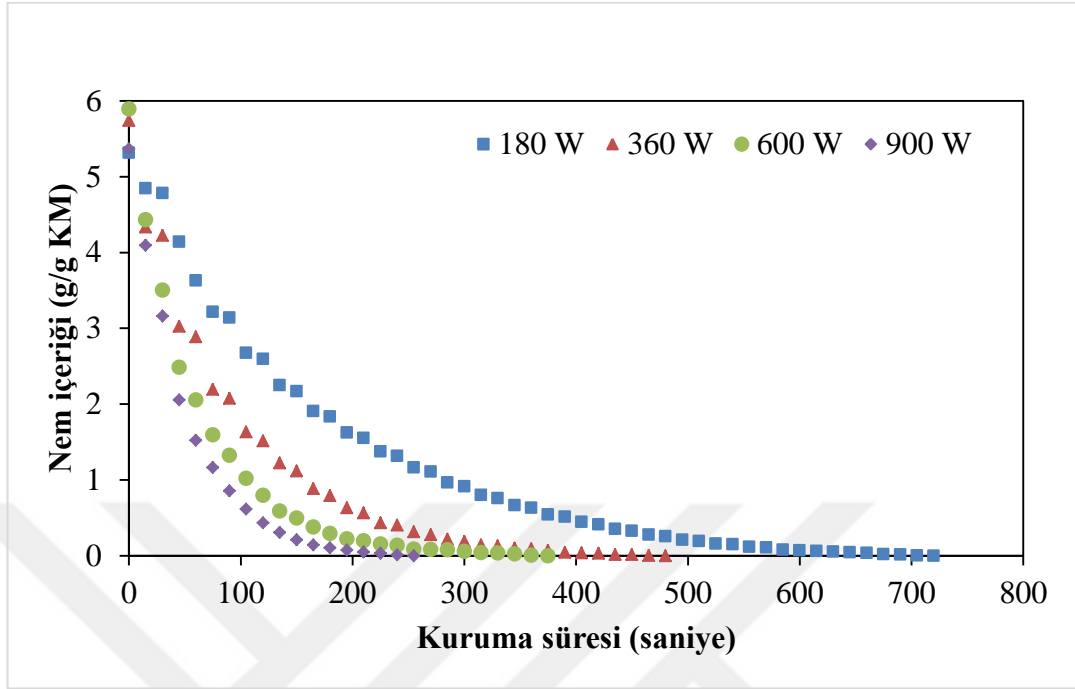
Mikrodalga güç yoğunluğunun nem içeriği üzerine etkisini incelemek için, yaklaşık 5 g kereviz yaprağı 180, 360, 600 ve 900 W güç yoğunluğunda kurutulmuştur. Örnekler her 15 saniyede bir 0.01 g hassasiyetle tartılmış ve sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur. Çalışmada kullanılan kereviz yapraklarının ortalama nem miktarları 5.38 g/g KM olarak bulunmuştur. Gıdaların mikrodalga enerjisi ile kuruma sonrası içerebilecekleri minimum nem içeriği değerinin 0.1 g su/ g KM olduğu kabul edilmektedir (Maskan, 2000). Bu nedenle test edilen her bir mikrodalga gücü numune ağırlığı yaklaşık 0.1 g/g KM seviyeye düşene kadar uygulanmıştır. Kereviz yapraklarının farklı mikrodalga güç yoğunluğunda gerçekleştirilen kurutma denemelerinin kuruma süreleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4. 1 Kereviz yapraklarının kurutma denemelerine ait kuruma süreleri

Güç yoğunluğu (W)	Kuruma süresi (s)
180	720
360	480
600	375
900	255

Çizelge 4.1’den de görüldüğü üzere kuruma süresi en düşük 900W, en yüksek ise 180W güç yoğunluğunda tespit edilmiştir. Mikrodalga güç yoğunluğunun 180 W’dan 360 W’a çıkarılmasıyla kuruma sürelerinde % 33.33, 600 W’da % 47.92, 900 W’da ise % 64.58’lik bir azalma görülmüştür. Mikrodalga güç yoğunluğunun artmasıyla kuruma süresinde azalma meydana gelmiştir. Yapılan diğer çalışmalarda da bu durum tespit edilmiştir (Prabhanjan vd. 1995; Funebo ve Ohlsson 1998; Soysal, 2004; Özkan vd. 2007).

Kereviz yapraklarının farklı güç yoğunluğunda kuruma sırasında nem içeriklerinin zamana bağlı olarak değişimi Şekil 4.1 verilmiştir.

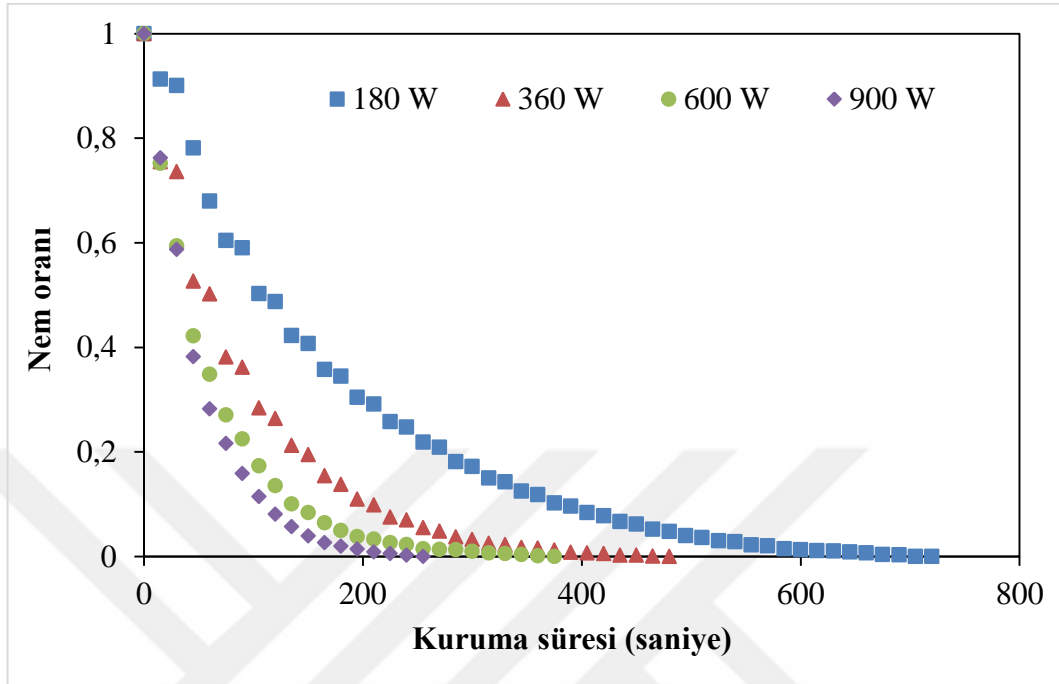


Şekil 4. 1 Farklı güç yoğunluklarında kurutulmuş kereviz yapraklarının nem içeriğinin kuruma süresi ile değişimi

Şekil 4.1'den de görüldüğü gibi, kuruma süresi mikrodalga güç yoğunluğundan etkilenmekte, mikrodalga güç yoğunluğunun artmasına bağlı olarak nem kaybı hızlanmakta ve kuruma süresi kısalmaktadır. Yapılan diğer çalışmalarda da güç yoğunluğunun artmasıyla kurutma süresinin azaldığı belirtilmiştir (Sharma ve Prasad, 2001; Pereira vd. 2007; Özkan vd. 2007; Alibaş, 2012).

Farklı güç yoğunluğunda kurutulan kereviz yapraklarında süreye bağlı olarak ayrılabilir nem oranındaki değişim ise Şekil 4.2'de verilmiştir. Ayrılabilir nem oranı, çalışmada kısaca nem oranı olarak ifade edilmiş olup kurumanın herhangi bir anında, örneklerin nem içeriklerinin kuru baza göre ilk nem içeriğine oranıdır (Denklemler 3.3). Kuruma eğrileri, örneklerin farklı güç yoğunluklarındaki başlangıç (ilk) nem içeriklerindeki farklılığı ortadan kaldırmak için zamana karşı nem oranları grafiğe geçirilerek hazırlanmıştır. Bu nedenle Şekil 4. 2'de de görüldüğü gibi test edilen tüm güç yoğunluklarında süreye bağlı olarak çizilen kuruma eğrileri başlangıçta 1 değerinden başlamaktadır. Kuruma sürelerinin sonlarında ise kereviz yapraklarından ayrılabilir nem kalmadığı için eğri sıfır değerine yaklaşmaktadır. Benzer yaklaşım

kuruma kinetiği üzerine yapılan çalışmalarda da kullanılmıştır (Wen Jia vd., 2003, Kumar ve Sagar, 2014; Seremet vd., 2016).



şekil 4. 2 Farklı güç yoğunluklarında kurutulmuş kereviz yapraklarının nem oranının kuruma zamanı ile değişimi

Örneklerin nem oranlarındaki azalmanın başlangıçta hızlı denemelerin sonlarına doğru ise yavaş seyrettiği görölmektedir. Kurutmanın başlangıcında en hızlı kuruma 900 W'da elde edilmiştir. Kuruma eğrilerinde görölen hızlı düşüşler örneklerdeki su kaybının yüksek olduğunu göstermektedir. Aynı durum maydanozun (Soysal vd., 2006), nanenin (Özbek ve Dadalı, 2007), asma yaprağının (Alibaş, 2012), yeşil fasulyenin (Doymaz vd., 2015), mango, guava, anonla (Kumar ve Sagar, 2014) ve kabak dilimlerinin (Seremet vd., 2016) kurutulması sırasında da görölmüştür. Mikrodalga gücünün artması daha yüksek ısı emilimine neden olarak ürün sıcaklığının artmasına, dolayısıyla nem transferinin hızlanmasına neden olmaktadır. Bu durumda daha hızlı kuruma oranı ve daha kısa kuruma süresi görölmektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda da bu durum tespit edilmiştir (Soysal vd. 2006; Özbek ve Dadalı, 2007; Karaaslan ve Tuncer, 2008; Abano vd. 2012; Alibaş, 2012; Kumar ve Sagar, 2014; Doymaz vd. 2015; Seremet vd., 2016; Hihat vd. 2017).

4.1.2. Kuruma eğrilerinin matematiksel modellere uygunluğu

Gıda maddelerinin kuruma eğrilerinin matematiksel olarak ifade edilmesinde birçok eşitlik kullanılmaktadır. Bu çalışmada kereviz yapraklarının farklı mikrodalga güç yoğunluğunda kurutulması sırasında elde edilen verilerden yararlanarak lineer olmayan regresyon analiz yöntemi yardımıyla kuruma süreleri ile nem oranı değişimi eğrilerinin matematiksel modellenmesi 3 farklı modele göre yapılmış (Çizelge 4.1) ve bu modellere ilişkin kinetik parametreler hesaplanmıştır. Uygulanan modellere ilişkin denklemler, model katsayıları, bu denklemlerin uygulanmasıyla elde edilen regresyon katsayıları (R^2), ortalama eğilim hatası (MBE), ortalama karesel hatanın karekökü (RMSE) ve Khi-Kare (χ^2) hesaplanmış ve Çizelge 4.2’de verilmiştir.



Çizelge 4. 2 Kereviz yapraklarının farklı güç yoğunluğunda kurutulmasında uygulanan modellere ilişkin parametreler ve modellere uyum verileri

Güç yoğunluğu (W)	Model	Katsayılar	R ²	RMSE	MBE	χ ²
180	Page	k:0.00541097 n:1.02165	0.9982	0.014675	0.008961	0.000225
	Newton	k:0.00607298	0.9982	0.015588	0.009437	0.000248
	Weibull	α:165.462 β:1.02165	0.9981	0.014677	0.008965	0.000225
360	Page	k:0.0169299 n:0.921739	0.9947	0.01897	0.00501	0.000383
	Newton	k:0.0117154	0.9939	0.02147	0.00276	0.000476
	Weibull	α:83.5109 β:0.921739	0.9947	0.01897	0.00501	0.000383
600	Page	k:0.0225074 n:0.939195	0.999	0.00692	0.000029	0.000051
	Newton	k:0.0173376	0.9987	0.01054	0.00197	0.000116
	Weibull	α:56.7998 β:0.939195	0.999	0.00692	0.000029	0.000051
900	Page	k:0.0246278 n:1.07986	0.9981	0.01296	0.00144	0.000189
	Newton	k:0.0203153	0.9984	0.01212	0.00370	0.000156
	Weibull	α:50.0181 β:1.07986	0.9981	0.01296	0.00144	0.000189

k: s⁻¹, α:s

Bir modelin deneysel verilere uygunluğunun tespitinde R² değerinin yüksek olması, MBE, RMSE ve χ² değerlerinin mümkün olduğunca düşük olması beklenmektedir (Sarsavadia vd., 1999, Soysal vd. 2006; Özkan vd. 2007).

Modellere ilişkin regresyon katsayıları (R²) 180 W uygulamasında Page ve Newton'da 0.9982, Weibull'da 0.9981, 360 W'da Newton modelinde 0.9939, Page ve Weibull'da ise 0.9947, 600 W'da Newton modelinde 0.9987, Page ve Weibull'da ise 0.999 ve 900 W'da, Newtonda 0.9984, Page ve Weibull modelinde 0.9981 olarak

bulunmuştur. Regresyon katsayıları dikkate alınarak modeller karşılaştırıldığında test edilen üç model için hesaplanan katsayıların birbirine yakın olduğu görülmektedir.

Ortalama eğilim hatası başka bir ifadeyle ortalama yanlılık hatası (MBE) tahmin edilenin deneysel olandan ortalama sapmasını ifade eder ve ideal koşullarda MBE değeri sifıra eşit veya yakın olmalıdır. MBE değerinin pozitif bir değer olması modelin verileri yüksek tahmin ettiğini, negatif bir değer olması ise modelin verileri daha düşük tahmin ettiğini ifade eder (Walther ve Moore 2005; Kingsly ve Singh, 2007; Akın vd. 2014). Çizelge 4.2 incelendiğinde 360 W uygulamasının dışındaki tüm mikrodalga güç yoğunluklarında en düşük MBE değeri Page ve Weibull modellerinde elde edilmiştir.

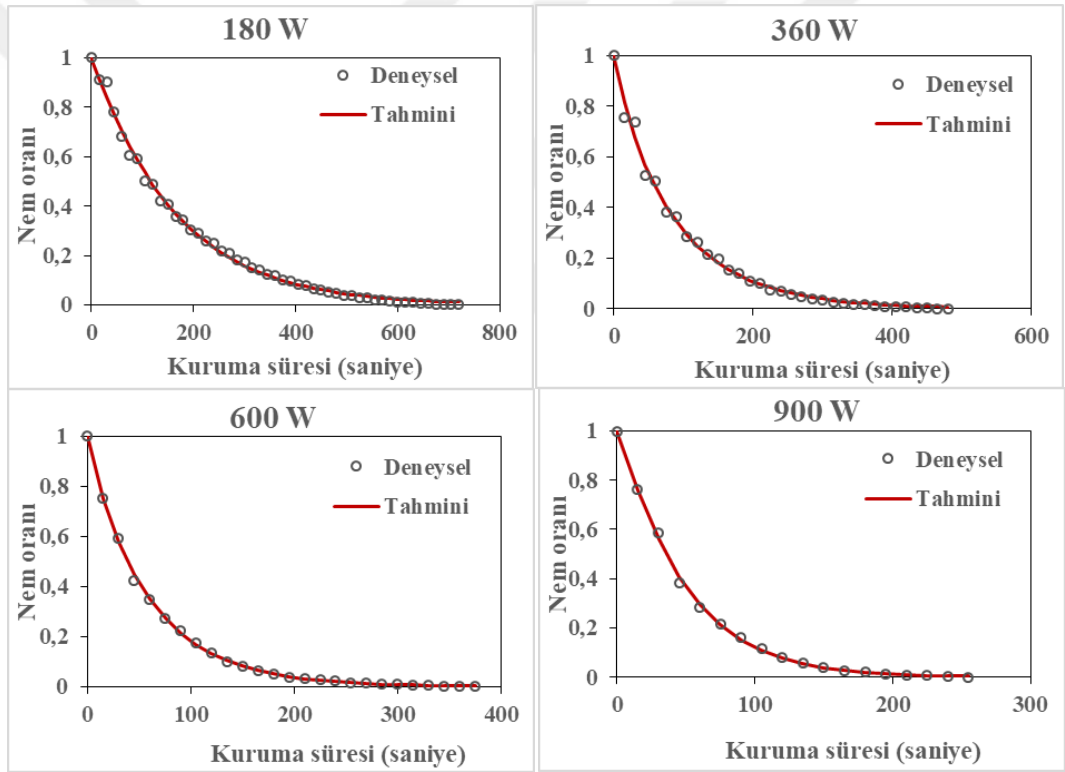
Ortalama karesel hatanın karekökü (RMSE) modelden elde edilen tahmini değerler ile deneysel değerler arasındaki gerçek sapmayı göstermektedir. RMSE daima pozitifdir ve RMSE değerinin değerin sifıra eşit veya yakın olması modelin verileri doğru tahmin ettiğini ifade eder (Walther ve Moore 2005; Kingsly ve Singh, 2007; Akın vd. 2014). Modellere ilişkin RMSE değerleri karşılaştırıldığında 900 W dışındaki diğer tüm mikrodalga güç uygulamalarında en düşük RMSE değeri Page ve Weibull modellerinde tespit edilmiştir.

Modelin gözlenen değerlere uygunluğunun iyiliğini ifade eden Khi-kare (χ^2) değerinin düşük olması uygunluğun arttığını göstermektedir. Modellere ilişkin χ^2 değerleri karşılaştırıldığında 900 W dışındaki diğer tüm mikrodalga güç uygulamalarında en düşük χ^2 değeri Page ve Weibull modellerinde tespit edilmiştir.

Nitekim her üç model için R^2 , MBE, RMSE ve χ^2 değerleri dikkate alındığında Page ve Weibull modellerinin kereviz yapraklarının kuruma davranışlarını açıklamak için Newton modelinden daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır. Ancak Page modeli Weibull'dan daha basit olduğundan kolay karşılaştırma sağlamak ve meyve ve sebzelerin kurutulmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Szychowski vd. 2018). Bu nedenle en uygun model olarak Page modele karar verilmiştir. Page model parametrelerinden k, 0.00541097-0.0246278 sn⁻¹olarak, n ise 0.921739-1.07986 arasında bulunmuştur. Uygulanan güç yoğunluğu artıkça k değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda da benzer bulgular tespit edilmiştir

(Soysal, 2004; Wang vd. 2007; Özkan vd. 2007; Polatçı ve Taşova, 2017). Bu durum yüksek mikrodalga uygulamasının neden olduğu yüksek sıcaklıktan dolayı kurumanın kısa sürede gerçekleştiğini göstermektedir. Bu model narlarda (Calín-Sanchez vd. 2014), kabak dilimlerinde (Alibaş, 2007), elma (Doymaz, 2010), ayva (Szychowski vd. 2018), ıspanak (Özkan vd. 2007), elma posalarının ve mandalina dilimlerinin (Akdaş ve Başlar, 2015), dereotunun (Polatçı ve Taşova, 2017) kuruma davranışını tahmin etmek için kullanılmıştır.

Farklı mikrodalga güç yoğunluğunda kurutulan kereviz yapraklarına ait deneysel değerler ile Page denkleminin hesaplanan değerleri kullanılarak çizilen kuruma süresi ile nem oranı değişim grafikleri Şekil 4.3'te verilmiştir.

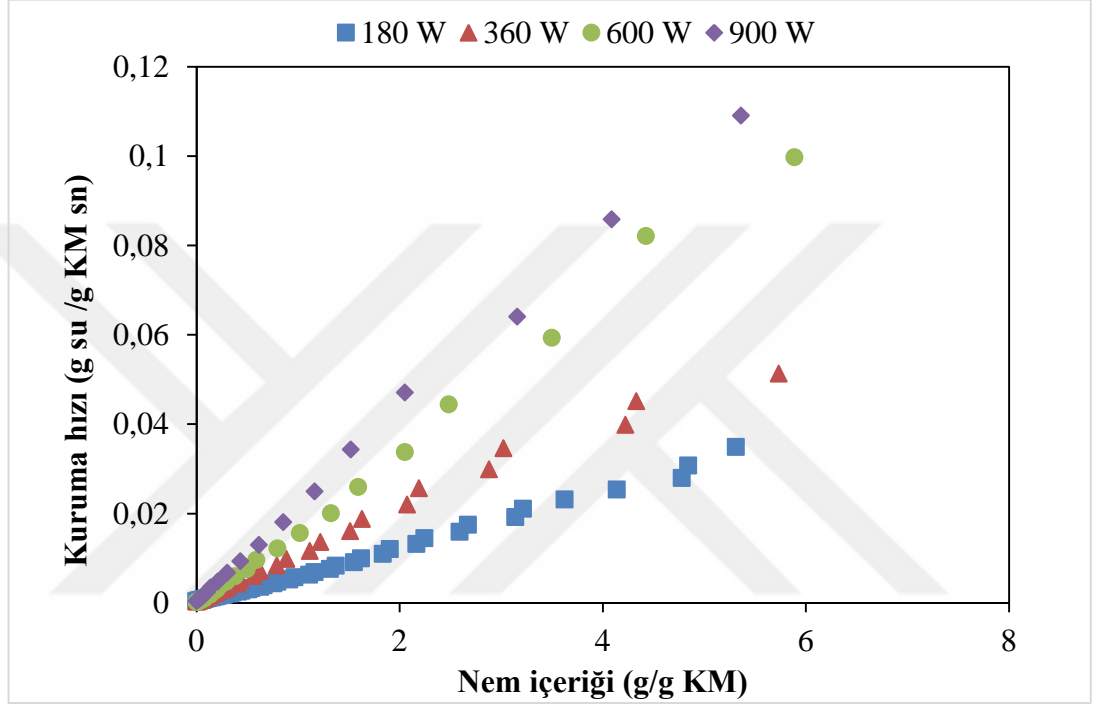


Şekil 4.3 Farklı mikrodalga güç yoğunluğunda kurutulan kereviz yapraklarının deneysel ve Page denkleminin tahmini nem içerikleri

Şekil 4.3 incelendiğinde deneysel değerler ile Page modeli tahmini değerler arasında oldukça yüksek bir uyum olduğu görülmektedir. Benzer sonuçlar bamya (Dadali vd. 2007b), maydanoz (Soysal, 2004), soğan (Arslan ve Özcan, 2010), şeftali (Zhu ve Shen, 2014) ve sarımsak (Demiray ve Tülek, 2014) gibi gıdaların kuruma davranışını inceleyen çalışmalarda da belirtilmiştir.

4.1.3. Kuruma hızı değişimi

Farklı mikrodalga güç yoğunluğunun kereviz yapraklarının kuruma eğrilerini açıklamada en uygun model olarak Page modeline karar verildiğinden kuruma hızı Page modele göre hesaplanmış ve kuruma hızı değerleri Şekil 4.4’de grafiksel olarak sunulmuştur.



Şekil 4. 4 Farklı mikrodalga güç yoğunluğunda kurutulan kereviz yapraklarının kuruma hızlarının nem içeriği ile değişimi

Şekil 4. 4 incelendiğinde kuruma hızları başlangıçta ve kuruma sonunda sırasıyla 180 W’da 0.0349 g su/g KM sn-0.0004 g su/g KM sn, 360 W’da 0.0423 g su/g km sn-0.0003 g su/g KM sn, 600 W’da 0.0958 g su/g KM sn-0.0002 g su/g KM sn ve 900 W’da 0.1091 g su/gKM sn-0.0005 g su/g KM sn olarak bulunmuştur. Mikrodalga güç yoğunluğu arttıkça kuruma hızının da arttığı görülmektedir. Kuruma hızı sabit olmayıp, kuruma azalan hız periyodunda gerçekleşmiştir. Kurutmanın ilk aşamalarında örneklerin nem içeriğinin yüksek olması nedeniyle daha fazla mikrodalga emilimi olmaktadır. Dolayısıyla daha fazla nem difüzyonu ile daha yüksek kuruma hızları gözlenmiştir. Kurutma ilerledikçe üründeki nem azaldığından mikrodalga emilimi azalarak kuruma hızında düşüşe neden olmuştur. Aynı zamanda

mikrodalga güç yoğunluğunun artması kuruma hızını artırmıştır. Mikrodalga güç seviyesinin kuruma hızı üzerine etkili olduğu yapılan diğer çalışmalarda da belirtilmiştir (Funebo ve Ohlsson,1998; Maskan, 2000; Sharma ve Prasad, 2001; Soysal,2004; Özkan vd. 2007; Polatçı ve Taşova, 2017).

4.2. Farklı mikrodalga güç yoğunluklarında kurutmanın kereviz yapraklarının kalite parametreleri üzerine etkisi

Farklı mikrodalga güç yoğunluğunda kurutmanın kereviz yapraklarında toplam fenolik madde, antioksidan kapasite, klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve renk değerlerinde L* a*, b*, C* ve h* üzerine etkisi incelenmiştir.

4.2.1. Toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite üzerine etkisi

Farklı mikrodalga güç yoğunluklarındaki kurutmaya bağlı olarak kereviz yapraklarının toplam fenolik madde içerikleri ve antioksidan kapasiteleri Çizelge 4.3 verilmiştir.

Çizelge 4.3 Farklı mikrodalga güç yoğunluğunda kurutulan kereviz yapraklarının toplam fenolik madde ve antioksidan kapasiteleri

Güç yoğunluğu (W)	Toplam fenolik madde (mg GA/g KM)	Antioksidan kapasite (% inhibisyon)
Taze	16.47 ± 0.21 ^b	73.60 ± 0.87 ^a
180	13.50 ± 0.33 ^d	68.94 ± 4.14 ^b
360	15.43 ± 0.64 ^c	70.94 ± 0.70 ^{ab}
600	16.42 ± 0.84 ^{bc}	71.72 ± 1.11 ^{ab}
900	17.87 ± 0.48 ^a	74.48 ± 0.94 ^a

*: Aynı sütunda farklı harfler istatistiksel olarak birbirinde farklıdır (p<0.05).

Mikrodalga güç yoğunluğunun test edilen bağımlı değişkenler üzerine etkisi Varyans analizi ile incelenmiş ve Varyans analiz sonuçları Çizelge 4.4.'de verilmiştir.

Çizelge 4. 4 Farklı mikrodalga güç yoğunluğunda kurutmanın kereviz yapraklarının kalite parametreleri üzerine etkisine ilişkin varyans analizi

FAKTÖR	BAĞIMLI DEĞİŞKEN	SD ¹	Kareler Ortalaması	F değeri
Güç Yoğunluğu	Toplam fenolik	4	7,84	26,05***
	Antioksidan kapasite		14,44	3,52*
	Klorofil a		59.68	326.66***
	Klorofil b		7.01	211.86***
	Toplam Klorofil		109.03	361.20***
	L		4.65	26.72***
	a		0.48	19.32***
	b		3.99	12.24***
	C		3.51	13.35***
	h		10,51	11,94***

*: p<0.05 ***: p<0.001 ¹ Serbestlik Derecesi

Varyans analizine ilişkin çizelge incelendiğinde (Çizelge 4.4) güç yoğunluğunun toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan kapasite üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur (sırasıyla p<0.001 ve p<0.05). Toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan kapasitedeki farklılığa hangi güç uygulamasının neden olduğunu belirlemek için LSD testi yapılmış ve LSD testine ilişkin değerlendirmeler Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Taze kereviz yapraklarının toplam fenolik madde miktarı 16.47 mg GA/g KM olarak bulunmuştur (Çizelge 4.3.). Literatürde kereviz yapraklarının toplam fenolik madde içeriğine ilişkin sadece bir çalışmaya rastlanmıştır. He vd.’nin (2016) yaptıkları çalışmada mikrodalga ekstraksiyonu ile farklı ekstraksiyon koşullarının (solvent:materyal oranı, solvent konsantrasyonu) kereviz yapraklarının toplam fenolik madde içeriğine etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar kereviz yapraklarının toplam fenolik madde miktarını oldukça geniş bir aralıkta, 8.7-25.1 mg GAE/g KM olarak, tespit etmişlerdir. Çalışmamızda kullanılan taze kereviz yapraklarının toplam fenolik madde içeriği bu değerler arasındadır. Toplam fenolik madde içeriğinin ekstraksiyon yöntemi, süresi, solvent:materyal oranı, kullanılan solventin çeşidi ve

konsantrasyonları gibi faktörlerden etkilendiği yapılan çalışmalar ile gösterilmiştir (Wang vd. 2004; Pinelo vd. 2004; Lapornik vd. 2005; Türkmen vd. 2006).

Kurutulmuş kereviz yapraklarının toplam fenolik madde içeriği 180 W'da 13.50 mg GA/g KM, 360W'da 15.43 mg GA/g KM, 600 W'da 16.42 mg GA/g KM ve 900 W'da 17.87 mg GA/g KM olarak bulunmuştur (Çizelge 4.3). En düşük toplam fenolik madde içeriği güç yoğunluğu 180 W uygulandığında elde edilmiştir. Bu düzey taze örnekte ve diğer uygulanan güç yoğunluklarında önemli düzeyde farklılaşmıştır ($p<0.05$). En yüksek toplam fenolik madde içeriği ise 900 W uygulandığında elde edilmiştir. Mikrodalga güç yoğunluğu 900 W'ın altına düşürüldüğünde kuru örneklerin toplam fenolik madde içerikleri taze örneklerinkinden daha düşük olduğu gözlenmiş ve bu düşüşün istatistiki olarak önemli olduğu ($p<0.05$) belirlenmiştir. Çizelge 4.3'den de görüldüğü üzere 180, 360 ve 600 W mikrodalga uygulaması toplam fenolik madde miktarında sırasıyla % 18, % 6.31, % 0.30 azalmaya neden olurken 900 W uygulaması % 7.83'lük bir artışa neden olmuştur.

İzli vd. (2017) farklı kurutma yöntemlerinin kivi meyvesinin toplam fenolik madde miktarı üzerine etkisini incelemişlerdir. Araştırmada 120 W mikrodalga uygulaması fenolik madde içeriğinde taze örneklere göre anlamlı bir düşüşe neden olmuştur ($p<0.05$). Aynı araştırmada güç yoğunluğunun 350 W'a çıkarılması ise fenolik madde içeriğinde 120 W uygulamaya göre anlamlı bir artış göstermiştir ($p<0.05$). Yapmış olduğumuz araştırmada da güç yoğunluğu 180 W'dan 360 W'a çıkarıldığında toplam fenolik madde miktarında anlamlı bir artış gözlenmiştir. Araştırmacılar bu durumu polifenollerin protein gibi diğer bileşiklerle birlikte bulunduğu ve bu kimyasal yapının düşük mikrodalga uygulamalarında toplam fenolik madde ekstraksiyonunda düşüşe neden olduğunu belirtmişlerdir.

Bejar vd. (2011) farklı mikrodalga güç yoğunluklarında portakal kabuğu ve yapraklarının kurutulmasının toplam fenolik madde üzerine etkisini incelemişler ve mikrodalga uygulamasının fenolik madde üzerine etkisini anlamlı bulmuşlardır ($p<0.001$). Araştırmada portakal yapraklarının fenolik madde içerikleri 180 W uygulamasında taze örneklere göre azalmış ve en yüksek fenolik madde içeriği 450 W uygulamasında tespit edilmiştir. Araştırmacılar 180 W uygulanarak kurutma işleminin uzun sürmesi nedeniyle fenolik bileşiklerin zarar gördüğünü

belirtmişlerdir. Mikrodalga güç yoğunluğunun 450 W'a çıkmasıyla artan fenolik madde miktarını lifli yapının gevşeyerek fenolik maddelerin ekstraksiyon çözeltisine geçişinin kolay olması ile açıklamışlardır. Bizim araştırmamızda da aynı durumun söz konusu olduğu düşünülmektedir.

Hamrouni-Sellami vd. (2013) adaçayı bitkisini oda sıcaklığında, etüvde, farklı mikrodalga güç yoğunluğunda ve IR (infrared) gibi farklı yöntemlerle kurutmuşlardır. Araştırmacılar mikrodalga ile kurutmada 600 ve 800 W uygulamışlar ve mikrodalga güç yoğunluğunun artmasıyla örneklerin fenolik madde içeriklerinde artışı önemli bulmuşlardır. Araştırmacılar 800 W uygulanan örneklerin fenolik madde miktarını taze örneklerin toplam fenolik madde miktarından 4.2 kat fazla bulmuşlardır. Yapmış olduğumuz araştırmada da 900 W uygulanan örneklerin fenolik madde içeriği taze örneklere göre 1.09 kat artmıştır.

Al Juhaimi vd. (2015) farklı kurutma yöntemleri kullanarak çeşitli elma çeşitlerini kurutmuşlardır. Araştırmada 180 W ve 540 W'lık mikrodalga güç yoğunlukları Granny Smith, Golden, Starking ve Pink Lady çeşitlerine uygulanmış olup antioksidan kapasite ve toplam fenolik madde içeriği incelenmiştir. En yüksek antioksidan kapasite 540 W mikrodalga güç seviyesinde kurutulan Granny Smith çeşidinde gözlemlenmiştir. Uygulanan güç yoğunluğunun artması tüm çeşitlerde, kontrol grubuna göre antioksidan kapasitenin ve toplam fenolik madde içeriğinin artmasına neden olmuştur. Araştırmacılar bu durumu nem içeriğindeki azalmaya ve doğal olarak artan konsantrasyonla açıklamışlardır. Ayrıca kurutma işleminden önce ürünün doğal içeriğinin, türünün, hasat zamanının da son ürün kalite parametrelerini etkileyebileceğini bildirmişlerdir.

Akbaş vd. (2018), 180, 360 ve 540 W'da farklı zeytin çeşitlerinin yapraklarını, Inchuen vd. (2010) ise aynı mikrodalga güç yoğunluklarında köri kurutmuşlar ve örneklerin toplam fenolik madde içeriklerini, mikrodalga güç uygulamaları arasında değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar yapmış olduğumuz çalışma sonuçlarında benzer şekilde mikrodalga güç yoğunluğu arttıkça toplam fenolik madde miktarında artış tespit etmişlerdir.

Mikrodalga ısıtma prensibi malzemelerin polar moleküllerine etki ederek termal enerjinin alternatif elektromanyetik alan enerjisine dönüşümüne dayanır (Chandrasekaran vd., 2013; Ağagündüz ve Bilici, 2016). Malzemeler mikrodalga enerjisiyi doğrudan ya da dolaylı olarak absorbe ederek ısıya dönüştürür. Mikrodalgalardan üretilen yüksek ısı bitki dokusu içerisinde yüksek su buharı basıncı ve sıcaklığı oluşturur ve bitki hücre duvarının bozulmasına neden olur. Sonuç olarak hücrede bulunan fenoliklerin serbest hale geçmesine ve dolayısıyla ekstraksiyon çözeltisine daha fazla geçmesine neden olmaktadır (Inchuen vd. 2010; Bejar vd. 2011). Kratchanova vd. (2003) mikrodalga ısıtmanın portakal kabuklarında paranaşima hücrelerinde yıkıma neden olduğunu belirtmişlerdir. Diğer taraftan bitkilerde fenolik bileşikler enzimler tarafından oksidasyona uğramaktadır (Ancos vd. 1999; Tomás-Barberán ve Espín, 2001; Tan vd. 2014). Düşük mikrodalga güç yoğunlukları fenolik bileşikleri parçalayan oksidatif enzimlerin inaktivasyonu için yeterli olmadığından ve kurutmanın uzun sürmesinedeniyle örnekler daha fazla ısıya maruz kaldığından yoğunlukları fenolik bileşiklerde kayba neden olmaktadır (Ancos vd. 1999; Tan vd. 2014; Al Juhaimi vd., 2015). Çalışmamızda kullanılan 180 ve 360 W uygulamasının hücre duvarının parçalanmasına ve enzim inaktivasyonuna yetersiz geldiği, mikrodalga güç yoğunluğunun 600 W ve özellikle 900 W olması durumunda ise hücre yapısının bozulması ve enzim inaktivasyonu için kısmen yeterli olduğu söylenebilir.

Farklı güç yoğunluklarında kurutulmuş kereviz yapraklarının antioksidan kapasiteleri taze örnekte % 73.60 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.3). He vd.'nin (2016) yaptıkları çalışmada farklı ekstraksiyon koşullarında kereviz yapraklarının antioksidan kapasitesini % 48-82 arasında bulmuşlardır. Çalışmamızda kullanılan taze kereviz yapraklarının antioksidan kapasitesi bu değerler arasındadır.

Kurutulmuş kereviz yapraklarında ise antioksidan kapasite %68.94-%74.48 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.1). En düşük antioksidan kapasite 180 W uygulamasında elde edilmiştir. Bu düzey taze ve diğer uygulanan güç yoğunluklarından önemli düzeyde farklılaşmıştır ($p < 0.05$). Çizelge 4.1'den de görüldüğü üzere taze örneklerin antioksidan kapasitesi 180, 360 ve 600 W mikrodalga uygulamasıyla azalmıştır. Mikrodalga güç yoğunluğu 900 W olduğunda ise antioksidan kapasitede artış tespit edilmiştir. Ancak 360, 600 ve 900 W uygulamaları ile taze örnekler arasında

antioksidan kapasiteleri arasındaki farklılık istatistiki olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$).

Akbaş vd. (2018), farklı zeytin çeşitlerinin yapraklarını farklı yöntemlerle kurutmuşlardır. Kurutma yöntemlerinde mikrodalga uygulamasını 180, 360 ve 540 W'da çalışmışlardır. Araştırmacılar mikrodalga güç yoğunluğu arttıkça antioksidan kapasitede artış tespit etmişlerdir. Inchuen vd. (2010) aynı mikrodalga güç yoğunluklarında köri kurutmuşlar ve güç yoğunluğunun artmasıyla antioksidan kapasitede artış tespit etmişlerdir. İzli vd. (2017) farklı kurutma yöntemlerinin kivi meyvesinin antioksidan kapasite üzerine etkisini incelemişlerdir. Araştırmada 120 W mikrodalga uygulaması antioksidan kapasitede taze örneklerle göre anlamlı bir düşüşe neden olmuştur ($p<0.05$). Araştırmacılar bu davranışı kurutma işleminden sonra toplam fenolik madde miktarındaki azalmayla açıklamışlardır. Aynı araştırmada güç yoğunluğunun 350 W'a çıkarılması ile antioksidan kapasitede 120 W uygulamaya göre anlamlı bir artış görülmüştür ($p<0.05$).

Fenolik bileşikler, bitkisel ekstraktların antioksidan kapasitelerinden sorumlu bileşiklerdendir (Karakaya, 2004). Daha önce yapılan çalışmalarda bitkisel materyallerin toplam fenolik madde içeriği ile antioksidan kapasiteleri arasında ilişki olduğu belirtilmiştir (Velioğlu vd. 1998; Inchuen vd. 2010). Nitekim bizim çalışmamızda da örneklerin antioksidan kapasitesindeki değişim fenolik bileşiklerde görülen eğilimle aynı olmuştur.

4.2.2. Klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil üzerine etkisi

Klorofiller klorofil a ve klorofil b olarak yeşil renkli bitkilerin renginden sorumlu bileşiklerdir (Hendry, 1996; Eder, 2000; Kumar vd. 2015; Jinasena vd. 2016). Klorofil a ve b'nin kimyasal yapıları birbirine çok benzer olmasına rağmen renkleri farklıdır. Klorofil a mavimsi-yeşil iken klorofil b sarı-yeşil renktedir. Ayrıca bitkilerde klorofil a, klorofil b'ye göre daha fazla bulunmaktadır (Shivanna ve Subban, 2014; Kumar vd. 2015; Rubinskiene vd. 2015; Jinasena vd. 2016).

Klorofil degradasyonu rengin bozulmasına, tat ve besleyici değer kaybına neden olur (Keçebaş, 2007; Kumar vd. 2015). Degradasyon sonucunda klorofilin, feofitinler, feoforbidler ve pirofeofitin ve pirofeoforbid gibi türevleri oluşur (Hendry,

1996; Erge vd., 2008; Yaralı, 2017). Klorofil ve türevleri gıda, kozmetik ve ilaç sektörlerinde renklendirici olarak kullanılmaktadır (Hendry, 1996; Francis, 2000; Marquez ve Borrmann, 2009). Ayrıca klorofil ve türevlerinin antimutajenik ve antikarsinojenik etkilerinin olduğu belirtilmektedir (Yoshikawa vd. 1996; Negishi vd. 1997; Chernomorsky vd. 1999; Cabrera, 2000; Morita vd. 2001). Bu özelliklerinden dolayı klorofil ve türevlerinden ilaç sektöründe ve gıda endüstrisinde gıda takviyesi olarak yararlanılmaktadır (Jinasena vd. 2016). Gıda işlemede ve depolamada klorofil degradasyonu az yada çok ama mutlaka olmaktadır (Keçebaş, 2007; Erge vd., 2008; Jinasena vd. 2016; Roshanak vd. 2016; Yaralı, 2017). Gıdaların kurutulması sırasında da kurutma prosesine bağlı olarak klorofil degradasyonu görülmektedir (Keçebaş, 2007; Kumar vd. 2015; Rubinskiene vd. 2015).

Taze ve kurutulmuş kereviz yapraklarının klorofil a, b ve toplam klorofil miktarları Çizelge 4.5’de, Varyans analiz sonuçları ise Çizelge 4.4’de verilmiştir. Taze kereviz yapraklarının klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil içerikleri sırasıyla 17.49, 5.57, 23.05 mg/g KM olarak belirlenmiştir. Beklenildiği gibi ve bu konuda yapılan birçok araştırma sonuçları (Shivanna ve Subban, 2014; Kumar vd. 2015; Rubinskiene vd. 2015; Jinasena vd. 2016) ile de uyumlu olarak klorofil a miktarı klorofil b’den fazla bulunmuştur. Literatürde kereviz yapraklarının klorofil miktarına ilişkin herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak yeşil renkli sebzelerin ve bazı bitkilerin klorofil miktarına ilişkin çalışmalar mevcuttur.

Çizelge 4. 5 Farklı mikrodalga güç yoğunluğunda kurutulan kereviz yapraklarının klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarları (mg/g KM)

Güç yoğunluğu (W)	Klorofil a	Klorofil b	Toplam klorofil
Taze	17.49 ± 0.87 ^a	5.57 ± 0.25 ^a	23.05 ± 1.11 ^a
180	7.14 ± 0.21 ^c	1.96 ± 0.09 ^c	9.10 ± 0.30 ^c
360	7.43 ± 0.23 ^{bc}	2.06 ± 0.11 ^c	9.49 ± 0.34 ^{bc}
600	7.51 ± 0.14 ^{bc}	2.23 ± 0.08 ^{bc}	9.62 ± 0.06 ^{bc}
900	8.09 ± 0.15 ^b	2.43 ± 0.28 ^b	10.18 ± 0.22 ^b

*: Aynı sütunda farklı harfler istatistiksel olarak birbirinde farklıdır (p<0.05).

Toplam klorofil miktarını, Akdoğan, (2014) bezelye kabuklarında 0.935 mg/g KM, Edelenbos vd. (2001) bezelyede 0.620-0.910 mg/g KM, Negi ve Roy (2000) yeşil yapraklı bitkilerden yabancı yulaf (*Beta vulgaris* var *bengalensis* cv), çemen otu ve amarantda (yaprakları yenen ve çiçekleri de süs bitkisi olarak kullanılan bir bitki) klorofil miktarını sırasıyla 13.1, 8.9 ve 15.7 mg/g KM, Sarı (2005) asma yapraklarında 2.28-2.64 mg/g KM, Arathi, (2011) fesleğende 2.73 mg/g KM, Hindistan'da fonksiyonel özellikleri ile halk arasında tüketilen neem ağacı yapraklarında 5.03-11.07 mg/g KM, nanede 2.08-6.17 mg/g KM, köri yapraklarında ise 3.66-9.11 mg/g km, Potisate ve Phoungchandang (2010) sarmaşık kabak yapraklarında 0,23 mg/g KM, Araújo vd. (2017), kıvırcık lahanada 9.52 mg/g KM, Türkmen vd. (2006) toplam klorofil miktarını kabakta 1.7 mg/g KM, yeşil fasulyede 1.93 mg/g KM, bezelyede 1.36 mg/g KM, pırasada 1.9 mg/g KM, brokolide 7.11 mg/g KM, ıspanakta 41.12 mg/g KM, olarak tespit etmişlerdir.

Görüldüğü üzere kereviz yapraklarının toplam klorofil içeriği ıspanak haricinde diğer bitkisel ürünlerden yüksektir. Bu durum bitkilerdeki klorofil miktarının çeşide bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Ayrıca klorofil analizinin spektrofotometrik veya HPLC ile yapıyor olması ve ekstraksiyon koşulları da (solvent tipi, solvent materyal oranı, ekstraktın elde edilmiş şekli vb.) bitkilerdeki klorofil miktarını etkileyen önemli faktörlerdendir (Sarı, 2005; Aryanti ve Nafiunisa, 2017; Fu vd. 2017; Caesar vd. 2018).

Çizelge 4.4 incelendiğinde farklı mikrodalga güç yoğunluklarında kurutmanın klorofil a, b ve toplam klorofil miktarı üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. LSD test sonuçları incelendiğinde de taze kereviz yapraklarının klorofil a, b ve toplam klorofil içeriğinin kurutulmuş yapraklardan önemli düzeyde farklı olduğu görülmüştür ($p < 0.05$). Mikrodalga uygulaması klorofil bileşiklerinde azalmaya neden olmuştur.

Kumar vd. (2015) hibiskus yapraklarını 850 W mikrodalga güç yoğunluğunda kurutmuşlar ve örneklerin klorofil a, b ve toplam klorofil miktarlarında azalma tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Rubinskiene vd. (2015) nane yapraklarında 500 W mikrodalga uygulamasının, Shivanna ve Subban (2014), köri yapraklarında 595 W'ın, Nawirska-Olszańska vd. (2017) 5 farklı kabak çeşidinde 100 ve 250 W'ın,

Huang ve Zhang (2016) ise bamya örneklerinde 500 W güç yoğunluğunda kurutmanın taze örneklere göre klorofil miktarında azalmaya neden olduğunu belirtmişlerdir. Tüm bu araştırma bulgularının bizim araştırma sonuçlarımızla uyumlu olduğu, dolayısıyla kereviz örnekleri mikrodalga ile kurutulduğunda taze örneklerdeki klorofil a, b ve toplam klorofil miktarının azaldığı belirlenmiştir.

Kereviz yapraklarına uygulanan farklı güç yoğunluklarının klorofil a, b ve toplam klorofil içeriğine etkisi karşılaştırıldığında ise genel olarak güç yoğunluğu arttıkça klorofil miktarında istatistiki olarak önemli olmamakla beraber daha az azalma olduğu görülmektedir. 900 W'da diğer güç uygulamalarından daha yüksek klorofil içerikleri belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Kuru yaprakta en düşük klorofil a, b ve toplam klorofil içeriği güç yoğunluğu olarak 180 W kullanıldığında tespit edilmiş olup, en fazla klorofil içeriği ise 900 W güç yoğunluğu uygulamasında elde edilmiştir. Ancos vd. (1999) 285, 570 ve 850 W gibi farklı güç yoğunlukları uyguladıkları kivilerin klorofil a ve b miktarlarını taze örneklerden düşük bulurken bizim bulgularımıza benzer şekilde güç yoğunluğunun artmasıyla daha fazla klorofil a ve b tespit etmişlerdir.

Kereviz yapraklarında 180 W uygulamasında klorofil içeriğinin düşük olmasının kuruma süresinin uzun olmasından dolayı klorofillerin daha uzun süre ısıya maruz kalarak degradasyona uğramasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca güç yoğunluğu arttıkça klorofilde daha az kaybın meydana gelmesinin yüksek güç yoğunluklarında hücre duvarlarında daha fazla zararın oluşması nedeniyle klorofillerin serbest kalmasının ve dolayısıyla ekstraksiyon çözeltisine geçişinin kolaylaşmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

4.2.3. Renk parametreleri üzerine etkisi

Bir gıda maddesinin kalitesinin değerlendirilmesinde renk önemli bir kriterdir (Keçebaş, 2007; İzli vd. 2017). Tüketiciler gıdanın kendine özgü rengini tercih etmektedirler (Tijks vd. 2001). Gıdaların işlenmesi sırasında doğal renk maddelerinin korunması önemli bir problemdir ve gıdaların işlenmesinde renkleri az veya çok mutlaka değişmektedir. Gıdaların farklı yöntemlerle kurutulması uygulanan işlemlerden bir tanesidir ve kurutma yöntemi ne olursa olsun gıdaların rengi

değişmektedir. Bu nedenle kurutma sisteminin renk üzerine etkisi, sistemin seçiminde çok önemli bir faktördür (Erge vd.,2008).

Renk analizinde belirlenen L* değeri parlaklığı ifade eder ve 0 ile 100 arasında değişir. L* değerinin 0 olması siyahlığı ifade ederken, 100 olması beyazlığı ifade eder (Polatçı ve Taşova, 2017). a*değeri -90 ile +90 arasında değişmektedir ve negatif değerler yeşilliği, pozitif değerler ise kırmızılığı ifade etmektedir. b * değeri ise -90 ile +90 arasında değişmektedir ve negatif değerler maviliği, pozitif değerler ise sarılığını ifade etmektedir.

Taze ve kurutulmuş kereviz yapraklarının renk değerleri Çizelge 4.6'da verilmiştir. Taze ve kurutulmuş örneklerin L*, a* ve b* değerleri belirlendikten sonra örneklerin C* ve h* değerleri hesaplanmıştır. Yapılan Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.4) kereviz yapraklarının kurutulmasında uygulanan mikrodalga güç yoğunluğunun renk parametreleri üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.001$). Çizelge 4.6'dan da görüldüğü üzere taze örneklerin L* değeri 40.71 bulunmuş ve bu düzey ile mikrodalga uygulamaları arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Artan güç yoğunluğuna bağlı olarak L* değerlerinde istatistiki olarak önemli bir azalma tespit edilmiştir ($p<0.05$). L* değerindeki bu azalma uygulanan güç yoğunluğuna bağlı olarak gıda içerisinde meydana gelen yüksek sıcaklığın, termal bozunma reaksiyonlarını daha fazla hızlandırılmasından kaynaklanmaktadır (Maskan, 2001b; Dadalı, 2007; Dadalı vd., 2007b). Dolayısıyla güç yoğunluğunun 900 W'a çıkarılmasıyla diğer güç yoğunluklarından daha düşük L* değerinin belirlenmiş olması bahsedilen reaksiyonların daha hızlı gerçekleştiğini göstermektedir.

Çizelge 4. 6 Farklı mikrodalga güç yoğunluğunda kurutulmuş kereviz yapraklarının renk değerleri

Güç (W)	L*	a*	b*	C*	h*
Taze	40.71 ± 0.64 ^a	-8.58 ± 0.25 ^d	15.94 ± 0.84 ^{ab}	18.11 ± 0.68 ^a	118.28 ± 1.72 ^a
180	39.42 ± 0.24 ^b	-8.03 ± 0.12 ^{bc}	16.93 ± 0.61 ^a	18.74 ± 0.55 ^a	115.37 ± 0.86 ^b
360	39.4 ± 0.42 ^{bc}	-7.5 ± 0.09 ^a	15.18 ± 0.68 ^{bc}	16.93 ± 0.65 ^b	116.28 ± 0.73 ^b
600	38.46 ± 0.39 ^c	-7.87 ± 0.13 ^b	14.20 ± 0.16 ^c	16.24 ± 0.21 ^b	118.96 ± 0.13 ^a
900	37.33 ± 0.25 ^d	-8.21 ± 0.14 ^c	14.28 ± 0.28 ^c	16.47 ± 0.29 ^b	119.86 ± 0.38 ^a

#: Aynı sütunda farklı harfler istatistiksel olarak birbirinde farklıdır (p<0.05).

Taze örneklerin a* değeri -8.58 iken uygulanan tüm güç yoğunluklarında a* değeri artış göstermiştir. ancak uygulanan güç yoğunlukları kendi içinde karşılaştırıldığında güç yoğunluğu arttıkça a* değeri azalmıştır. tazeye en yakın a* değeri 900 W uygulamasında tespit edilmiş olup bu durumun yaprakların daha kısa sürede kuruyarak yeşil renklerini daha fazla koruduğundan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Farklı mikrodalga güç yoğunluğunda kurutmada elde edilen b* değerleri 15.94-14.28 arasında bulunmuştur. b* değerindeki artış rengin sarıya yaklaştığını göstermektedir (Śledź vd. 2013; Al Juhaimi vd., 2015). Bu durum 180 W uygulamasında uzun süren kurutma işleminin yaprakların daha uzun süre ısıya maruz kalmasına dolayısıyla klorofil ve karotenlerin bozulma reaksiyonlarının gerçekleştirdiğini göstermektedir (Palou vd, 1999; Weemaes vd., 1999; Dadalı, 2007).

Kroma değeri rengin tonunu ifade edip, solgun renklerde düşük değerler alırken canlı renklerde ise yüksek değerler alır (Polatçı ve Taşova, 2017). Farklı mikrodalga güç yoğunluğunda kurutmada elde edilen C* değerleri 18.74-16.24 arasında bulunmuştur. C* değeri 180 W uygulamasında taze örneğe göre hafif bir artış göstermesine rağmen bu artış istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0.05). Mikrodalga güç yoğunluğu 360, 600 ve 900 W olarak uygulandığında C* değerleri taze örneklerdekinden istatistiksel olarak önemli düzeyde azalış göstermesine karşın kendi aralarındaki C* değerlerindeki farklılığın önemli olmadığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.6).

h^* değerindeki azalma yeşil rengin yoğunluğundaki azalmayı göstermektedir ve yeşil renk kaybının en iyi h^* değeri ile ifade edileceği belirtilmektedir. (Maharaj ve Sankat, 1996; Lau vd., 2000). Farklı mikrodalga güç yoğunluğunda kurutmada elde edilen h^* değerleri 180 W ve 360 W uygulamasında taze örneğe göre azalma gösterirken ($p < 0.05$), 600 ve 900 W uygulamasında istatistiki olarak önemsiz bir artış tespit edilmiştir ($p > 0.05$).

Demirhan ve Özbek (2011) kereviz yapraklarını 180, 360, 540, 720 ve 900 W'da kurutmuşlar ve renk değerlerine bakmışlardır. Çalışmada mikrodalga güç yoğunluğu arttıkça yapmış olduğumuz çalışma sonuçlarına benzer şekilde örneklerin L^* ve b^* değerlerinde azalma, a^* değerlerinde ise artış tespit etmişlerdir. L^* değerindeki azalmanın artan güç yoğunluğu ile örneklerde kahverengileşmenin olduğunu, negatif a^* değerindeki artışın ise mikrodalga ile kurutmanın örneklerin yeşil rengini koruduğunu belirtmişlerdir. b^* değerindeki azalmayı ise klorofil ve karotenoidlerin kısmi ayrışımına, Maillard reaksiyonu sonucu kahverengi pigmentlerin oluşmasına bağlamışlardır. Aynı araştırmada örneklerin C^* ve h^* değerleri de incelenmiştir. C^* ve h^* değerlerinin mikrodalga güç yoğunluğunun artmasıyla azaldığı tespit edilmiştir.

Soysal'ın (2004) 360-900 W arasında mikrodalga gücü kullanarak maydanozlarda yapmış olduğ u çalışmada renk parametrelerindeki değişim (L^* , a^* , b^* , C^* ve h^*) bizim bulgularımızla aynı eğilimi göstermiştir. Ancak araştırmada renk değerlerindeki değişimler anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Śledź vd (2013) fesleğen, selam otu, nane, mercanköş k, maydanoz ve rokayı mikrodalgada (300 W) kurutmuşlar ve örneklerin negatif a^* değerinde artış, b^* ve C^* değerinde azalma tespit etmişlerdir. Doymaz vd. (2015) yeşil fasulyeyi 180-800 W, Chahbani vd. (2018) bezelyeyi 100, 300 ve 450 W mikrodalga güç yoğunluğunda kurutmuşlar ve kurutulmuş örneklerin L^* ve b^* değerinde taze örneğe göre azalma tespit ederken, negatif a^* değerinde artma tespit etmişlerdir. Yapmış olduğumuz çalışmada da 900 W uygulaması dışındaki diğer güç uygulamalarında renk parametrelerindeki değişim bu araştırmacıların bulgularına benzer şekilde gerçekleşmiştir. Araştırmacılar renk parametrelerindeki bu değişimlere klorofil ile

birlikte bulunan karotenoidlerin ayrışmasının ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının neden olduğunu belirtmişlerdir.



5. SONUÇ

Bu çalışmada kereviz yaprakları mikrodalga tekniği ile kurutulmuştur. Mikrodalgada kurutma işlemi 180, 360, 600 ve 900 W mikrodalga güç yoğunluğunda yapılmıştır. Uygulanan farklı mikrodalga güç yoğunluğunun kereviz yapraklarının kuruma kinetiği, toplam fenolik madde içeriği, antioksidan kapasite, klorofil a, b ve toplam klorofil miktarı ve renk parametreleri üzerine etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir.

➤ *Nem oranı;*

Nem oranı ayrılabilir nem oranı olarak tanımlanmış olup, kurumanın herhangi bir anında, örneklerin nem içeriklerinin kuru baza göre ilk nem içeriğine oranını ifade etmektedir. Örneklerin nem oranlarındaki değişim kurutmanın başlangıcında hızlı bir azalma gösterirken denemelerin sonlarına doğru yavaş seyrettiği görülmüş olup kurutmanın başlangıcında en hızlı kuruma 900 W'da elde edilmiştir (Şekil 4.2).

➤ *Kurutma kinetiği;*

Çalışmada elde edilen kuruma eğrilerinin Page, Newton ve Weibull modellere olan uygunluğu ve uygulanan bu modellere ilişkin kinetik parametrelerden regresyon katsayıları (R^2), ortalama eğilim hatası (MBE), ortalama karesel hatanın karekökü (RMSE) ve Khi-Kare (χ^2) değerleri hesaplanarak değerlendirilmiştir. Uygulanan tüm koşullarda Page modelin kereviz yapraklarının farklı mikrodalga güç yoğunluğunda kurutulmasında kuruma kinetiğini açıklayan en iyi model olduğu görülmüştür. Uygulanan güç yoğunluğu arttıkça Page model kinetik sabiti "k" değerlerinde artış gözlemlenmiştir (Çizelge 4.2).

➤ *Kuruma hızları;*

Farklı mikrodalga güç yoğunluğunun kereviz yapraklarının kuruma eğrilerini açıklamada en uygun model olarak Page modeline karar verildiğinden kuruma hızı Page modele göre hesaplanmıştır. Kereviz yapraklarının kurutulması azalan hız periyodunda gerçekleşmiş olup uygulanan mikrodalga gücünün artmasıyla kuruma oranı artmış ve kuruma süresi ise

azalmıştır. En yüksek kuruma oranı ve kuruma süresi 180 W'da tespit edilirken, en düşük ise 900 W'da tespit edilmiştir (Şekil 4.4).

➤ *Toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasite değişimi;*

Farklı mikrodalga güç yoğunluğunda kurutulan kereviz yapraklarının toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasitesi 180, 360 ve 600 W uygulamasında taze örneğe göre azalma gösterirken 900 W'da artış tespit edilmiştir (Çizelge 4.3).

➤ *Klorofil a, b ve toplam klorofil miktarı değişimi;*

Uygulanan tüm mikrodalga güç yoğunlukları kereviz yapraklarının klorofil a, b ve toplam klorofil içeriğinde taze yapraklara göre azalmaya neden olmuştur. Klorofil bileşiklerindeki bu azalma istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Bu azalma en yüksek 180 W'da en düşük ise 900 W'da tespit edilmiştir (Çizelge 4.5).

➤ *Renk parametrelerinin değişimi;*

Renk parametrelerinde parlaklığın bir ölçüsü olan L^* , sarılığın bir ölçüsü olan b^* ve C^* değerleri mikrodalga güç yoğunluğu arttıkça düşmüştür. a^* değeri ise kurutma sonucunda tazeye göre artarken güç yoğunluğu arttıkça azalma eğilimi göstermiştir. tazeye en yakın a^* değeri 900 W uygulamasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.6).

Sonuç olarak;

Bu çalışmada kereviz yapraklarının farklı mikrodalga güç yoğunluklarında kurutulması çalışılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde kereviz yapraklarının kalite parametreleri üzerine etkisi uygulanan mikrodalga güç yoğunluğuna bağlı olarak azalma göstermiştir. Bu azalma 900 W uygulamasında daha az olmuştur. Ancak denemelerin yapılması sırasında 900 W uygulamasında kısa sürede yüksek sıcaklıkların oluşması kurutmanın kontrolünü zorlaştırmış ve üründe yanmalara neden olabileceği tespit edilmiştir. Kalite parametrelerine bakıldığında 600 W uygulamasında da 900 W'a yakın sonuçlar tespit edilmiştir. Bu nedenle kereviz yapraklarının mikrodalga ile kurutulmasında 600 W uygulaması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Abano, E.E., Ma H. and Qu W.** (2012). Influence of Combined Microwave Vacuum Drying on Drying Kinetics and Quality of Dried Tomato Slices. *Journal Of Food Quality*, 35, 159–168.
- Ağagündüz, D., Bilici, S.** (2016). Mikrodalga Fırınlarda Isıl İşlem Uygulamalarının Besin Değeri ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Journal Of Nutrition And Dietetics*, 44(3), 289-297.
- Ahmed, J., Ramaswamy, H. S.** (2004). Microwave Pasteurization and Sterilization Of Foods. *Food Science And Technology New York Marcel Dekker*, 167, 691.
- Ahmed, J., Ramaswamy, H. S.** (2007). Microwave Pasteurization and Sterilization of Foods. *Nd Ed. Taylor &Francis Group, LLC*, 691-711.
- Ahmed, N., Singh, J., Chauhan, H., Anjum, P. G. A. and Kour, H.** (2013). Different Drying Methods: Their Applications and Recent Advances. *International Journal of Food Nutrition and Safety*, 4(1), 34-42.
- Akagün H.Y.** (2006). Mikrodalga Isıtma Sistemlerinde Yarık Anten Tasarımı, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi)*, 49 S, İstanbul.
- Akbaş Ü.G., Uslu, N., Juhaimi, F.A., Ozcan, M.M., Ghafoor, K., Babiker, E.E., Jamiu, F.G. and Hussain, S.** (2018).The Effect of Drying on Phenolic Compound, Antioxidant Activity and Mineral Contents of Leaves of Different Olive Varieties. *J Food Process Preserv*, 42, (5), 1-11.
- Akdaş, S. ve Başlar M.** (2015).Dehydration and Degradation Kinetics of Bioactive compounds for Mandarin Slices Under Vacuum and Oven Drying Conditions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39, 1098–1107.
- Akdoğan, A.** (2014). Bezelye Kabuğunun Farklı Sistemlerdeki Kuruma Kinetiğinin ve Kurutulmuş Ürünün Öğütülmesiyle Elde Edilen Toz Ürünün Özelliklerinin belirlenmesi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi)*, 114s, İzmir.
- Akın, A., Gürlek, G. ve Özbalta, N.** (2014). Mathematical Model of Solar Drying Characteristics for Pepper (*Capsicum Annuum*). *Journal of Thermal Science & Technology*, 34(2).
- Al Juhaimi, F., Uslu, N., Bozkurt, D., Ghafoor, K., Babiker, E. E. and Özcan, M. M.** (2016). Effects of Oven and Microwave Drying on Phenolic Contents and

- Antioxidant Activities in Four Apple Cultivars. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 8(1), 51-55.
- Alibaş, İ.** (2007). Microwave, Air and Combined Microwave Air Drying Parameters of Pumpkin Slices. *LWT Food Science and Technology*, 40(8), 1445-1451.
- Alibaş, İ.** (2012). Asma Yaprağının (*Vitis Vinifera* L.) Mikrodalga Enerjisiyle Kurutulması ve Bazı Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 18, 43-53.
- Ancos, B., Cano, M.P., Hernandez, A. and Monreal, M.** (1999). Effects of Microwave Heating on Pigment Composition and Colour of Fruit Pureest. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 79: 663-670.
- URL 1** <http://www.uobabylon.edu.iq/uobcoleges/ad_downloads/4_13230_558.pdf> 20.05.2018
- URL 2** <<https://ekilavuz.com/ariete-961-mikro-dalga-firin--13724b73eabbcf37-1>> 26.06.2018
- URL 3** <<http://www.zamandayolculuk.com/html-3/magnetron.html>> 26.06.2018
- URL 4** <<http://www.radartutorial.eu/03.linetheory/dalga%20k%c4%b1lavuzu.tr.html>> 27.06.2018
- Arathi, K.** (2011). Estimation of Chlorophyll Content in Common Household Medicinal Leaves and Their Utilization to Avail Health Benefits of Chlorophyll. *Journal of Pharmacy Research*, 4(5), 1412-1413.
- Araújo, A.C., Oliveira, S. M., Ramos, I.N., Brandão, T.R. S., Monteiro, M.J. and Silva, C. L. M.** (2017). Evaluation of Drying and Storage Conditions on Nutritional and Sensory Properties of Dried Galega Kale (*Brassica Oleracea* L. var. *acephala*). *Journal of Food Quality*, Article ID 9393482, 9 Pages.
- Arinze, E. A., Sokhansanj, S., Schoenau, G. J. and Trauttmansdorff, F. G.** (1996). Experimental Evaluation, Simulation and Optimization of a Commercial Heated-Air Batch Hay Drier: Part 1, Drier Functional Performance, Product Quality and Economic Analysis of Drying. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 63(4), 301-314.
- Arslan, D., Özcan, M.** (2010). Study the Effect of Sun, Oven and Microwave Drying on Quality of Onion Slices. *LWT Food Science and Technology*, 43(7):1121-1127.

- Aryanti, N., Nafiunisa, A.** (2017). Extraction, Characterization and Degradation of Chlorophyll From Suji Leaves (*Pleomele Angustifolia*). *Oriental Journal of Chemistry*, 33(6), 3185-3190.
- Atoui AK, Mansouri A, Boskou G. and Kefalas P.** (2005). Tea and Herbal Infusions: Their Antioxidant Activity and Phenolic Profile. *Food Chem*, 89: 27-36.
- Ayensu, A.,** (1997). Dehydration of Food Crops Using a Solar Dryer with Convective Heat Flow. *Solar Energy*, 59:121-126.
- Babalıs, S. T., Papanicolaou, E., Kyriakis, N. and Belessiotis, V. G.** (2006). Evaluation of Thin Layer Drying Models for Describing Drying Kinetics of Figs (*Ficus Carica*). *Journal of Food Engineering*, 75, 205–214.
- Baker, C. G. (Ed.)**. (1997). Industrial Drying of Foods. *Springer Science & Business Media*, 317.
- Bayraktar, K.** (1981). Sebze Yetiştirme II. *EÜ Ziraat Fakültesi Yayınları*, 169s, İzmir.
- Bejar, A.K., Kechaou, N. and Mihoubi, N.B.** (2011). Effect of Microwave Treatment on Physical and Functional Properties of Orange (*Citrus Sinensis*) Peel and Leaves. *Food Processing & Technology*, 2(2), 1-7.
- Bih, J. Z.** (2003). The Microwave Technology. *13th International Crimean Conference Microwave and Telecommunication Technology*, September, 15-21, IEEE.
- Bingöl, G.** (2010). Gıda İşlemede Kurutma Teknolojilerinin Temel İlkeleri, *İTÜ Gıda Mühendisliği Bölümü* (Kısaltılmış Doktora Tezi), 114 s, İstanbul.
- Bonazzi, C., Dumoulin, E.** (2011). Quality Changes in Food Materials as Influenced by Drying Processes. *Modern Drying Technology*, 3.
- Cabrera, G.** (2000). Effect of Five Dietary Antimutagens on the Genotoxicity of Six Mutagens in the Microscreen Prophage-Induction Assay. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 36, 206-220.
- Caesar, J., Tamm, A., Ruckteschler, N., Leifke, A. L. and Weber, B.** (2018). Revisiting Chlorophyll Extraction Methods in Biological Soil Crusts – Methodology for Determination of Chlorophyll a and Chlorophyll b as Compared to Previous Methods. *Biogeosciences*, 15, 1415–1424.
- Calín-Sanchez, A., Figiel, A., Wojdyło, A., Szarycz, M. and Carbonell-Barrachina, Á. A.** (2014). Drying of Garlic Slices Using Pre-Drying and

- Vacuum-Microwave Finishing Drying: Kinetics, Energy Consumption, and Quality Studies. *Food and Bioprocess Technology*, 7, 398–408.
- Cemeroğlu, B., Karadeniz, F. ve Özkan, M.** (2003). Meyve Sebze İşleme Teknolojisi. *Gıda Teknolojisi Yayınları*, 28, 469-472.
- Cernişev, S.** (2010). Effects of Conventional and Multistage Drying Processing on Non-Enzymatic Browning in Tomato. *Journal of Food Engineering*, 96(1), 114-118.
- Chahbani, A., Fakhfakh, N., Balti, M. A., Mabrouk, M., El-Hatmi, H., Zouari, N. and Kechaou, N.** (2018). Microwave Drying Effects on Drying Kinetics, Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Green Peas (*Pisumsativum L.*). *Food Bioscience*, 25, 32-38.
- Chandrasekaran S., Ramanathan S. And Basak T.,** (2013), Microwave Food Processing-A Review, Department of Chemical Engineering, Indian Institute of Technology Madras, Chennai, 600 036, India.
- Chen, X. D., Mujumdar, A. S.** (2009). Drying Technologies in Food Processing. *John Wiley & Sons*. 352p, UK.
- Chernomorsky, S., Segelman, A. and Poretz, R.D.** (1999). Effect of Dietary Chlorophyll Derivatives on Mutagenesis and Tumor Cell Growth. *Teratogenesis, Carcinogenesis and Mutagenesis*, 19, 3131-322.
- Choochote, W., Tuetun, B., Kanjanapothi, D., Rattanachanpichai, E., Chaithong, U. Chaiwng, P., Jitpakdi, A., Tippawangkosol, P., Riyong, D. and Pitasawat, B.** (2004). Potential of Crude Seed Extract of Celery, *Apium Graveolens L.*, Against the Mosquito *Aedes Aegypti (L.)* (Diptera: Culicidae). *Journal of Vector Ecology*, 340-346.
- Çalışkan M.K.** (2002). Mikrodalga ile Kurutma, *İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü* (Yüksek Lisans Tezi), 89 s, İstanbul.
- Dadalı G.** (2007).Bamya ve Ispanağın Mikrodalga Teknolojisi Kullanılarak Kurutulması, Doku ve Renk Özelliklerinin İncelenmesi ve Modellenmesi, *YTÜ FBE Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı* (Yüksek Lisans Tezi), 215s, İstanbul.
- Dadalı, G., Apar, D.K. ve Özbek, B.** (2007b), Microwave Drying Kinetics of Okra, *Drying Technology*, (Baskıda).
- Decareau, R. V.** (1986). Microwave Food Processing Equipment Throughout the World. *Food Technology (USA)*.

- Demiray, E., Tulek, T.** (2014). Drying Characteristics of Garlic (*Allium Sativum* L.) Slices in a Convective Hot Air Dryer. *Heat Mass Transfer*, 50:779–786.
- Demirhan, E., Özbek, B.** (2011). Colour Change Kinetics of Celery Leaves Undergoing Microwave Drying. *Chemical Engineering Communications*, 198(10):1189-1205.
- Dorantes-Alvarez, L., Parada-Dorantes, L.** (2005). Blanching Using Microwave Processing. *In the Microwave Processing of Foods*, 153-173.
- Doymaz, I.** (2010). Effect of Citric Acid and Blanching Pre-Treatments on Drying and Rehydration of Amasya Red Apples. *Food and Bioproducts Processing*, 88, 124–132.
- Doymaz, I., Kıpçak A.S Ve Piskin, S.** (2015). Microwave Drying of Green Bean Slices: Drying Kinetics and Physical Quality, Food Technology and Economy, Engineering and Physical Properties, 33, (4): 367–376.
- Edelenbos, M., Christensen, L.P. Ve Grevsen, K.** (2001). HPLC Determination of Chlorophyll and Carotenoid Pigments in Processed Green Pea Cultivars (*Pisum Sativum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(10):4768-74.
- Eder R.** (2000). Food Analysis By HPLC, **Leo M.L., Nollet S.** (Ed.), 835-845.
- Erbay, B., Küçüköner, E.** (2008). Gıda endüstrisinde kullanılan farklı kurutma sistemleri. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*; 21-23 Mayıs, 1045-1048. Erzurum.
- Erge, H. S., Karadeniz, F., Koca, N. ve Soyer, Y.** (2008). Effect of Heat Treatment on Chlorophyll Degradation and Color Loss in Green Peas. *Gıda*, 33(5), 225-233.
- Fidancı U.R., Ayhan H.** (1993), Mikrodalga Fırınlar. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 50(1), 61-67, Ankara.
- Fields, E.** (2005). Electromagnetic Field And Public Health: Microwave Ovens. *World Health Organization, Information Sheet*.
- Food And Drug Administration.** (1992). Performance Standards For Microwave And Radio Frequency Emitting Products. *Microwave Ovens*, 1030, 496-9.
- Francis F.J.** (2000). Wiley Encyclopedia of Food Science and Technology, 2nd Edition. *John Wiley And Sons*, 391p., New York, USA.
- Fu, J., Shen, S., Liu, W., Wang, H. and Gao, W.** (2017). An Optimal Thermal Condition for Maximal Chlorophyll Extraction. *Thermal Science*, 21(4): 1857-1860.

- Funebo, T., Ohlsson, T** (1998). Microwave-Assisted Airdehydration of Apple and Mushroom. *Journal of Food Engineering*, 38(3), 353-367.
- Fung, D. Y., Cunningham, F. E.** (1980). Effect of Microwaves on Microorganisms in Foods. *Journal of Food Protection*, 43(8), 641-650.
- Galema, S. A.** (1997). Microwave Chemistry. *Chemical Society Reviews*, 26(3), 233-238.
- Gohel, M. C., Parikh, R. K. and Stavan, A.** (2009). Spray Drying: a Review. *Pharmaceutical Reviews*, 7(5), 1-20.
- Gümüşdereoğlu, M., Kaynak, G.** (2012). Mikrodalgalar ve Uygulamaları, *Bilim ve Teknik*, Temmuz, 38-42.
- Hamrouni-Sellami, I., Rahali, F.Z., Rebey, I.B., Bourgou, S., Limam, F. and Marzouk, B.** (2013). Total Phenolics, Flavonoids, and Antioxidant Activity of Sage (*Salvia Officinalis* L.) Plants as Affected by Different Drying Methods. *Food Bioprocess Technol*, 6, 806–817.
- Hassan-Beygi, S.R., Aghbashlo, M., Kianmehr M.H. and Massah, J.** (2009), Drying Characteristics of Walnut (*Juglans Regia* L.) During Convection Drying, *International Agrophysics*, 23, 129-135.
- He, Q., Li, Y., Zhang, P., Zhang, A. and Wu, H.** (2016). Optimisation of Microwave-Assisted Extraction of Flavonoids and Phenolics from Celery (*Apium Graveolens* L.) Leaves by Response Surface Methodology. *Food Technology and Economy, Engineering and Physical Properties*, 34(4), 341–349.
- Hendry, G.A.F.**, 1996. Chlorophylls Chlorophyll Derivatives. Natural Food Colorants, **Hendry, G.A.F., Houghton, J.D.** (Ed.), *Blackie Academic and Professional*, 348p., Glasgow.
- Hihat, S., Remini, H. and Madani, K.** (2017). Effect of Oven and Microwave Drying on Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity of Coriander Leaves. *International Food Research Journal*, 24(2), 503-509.
- Hoogenboom, R., Wilms, T. F., Erdmenger, T. and Schubert, U. S.** (2009). Microwave-Assisted Chemistry: a Closer Look at Heating Efficiency. *Australian Journal of Chemistry*, 62(3), 236-243.
- Huang, J., Zhang, M.** (2016). Effect of Three Drying Methods on the Drying Characteristics and Quality of Okra. *Drying Technology*, 34(8), 900–911.

- Inchuen, S., Narkrugsa, W. and Pornchaloempong, P.** (2010). Effect of Drying Methods on Chemical Composition, Color and Antioxidant Properties of Thai Red Curry Powder, *The Kasetsart Journal (Natural Science)*, 44, 142-151.
- Iyer, D., Patil, U. K.** (2011). Effect of Chloroform and Aqueous Basic Fraction of Ethanolic Extract from *Apium graveolens* L. in Experimentally-Induced Hyperlipidemia in Rats. *Journal Of Complementary and Integrative Medicine*, 8(1).
- İçier F., Baysal T., Taştan Ö. ve Özkan G.** (2014). Microwave Drying of Black Olive Slices: Effect on Total Phenolic Contents and Colour, *Gıda*, 39(6), 323-330.
- İzli, N., İzli, G. ve Taskin, G.** (2017). Drying Kinetics, Colour, Total Phenolic Content and Antioxidant Capacity Properties Of Kiwi Dried by Different Methods. *Food Measure*, 11,64–74.
- Jinasena, M. A. M., Amarasinghe, A. D. U. S., Amarasinghe, B. M. W. P. K. and Veprashantha, M. A. B.** (2016). Extraction and Degradation of Chlorophyll a and b from *Alternanthera sessilis*. *Journal National Science Foundation*, 44 (1), 11-21.
- Kaiser, A., Hartmann, K., Kammerer, D. ve Carle, R.** (2013). Evaluation of the Effects of Thermal Treatments on Color, Polyphenol Stability, Enzyme Activities and Antioxidant Capacities of Innovative Pasty Celeriac (*Apium Graveolens* L. var. *Rapaceum* (Mill.) DC.) Products. *European Food Research Technolgy*, 237, 353-365.
- Karaaslan, S. N., Tunçer, İ. K.** (2008). Development of a Drying Model for Combined Microwave-Fan Assisted Convection Drying of Spinach. *Biosystems Engineering*, 100, 44-52.
- Karakaya, S.** (2004). Bioavailability of Phenolic Compounds. Critical Reviews. *Food Science and Nutrition*, 44, 453-464.
- Katalinić V., Milos M., Modun D., Music I. and Boban M.** (2004). Antioxidant Effectiveness of Selected Wines in Comparison With (+)- Catechin. *Food Chemistry*, 80, 593-600.
- Keçebaş, T., Akyıldız, A.** (2007). Farklı Haşlama Uygulamalar İle Saklamamın Kurutulmuş Brokkolinin Renk ve Antioksidan Aktivitesi Üzerine Etkileri. *ÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi)*, 86 s, Adana.

- Kızıldağ, N., Darıcı, C. ve Öztürk, A. B.** (2016). Çukurova Üniversitesi (Adana) Kampüsündeki Bazı Tıbbi ve Aromatik Bitkiler. *Türk Yaşam Bilimleri Dergisi*, 1(2), 70-74.
- Kingsly, A.R.P., Singhd.B.** (2007). Drying Kinetics of Pomegranate Arils. *Journal of Food Engineering*, 79:741-744.
- Kiranoudis, C. T., Tsami, E., Maroulis, Z. B. and Marinos-Kouris, D.** (1997). Drying Kinetics of Some Fruits. *Drying Technology*, 15(5), 1399-1418.
- Kratchanova, M., Pavlova E. and Panchev I.** (2003). The Effect of Microwave Heating of Fresh Orange Peels on the Tissue and Quality of Extracted Pectin. *Carbohydrate Polymers*, 56, 181- 185.
- Krokida, M., Marinos-Kouris, D. and Mujumdar, A. S.** (2006). Rotary Drying. in Handbook of Industrial Drying, *CRC Press*, 176-197.
- Kumar, P. S., Sagar, V. R.** (2014). Drying Kinetics and Physico-Chemical Characteristics of Osmo-Dehydrated Mango, Guava and Aonla Under Different Drying Conditions. *Journal of Food Science and Technology*, 51(8), 1540-1546.
- Kumar, S.S., Manoj, P., Shetty N. P. and Giridhar, P.** (2015). Effect of Different Drying Methods on Chlorophyll, Ascorbic Acid and Antioxidant Compounds Retention of Leaves of *Hibiscus Sabdariffa* L. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(9), 1812–1820.
- Kuşlu, S., Bayramoğlu, M.** (2002). Mikrodalgalar ve Materyaller Arasındaki Termal Olan ve Olmayan Etkileşimlerin İncelenmesi ve Kimyası. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3(8), 395-405.
- Lambert, J. P.** (1980). Biological Hazards Of Microwave Radiation. *Journal Of Food Protection*, 43(8), 625-628.
- Lapornik B, Prosěk, M. and Wondra A.G.** (2005). Comparison of Extracts Prepared from Plant by-Products Using Different Solvents and Extraction Time. *Journal of Food Engineering*, 71, 214-222.
- Lau, M.H., Tang, J. and Swanson, B.G.** (2000). Kinetics of Textural and Colour Changes in Green Asparagus During Thermal Treatments. *Journal Of Food Engineering*, 45, 231-236.

- Maharaj, V., Sankat, C.K.** (1996). Quality Changes in Dehydrated Dasheen Leaves: Effects of Blanching Pre-Treatments and Drying Conditions. *Food Research International*, 29, 563-568.
- Mark, A.** (1974). Pneumatic Dryers, *U.S. Patent* 3.789.513, February 5.
- Marquez U.M.L., Borrmann D.** (2009). Chlorophylls. Handbook of Natural Colorants, **Bechtold, T. and Mussak, R.** (Eds.), *Leopold- Franzens University*, 434 p., Austria.
- Maskan, M.** (2000), Microwave Air and Microwave Finish Drying of Banana. *Journal of Food Engineering*, 44(2), 71-78.
- Maskan, M.** (2001a), Drying, Shrinkage and Rehydration Characteristics of Kiwi Fruits During Hot Air and Microwave Drying. *Journal of Food Engineering*, 48(2), 177-182.
- Maskan, M.** (2001b), Kinetics of Colour Change of Kiwifruits During Hot Air and Microwave Drying. *Journal of Food Engineering*, 48, 169-175.
- Merrill, R. C., Weeks, M.** (1945). The Thermal Degradation of Pectin. *Journal of the American Chemical Society*, 67(12), 2244-2247.
- Morita, K., Ogata, M. and Hasegawa, T.**(2001). Chlorophyll Derived From Chlorella Inhibits Dioxin Excretion in Rats. *Environmental Health Perspectives*, 109, 289-294.
- Nagella, P., Ahmad, A., Kim, S. J. and Chung, I. M.** (2012). Chemical Composition, Antioxidant Activity and Larvicidal Effects of Essential Oil From Leaves of *Apium Graveolens*. *Immunopharmacology and Immunotoxicology*, 34(2), 205-209.
- Nawirska-Olszańska, A., Stępień, B. and Vebiesiada, A.** (2017). Effectiveness of the Fountain-Microwave Drying Method in Some Selected Pumpkin Cultivars. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 77, 276-281.
- Ndukwu, M. C.** (2009). Effect of Drying Temperature and Drying Air Velocity on the Drying Rate and Drying Constant of Cocoa Bean. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 11.
- Negi P.S., Roy S.K.** (2000). Effect of Blanching and Drying Methods On β -Carotene, Ascorbic Acid and Chlorophyll Retention of Leafy Vegetables. *LWT Food Science Technology*, 33, 295–298.

- Negishi, T., Rai, H. and Hayatsu, H.**(1997). Antigenotoxic Activity of Natural Chlorophylls. *Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*. 376, 97-100.
- Ninfali, P., Bacchiocca, M.** (2003). Polyphenols and Antioxidant Capacity of Vegetables Under Fresh and Frozen Conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(8), 2222-2226.
- Obanda M. Ve Owuor P.O.** (1997). Flavanol Composition and Caffeine Content of Green Leaf as Quality Potential Indicators of Kenyan Black Teas. *The Journal of the Science of Food and Agriculture*, 74: 209-215.
- Oliveira, M. E. C., Franca, A. S.** (2002). Microwave Heating of Food Stuffs. *Journal of Food Engineering*, 53(4), 347-359.
- Ovodova, R. G., Golovchenko, V. V., Popov, S. V., Popova, G. Y., Paderin, N. M., Shashkov, A. S. and Ovodov, Y. S.** (2009). Chemical Composition And Anti-inflammatory Activity of Pectic Polysaccharide Isolated From Celery Stalks. *Food Chemistry*, 114(2), 610-615.
- Özbek, B., Dadali, G.** (2007). Thin-Layer Drying Characteristics and Modelling of Mint Leaves Undergoing Microwave Treatment. *Journal of Food Engineering*, 83(4), 541-549.
- Özkarayel L.** (2013). Elektromanyetik Spektrum Bize Ne Anlatıyor? <http://www.acikbilim.com/2013/11/dosyalar/elektromanyetik-spektrum-bize-ne-anlatiyor.html> 07.01.2019
- Özkan A.I., Akbudak B. ve Akbudak N.** (2007), Microwave Drying Characteristics of Spinach. *Journal of Food Engineering*, 78, 577-583.
- Öztürk, H.İ.** (2012). Erzincan Koşullarında Bazı Sap ve Kök Kereviz Çeşitlerinin (*Apium graveolens* L. var *dulce* ve *Apium graveolens* L. var *rapaceum*) Bitki Gelişimi, Verim ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *AÜ Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi)*, 135s., Erzurum
- Palou, E., López-Malo, A., Barbosa-Cánovas, G. V., Welti-Chanes, J. and Swanson, B. G.** (1999). Polyphenoloxidase Activity and Color of Blanched and High Hydrostatic Pressure Treated Banana Puree. *Journal of Food Science*, 64(1), 42-45.
- Parikh, D. M.** (2015). Vacuum Drying: Basics and Application. *Chemistry Engineering*, 122(4), 48-54.

- Pereira, N. R., Marsaioli Jr, A. and Ahrné, L. M.** (2007). Effect of Microwave Power, Air Velocity and Temperature on the Final Drying of Osmotically Dehydrated Bananas. *Journal of Food Engineering*, 81(1):79-87.
- Perera, C. O.** (2005). Selected Quality Attributes of Dried Foods. *Drying Technology*, 23(4), 717-730.
- Pinelo, M., Rubilar, M., Sineiro, J. and Nunez, M.J.** (2004). Extraction of Antioxidant Phenolics from Almond Hulls (*Prunus amygdalus*) and Pine Sawdust (*Pinus pinaster*). *Food Chemistry*, 85, 267-273.
- Pinho, S. P., Macedo, E. A.** (2007). Solubility In Food, Pharmaceutical, and Cosmetic Industries. In Developments and Applications in Solubility. *Royal Society of Chemistry*, 305-322.
- Polatci, H., Taşova, M.** (2017). The Effect on Drying Characteristics and Colour Values of Hawthorn Fruit of Temperature Controlled Microwave Drying Method. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 5(10), 1130-1135.
- Popovic, M, Kaurinovic, B, Trivic, S, Mimica-Dukic, N. and Marija B.,** (2006). Effect of Celery (*Apium graveolens*) Extracts on Some Biochemical Parameters of Oxidative Stress in Mice Treated With Carbon Tetrachloride. *Phytotherapy Research*, 20, 531–537.
- Potisate, Y., Phoungchandang, S.** (2010). Chlorophyll Retention and Drying Characteristics of Ivy Gourd Leaf (*Coccinia grandis voigt*) Using Tray and Heat Pump–Assisted Dehumidified Air Drying. *Drying Technology*, 28, 786–797.
- Prabhanjan, D. G., Ramaswamy, H. S. and Raghavan, G.S.V.** (1995). Microwave Assisted Convective Air Drying Of thin Layer Carrots. *Journal of Food Engineering*, 25, 283-293.
- Puligundla, P., Abdullah, S. A., Choi, W., Jun, S., Oh, S. E. and Ko, S.** (2013). Potentials of Microwave Heating Technology for Select Food Processing Applications: a Brief Overview and Update. *Journal Of Food Processing and Technology*, 4(11).
- Roberts, J.S., Kidd, D.R. and Padilla-Zakour, O.** (2008). Drying Kinetics of Grape Seeds. *Journal of Food Engineering*, 89, 460-465.
- Roshanak, S., Rahimmalek, M. and Goli, S. A. H.** (2016). Evaluation of Seven Different Drying Treatments in Respect to Total Flavonoid, Phenolic, Vitamin

- C Content, Chlorophyll, Antioxidant Activity and Color of Green Tea (*Camellia sinensis* or *C. assamica*) Leaves. *Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 721-729.
- Rubinskienė, M., Viškelis, P., Dambrauskienė, E., Viškelis, J. and Karklelienė, R.** (2015). Effect of Drying Methods on the Chemical Composition and Colour of Peppermint (*Mentha piperita* L.) Leaves. *Zemdirbyste-Agriculture*, 102(2)
- Saldamlı, İ., Saldamlı, E.** (2004). Gıda Endüstrisi Makineleri. Savaş Yayınevi, 547s., Ankara.
- Santos, P. H. S., Silva, M. A.** (2008). Retention of Vitamin C in Drying Processes of Fruits and Vegetables. A Review. *Drying Technology*, 26(12), 1421-1437.
- Sarı, F.** (2005). Asma Yaprağı Klorofilinin Degradasyon Kinetiğinin Belirlenmesi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi)*, 75s., Ankara.
- Sarsavadia, P.N., Sawhney, R.L., Pangavhane, D.R. and Singh, S.P.** (1999). Drying Behaviour of Brined Onion Slice. *Journal of Food Engineering*, 40:219-226.
- Schiffmann, R. F.** (1986). Food Product Development for Microwave Processing. *Food Technology*, 6, 94-98.
- Seremet, L., Botez, E., Nistor, O. V., Andronoiu, D. G. and Mocanu, G. D.** (2016). Effect of Different Drying Methods on Moisture Ratio and Rehydration of Pumpkin Slices. *Food Chemistry*, 195, 104-109.
- Sharma G.P., Prasad S.** (2001). Drying of Garlic (*Allium sativum*) Cloves by Microwave Hot Aircombination. *Journal of Food Engineering*, 50, 99-105
- Shivanna V.B., Subban N.** (2014). Effect of Various Drying Methods on Flavor Characteristics and Physicochemical Properties of Dried Curry Leaves (*Murraya koenigii* L. spreng). *Drying Technology*, 32, 882-890.
- Śledź, M., Nowacka, M., Wiktor, A. ve Witrowa-Rajchert, D.** (2013). Selected Chemical and Physico-Chemical Properties of Microwave-Convective Dried Herbs. *Food and Bioproducts Processing*, 9(1), 421-428.
- Sobukola, O.P., Dairo, O.U.** (2007). Modeling Drying Kinetics of Fever Leaves (*Ocimum viride*) In a Convective Hot Air Dryer. *Nigerian Food Journal*, 25, 146-154.

- Soysal, Y., Öztekin, S. ve Eren, O.** (2006). Microwave Drying of Parsley: Modelling, Kinetics and Energy Aspects. *Biosystems Engineering*, 93(4), 403–413.
- Soysal Y.** (2004). Microwave Drying Characteristics of Parsley. *Biosystems Engineering*, 89(2), 167-173 .
- Sultana, S., Ahmed, S., Jahangir, T. and Sharma, S.** (2005). Inhibitory Effect of Celery Seeds Extract on Chemically Induced Hepatocarcinogenesis: Modulation of Cell Proliferation, Metabolism and Altered Hepatic Foci Development. *Cancer Letters*, 221(1), 11-20.
- Sun, Y., Li, W.** (2017). Effects the Mechanism of Micro Vacuum Storage on Broccoli Chlorophyll Degradation and Builds Prediction Model of Chlorophyll Content Based on the Color Parameter Changes. *Scientia Horticulturae*, 224, 206-214.
- Swain, M., James, S.** (2005). Thawing and Tempering Using Microwave Processing. *In the Microwave Processing of Foods* , 174-191.
- Szychowska, P. J., Lechb, K., Sendra-Nadala, E., Hernándezc, F., Figiel, A., Wojdyłod, A. and Carbonell-Barrachinaa, A. A.**(2018). Kinetics, Biocompounds, Antioxidant Activity and Sensory Attributes of Quinces as Affected by Drying Method. *Food Chemistry*, 255: 157-164.
- Taher, B. J., Farid, M. M.** (2001). Cyclic Microwave Thawing of Frozen Meat: Experimental and Theoretical Investigation. *Chemical Engineering and Processing, Process Intensification*, 40(4), 379-389.
- Tan, E. S., Abdullah, A. and Maskat, M. Y.** (2013). Effect of Drying Methods on Total Antioxidant Capacity of Bitter Gourd (*Momordi cacharantia*) Fruit. *AIP Conference Proceedings*, 1571(1), 710-716.
- Tijkens, L.M.M., Barringer S.A. and Biekman E.S.A.**(2001). Modelling the Effect of Ph on the Colour Degradation of Blanched Broccoli. *Innovative Food Science Emerging Technology*, 315-322.
- Toma´S-Barbera´N, F.A. andd Espi´N, J.C.** (2001). Phenolic Compounds and Related Enzymes as Determinants of Quality in Fruits and Vegetables. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 81, 853-876.
- Tsi, D., Tan, B. K.** (2000). The Mechanism Underlying the Hypocholesterolaemic Activity of Aqueous Celery Extract, Its Butanol and Aqueous Fractions in Genetically Hypercholesterolaemic RICO Rats. *Life Sciences*, 66(8), 755-767.

- Turgut, T.** (2016). Süt ve Ürünlerinde Mikrodalga Uygulamaları, *Akademik Gıda*, 14(4), 451-457.
- Türkmen, N., Poyrazoglu E. S., Sarı, F. ve Velioglu, Y. S.** (2006). Effects of Cooking Methods on Chlorophylls, Pheophytins and Colour of Selected Green Vegetables. *International Journal of Food Science and Technology*, 41, 281–288.
- Vadivambal, R., Jayas, D. S.** (2007). Changes in Quality of Microwave-Treated Agricultural Product, A Review. *Biosystems Engineering*, 98(1), 1-16.
- Velioglu, Y. S., Mazza, G., Gao, L. and Oomah, B. D.** (1998). Antioxidant Activity and Total Phenolics in Selected Fruits, Vegetables, and Grain Products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(10), 4113-4117.
- Venkatesh, M. S., Raghavan, G. S. V.** (2004). An Overview of Microwave Processing and Dielectric Properties of Agri-Food Materials. *Biosystems Engineering*, 88(1), 1-18.
- Vural, H., Eşiyok, D. ve Duman, İ.** (2000). Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme). *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü*, ISBN: 975-97190-0-2., 95-105, Bornova-İzmir.
- Walther, B. A., Moore, J. L.** (2005). The Concepts of Bias, Precision and Accuracy, and Their Use in Testing the Performance of Species Richness Estimators, with a Literature Review of Estimator Performance. *Ecography*, 28(6), 815-829.
- Wang, H., Provan, G. J. and Helliwell, K.** (2004). Determination of Rosmarinic Acid and Caffeic Acid in Aromatic Herbs by HPLC. *Food Chem.*, 87, 307-311.
- Wang, S., Tang, J., Johnson, J. A., Mitcham, E., Hansen, J. D., Hallman, G. and Wang, Y.** (2003). Dielectric Properties of Fruits and Insect Pests as Related to Radio Frequency and Microwave Treatments. *Biosystems Engineering*, 85(2), 201-212.
- Wang, Z., Sun, J., Chen, F., Liao, X. and Hu, X.** (2007). Mathematical Modelling on Thin Layer Microwave Drying of Apple Pomace with and without Hot Air Pre-Drying. *Journal of Food Engineering*, 80(2), 536-544.
- Weemaes, C., Ooms, V., Ludikhuyze, L., Van Den Broeck, I., Van Loey, A. and Hendrickx, M.** (1999). Pressure-Temperature Degradation of Green Color in Broccoli Juice. *Journal of Food Science*, 64(3), 504-508.

- Wen Jia, L., Islam, M. R. and Mujumdar, A. S.** (2003). A Simulation Study on Convection and Microwave Drying of Different Food Products. *Drying Technology*, 21(8), 1549-1574.
- Williams, J. M.** (2001). Biological Effects of Microwaves: Thermal and Nonthermal Mechanisms. *Arxiv Preprint Physics*, 0102007, 1-49.
- Yen, G.C., Duh, P.D.** (1994). Scavenging Effect of Methanolic Extracts of Peanut Hulls on Free-Radical and Active Oxygen Species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42, 629-632.
- Yoshikawa, K., Inagaki, K., Terashita, T., Shishiyama, J., Kuo, S. and Shankel, D.M.** (1996). Antimutagenic Activity of Extracts from Japanese Eggplant. *Mutation Research*, 371, 65-71.
- Yusni, Y., Zufry, H., Meutia, F. and Sucipto, K. W.** (2018). The Effects of Celery Leaf (*Apium graveolens* L.) Treatment on Blood Glucose and Insulin Levels in Elderly Pre-Diabetics. *Saudi Medical Journal*, 39(2), 154.
- Zhang, M., Tang J., Mujumdar A.S. and Wang S.** (2006). Trends in Microwave-Related Drying of Fruits and Vegetables. *Trends in Food Science and Tecnology*, 17, 524-534.
- Zhu, A., Shen, X.** (2014). The Model and Mass Transfer Characteristics of Convection Drying of Peach Slices. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 72, 345–351.

ÖZGEÇMİŞ



Kişisel bilgiler

Adı Soyadı Esra KÖMÜŞ
Doğum Yeri ve Tarihi Pazar, 09.12.1989
Medeni Hali Evli
Yabancı Dil İngilizce
İletişim Adresi Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü 58140 Sivas
E-posta Adresi esra_sahin1989@hotmail.com

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise Tokat Gazi Osman Paşa Y.D.A. Lisesi, 2007
Lisans Süleyman Demirel Üniversitesi, 2012
Yüksek Lisans Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, 2018

Yayınlar

Ulusal Kalsiyumca Zenginleştirilmiş Keçi Yoğurdunun Özellikleri Süt Dünyası, 2013

Kongreler ve Bildiriler

Ulusal Gıda Muhafazasında Yeni Bir Teknoloji: Işınlama, 5.Ulusal Tarım Öğrenci Kongresi, Adana
Ulusal Antosiyaninlerin Kopigmentasyonu, 9.Gıda Mühendisliği Kongresi, İzmir

Ödüller, Teşvikler ve Üyelikler

2209- Üniversite Öğrencileri Yurt İçi / Yurt Dışı Araştırma Projeleri Destekleme Programı Kalsiyumca Zenginleştirilmiş Keçi Probiyotik Yoğurdunun Fizikokimyasal Özellikleri