



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**KEREVİZ YAPRAĞININ KURUMA KİNETİĞİ VE RENK
DEĞERLERİ AÇISINDAN UYGUN KURUTMA ŞARTLARININ
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yusuf Hakan İPEKLİ

Danışman: Doç. Dr. Hakan POLATCI

TOKAT – 2024

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Doç. Dr. Hakan POLATCI danışmanlığında hazırlamış olduğum “Kereviz Yaprağının Kuruma Kinetiği ve Renk Değerleri Açısından Uygun Kurutma Şartlarının Belirlenmesi” adlı Yüksek Lisans tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

23/12/2024

Yusuf Hakan İPEKLİ

JÜRİ KABUL VE ONAY



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimine başladığım günden bu zamana desteğini esirgemeyen ve kıymetli fikirleriyle bana yardımcı olan danışman hocam Doç. Dr. Hakan POLATCI'ya ve tez dönemimde yardımlarını esirgemeyen hocalarım Prof. Dr. Gazanfer ERGÜNEŞ ve Dr. Öğr. Üyesi Muhammed TAŞOVA'ya çok teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmalarımda desteğini esirgemeyen canım kardeşim Yasin Kaan İPEKLİ'ye, beni bu günlere getiren her zaman yanımda olan canım anneme ve canım babama saygı ve sevgilerimi sunuyorum, çok teşekkür ederim.



ÖZET

KEREVİZ YAPRAĞININ KURUMA KİNETİĞİ VE RENK DEĞERLERİ AÇISINDAN UYGUN KURUTMA ŞARTLARININ BELİRLENMESİ

İpekli, Yusuf Hakan

Yüksek Lisans, Biyosistem Mühendisliği Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Hakan Polatcı

Aralık 2024, x + 56 sayfa

Tıbbi ve aromatik bitkilerden biri olan kerevizin yaprakları, iki farklı kurutucuda ve üç farklı kurutma şartlarında kurutulmuştur. Bunlar; etüvde kurutma, vakumlu etüvde kurutmadır. Kurutma, üç farklı sıcaklıkta (40°C, 50°C, 60°C), ön işlemsiz ve 720 W güçte mikrodalgada 1 dakika ön işlem uygulanarak yapılmıştır. Çalışma kapsamında kurutulmuş ürünlerin kuruma kinetiği, kuruma performansı, renk analizi incelemesi yapılmıştır. Midilli-Küçük, Jena-Das ve Exponential Decay modelleri test edilmiş olup tüm modeller arasında Midilli-Küçük kurutma kinetiğini en iyi açıklayan model olmuştur. Etüvde ve vakumlu etüvde yapılan kurutma işlemi sıcaklık sırası ile 14.5, 8.5, 5.5 ve 15.5, 10.5, 5.5 saatte tamamlanmıştır. Ön işlem uygulanmış etüv ve vakumlu etüvde yapılan kurutma işlemi sıcaklık sırası ile 9.5, 6.5, 3.5 ve 10.5, 8.5, 4.5 saatte tamamlanmıştır. Sıcaklık artışının ve ön işlem uygulanmasının kuruma süresini kısalttığı görülmüştür. En az enerji tüketimi etüvde kurutmada ön işlemlili 60⁰ C' de gerçekleşmiştir. En fazla enerji tüketimi ise vakumlu etüvde kurutmada ön işlemsiz 40⁰ C' de gerçekleşmiştir. Taze kereviz yapraklarının parlaklık (L*) değerini en iyi koruyan yöntem vakumlu etüv ön işlemlili 60 °C sıcaklıkta görülmüştür. (a*) Yeşillik değerini en iyi koruyan yöntem etüv ön işlemsiz 50 °C sıcaklıkta görülmüştür. (b*) Sarılık değerini en iyi koruyan yöntem etüv ön işlemlili 40 °C sıcaklıkta görülmüştür. (C*) Kroma değerini en iyi koruyan yöntem etüv ön işlemlili 40 °C sıcaklıkta bulunmuştur. Hue açısı (h°) en iyi koruyan yöntem vakumlu etüv ön işlemlili 60 °C sıcaklıkta bulunmuştur. Kahverengilik Değeri (BI) en iyi koruyan yöntem vakumlu etüv ön işlemlili 40 °C sıcaklıkta bulunmuştur. (ΔE) toplam renk değişimi değeri olup en az renk değişimi vakumlu etüvde kurutmada ön işlemlili 40 °C sıcaklıkta olmuştur. Renk analizleri tüm değerler detaylı şekilde incelendiğinde etüvde ön işlemlili kurutma yöntemi en uygun yöntem olarak belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Kereviz Yapağı, Kurutma Sistemleri, Enerji-Renk Analizleri, Ön İşlem, Etüv

ABSTRACT

DETERMINING SUITABLE DRYING CONDITIONS FOR CELERY LEAVES IN TERMS OF DRYING KINETIC AND COLOR VALUES

İpekli, Yusuf Hakan

Degree, Department of Biosystems Engineering
Thesis Advisor, Assoc. Prof. Dr. Hakan POLATCI
December 2024, x + 56 pages

The leaves of celery, one of the medicinal and aromatic plants, were dried in two different dryers and under three different drying conditions. These; drying in an oven and drying in a vacuum oven. Drying was done at three different temperatures (40°C, 50°C, 60°C), without pre-treatment and by pre-treatment in the microwave at 720 W power for 1 minute. Within the scope of the study, drying kinetics, drying performance and color analysis of dried products were examined. Midilli-Küçük, Jena-Das and Exponential Decay models were tested, and among all the models, Midilli-Küçük was the model that best explained the drying kinetics. The drying process in the oven and vacuum oven was completed in 14.5, 8.5, 5.5 and 15.5, 10.5, 5.5 hours, respectively. The drying process in the pre-treated oven and vacuum oven was completed in 9.5, 6.5, 3.5 and 10.5, 8.5, 4.5 hours, respectively. It has been observed that increasing the temperature and applying pre-treatment shortens the drying time. The least energy consumption was achieved in oven drying at 60 °C with pre-treatment. The highest energy consumption occurred in vacuum oven drying at 40 °C without pretreatment. The method that best preserved the brightness (L^*) value of fresh celery leaves was found to be vacuum oven pre-treated at 60 °C. (a^*) The method that best preserved the greenness value was found to be at 50 °C without oven pre-treatment. (b^*) The method that best preserved the yellowness value was found at 40 °C with oven pre-treatment. (C^*) The method that best preserved the chroma value was found at 40 °C with oven pre-treatment. The method that best preserved the hue angle (h°) was found to be vacuum oven pre-treated at 60 °C. The method that best preserved the Brown Value (BI) was found to be vacuum oven pre-treated at 40 °C. (ΔE) is the total color change value and the least color change occurred at 40 °C with pre-treatment in vacuum oven drying. When all color analysis values were examined in detail, the pre-treatment drying method in the oven was determined as the most suitable method.

Keywords : Celery Leaf, Drying Systems, Energy-Color Analyses, Pretreatment, Oven

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ETİK SÖZLEŞME.....	i
JÜRİ KABUL VE ONAY	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
SİMGE VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ	4
3. MATERYAL ve YÖNTEM	13
3.1. Materyal	13
3.2. Yöntem.....	15
3.2.1. Kurutma yöntemleri ve ön işlem	15
3.2.2. Renk analizi	22
3.2.3. Modelleme	24
3.2.4. İstatistiki analiz	25
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	26
4.1. Bulgular	26
4.1.1. Kurutma performans değerleri.....	26
4.1.2. Modelleme	28
4.1.3. Renk analizi	40
4.2. Tartışma	46
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	48
KAYNAKLAR	51
ÖZGEÇMİŞ	56

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. Kereviz bitkisi (Anonim, 2024).....	14
Şekil 3.2. Yaş kereviz bitkisi yaprağı	14
Şekil 3.3. Hassas terazi	16
Şekil 3.4. Etüvde 40 °C’ de kurutma	17
Şekil 3.5. Etüvde 50 °C’ de kurutma	17
Şekil 3.6. Etüvde 60 °C’ de kurutma	18
Şekil 3.7. Vakumlu etüvde 40 °C’ de kurutma	19
Şekil 3.8. Vakumlu etüvde 50 °C’ de kurutma	19
Şekil 3.9. Vakumlu etüvde 60 °C’ de kurutma	20
Şekil 3.10. Mikrodalgada ön işlem	20
Şekil 3.11. Kurutulmuş kereviz bitkisi yaprağı	21
Şekil 3.12. Güç ölçer.....	21
Şekil 3.13. Renk ölçer.....	22
Şekil 4.1. Etüv ön işlemsiz 50 °C’ de kurutmada gerçek ve tahmini nem seviyeleri	31
Şekil 4.2. Vakumlu etüv ön işlemsiz 50 °C’ de kurutmada gerçek ve tahmini nem seviyeleri.....	31
Şekil 4.3. Etüv ön işlemlili 50 °C’ de kurutmada gerçek ve tahmini nem seviyeleri	32
Şekil 4.4. Vakumlu etüv ön işlemlili 50 °C’ de kurutmada gerçek ve tahmini nem seviyeleri	32
Şekil 4.5. Etüv ön işlemsiz 50 °C’ de kurutmada gerçek ve tahmini nem seviyeleri	34
Şekil 4.6. Vakumlu etüv ön işlemsiz 50 °C’ de kurutmada gerçek ve tahmini nem seviyeleri.....	35
Şekil 4.7. Etüv ön işlemlili 50 °C’ de kurutmada gerçek ve tahmini nem seviyeleri	35
Şekil 4.8. Vakumlu etüv ön işlemlili 50 °C’ de kurutmada gerçek ve tahmini nem seviyeleri	36
Şekil 4.9. Etüv ön işlemsiz 50 °C’ de kurutmada gerçek ve tahmini nem seviyeleri	38
Şekil 4.10. Vakumlu etüv ön işlemsiz 50 °C’ de kurutmada gerçek ve tahmini nem seviyeleri.....	38
Şekil 4.11. Etüv ön işlemlili 50 °C’ de kurutmada gerçek ve tahmini nem seviyeleri	39
Şekil 4.12. Vakumlu etüv ön işlemlili 50 °C’ de kurutmada gerçek ve tahmini nem seviyeleri.....	39
Şekil 4.13. L*, a*, b* değerlerinin renk uzayında gösterimi (Anonim, 2024).	43

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1. Kurutulan kereviz bitkisi yapraklarının kuru nem, yaş nem değerleri ve kuruma süreleri	27
Çizelge 4.2. Midilli-Küçük eşitliği parametrelerinin sayısal değerleri ve modele ait R^2 ve P Değerleri	29
Çizelge 4.3. Jena-Das eşitliği parametrelerinin sayısal değerleri ve modele ait R^2 ve P değerleri	33
Çizelge 4.4. Exponential Decay eşitliği parametrelerinin sayısal değerleri ve modele ait R^2 ve P değerleri	36
Çizelge 4.5. Enerji tüketim değerleri	40
Çizelge 4.6. Renk analizinde ölçülen değerler	41
Çizelge 4.7. Renk analizinde hesaplanan değerler	42

SİMGE VE KISALTMALAR

Simgeler Açıklama

a*:	Yeşillik değeri
b*:	Sarılık değeri
BI:	Kahverengilik değeri
C*:	Kroma değeri
C:	Santigrat
D ₀ :	Difüzyon katsayısı
D _{eff} :	Efektif difüzyon değeri
DR:	Kuruma hızı
dt:	Dakika
E _a :	Aktivasyon enerji değeri
E _t :	Toplam tüketilen enerji
ΔE:	Toplam renk değişimi
g:	Gram
h:	Eşitlik parametresi
h°:	Hue açısı
j:	Eşitlik parametresi
k:	Eşitlik parametresi
K:	Kelvin
Kg:	Kilogram
kJ:	Kilojoule
kWh:	Kilowattsaat
L*:	Parlaklık değeri
L:	Ürünün kalınlık değeri metre cinsinden
M:	Eşitlik parametresi
M:	Ürünün anlık nem içeriği
M ₀ :	Ürünün ilk nem içeriği
M ₁ :	Son ağırlık
M _E :	Ürünün denge nem içeriği

M_i : İlk ağırlık
 MR : Nem oranı
 M_t : t anındaki nem değeri
mol: Kimyasal madde miktarı
 m_w : Uzaklaşan su miktarı
 N_{KB} : Kuru baza göre nem içeriği
 N_{YB} : Yaş baza göre nem içeriği
p: Önem seviyesi
R: Gaz sabiti değeri
 R^2 : Kararlılık katsayısı
S: Saniye
t: Zaman
T: Kurutma havası sıcaklığı
Yb: Yaş baz
W: Watt
 W_i : İlk ağırlık
 W_s : Son ağırlık (kuru ağırlık)
% : Yüzde
° : Derece

Kısaltmalar Açıklama

M.Ö: Milattan önce
SEC: Özgül enerji tüketimi
SMER: Özgül nem uzaklaştırma oranı

1.GİRİŞ

Tarihin çok eski yıllarından beri dünya üzerinde insanların bitkilerle ilgilenmesi daha çok yararlanma yönünde olmuştur. İnsanlar hangi bitkiler besin maddesi hangi bitkiler tıbbi ve aromatik hangi bitkiler zehirli hepsini deneyimleyerek öğrenmişlerdir. Tıbbi ve aromatik bitkilerin M.Ö. IV. yüzyıldan bugüne kadar, her geçen gün değeri artmış, yararlanma alanı genişlemiş ve ticareti de genişleyerek büyümüştür. Tıbbi ve aromatik bitkilerin en çok değer kazandığı ve geliştirilmeye başladığı dönem Hipokrat döneminde olmuştur. XIX. yüzyılda ise tıbbi ve aromatik bitkiler üzerinde önemli ölçüde çalışmalar yapılmış olup değerini hala aynı şekilde korumaktadır.

Tıbbi ve aromatik bitkiler sahip oldukları biyolojik yapı özelliklerinden dolayı yiyeceklerin tatlandırılmasında ve insan sağlığının korunmasında, iyileştirilmesinde yaygın olarak özenle kullanılmaktadırlar.

Dünya nüfusunda olan artış, insani ihtiyaçlarda ve ihtiyaçların çeşitliliğindeki artış ve doğal ürünlere olan talebin artışı tıbbi ve aromatik bitkilerin önemini her geçen gün artırmaktadır. Tıbbi ve aromatik bitkiler günümüzde; ilaç, gıda, tarım, boya, tekstil, kozmetik gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bitkilerin tedavi amaçlı kullanımı ülkelerin gelişmişlik seviyesine göre değişiklik göstermektedir. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde insanların %80 gibi bir dilimi tedavi olmak için bitkisel ürünleri tercih etmektedir (Göktaş ve Gıdık, 2019).

Kurutma, tarımsal ürünlerin yapılarını koruyarak saklamakta ve tüketme sürelerini artırmakta kullanılan en yaygın yöntemlerden birisidir. Uygun kurutma yönteminin belirlenmesi başarılı kurutma için en önemli faktörlerden birisidir. Türkiye’de tarımsal ürünlerin kurutulmasında uygulanan en belirgin ve yaygın yöntem açık ortamda kurutmadır. Bu yöntem ürün yapısına ve kalitesine zarar verdiği gibi kuruma süresi açısından da dezavantajları vardır. Bu sebeple yeni kurutma yöntemlerinin belirlenmesi, yeni kurutucuların kullanılması ve geliştirilmesinin gerektiği anlaşılmıştır. Hali hazırda ticari amaçlı kullanılan kurutucular istenilen başarıyı tam anlamıyla sağlayamamaktadır (Tarhan ve ark., 2005).

Son zamanlarda artan enerji taleplerine ve maliyetlerine istinaden alternatif kurutucu sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Son yıllarda farklı tip ve güçte mikrodalga kurutucular ile konvektif kurutucular yoğun bir şekilde kullanılmaktadır (Schulze ve ark., 2014; Barba ve ark., 2013; Koné ve ark., 2013). Tarımsal ürünlerin sıcak havalı (konvektif) ve mikrodalga kurutucularla kurutulması işlemleri açıkta kurutma işlemine göre hem daha hızlı hem de daha kalite kuru ürünler elde edilebilmektedir.

Kurutularak tüketilen birçok tarımsal ürün vardır. Bunlardan birisi de kereviz bitkisi. Kereviz bitkisinin hasat işlemlerinden sonra çok fazla yaprak, sap gibi artıkları oluşmaktadır. Kereviz yaprakları tıbbi ve aromatik olarak yiyeceklerin lezzetlendirilmesinde ve birçok hastalığa tedavi amaçlı kullanılmaktadır. Özellikle sonbahar ve kış aylarında tüketilme olanağı bulunan kereviz yapraklarının hem raf ömürlerini uzatmak hem de kalite özelliklerini korumak için kurutulması gerekmektedir.

Kurutma işleminin ana hedefi, ürünün nemini en az sürede kurutmak, enerji tüketimini en az seviyede gerçekleştirerek, ürün kalitesinde herhangi bir olumsuzluğa izin vermeden son nem değerine kadar düşürmektir (Chou ve Chua, 2001; Lewicki, 2006; Demiray ve Tülek, 2012).

Tarımsal ürünlerin kurutma işleminde en önemli parametre kurutma sıcaklığıdır. Çünkü bu parametre hem kuruma süresini etkilemekte hem de buna bağlı olarak kurutucunun enerji tüketimini etkilemektedir. Bugüne kadar birçok farklı sıcaklık değerlerinin etkisi araştırılmış ve kurutma işlemlerinde sıcaklığın optimum seviyede tutulması gerektiği tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda 50-70 °C kurutma havası sıcaklığı meyve ve sebzeler için optimum aralık olarak düşünülmektedir (Günhan, 2005).

Sıcak havalı kurutma sistemlerinde (konvektif) havanın sıcaklığı ürüne göre kontrol edilebilme imkânı sunmaktadır. Bunun yanında kurutulan ürünlerin iç kısımlarında tutulan nemin yüzeye taşınması ve uzaklaştırılması kurutmanın son evrelerinde zorlaştığı için konvektif kurutucularda kuruma oranı hızla düşmektedir (Bondaruk ve ark., 2007). Bu sebeple kurutma süresinin uzamasına bağlı olarak kurutulan ürünün kalitesi ve kimyasal özellikleri bozulmaktadır (Sharma ve Prasad, 2001).

Mikrodalga ile kurutma işlemlerinde ısı, kurutulan materyalin en iç kısmından başlayarak yüzeye doğru difüzyon olmakta ve bu sebeple nem miktarı hızla düşürülmektedir (Wang ve Sheng, 2006). Ürünlerin mikrodalga ile kurutulması işlemi hem daha hızlı hem de daha düşük enerji tüketimi ile gerçekleştirilebilmektedir (Schiffmann, 2001, Eren ve ark., 2005).

Bu çalışmanın amacı, kereviz yapraklarının sıcak havalı kurutucu (etüv) ve vakum tip sıcak havalı kurutucuda (vakumlu etüv) 40 °C, 50 °C, 60 °C sıcaklık değerlerinde kurutularak kurutma kinetiği ve renk açısından değerlendirmektir. Çalışma kapsamında örneklere mikrodalgada 720 W güçte 1 dakika ön işlem uygulayarak ve ön işlem uygulamadan iki ayrı yöntem ile bütün sıcaklıklarda kurutma işleminin etkisi araştırılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

Türkiye bulunduğu coğrafi konumu itibariyle, tarımsal üretim için verimli topraklara sahiptir. Çeşitli bölgelerinde, ekolojik yapısı gibi farklılıklardan dolayı farklı meyve ve sebzelerin verimli ve kaliteli yetiştirilebildiği görülmektedir. Ülkemizde iklim, doğa ve diğer faktörlerin etkisiyle tüm bölgelerimizde çeşitli meyve ve sebze üretimi gerçekleştirilmektedir (Kılıç, 2014).

Kereviz bitkisi eski zamanlardan beri bilinen ve tüketilen bir bitki olup Apiales takımının Apiaceae familyasındandır. Kereviz bitkisi taze tüketme amaçlı kullanıldığında bir yıllık, tohum üretme amaçlı kullanıldığında ise iki yıllık bir bitkidir (Bayraktar, 1981; Vural ve ark., 2000).

Kereviz yiyecek olarak tüketilmeden çok önce insanlar arasında sinir sistemini yatıştırıcı olarak, böbrek ağrıları ve eklem iltihabı gibi birçok hastalığa ilaç olarak kullanıldığına dair bilgilere ulaşılmıştır (Bayraktar, 1981). Kerevizin kökü, gövdesi ve yaprağı, akciğer, karaciğer, dalak hastalıklarının tedavisinde kullanılmaktadır (Popović ve ark., 2006; Choochote ve ark., 2004). Kerevizin kan basıncını düşürerek kalp fonksiyonlarını düzenlediği ve pankreası uyarak insülin salgılattığı bu sayede kan şekerini düzenlediği yapılan araştırmalarda belirlenmiştir (Popović ve ark., 2006; Nagella ve ark., 2012). Kereviz baş ağrılarına ve yüksek tansiyona iyi gelmekte olup karaciğer ve mideyi kuvvetlendirmektedir (Kızıldağ ve ark., 2016). Kereviz; antioksidan aktivitesi (Ninfali ve Bacchiocca, 2003), antikanserojenik etkisi (Sultana ve ark., 2005), antihiperlipidemik etkisi (Tsi ve Tan, 2000; Iyer ve Patil, 2011) vb. özellikleri sebebiyle dikkat çeken bitkidir (He ve ark., 2016). Tıbbi ve aromatik bitkilerin yapısında bulunan serotonin (sakinleştirici), endorfin (cinsiyet uyarıcı), noradrenalin (uyarıcı), ensefalin (ağrı dindirici), immunostimülatör (bağışıklık sistemi uyarıcı), insektisik (böcek öldürücü), antioksidan ve antimikrobiyal vb. etkilerinden ötürü sağlık ve zirai gibi birçok alanda kullanılmakta olduğu belirtilmiştir. Yapısında bulunan bu maddelerden ötürü yiyeceklerin muhafazası ve insan sağlığının korunması, iyileştirilmesi gerçekleştirilmektedir (Wargovich ve ark., 2001); (Halvorsen ve ark., 2002); (Sağdıç ve Özcan, 2003); (Pavela, 2004); (Baydar, 2005); (Yanishlieva ve ark., 2006). Tıbbi ve

aromatik bitkilerde bulunan antioksidan maddeler insan vücuduna olumsuz etkisi olan ve oksitlenme stresine bağlı olarak ortaya çıkan kalp damar sertliği ve kanser gibi hastalıklara karşı koruyucu olarak kullanılmaktadır (Halvorsen ve ark., 2002).

Kerevizin yaprakları taze ve kurumuş haliyle gıda sektöründe yaygın olarak kullanılan bir baharattır (Kaiser ve ark.,2013). Tıbbi ve aromatik bitkilerin içerisinde bulunan antioksidan maddeler yiyeceklerde oluşabilecek acılaşmaya engel olmaktadır ve birçok kalite değişikliğine sebep olabilecek lipid oksidasyonlarını durdurarak engel olabilmektedir (Yanishlieva ve ark., 2006).

Kurutma işlemi, birçok gıda malzemesinin depolama, ambalajlama, nakliye gibi maliyetlerini azalttığı gibi ürünlerin raf ömrünü uzatmaktadır bu yüzden çok önemli bir gıda işleme yöntemidir (Lewicki, 2006).

Kurutma işlemi gıdalardaki nem değerini mikroorganizma oluşumunu ve gelişimini engelleyecek seviyelere kadar uzaklaştırma işlemidir. Bu faydalı durumundan dolayı ürünler için en çok tercih edilen koruma yöntemidir (Erbay ve Küçüköner, 2008).

Kurutma; uzun bir süre depolanması ve korunması için yaş meyvelerin bir işleme tabi tutulduğu en eski yöntemlerden biri olup, ürünlerdeki nemin büyük bir kısmının uzaklaştırıldığı buna istinaden su aktivite değerinin düştüğü ve mikroorganizma oluşumu ve gelişiminin engellendiği bir gıda koruma, saklama yöntemidir (Pisalkar ve ark., 2011).

Kurutma işlemi; yüksek nem seviyesinde (%70-85 yb) olan tıbbi ve aromatik bitkilerin güvenli ve uzun süre depolanması için uygun nem seviyelerine (%10-15 yb) indirmek için yapılan işlemdir. Kurutma işleminin hedefi bitkinin kalitesinde bir bozulma olmadan en az enerji harcayarak en kısa zamanda son nem değerine ulaşmaktır (Polatçı ve Tarhan, 2009).

Çeşitli meyve ve sebzeleri koruyabilmek için doğal ve yapay kurutma yöntemleri kullanılarak kurutma işlemleri yapılmaktadır. Doğal kurutma yöntemi olarak güneşte kurutma işlemi zaman olarak uzun sürmektedir ve kurutulan ürün hijyenik değildir. Bu

yüzden yapay kurutma yöntemleri daha çok önerilmektedir ve geliştirilmiştir (Kocayiğit, 2010).

Türkiye’de tarım ürünlerinin kurutulmasında en çok uygulanan yöntem açık havada sererek yapılan kurutma yöntemidir. Ancak bu yöntemin ürün kalitesini olumsuz etkilediğini ve yeni kurutma yöntemlerinin kullanılmasının ne kadar önemli ve gerekli olduğu belirtilmiştir (Öztekin ve ark., 1999).

Yüksek seviyede su içeren tıbbi ve aromatik bitkiler özel durumlarından dolayı ürüne göre özel tasarlanmış kurutucularda kurutulmalı ve en önemli faktörlerden biri olan kurutma yapılan ortamın sıcaklığına dikkat edilmelidir. Tıbbi ve aromatik bitkiler için sıcaklığın 30 ile 50 °C arası olması uygundur (Müller ve Heindl, 2005).

Büyük çaplı kurutma işlemlerinin %85 gibi yüksek bir oranını konvektif kurutucular oluşturmaktadır. Sebze ve meyvelerin kurutulmasında tercih edilen en yaygın yöntem konvektif kurutma yöntemidir (Mujumdar ve Beke, 2003).

Tarımsal ürünlerin kuruma hızını etkileyen en önemli faktörler ürünün başlangıç nem oranı, kimyasal ve fiziksel yapısıdır. Kurutma işleminin uygun ve verimli bir şekilde olması için kurutma ortamında bulunan tarımsal ürünlerin düzgün ve eşit miktarlarda olacak şekilde yayılması çok önemli bir etkidir. Birim yükleme ağırlığının artmış olması başlangıçta kuruma hızının yavaşlamasına sebep olur fakat son kuruma zamanına birim yüklemenin etkisi başlangıçtaki etki kadar değildir (Cemeroğlu ve diğ., 2003; Bayhan, 2011).

Suyun buharlaşma sıcaklığını ortam basıncı önemli seviyede etkilemektedir. Basınç değerinin azalması suyun buharlaşma sıcaklığını azaltır. Belirli bir sıcaklık seviyesinde basıncın azaltılması (vakum artışı) buharlaşan suyun miktarını artırmaktadır. Kuruma hızının artırılması için kullanılan bu yöntemde vakum düzenekleri kullanılacağı için ve yüksek güç tüketimi oluşacağı için piyasa değeri yüksek ürünlerde sınırlı olarak kullanılmaktadır (Yağcıoğlu, 1999).

Kereviz dilimlerinin ve küp şeklindeki dilimlerinin ön işlemleri (buharda haşlama, kaynayan suda haşlama) ve ön işlemsiz hallerinin infrared kurutucuda 60 °C, 70 °C, 80 °C sıcaklıklarında kurutulmuştur. Kuruma süresine, kuruma hızına, renk değişimlerine olan etkisi incelenmiştir. Kerevizin şekil yapısının ve kurutma sıcaklığının, kuruma süresi ve hızını etkilediği görülürken uygulanan ön işlemlerin etkilemediği görülmüştür. 5 mm kalınlığında dilimlenmiş kerevizlerin kaynayan suda haşlama ön işlemine tabi tutularak 60 °C sıcaklıkta kurutulduğunda sarılık değeri negatif yönde, parlaklık değeri ise pozitif yönde artmıştır (Heybeli ve ark., 2013).

Kereviz yaprakları 180 W, 360 W, 600 W ve 900 W gücündeki mikrodalgada kurutulmuştur. Farklı güçlerdeki mikrodalgaların kereviz yapraklarında kuruma kinetiği, fenolik madde içeriği, klorofil a, b ve toplam klorofil miktarı ile antioksidan kapasite değerlerine olan etkileri incelenmiştir. Aynı zamanda Page, Weibull, Newton modelleri test edilmiştir. Kereviz yapraklarının kurutulmasında güç arttıkça süre kısalmış ve kuruma oranı artmıştır. Toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasitesi 180 W, 360 W, 600 W güçlerinde taze haline göre azalırken 900 W gücünde artmıştır. Tüm güçlerinde klorofil a, b ve toplam klorofil içeriği taze haline göre azalmıştır. Bu azalma en düşük 900 W gücünde, en yüksek ise 180 W gücünde tespit edilmiştir. Uygulanan tüm modeller arasında ise Page modeli kurutma kinetiğini en iyi açıklayan model olmuştur (Kömüş ve Sarı, 2023).

İnce tabaka metoduyla kurutulan kereviz yapraklarına hava sıcaklığı ve bağıl nemin etkileri incelenmiştir. 20-50 °C sıcaklık aralığında ve %10-60 bağıl nem oranlarında çalışılarak elde edilen kuruma değerleri altı farklı matematiksel modelleme yöntemi ile incelenmiştir ve en uygun kuruma kinetiği sonuçlarını exponential decay modeli vermiştir. Hava sıcaklığının bağıl nemden daha etkili olduğu görülmüştür. 50 °C üzeri sıcaklık ve nem fazlasının ürünlerdeki renk değişimini olumsuz ve negatif yönde etkilediği görülmüştür (Roman ve Hansel, 2011).

Kahramanmaraş'ta yetiştirilen trabzon hurması meyvesinin konvektif kurutucuda kurutma işlemlerinde kurutma havası sıcaklığı ve kurutma havası hızının artışı ürünün kuruma süresini azaltmıştır. Ayrıca kurutma havası sıcaklığının artışı ürünün protein

içeriğini artırmış, su aktivitesini düşürmüştür ve üründe renk değişimi olmuştur (Kaya ve ark., 2015).

Maydanozun 360 ile 900 W arasında farklı güçlerde mikrodalga kurutucuda kurutulması sonucu mikrodalga gücünün artışı kuruma süresini azaltmıştır. Maydanozların renginin çok değişmediği görülmüştür (Soysal, 2004).

Reyhan bitkisinin kurutma işlemi doğrudan değmeli kurutucuda iki farklı karıştırma sıklığı uygulanarak 45 °C sabit sıcaklıkta, etüvde 35 °C ve 45 °C sıcaklıkta, mikrodalga kurutucuda 280 W ve 595 W güçte gerçekleştirilmiştir. Güneşte ve gölgede kurutma yöntemlerinin reyhan bitkisinin kalite özelliklerini olumsuz etkilediği sonucuna varılmıştır. Reyhan bitkisinin farklı kurutma yöntemlerinde ve şartlarında kuruma davranışları incelenmiş olup mikrodalga kurutucuda daha kısa sürede kuruma işleminin gerçekleştiği görülmüştür fakat bu yöntem reyhan bitkisinin kalite değerleri için uygun değildir. 35 °C ve 45 °C sıcaklıkta etüvde kurutma yöntemi bitki için en uygun yöntem olarak belirlenmiştir (Polatçı ve Tarhan, 2009).

Yenidünya meyvesini 360 W, 540 W, 720 W ve 900 W gücünde mikrodalga kurutucuyla kurutma işlemi gerçekleştirilmiş olup güç sırasına göre 28, 15.5, 12 ve 10 dakika sürmüştür. Taze halinin renk değerlerine en yakın sonucu 360 W gücünde mikrodalga kurutma yönteminde görülmüştür. Yenidünya meyvesi ilk nem değeri %89.7 olup son nem değeri %10-13 olana dek kurutma işlemi devam etmiştir (Polatçı ve Taşova, 2018).

Elma kabuklarını, gölgede kurutma ve 400 W, 600 W, 800 W ve 1000 W gücünde mikrodalga kurutucuda kurutarak renk ve besin değerlerindeki değişiklikler belirlenmiştir. Çalışma sonucunda hem renk değerleri hem de besin değerleri açısından taze ürüne en yakın sonuçlara 400 W mikrodalga kurutucuda ulaşılmıştır (Alibaş ve ark., 2020).

Kütlesi 25 ± 3 g olan kuşburnu meyvelerinin numuneleri, etüvde 50°C, 60°C, 70°C kurutma sıcaklıklarında ve 360 W, 540 W, 720 W ve 900 W güçte mikrodalga kurutucuda ilk nem değerleri (yb) %68.31'den, son nem değerleri (yb) %10-13'e kadar kurutma

işlemine tabi tutulmuştur. Kurutma süreleri, içeriğindeki C vitamini değerleri ve renk değişimleri gözlemlenmiştir. Kurutma süresinin, mikrodalga kurutucuda güç arttıkça, etüvde ise sıcaklık arttıkça azaldığı tespit edilmiştir. En kısa kurutma süresi 9 dakika ile 900 W'da mikrodalga kurutmada gerçekleşirken en uzun kurutma süresi ise 16.5 saat ile 50°C'de konvektif kurutmada elde edilmiştir. Etüvde 60°C'de kurutulan ürünler ile mikrodalgada 720 W güçte kurutulan ürünlerin taze ürün renk değerlerine oldukça yakın olduğu tespit edilmiştir. Taze ürüne en yakın C vitamini değerleri ise etüvde 70°C kurutma yönteminde, mikrodalgada 900 W güç değerinde kurutma yönteminde elde edilmiştir. Kahverengileşme indeksi açısından taze ürüne en yakın değerleri 720 W güçte mikrodalga ile kurutma yönteminde vermiştir. Kahverengileşme indeksinin en düşük olduğu kurutma yöntemi ise 50°C'de konvektif kurutmadır. Toplam renk değişimi en düşük 360 W güçte mikrodalga ile kurutma yönteminde olmuştur. Diğer güçlerdeki mikrodalga kurutucularda olan renk değişimi konvektif kurutucularda yapılan kurutmalarındaki renk değişiminden daha az olmuştur (Taşova ve ark., 2019).

İlk nem değeri %78 (yb) olan alıç meyvesi mikrodalga kurutucuda sıcaklık kontrolleri yapılarak 50°C, 60°C ve 70°C sıcaklıkta son nem değeri %10-13 (yb) olana dek kurutulmuş olup sırasıyla 129, 66 ve 45 dakika sürmüştür. Kuruma kinetiği ve renk değerlerinin incelendiği bu çalışmada taze ürüne en yakın renk değerleri 70°C sıcaklıkta elde edilmiştir (Polatçı ve Taşova, 2017).

İlk nem değeri 69.58 ± 2.36 (yb) olan alıç meyvesi son nem değeri %12 olana dek 400 W, 640 W ve 800 W mikrodalga kurutucuda kurutma, 60°C, 80°C, 100°C ve 120°C sıcaklıklarda konveksiyonlu kurutma, -80°C'de dondurarak kurutma ve güneşte kurutma yöntemleriyle kurutulmuştur. Kurutma süresi, konveksiyonlu kurutma yönteminde sıcaklık değeri arttıkça azalmış olup 2.5-12 saat arasında sürmüştür. Mikrodalga kurutucuda kurutmada ise güç değerleri arttıkça kurutma süresi azalmış olup 10-19 dakika arası sürmüştür. Ayrıca dondurarak ve güneşte kurutma yöntemlerinde kurutma süresi sırasıyla 12 ve 36 saat sürmüştür. Bu çalışmada en kısa kurutma yönteminin mikrodalga kurutucuyla kurutma olduğu belirlenmiştir (Liu ve ark., 2019).

Sera tipi kurutucu, tıbbi ve aromatik bitkiler için yapılmış bir kurutma tekniğidir. Ada çayı, tıbbi nane ve şerbetçi otu için kurutucu yükleme yoğunluğu sırasıyla 40,50,50 kg/m² olarak belirlenmiştir. Maksimum ulaşılan kurutma sıcaklığı 45 °C olup kurutma sonunda ulaşılan nem değerleri sırasıyla %10, %10 ve %7 olmuştur. Adaçayında 9360 kJ/kg su; tıbbi nanede 8640 kJ/kg su ve şerbetçi otunda ise 5580 kJ/kg su olarak sera tipi kurutucudaki özgül enerji tüketimleri belirtilmiştir (Müller ve ark., 1989).

Reyhan bitkisine uygulanacak ön işlemlerin reyhan bitkisinde renk ve kurutma sürelerine olan etkisi incelenmiş olup uygulanan ön işlemler ayrı ayrı sırasıyla %2.5 etil olat ve %2.5 potasyum karbonat çözeltisine 2 dakika bandırılması ve 100 °C sıcaklıktaki buharda 15 saniye tutmak olmuştur. Ön işlemler bittikten sonra örnekler 1 m·s⁻¹ sabit hızdaki hava akımında 35, 40, 45, 50, 60, 70 ve 80°C sıcaklıklarda kurutulmuştur. Kurutmayı, 100 °C sıcaklıktaki buharda 15 saniye tutmak 10 kat artırırken, sırasıyla %2.5 etil olat ve %2.5 potasyum karbonat çözeltisine 2 dakika bandırılması 14 kat artırmıştır. Ön işlemsiz kurutulan reyhanda ise yüksek sıcaklıklarda kurutulduğunda kuruma süresi kısılmasına rağmen renklerinde değişiklik olmuştur. Ön işlem uygulandığında ise reyhan bitkisindeki klorofil tutumu arttığı için yeşil rengin kaybolması tüm kurutma sıcaklıklarında engellenmiştir (Rocha ve ark., 1993).

Konvektif kurutuculara ürün kurutulurken verilen toplam enerjinin tüketildiği kısımların istatistiki verileri incelenmiş olup elde edilen sonuçlar belirtilmiştir. %20-60'ının ürünlerdeki nemi buharlaştırmada, %5-25'inin materyalin ısıtılmasında geri kalan enerjinin ise %15-40'ının ısı kayıplarına, %3-10'unun kurutucu duvarlarından dış ortama olan ısı kayıplarına ve %5-20'sinin diğer nedenlere olan kayıplardır (Strumillo ve ark., 1995).

Asma yaprakları, 13 W g⁻¹ (650 W), 15 W g⁻¹ (750 W), ve 17 W g⁻¹ (850 W) güç yoğunluğunda mikrodalga kurutucuda %75.35 olan ilk nem değerinden %9.13 olana dek kurutuluyor. Kurutma işlemi 210-270 saniyede gerçekleşmiştir. Mikrodalga kurutucunun gücü arttıkça kurutma süresi azalmıştır. Asma yapraklarının renk değerleri ve askorbik asit içerikleri bakımından taze ürüne en yakın değeri veren kurutma işlemi 15 W g⁻¹ (750 W) güç yoğunluğundaki mikrodalga kurutucuda tespit edilmiştir (Alibaş, 2012).

Ispanak, kırmızı biber ve çay yaprakları; mikrodalga kurutucuda 180 W, 360 W, 540 W, 720 W ve 900 W güçte, mikrodalga- sıcak hava kombinasyonlu kurutucuda 180 W ve 540 W güçte 100 °C, 180 °C, 230 °C sıcaklıklarda ve sıcak havayla kurutma olarak 100 °C, 180 °C ve 230 °C sıcaklıklarda ayrı ayrı kurutulmuştur. Bu çalışmada mikrodalga kurutucuda güç seviyesinin artışı ürünlerin daha kısa sürede kurumasına sebep olmuştur. Mikrodalga- sıcak hava kombinasyonlu kurutmada ise güç ve sıcaklık artışı ürünlerin daha kısa sürede kurumasını sağlamıştır. Sıcak havayla kurutma işleminde ise sıcaklık artışı ürünlerin kuruma süresini kısaltmıştır. Ispanak bitkisinin yeşil renginin en iyi korunduğu kurutma yöntemi mikrodalga kurutucu ile yapılan kurutma yöntemi olup 100 °C ve üzerinde yapılan sıcak hava ile kurutma işlemlerinin renk kalitesini olumsuz etkilemiştir. Kırmızı biberin taze renk değerlerine en yakın sonuca 180 W güçte mikrodalga kurutucu ile kurutmada ulaşılmıştır. Çay yapraklarının renk kalitesi mikrodalga- sıcak havayla kurutma kombinasyonu ile yapılan kurutmalarda güç ve sıcaklık artışıyla olumsuz etkilenmiş olup tek başına mikrodalga ile kurutma işleminde güç artışı ürünün rengine etki etmemiştir ve yeşil rengini korumuştur. Çay yapraklarının mikrodalga kurutucuda kurutma işlemi diğer bitkiler ile yapılan kurutma işlemlerine göre büyük ekonomik kazanç sağlamıştır (Karaaslan, 2008).

Nane yaprakları, 1080 W/m² infrared radyasyon etkisinde ve 0.5, 1.0, 1.5 ve 2.0 m/s hava hızında ayrı ayrı kurutulmuştur. Yapılan kurutma işlemleri sonucunda kurutma havası hızı arttıkça kuruma süresi azalmakta, kurutma havası hızı azaldıkça kurutma süresi artmakta olduğu belirlenmiştir. Sabit hızdayken bir kuruma işleminin gerçekleşmediği fakat hava hızının farklı değerlerindeki tüm kurutma işlemlerinde ürünün ilk başlardaki kuruma hızının az bir süre artış gösterdiği daha sonrasında azalmaya başladığı gözlemlenmiştir. Kurutulan nane yapraklarının L*, a* ve b* değerlerinin taze nane yapraklarının renk değerlerinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Kocabıyık ve ark., 2008).

Defne yaprakları, bağıl nem değerleri %4-11 arasında tutularak, 40 °C, 45 °C ve 50 °C sıcaklıklarda ve hızları 1m/s ve 1.5 m/s olmak üzere kapalı devre ısı pompalı kurutucuda kurutulmuştur. Elde edilen sonuçlar dikkate alındığında kurutma sıcaklığı ve hızı arttığında ürünün kuruma süresi azalmaktadır. Ancak kalite bakımından incelendiğinde

ve enerji verimliliği durumu göz önüne alındığında 45 °C sıcaklık ve 1.5 m/s hız değerlerinin en uygun kurutma aralığı olduğu belirtilmiştir (Aktaş ve Gönen, 2014).

Çaşır mantarı, mikrodalga kurutucuda, sıcak havalı kabin tipi kurutucuda, güneşte açıkta kurutma, güneşte sergide kurutma ve güneş enerjisinden yararlanarak gölgede kurutma yöntemleriyle kurutulmuştur. Çaşır mantarının sıcak havalı kabin tipi kurutucularda daha kısa sürede kuruduğu belirlenmiş olup 180 W, 360 W, 600 W, 800 W güçte mikrodalga kurutucuda kurutma işleminin ürünlerin renklerini olumsuz etkilediği görülmüştür. Güneş enerjisinden faydalanarak yapılan kurutma yöntemlerinin ürünün doğal yapısına olumsuz bir etkisinin olmadığı görülmüş doğal yapısı bozulmamıştır (Lüle, 2014).

Mantarların kuruma kinetikleri ve rehidrasyonlarını belirlemek için yapılan çalışmada mikrodalga-vakum kurutma yöntemi ve konvektif olarak sıcak hava ile kurutma yöntemleri kullanılmıştır. Elde edilen kurutma verileri kullanılarak kinetik modellemeler yapılmış olup en uygun modelin Page modeli olduğu tespit edilmiştir (Giri ve diğ., 2007).

İlk nem değeri %68.31 (yb) olan kuşburnu meyvesini son nem değeri %10-15 olana dek sıcak hava sirkülasyonu olan bir kurutucuda 50°C, 60°C ve 70°C’de kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kurutma süresi sırasıyla 16.5, 7.5 ve 7 saat sürmüştür. Bu çalışma ince tabaka kurutma eşitliği olarak Midilli-Küçük, Yağcıoğlu ve Page kullanılmış olup en iyi sonucu Midilli-Küçük modeli vermiştir (Ergüneş ve Taşova, 2018).

Tıbbi ve aromatik bitkiler ilk çağlardan günümüze kadar birçok alanda kullanılmış olup yiyeceklerin lezzetlendirilmesi ve korunmasına etki eden baharat olarak, parfüm ve kozmetik ürünleri (cilt sağlığı, temizliği ve güzelliği) olarak, sağlık sektöründe ilaç olarak ve doğal boya üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Tıbbi ve aromatik bitkilerde bulunan sekonder metabolitler (alkaloitler, boyar maddeler, glikozitler ve uçucu yağlar), bitkilerin ilaç olarak kullanılmasında etkili temel maddeleri yapılarında bulunduklarının bir ispatıdır. Dünyada 20.000 civarında bitki tıbbi amaçlar için kullanılmaya elverişli olup 500’e yakın bitkinin ticaretinin yapıldığı bilinmektedir (Baydar, 2005).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü kurutma laboratuvarında Orta Karadeniz Bölgesi Samsun ili Bafra ilçesi şartlarında yetiştirilen kereviz bitkisinin yaprakları kullanılmıştır.

Denemelerde kullanılacak materyal yetiştiricisinden temin edilmiştir. Temin edilen materyal +4 °C sıcaklıkta buzdolabı şartlarında korunmuştur. 24 saat içerisinde materyaller işleme alınmıştır. İlk olarak saplarından ayrılarak temizlenmiştir. Homojen bir şekilde kaplara ayrıştırılmıştır. Hassas terazide tartımları yapıldıktan sonra etüvde 60 °C’ de 1 gün bekletilerek nem ortalamaları tespit edilmiştir. Daha sonraki günlerde etüv ve vakumlu etüvde 40 °C, 50 °C, 60 °C sıcaklıklarda ön işlemsiz ve ön işlemlili olarak kurutma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Ön işlem 720 W güçte mikrodalgada 1 dakika kurutularak gerçekleştirilmiştir. Denemeler 2024 yılının şubat ayında yapılmıştır.

Kereviz (*Apiumgraveolens*), Apiaceae (Maydonozgiller) familyasındandır. Ülkemizde birçok bölgede yetişmektedir. Kökleri ve yaprakları sebze olarak kullanılmakta olup keskin bir kokuya sahiplerdir. Yiyecek olarak tüketildiğinde bir yıllık, tohum olarak kullanıldığından iki yıllık bir bitkidir. Boyları bir metreye kadar ulaşabilmekte ve çiçekleri 2-3 mm çaplarındadır. Kereviz bitkisi krem rengine yakın beyaz renkte olup gövde ve yaprakları yeşil renktedir.

Kereviz yaprakları aromatik etkilerinden dolayı yemek çeşidi olarak çorbalarda, balık yemeklerinde, et yemeklerinde baharat olarak kullanılmakta olup ayrıyeten salatalara da karıştırabilir ve garnitür olarak çiğ tüketilebilir. Kerevizin tıbbi etkileri de aroması gibi etkili olup bir çok hastalıkta tedavi için kullanılmaktadır ve organları kuvvetlendirmektedir.



Şekil 3.1. Kereviz bitkisi (Anonim, 2024).



Şekil 3.2. Yaş kereviz bitkisi yaprağı

3.2. Yöntem

Çalışmada iki farklı kurutma yöntemi ve sıcaklık kullanılmıştır. Bunlar;

- 1- Etüvde kurutma,
- 2- Vakumlu Etüvde kurutma,

Kurutma işlemi, etüv ve vakumlu etüvde üç farklı sıcaklıkta, ön işlemsiz ve 720 W güçte mikrodalgada 1 dakika ön işlem uygulanarak yapılmıştır. Kurutma işleminde kullanılan sıcaklıklar (40 °C, 50 °C, 60 °C)' dir.

3.2.1.Kurutma yöntemleri ve ön işlem

Kurutma işlemleri gerçekleştirilip ayrıntılı incelemeleri yapılmadan önce her gerçekleştirilen deneme için uyguladığımız standart yöntemler aşağıdaki şekilde belirtilmiştir.

Kereviz temin edildikten sonra gövdelerinden ve saplarından yaprakları ayrılarak temizlenmiştir. Kereviz yaprakları, nem seviyesini belirlemek için 15-16 g olacak şekilde altı ayrı kaba homojen olarak dağıtılmıştır. Nem tayini, ŞİMŞEK marka ST-120 model etüvde 60 °C sıcaklıkta 24 saat kurutularak yapılmıştır. Taze kereviz yapraklarının nemi yaş baza göre $\%84 \pm 0,6$ olarak ölçülmüştür. Çalışmada amaçlanan yaş ürün nemini %9-12 nem seviyelerine düşürmektir. Her deneme için kullanılan kereviz yapraklarının bulunduğu altı kaptan dört tanesinin uygun ağırlığa ulaşması sonucu denemeler tamamlanmıştır. Kereviz yapraklarının tartılmasında 0,01 g hassasiyetindeki AND marka GF-3000 model elektronik terazi kullanılmıştır.



Şekil 3.3. Hassas terazi

3.2.1.1. Etüvde kurutma işlemi

Kullanılan etüv ŞİMŞEK marka ST-120 modeldir. Etüvde kurutma yapılırken folyo kaplar kullanılmıştır. Örnekler $15 \pm 0,9$ g olarak folyo kaplara hazırlanmıştır. Etüvde kurutma işlemi üç farklı sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Bu sıcaklıklar 40 °C, 50 °C ve 60 °C'dir. Bütün denemeler için taze kereviz yaprakları üç ayrı kaba homojen dağıtılmıştır.

Ön işlem görmüş ve ön işlem görmemiş olarak toplam altı kap etüve yerleştirilmiştir. Ön işlem uygulanan taze kereviz yaprakları etüvde kurutmaya başlamadan önce VESTEL marka ve MD-GD23 model mikrodalga kurutucuda 720 W güçte birer dakika işlem görmüştür. Etüvde kurutma işlemi yapılırken kaplardaki ağırlık kaybının belirlenmesi için ilk iki deneme yarım saatte bir diğer denemeler birer saatte bir tartım yapılmıştır.



Şekil 3.4. Etüvde 40 °C' de kurutma



Şekil 3.5. Etüvde 50 °C' de kurutma



Şekil 3.6. Etüvde 60 °C’ de kurutma

3.2.1.2. Vakumlu etüvde kurutma işlemi

Kullanılan vakumlu etüv CLS marka CLVO-64T modeldir. Vakumlu etüvde kurutma yapılırken folyo kaplar kullanılmıştır. Örnekler $15 \pm 0,9$ g olarak folyo kaplara hazırlanmıştır. Vakumlu etüvde kurutma işlemi üç farklı sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Bu sıcaklıklar 40 °C, 50 °C ve 60 °C’dir. Bütün denemeler için taze kereviz yaprakları üç ayrı kaba homojen dağıtılmıştır. Ön işlem görmüş ve ön işlem görmemiş olarak toplam altı kap vakumlu etüve yerleştirilmiştir. Ön işlem uygulanan taze kereviz yaprakları vakumlu etüvde kurutulmaya başlamadan önce VESTEL marka ve MD-GD23 model mikrodalga kurutucuda 720 W güçte birer dakika işlem görmüştür. Vakumlu etüvde kurutma işlemi yapılırken kaplardaki ağırlık kaybının belirlenmesi için ilk iki deneme yarım saatte bir diğer denemeler birer saatte bir tartım yapılmıştır.



Şekil 3.7. Vakumlu etüvde 40 °C' de kurutma



Şekil 3.8. Vakumlu etüvde 50 °C' de kurutma



Şekil 3.9. Vakumlu etüvde 60 °C’ de kurutma

3.2.1.3. Mikrodalgada ön işlem

Kullandığımız mikrodalga kurutucu VESTEL marka ve MD-GD23 modeldir. Taze kereviz yaprakları etüv ve vakumlu etüvde işlem görmeden önce 720 W güçte mikrodalgada 1 dakika kurutularak ön işleme tabi tutulmuştur.



Şekil 3.10. Mikrodalgada ön işlem



Şekil 3.11. Kurutulmuş kereviz bitkisi yaprağı



Şekil 3.12. Güç ölçer

Kurutma işlemlerinde enerji tüketim değerlerini ölçmek için Polaxtor marka PLX-15366 model güç ölçer (± 0.02 kWh) kullanılmıştır.

3.2.2. Renk analizi

Taze kereviz yapraklarının ve kurutulma işlemi tamamlanmış kereviz yapraklarının renk değerlerinin ölçümleri yapılmıştır. Renk ölçümlerinde MINOLTA marka CR300 model Renk Ölçer (Colorimeter) kullanılarak kereviz yapraklarına ait L*, a*, b* değerleri belirlenmiştir.

Kurutma işlemleri gerçekleşikten sonra elde edilen kurutulmuş kereviz yaprakları MINOLTA marka CR300 model bir renk ölçer ile ölçülmüş olup renk değerlerine ulaşılmıştır.



Şekil 3.13. Renk ölçer

“L*” değeri, ürünün parlaklık değerini belirtmektedir. 0 ile 100 arasında değerler ile belirtilmektedir. “L*”, 0 değerini siyah renkte alırken 100 değerini ise beyaz renkte almaktadır (McGuire, 1992).

“a*” değeri, ürünün yeşillik değerini belirtmektedir. “a*” değerlerinin pozitif olması kırmızılığı belirtirken negatif olması ise yeşil rengi belirtmektedir (McGuire, 1992).

“b*” değeri, ürünün sarılık değerini belirtmektedir. “b*” değerlerinin pozitif olması sarılığı belirtirken negatif olması ise maviliği belirtmektedir. (a* = 0 ve b* = 0) olması griliği belirtmektedir (McGuire, 1992).

Hue açısı, ürün renk değerlerinin 360°'lik bir renk radyantındaki yerini belirtmektedir. Sınır açısı değerlerinden 0°- 360° ; kırmızı, 90°; sarı, 180°; yeşil ve 270°; mavi ana renkleri temsil etmektedir (Alemrajabi ve ark., 2012).

Kroma değeri, rengin doygunluğunu belirtmektedir. Canlı, taze renklerdeki materyaller yüksek değerler almaktadır. Solgun, yıpranmış renklerdeki materyaller ise düşük değerler almaktadır (Ramallo ve Mascheroni, 2012).

Hue açısı ve kroma değeri aşağıdaki eşitliklerle hesaplanmıştır.

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

$$C^{*} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (2)$$

Kahverengileşme indeksi, kahverengi rengin saflığını belirtmektedir ve kahverengileşme reaksiyonlarının taze ürünlerin renginde oluşturduğu değişimleri tanımlamaktadır (Plou ve ark., 1999).

Kahverengileşme indeksi aşağıdaki eşitliklerle hesaplanmıştır;

$$BI = \frac{[100(x-0.31)]}{0.17} \quad (3)$$

Eşitlikte yer alan x değeri aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır;

$$x = \frac{(a+1.75L)}{(5.645L+a-3.012b)} \quad (4)$$

Toplam renk değişimi, taze ürünlerin kurutulması işlemlerinde ısıyla parçalanana (enzimatik olmayan) toplam renk pigmentlerinin değerini belirtmektedir (Tan ve ark., 2001). Toplam renk değişim değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır;

$$\Delta E = \sqrt{(L - L^*)^2 + (a - a^*)^2 + (b - b^*)^2} \quad (5)$$

3.2.3. Modelleme

Kereviz yapraklarının başlangıç nem içeriğini belirlemek için, homojen olarak kaplara dağıtılmış kereviz yaprakları 60°C sıcaklığa ayarlanmış etüvde ağırlık değişimleri sabitlenene kadar bekletilmiştir. Başlangıç nem içeriği aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$N_{k.b.} = \frac{M_i - M_f}{M_f} \times 100 \quad (6)$$

Burada: M_i ; İlk ağırlık (g), M_f ; son ağırlık (g), $N_{k.b.}$: g nem/g kuru madde.

Ürünlerin kuruma oran değerleri aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$DR = \frac{M_t - M_{(t+dt)}}{dt} \quad (7)$$

Burada: M_t ; t anındaki nem içeriği (g su/g kuruma madde), dt; dakika, DR; kuruma hızı (g su/g kuruma madde dakika).

Çalışmaların süreye bağlı kuruma oranları aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$MR = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} \quad (8)$$

Burada: MR; Nem oranı, M; Ürünün anlık nem içeriği (g nem/g kuru madde), Me; Ürünün denge nem içeriği (g nem/g kuru madde), Mo; Ürünün ilk nem içeriğidir (g nem/g kuru madde).

MR değerlerinin zamana göre değişimini gösteren eşitliklere ait olan parametreler Sigma Plot programında belirlenmiştir. Eşitlikler aşağıda verilmiştir.

$$\text{Midilli-Küçük} \quad MR = h \cdot \exp(-j \cdot (t/k)) + (m \cdot t) \quad (9)$$

$$\text{Jena-Das} \quad MR = k \cdot \exp(-h \cdot t + j \cdot (t/0.5) + m) \quad (10)$$

$$\text{Exponential Decay} \quad MR = a \cdot \exp(-b \cdot x) \quad (11)$$

3.2.4. İstatistikî analiz

Sigma Plot programı, çalışmada kullanılan tüm kurutma yöntemleri ve tüm sıcaklıklar için elde edilen kuruma eğrilerine model uydurmakta kullanılmıştır. Model için varyans analiz sonuçlarını, modelin kararlılık katsayısı (R^2) değerlerini ve modele ait parametrelerin sayısal değerlerini Sigma Plot programı vermiştir. SPSS programında Duncan testi yapılarak renk analiz sonuçlarına ulaşılmıştır ve elde edilen sonuçlar arasında farklılıkların olup olmadığı belirtilmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Bulgular

Taze kereviz yaprakları iki farklı kurutma yönteminde üç farklı sıcaklıkta (40 °C, 50 °C, 60 °C) kuruma işleminden geçmiştir. Bu kurutma yöntemleri; etüvde kurutma, vakumlu etüvde kurutmadır. Mikrodalga kurutucuda kurutma işlemi etüv ve vakumlu etüvde kurutma işleminden önce ön işlem uygulanması için 720 W güçte 1 dakika olarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan denemelere ait matematiksel modelleme, kurutma performans değerleri ve renk değerlerinin analizine ait sonuçlar aşağıda detaylı bir şekilde açıklanarak belirtilmiştir.

4.1.1. Kurutma performans değerleri

Çalışmamızda kereviz yaprakları etüvde kurutma, vakumlu etüvde kurutma yöntemleri ile kurutulmuştur. Mikrodalga kurutucuda kurutma ön işlem uygulaması olarak yapılmıştır ve 720 W güçte 1 dakika olarak gerçekleştirilmiştir. Denemelerdeki amaç %84±0.6 nem seviyesindeki taze kereviz yapraklarının yaş baza göre %9-12 nem seviyesine kadar kurutulmasıdır. Çizelge 4.1’de etüvde kurutmada ve vakumlu etüvde kurutmada 40 °C, 50 °C, 60 °C sıcaklıktaki N_{KB} ve N_{YB} değerleri ve kurutma işlemlerinin süreleri saat olarak verilmiştir.

Çizelge 4.1. Kurutulan kereviz bitkisi yapraklarının kuru nem, yaş nem değerleri ve kuruma süreleri

Kurutmada Kullanılan Yöntem	Kurutmada Kullanılan İşlem	Kurutma Sıcaklığı (°C)	N_{KB} (Kuru nem)	N_{YB} (Yaş nem)	Kuruma süreleri (Saat)
ETÜV	Kontrol	40	10.44	9.45	14.5
		50	10.57	9.56	8.5
		60	11.05	9.95	5.5
	Ön işlem	40	11.76	10.52	9.5
		50	11.27	10.13	6.5
		60	11.64	10.43	3.5
VAKUMLU ETÜV	Kontrol	40	11.27	10.13	15.5
		50	11.05	9.95	10.5
		60	10.42	9.43	5.5
	Ön işlem	40	11.41	10.24	10.5
		50	10.52	9.52	8.5
		60	11.11	10.00	4.5

Etüvde ön işlemsiz kurutma işleminde havanın sıcaklığı 40 °C, 50 °C ve 60 °C olarak ayarlanmıştır ve kurutma denemeleri bu şekilde yapılmıştır. Etüvde kurutma işlemi sıcaklık sıralamasına göre kuruma süreleri 14.5, 8.5 ve 5.5 saatte kesintisiz bir şekilde tamamlanmıştır. Bu kurutma yöntemlerinde yaş baza göre nem seviyeleri sırasıyla 9.45, 9.56 ve 9.95 olarak hesaplanmıştır.

Etüvde ön işlemlili kurutma işleminde havanın sıcaklığı 40 °C, 50 °C ve 60 °C olarak ayarlanmıştır ve kurutma denemeleri bu şekilde yapılmıştır. Etüvde kurutma işlemi sıcaklık sıralamasına göre kuruma süreleri 9.5, 6.5 ve 3.5 saatte kesintisiz bir şekilde tamamlanmıştır. Bu kurutma yöntemlerinde yaş baza göre nem seviyeleri sırasıyla 10.52, 10.13 ve 10.43 olarak hesaplanmıştır.

Vakumlu etüvde ön işlemsiz kurutma işleminde havanın sıcaklığı 40 °C, 50 °C ve 60 °C olarak ayarlanmıştır ve kurutma denemeleri bu şekilde yapılmıştır. Vakumlu etüvde kurutma işlemi sıcaklık sıralamasına göre kuruma süreleri 15.5, 10.5 ve 5.5 saatte kesintisiz bir şekilde tamamlanmıştır. Bu kurutma yöntemlerinde yaş baza göre nem seviyeleri sırasıyla 10.13, 9.95 ve 9.43 olarak hesaplanmıştır.

Vakumlu etüvde ön işlemli kurutma işleminde havanın sıcaklığı 40 °C, 50 °C ve 60 °C olarak ayarlanmıştır ve kurutma denemeleri bu şekilde yapılmıştır. Vakumlu etüvde kurutma işlemi sıcaklık sıralamasına göre kuruma süreleri 10.5, 8.5 ve 4.5 saatte kesintisiz bir şekilde tamamlanmıştır. Bu kurutma yöntemlerinde yaş baza göre nem seviyeleri sırasıyla 10.24, 9.52 ve 10.00 olarak hesaplanmıştır.

En hızlı kuruma işleminin etüvde ön işlemli 60 °C sıcaklık değerinde kurutmada olduğu görülmekte olup en fazla sürede kurumanın ise vakumlu etüvde ön işlemsiz 40 °C sıcaklık değerinde kurutmada gerçekleştiği görülmektedir. 720 W güçte mikrodalga kurutucuda 1 dakika ön işlem uygulanması kuruma sürelerini kısaltmıştır.

4.1.2. Modelleme

Kuruma eğrisini, kurutulan ürünün nem seviyesinin zaman içindeki değişimleri oluşturmaktadır. Kuruma eğrisinin başlangıç zamanı 1 değerinde başlar ve başlangıçta hızlı bir şekilde etkileşime uğrayarak sıfır değerine doğru azalır. Sıfır değeri üründe hiç nem kalmadığında elde edilir. Bu çalışmada kuruma eğrisini tanımlamak için Midilli-Küçük, Jena-Das ve Exponential Decay eşitlikleri kullanılmıştır. Eşitliklerin parametreleri Sigma Plot programı kullanılarak elde edilmiştir. Sigma Plot programı kuruma eğrisi dışında model varyans analiz sonuçlarını ve kararlılık katsayısı (R^2) değerini vermektedir.

Modelleme işleminde kullanılan Midilli-Küçük, Jena-Das, Exponential Decay eşitliklerinin parametre değerleri ve varyans analizi sonuçlarında elde edilen p değerleri sırasıyla aşağıda Çizelge 4.2, 4.3 ve 4.4' te verilmiştir. Ayrıca çizelgelerde, kararlılık

katsayısı (R^2) değerleri de verilmiştir. Çizelgelerde yer alan değerler aşağıda ayrıntılı şekilde açıklanarak belirtilmiştir.

Çizelge 4.2. Midilli-Küçük eşitliği parametrelerinin sayısal değerleri ve modele ait R^2 ve P Değerleri

Kurutmada Kullanılan Yöntem	Kurutmada Kullanılan İşlem	Kurutma Sıcaklığı (°C)	k	h	j	m	R^2	P
ETÜV	Kontrol	40	0.7162	0.9977	0.1659	-0.0222	0.9995	<0.0001
		50	0.6184	0.9984	0.2430	-0.0456	0.9997	<0.0001
		60	0.6726	0.9985	0.5476	-0.0301	0.9993	<0.0001
	Ön işlem	40	0.2604	0.9995	0.5800	-0.0363	0.9982	<0.0001
		50	0.3467	0.9995	0.7042	-0.0390	0.9986	<0.0001
		60	0.2212	1.000	1.0177	-0.0696	0.9998	<0.0001
VAKUMLU ETÜV	Kontrol	40	0.7089	0.9959	0.1867	-0.0166	0.9997	<0.0001
		50	0.7490	1.0005	0.2426	-0.0218	0.9998	<0.0001
		60	0.7197	0.9978	0.4943	-0.0314	0.9987	<0.0001
	Ön işlem	40	0.1299	1.000	0.5538	-0.0440	0.9996	<0.0001
		50	0.2886	0.9994	0.6278	-0.0365	0.9979	<0.0001
		60	0.3064	0.9999	1.0152	-0.0418	0.9990	<0.0001

Çizelge 4.2’de verilen “k” değerleri, kurutma ortamlarına, yöntemlerine ve şartlarına bağlı olarak 0.7490 ile 0.1299 arasında bulunmuştur. En düşük “k” değeri ön işlemlili 40 °C sıcaklıkta vakumlu etüv kurutmada elde edilirken en yüksek değer ise ön işlemsiz 50 °C sıcaklıkta vakumlu etüv kurutmada elde edilmiştir.

“h” değeri, kurutma ortamlarına, yöntemlerine ve şartlarına bağlı olarak 1.0005 ile 0.9977 arasında bulunmuştur. En düşük “h” değeri ön işlemsiz 40 °C sıcaklıkta etüv kurutmada elde edilirken en yüksek değer ise ön işlemsiz 50 °C sıcaklıkta vakumlu etüv kurutmada elde edilmiştir.

“j” değeri, kurutma ortamlarına, yöntemlerine ve şartlarına bağlı olarak 1.0177 ile 0.1659 arasında bulunmuştur. En düşük “j” değeri ön işlemsiz 40 °C sıcaklıkta etüv kurutmada

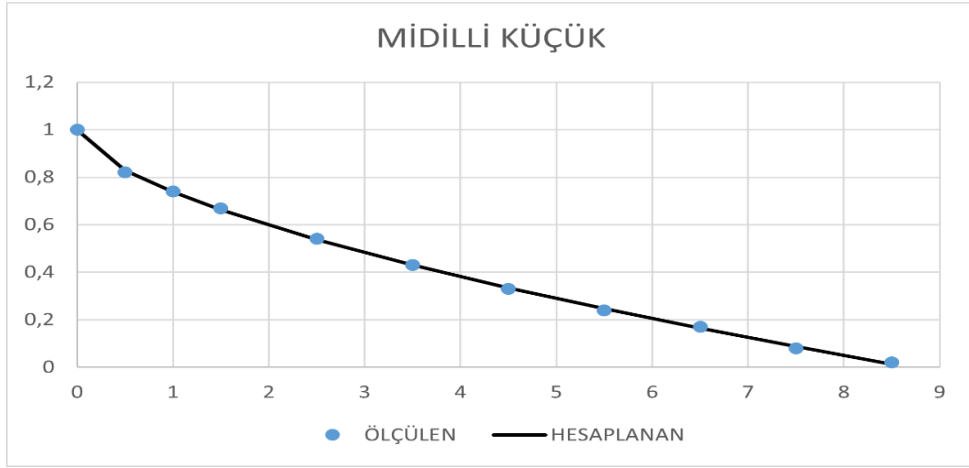
elde edilirken en yüksek değer ise ön işlemli 60 °C sıcaklıkta etüv kurutmada elde edilmiştir.

“m” değeri, kurutma ortamlarına, yöntemlerine ve şartlarına bağlı olarak -0.0222 ile -0.0696 arasında bulunmuştur. En düşük “m” değeri ön işlemli 60 °C sıcaklıkta etüv kurutmada elde edilirken en yüksek değer ise ön işlemsiz 40 °C sıcaklıkta etüv kurutmada elde edilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre elde edilen p değeri 0.0001 değerinin altında çıkmalıdır. Bütün kurutma yöntemleri için p değeri 0.0001’in altındadır. Modelin yeterlilik kriterini geçebilmesi için bu gereklidir. Bu sonuçlara göre Midilli-Küçük eşitliği bütün kurutma yöntemlerine ait kuruma eğrilerini tanımlamada istatistikî olarak çok önemli bulunmuştur.

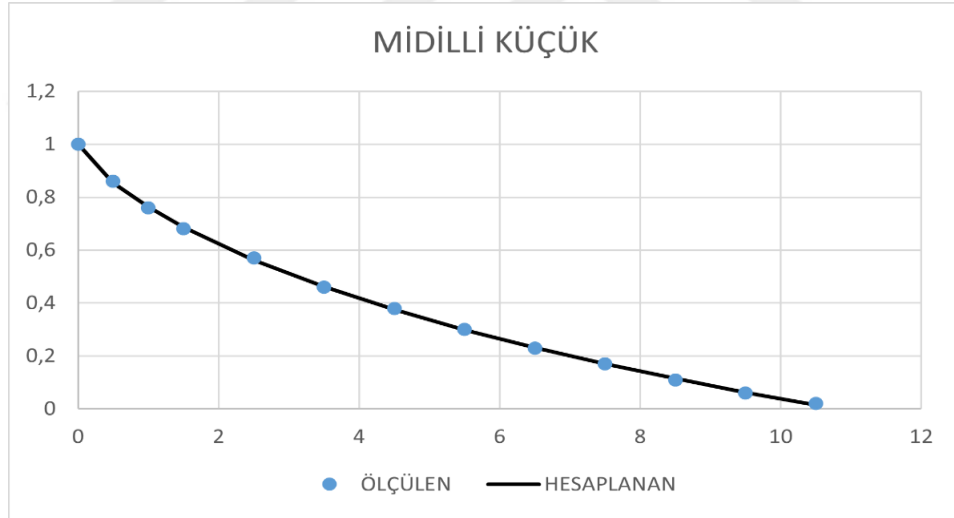
“p” değerleri uygun seviyede elde edilmiştir ve sonucunda kararlılık katsayısı (R^2) değerleri incelenmiştir. Modelde gerçek ve tahmini değerlerin tam olarak birbirinin aynısı olması halinde R^2 değerleri 1’dir. Elde edilen R^2 değerleri 1’e çok yakındır. Bu bilgilere göre Midilli-Küçük eşitliği elde ettiğimiz verileri çok iyi derecede tanımlamaktadır. R^2 değerlerine göre kullanılan Midilli-Küçük eşitliği etüvde ön işlemli 60 °C sıcaklıkta kurutmada, vakumlu etüvde ön işlemsiz 50 °C sıcaklıkta kurutmada en iyi sonuçları vermiştir. En kötü sonucu ise vakumlu etüv ön işlemli 50 °C sıcaklıkta kurutma işleminde vermiştir.

Aşağıdaki dört şekilde, kurutma yöntemlerine ait gerçek ve tahmini nem seviyelerinin zamana göre değişimleri verilmiştir. Bu dört şekilde; (şekil 4.1, 4.2, 4.3, 4.4) noktalama ile gösterilen değerler gerçek değerleri, düz çizgi ile gösterilen değerler ise Midilli-Küçük eşitliği kullanılarak tahmin edilen nem seviyelerini göstermektedir.



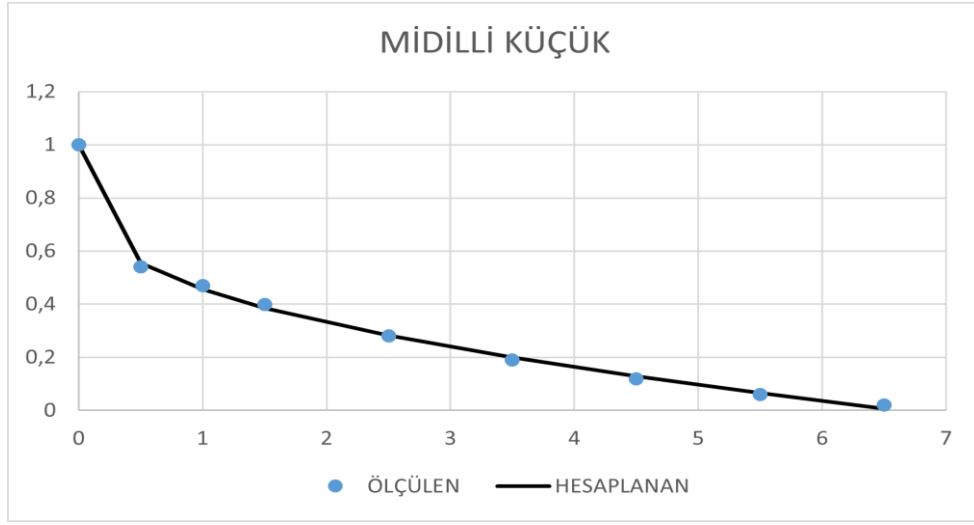
Şekil 4.1. Etüv ön işlemsiz 50 °C’ de kurutmada gerçek ve tahmini nem seviyeleri

Şekil 4.1’ de etüv ön işlemsiz 50 °C’ de gerçekleşen kurutmada zamana bağlı nem seviyeleri verilmiştir. Elde edilen verilere göre gerçek ve tahmini değerler birbirine çok yakındır. Denemenin ilk zamanlarında ürün hızlı bir şekilde nem kaybetmiştir. İstenilen değerlere ulaşılması 9 saate yakın sürmüştür.



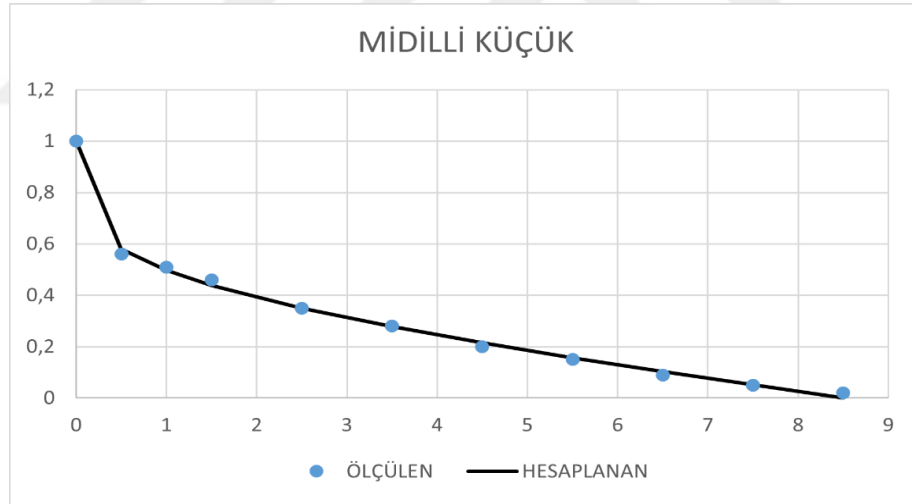
Şekil 4.2. Vakumlu etüv ön işlemsiz 50 °C’ de kurutmada gerçek ve tahmini nem seviyeleri

Şekil 4.2’ de vakumlu etüv ön işlemsiz 50 °C’ de gerçekleşen kurutmada zamana bağlı nem seviyeleri verilmiştir. Elde edilen verilere göre gerçek ve tahmini değerler birbirine çok yakındır. İstenilen değerlere ulaşılması 11 saate yakın sürmüştür.



Şekil 4.3. Etüv ön işlemlili 50 °C’ de kurutmada gerçek ve tahmini nem seviyeleri

Şekil 4.3’ te etüv ön işlemlili 50 °C’ de gerçekleşen kurutmada zamana bağlı nem seviyeleri verilmiştir. Elde edilen verilere göre gerçek ve tahmini değerler birbirine çok yakındır. İstenilen değerlere ulaşması 7 saate yakın sürmüştür.



Şekil 4.4. Vakumlu etüv ön işlemlili 50 °C’ de kurutmada gerçek ve tahmini nem seviyeleri

Şekil 4.4’ te vakumlu etüv ön işlemlili 50 °C’ de gerçekleşen kurutmada zamana bağlı nem seviyeleri verilmiştir. Elde edilen verilere göre gerçek ve tahmini değerler birbirine çok yakındır. İstenilen değerlere ulaşması 9 saate yakın sürmüştür.

Çizelge 4.3. Jena-Das eşitliği parametrelerinin sayısal değerleri ve modele ait R² ve P değerleri

Kurutmada Kullanılan Yöntem	Kurutmada Kullanılan İşlem	Kurutma Sıcaklığı (°C)	k	h	J	M	R ²	p
ETÜV	Kontrol	40	0.9989	0.4843	0.6468	-0.0063	0.9844	<0.0001
		50	0.9950	0.5367	0.5421	-0.0100	0.9844	<0.0001
		60	0.9838	0.6705	0.2745	-0.0188	0.9908	<0.0001
	Ön işlem	40	0.9126	0.5569	0.5016	-0.0894	0.9305	<0.0001
		50	0.9423	0.6736	0.2684	-0.0562	0.9449	<0.0001
		60	0.9746	1.0369	-0.4594	-0.0196	0.9507	<0.0001
VAKUMLU ETÜV	Kontrol	40	0.9890	0.4816	0.6523	-0.0156	0.9895	<0.0001
		50	0.9956	0.5206	0.5743	-0.0091	0.9908	<0.0001
		60	0.9898	0.6568	0.3018	-0.0135	0.9920	<0.0001
	Ön işlem	40	0.8957	0.5261	0.5634	-0.1082	0.9070	<0.0001
		50	0.9201	0.5909	0.4337	-0.0802	0.9323	<0.0001
		60	0.9651	0.9344	-0.2506	-0.0266	0.9436	<0.0001

Çizelge 4.3’ te verilen “k” değerleri, kurutma ortamlarına, yöntemlerine ve şartlarına bağlı olarak 0.9989 ile 0.8957 arasında bulunmuştur. En düşük “k” değeri ön işlemlili 40 °C sıcaklıkta vakumlu etüv kurutmada elde edilirken en yüksek değer ise ön işlemsiz 40 °C sıcaklıkta etüv kurutmada elde edilmiştir.

“h” değeri, kurutma ortamlarına, yöntemlerine ve şartlarına bağlı olarak 1.0369 ile 0.4816 arasında bulunmuştur. En düşük “h” değeri ön işlemsiz 40 °C sıcaklıkta vakumlu etüv kurutmada elde edilirken en yüksek değer ise ön işlemlili 60 °C sıcaklıkta etüv kurutmada elde edilmiştir.

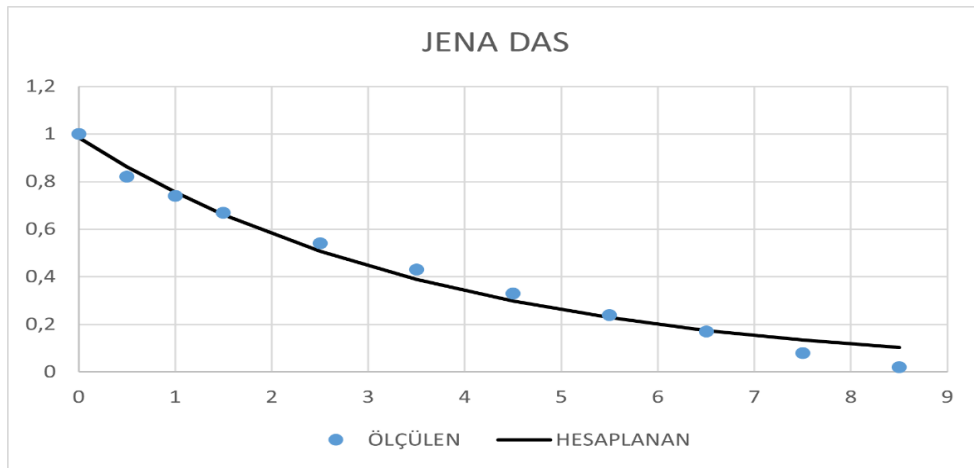
“j” değeri, kurutma ortamlarına, yöntemlerine ve şartlarına bağlı olarak 0.6523 ile -0.4594 arasında bulunmuştur. En düşük “j” değeri ön işlemlili 60 °C sıcaklıkta etüv kurutmada elde edilirken en yüksek değer ise ön işlemsiz 40 °C sıcaklıkta vakumlu etüv kurutmada elde edilmiştir.

“m” değeri, kurutma ortamlarına, yöntemlerine ve şartlarına bağlı olarak -0.0063 ile -0.1082 arasında bulunmuştur. En düşük “m” değeri ön işlemlı 40 °C sıcaklıkta vakumlu etüv kurutmada elde edilirken en yüksek değeri ise ön işlemsiz 40 °C sıcaklıkta etüv kurutmada elde edilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre elde edilen p değeri 0.0001 değerinin altında çıkmaktadır. Bütün kurutma yöntemleri için p değeri 0.0001’in altındadır. Modelin yeterlilik kriterini geçebilmesi için bu gereklidir. Bu sonuçlara göre Jena-Das eşitliği bütün kurutma yöntemlerine ait kuruma eğrilerini tanımlamada istatistikî olarak önemli bulunmuştur.

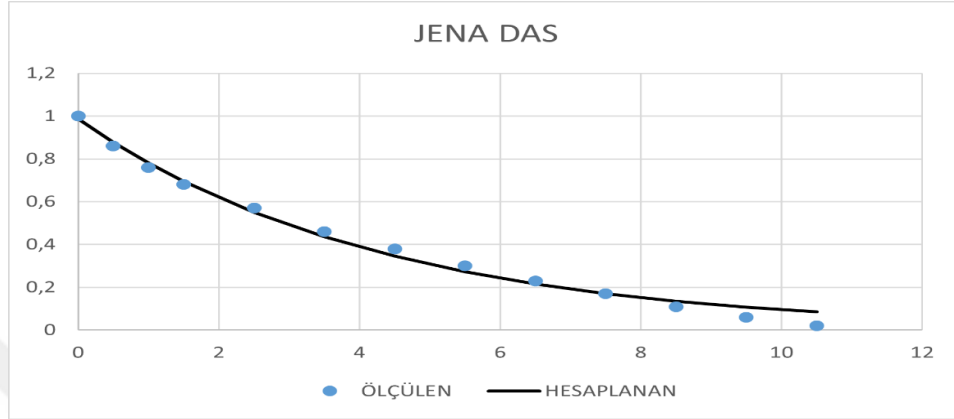
“p” değerleri uygun seviyede elde edilmiştir ve sonucunda kararlılık katsayısı (R^2) değerleri incelenmiştir. Modelde gerçek ve tahmini değerlerin tam olarak birbirinin aynısı olması halinde R^2 değerleri 1’dir. Elde edilen R^2 değerleri 1’e yakın bulunmuştur. Bu bilgilere göre Jena-Das eşitliği elde ettiğimiz verileri iyi derecede tanımlamaktadır. R^2 değerlerine göre kullanılan Jena-Das eşitliği etüvde ön işlemsiz 60 °C sıcaklıkta kurutmada, vakumlu etüvde ön işlemsiz 60 °C sıcaklıkta kurutmada en iyi sonuçları vermiştir. En kötü sonucu ise vakumlu etüv ön işlemlı 40 °C sıcaklıkta kurutma işleminde vermiştir.

Aşağıdaki dört şekilde, kurutma yöntemlerine ait gerçek ve tahmini nem seviyelerinin zamana göre değişimleri verilmiştir. Bu dört şekilde; (Şekil 4.5, 4.6, 4.7, 4.8) noktalama ile gösterilen değerler gerçek değerleri, düz çizgi ile gösterilen değerler ise Jena-Das eşitliği kullanılarak tahmin edilen nem seviyelerini göstermektedir.



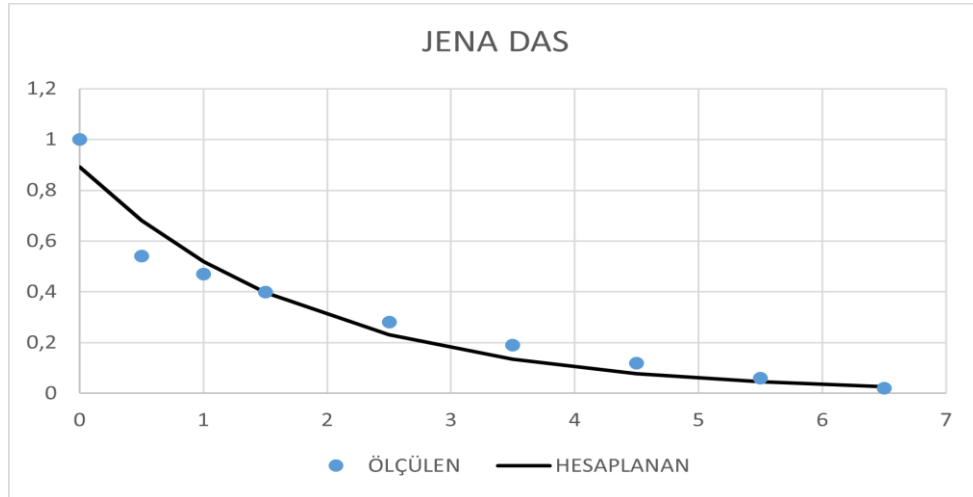
Şekil 4.5. Etüv ön işlemsiz 50 °C’ de kurutmada gerçek ve tahmini nem seviyeleri

Şekil 4.5’ te etüv ön işlemsiz 50 °C’ de gerçekleşen kurutmada zamana bağlı nem seviyeleri verilmiştir. Elde edilen verilere göre gerçek ve tahmini değerler arasında farklılık görülmüştür. Denemenin ilk kısımlarında ürün hızlı bir şekilde nem kaybetmiştir. Bunun dışında istenilen veriler genel olarak istenilen biçimdedir.



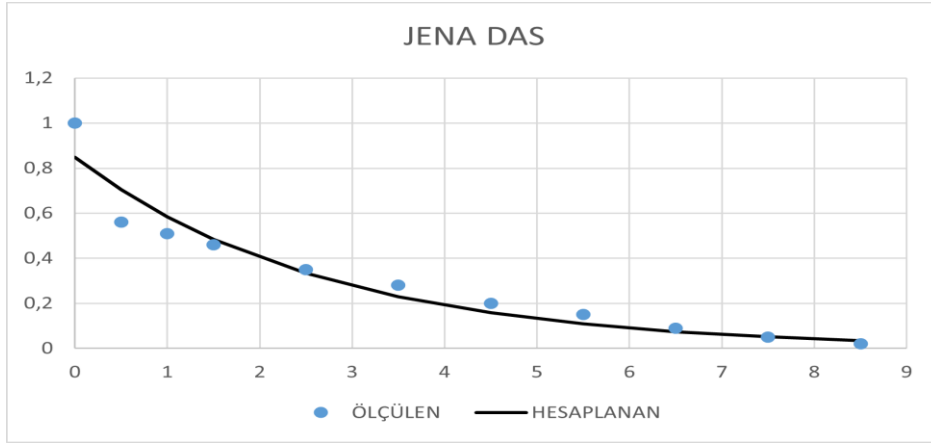
Şekil 4.6. Vakumlu etüv ön işlemsiz 50 °C’ de kurutmada gerçek ve tahmini nem seviyeleri

Şekil 4.6’ da vakumlu etüv ön işlemsiz 50 °C’ de gerçekleşen kurutmada zamana bağlı nem seviyeleri verilmiştir. Elde edilen verilere göre gerçek ve tahmini değerler arasında farklılık görülmüştür. Bunun dışında istenilen veriler genel olarak istenilen biçimdedir.



Şekil 4.7. Etüv ön işlemlili 50 °C’ de kurutmada gerçek ve tahmini nem seviyeleri

Şekil 4.7’ de etüv ön işlemlili 50 °C’ de gerçekleşen kurutmada zamana bağlı nem seviyeleri verilmiştir. Elde edilen verilere göre gerçek ve tahmini değerler arasında farklılık görülmüştür. İstenilen değerlere ulaşması 7 saate yakın sürmüştür.



Şekil 4.8. Vakumlu etüv ön işlemlili 50 °C’ de kurutmada gerçek ve tahmini nem seviyeleri

Şekil 4.8’ de vakumlu etüv ön işlemlili 50 °C’ de gerçekleşen kurutmada zamana bağlı nem seviyeleri verilmiştir. Elde edilen verilere göre gerçek ve tahmini değerler arasında farklılık görülmüştür. İstenilen değerlere ulaşması 9 saate yakın sürmüştür.

Çizelge 4.4. Exponential Decay eşitliği parametrelerinin sayısal değerleri ve modele ait R² ve P değerleri

Kurutmada Kullanılan Yöntem	Kurutmada Kullanılan İşlem	Kurutma Sıcaklığı (°C)	k	h	R ²	p
ETÜV	Kontrol	40	0.9926	0.1610	0.9844	<0.0001
		50	0.9852	0.2656	0.9844	<0.0001
		60	0.9655	0.5333	0.9908	<0.0001
	Ön işlem	40	0.8346	0.3062	0.9305	<0.0001
		50	0.8909	0.5396	0.9449	<0.0001
		60	0.9559	1.2678	0.9507	<0.0001
VAKUMLU ETÜV	Kontrol	40	0.9737	0.1554	0.9895	<0.0001
		50	0.9865	0.2334	0.9908	<0.0001
		60	0.9766	0.5060	0.9920	<0.0001
	Ön işlem	40	0.8040	0.2445	0.9070	<0.0001
		50	0.8494	0.3743	0.9323	<0.0001
		60	0.9398	1.0602	0.9436	<0.0001

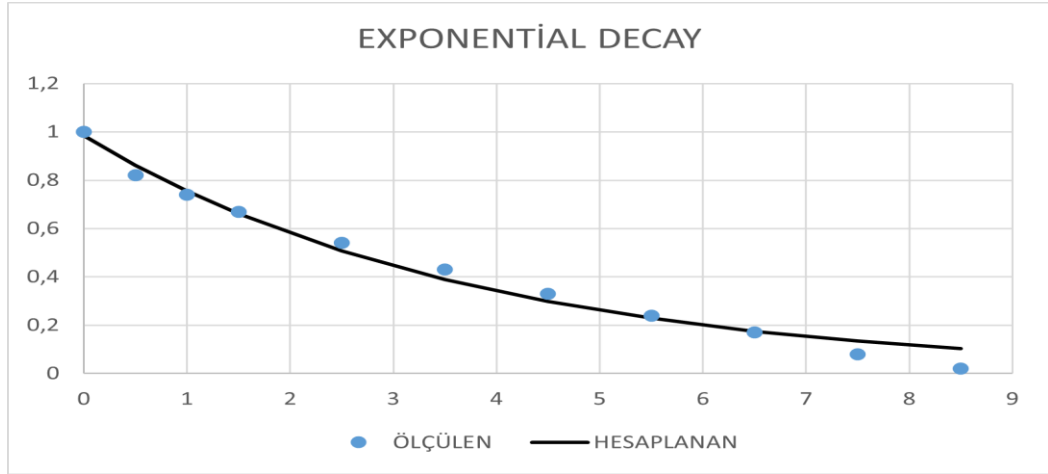
Çizelge 4.4’ te verilen “k” değerleri, kurutma ortamlarına, yöntemlerine ve şartlarına bağlı olarak 0.9926 ile 0.8040 arasında bulunmuştur. En düşük “k” değeri ön işlemlili 40 °C sıcaklıkta vakumlu etüv kurutmada elde edilirken en yüksek değeri ise ön işlemsiz 40 °C sıcaklıkta etüv kurutmada elde edilmiştir.

“h” değeri, kurutma ortamlarına, yöntemlerine ve şartlarına bağlı olarak 1.2678 ile 0.1554 arasında bulunmuştur. En düşük “h” değeri ön işlemsiz 40 °C sıcaklıkta vakumlu etüv kurutmada elde edilirken en yüksek değeri ise ön işlemlili 60 °C sıcaklıkta etüv kurutmada elde edilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre elde edilen p değeri 0.0001 değerinin altında çıkmalıdır. Bütün kurutma yöntemleri için p değeri 0.0001’in altındadır. Modelin yeterlilik kriterini geçebilmesi için bu gereklidir. Bu sonuçlara göre Exponential Decay eşitliği bütün kurutma yöntemlerine ait kuruma eğrilerini tanımlamada istatistikî olarak önemli bulunmuştur.

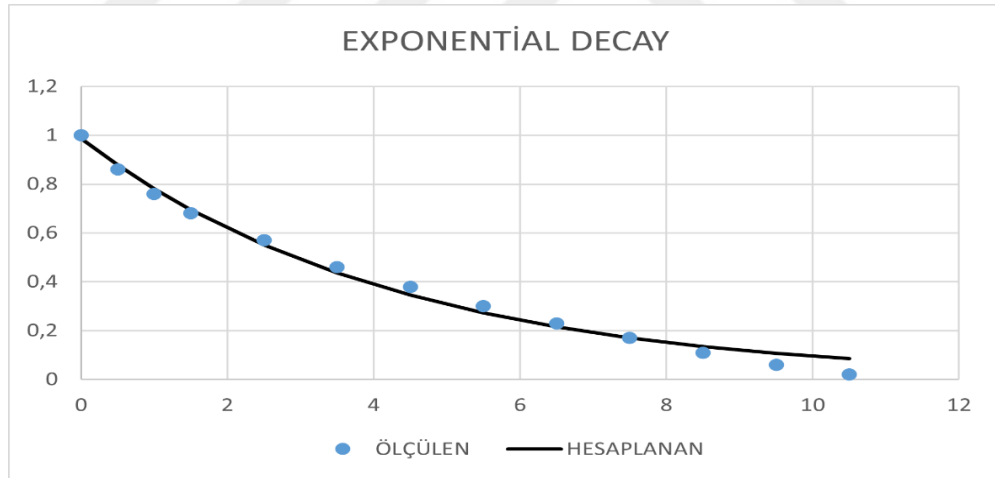
“p” değerleri uygun seviyede elde edilmiştir ve sonucunda kararlılık katsayısı (R^2) değerleri incelenmiştir. Modelde gerçek ve tahmini değerlerin tam olarak birbirinin aynısı olması halinde R^2 değerleri 1’dir. Elde edilen R^2 değerleri 1’e yakın bulunmuştur. Bu bilgilere göre Exponential Decay eşitliği elde ettiğimiz verileri iyi derecede tanımlamaktadır. R^2 değerlerine göre kullanılan Exponential Decay eşitliği etüvde ön işlemsiz 60 °C sıcaklıkta kurutmada, vakumlu etüvde ön işlemsiz 60 °C sıcaklıkta kurutmada en iyi sonuçları vermiştir. En kötü sonucu ise vakumlu etüv ön işlemlili 40 °C sıcaklıkta kurutma işleminde vermiştir.

Aşağıdaki dört şekilde, kurutma yöntemlerine ait gerçek ve tahmini nem seviyelerinin zamana göre değişimleri verilmiştir. Bu dört şekilde; (Şekil 4.9, 4.10, 4.11, 4.12) noktalama ile gösterilen değerler gerçek değerleri, düz çizgi ile gösterilen değerler ise Exponential Decay eşitliği kullanılarak tahmin edilen nem seviyelerini göstermektedir.



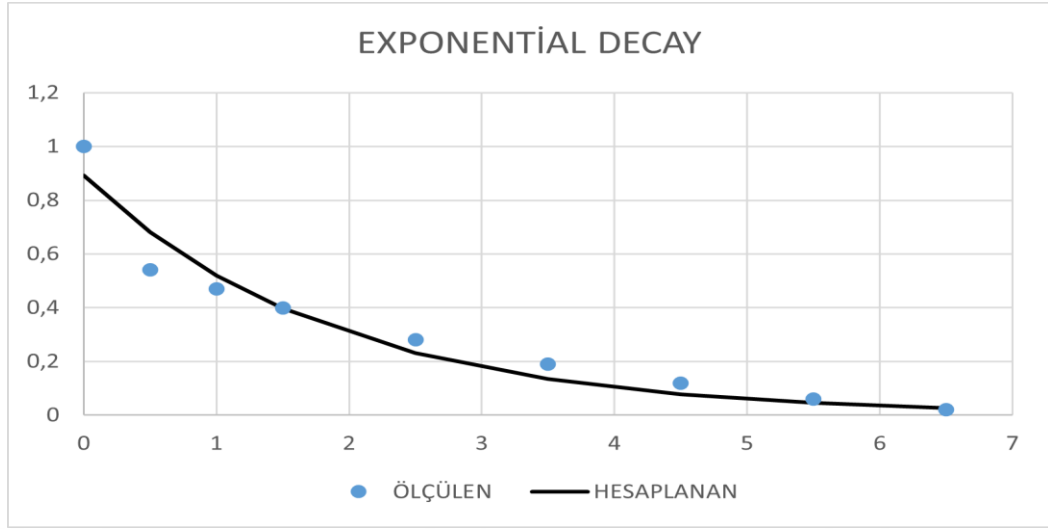
Şekil 4.9. Etüv ön işlemsiz 50 °C’ de kurutmada gerçek ve tahmini nem seviyeleri

Şekil 4.9’ da etüv ön işlemsiz 50 °C’ de gerçekleşen kurutmada zamana bağlı nem seviyeleri verilmiştir. Elde edilen verilere göre gerçek ve tahmini değerler arasında farklılık görülmüştür. Denemenin ilk kısımlarında ürün hızlı bir şekilde nem kaybetmiştir. Bunun dışında istenilen veriler genel olarak istenilen biçimdedir.



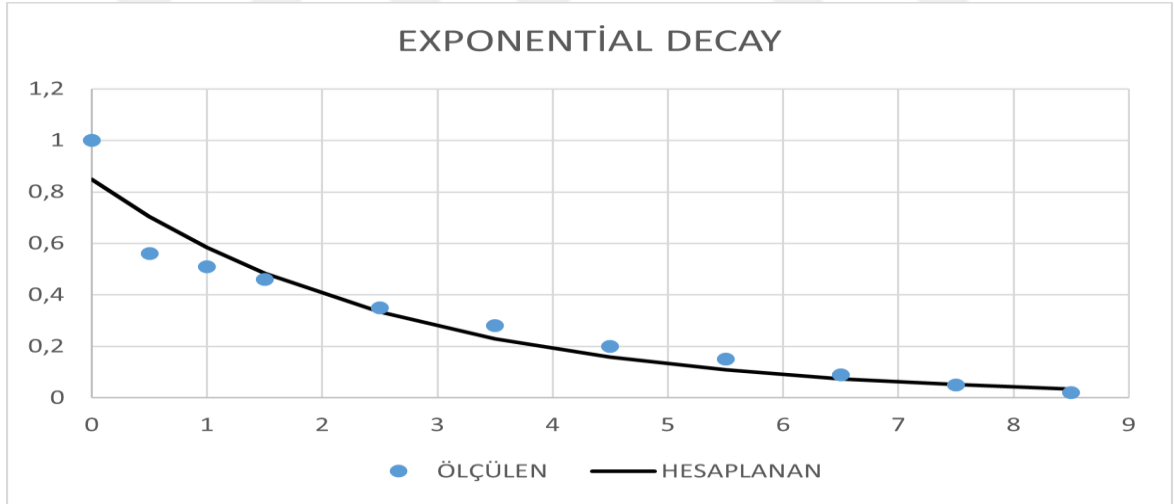
Şekil 4.10. Vakumlu etüv ön işlemsiz 50 °C’ de kurutmada gerçek ve tahmini nem seviyeleri

Şekil 4.10’ da vakumlu etüv ön işlemsiz 50 °C’ de gerçekleşen kurutmada zamana bağlı nem seviyeleri verilmiştir. Elde edilen verilere göre gerçek ve tahmini değerler arasında farklılık görülmüştür. Bunun dışında istenilen veriler genel olarak istenilen biçimdedir.



Şekil 4.11. Etüv ön işlemlili 50 °C’ de kurutmada gerçek ve tahmini nem seviyeleri

Şekil 4.11’ de etüv ön işlemlili 50 °C’ de gerçekleşen kurutmada zamana bağlı nem seviyeleri verilmiştir. Elde edilen verilere göre gerçek ve tahmini değerler arasında farklılık görülmüştür. İstenilen değerlere ulaşması 7 saate yakın sürmüştür.



Şekil 4.12. Vakumlu etüv ön işlemlili 50 °C’ de kurutmada gerçek ve tahmini nem seviyeleri

Şekil 4.12’ de vakumlu etüv ön işlemlili 50 °C’ de gerçekleşen kurutmada zamana bağlı nem seviyeleri verilmiştir. Elde edilen verilere göre gerçek ve tahmini değerler arasında farklılık görülmüştür. İstenilen değerlere ulaşması 9 saate yakın sürmüştür.

Çizelge 4.5. Enerji tüketim değerleri

Kurutmada Kullanılan Yöntem	Kurutmada Kullanılan İşlem	Kurutma Sıcaklığı (°C)	Kurutma gücü (kWh)
ETÜV	Kontrol	40	0.521
		50	0.452
		60	0.405
	Ön işlem	40	0.346
		50	0.343
		60	0.258
VAKUMLU ETÜV	Kontrol	40	3.207
		50	2.391
		60	1.28
	Ön işlem	40	2.177
		50	1.941
		60	1.032

Çizelge 4.5' i incelediğimizde en az enerji ihtiyacı etüvde ön işlemlili 60 °C sıcaklıkta kurutmada gerçekleşmiştir. En fazla enerji tüketimi ise vakumlu etüvde ön işlemsiz 40 °C sıcaklıkta kurutmada gerçekleşmiştir. Enerji tüketimi kuruma işleminin süresiyle doğru orantılı olduğu için sıcaklık değerinin artışı ve ön işlem uygulanmış olması daha az enerji tüketmeyi sağlamaktadır.

4.1.3. Renk analizi

MINOLTA (CR300) Renk Ölçer (Colorimeter) kullanılarak renk analizi işlemi gerçekleştirilmiştir. Renk analizini yapabilmek için kurutulmuş kereviz yapraklarından 10'ar adet değer ölçülmüştür ve kullanılmıştır. Analizlerin sonucunda ölçülen L*, a* ve b* değerleri kullanılmış olup formüller üzerinden Kroma değerleri (C*), Hue açısı (h°) ve BI değerleri hesaplanmıştır. Çizelge 4.6'da renk analizleri sonucunda ölçülen değerler, SPSS programında Duncan testine tabi tutularak kurutma yöntemleri arasındaki farklar verilmiştir. Çizelge 4.7'de ise renk analizinde hesaplanan değerler verilmiştir.

Çizelge 4.6. Renk analizinde ölçülen değerler

Kurutmada Kullanılan Yöntem	Kurutmada Kullanılan İşlem	Kurutma Sıcaklığı (°C)	L*(Parlaklık)	a*(Yeşillik)	b*(Sarılık)
TAZE			32.265 ^{ef}	-5.906 ^{bcd}	8.654 ^{def}
ETÜV	Kontrol	40	36.535 ^{bcd}	-6.818 ^{de}	10.868 ^{bc}
		50	41.117 ^a	-5.858 ^{bcd}	12.804 ^{ab}
		60	38.515 ^{ab}	-4.316 ^a	12.371 ^{abc}
	Ön işlem	40	30.344 ^{ef}	-5.091 ^{abc}	8.329 ^{ef}
		50	32.662 ^{def}	-6.289 ^{cde}	10.642 ^{bcd}
		60	31.881 ^{ef}	-6.3 ^{cde}	10.328 ^{cde}
VAKUMLU ETÜV	Kontrol	40	37.457 ^{abc}	-6.016 ^{cd}	11.281 ^{bc}
		50	41.54 ^a	-7.682 ^{ef}	13.439 ^a
		60	39.363 ^{ab}	-8.479 ^f	13.919 ^a
	Ön işlem	40	29.853 ^f	-4.504 ^{ab}	7.687 ^f
		50	34.411 ^{cde}	-6.02 ^{cd}	10.156 ^{cde}
		60	32.127 ^{ef}	-6.641 ^{de}	10.438 ^{cde}

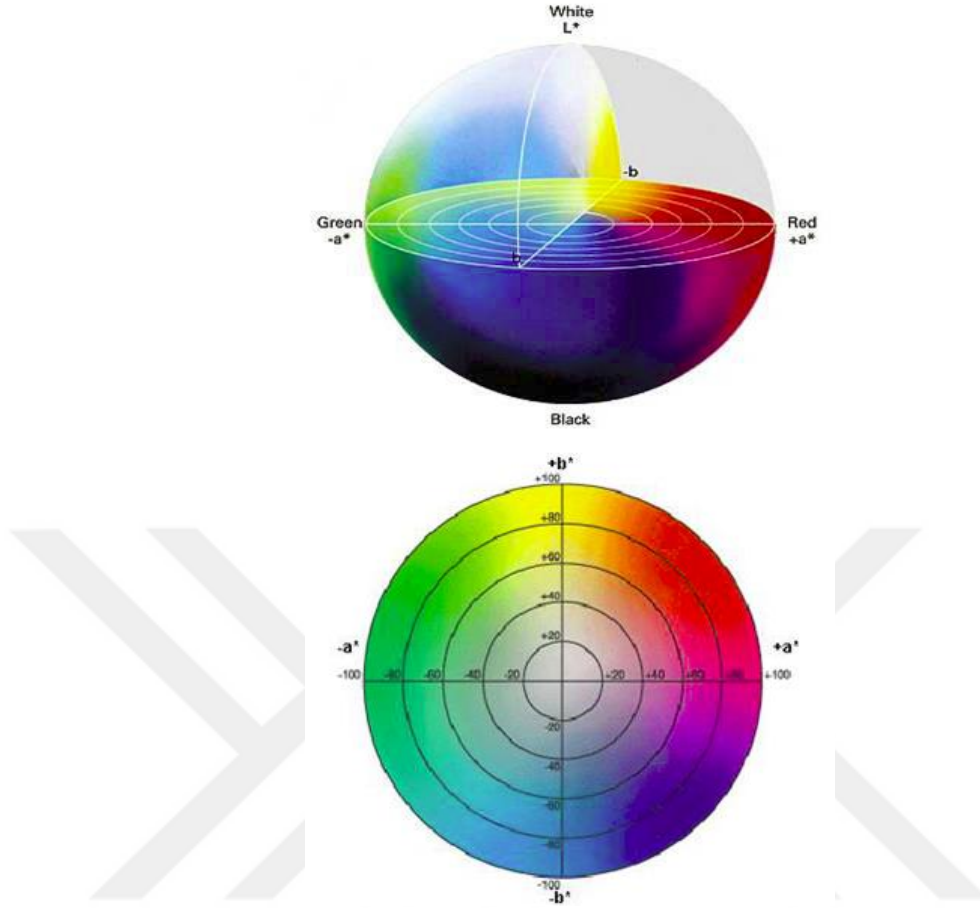
Çizelgede verilen a, b, c, d, e ve f indisleri SPSS programında yapılan Duncan testi sonucunda kurutma yöntemleri arasında oluşan farkın gruplandırılmasını belirtmektedir.

Renk analizleri sonucunda ölçülen L*, a* ve b* değerleri için SPSS programında gerçekleştirilen Duncan testinde kurutma yöntemlerinin kendi değerleri arasında farklılıkları ve benzerlikleri, taze kereviz yapraklarının değerleri arasında farklılıkları ve benzerlikleri aşağıda detaylı şekilde açıklanarak belirtilmiştir.

Çizelge 4.7. Renk analizinde hesaplanan değerler

Kurutmada Kullanılan Yöntem	Kurutmada Kullanılan İşlem	Kurutma Sıcaklığı (°C)	C* (Doygunluk)	h° (Hue açısı)	BI (Kahverengilik)	ΔE (Toplam Renk Değişimi)
TAZE	Kontrol		10.48	-55.66	15.67	
		40	12.83	-57.90	19.21	27.03
		50	14.08	-65.40	24.79	30.65
		60	13.10	-70.75	28.67	28.87
		40	9.76	-58.57	17.79	22.87
		50	12.36	-59.41	22.54	23.87
ETÜV	Ön işlem	60	12.10	-58.62	21.87	23.28
		40	12.79	-61.91	21.89	27.91
		50	15.48	-60.26	22.89	30.40
		60	16.30	-58.65	24.48	28.32
		40	8.91	-59.66	17.03	22.86
		50	11.81	-59.35	19.91	25.59
VAKUMLU ETÜV	Ön işlem	60	12.37	-57.54	21.22	23.59

Çizelge 4.7’de ise ölçülen L*, a*, b* değerleri ile hesaplanan kroma (C*), hue açısı (h°), kahverengilik indeksi (BI) ve toplam renk değişimi (ΔE) değerleri verilmiştir.



Şekil 4.13. L^* , a^* , b^* değerlerinin renk uzayında gösterimi (Anonim, 2024).

Şekil 4.13' te çizelge 4.6'da ki verilerin doğrultusunda kereviz yapraklarının L^* , a^* , b^* değerlerinin renk uzayında bulunduğu kısımları görmemizi sağlamaktadır.

Şekil 4.13' te renk uzayına göre taze ürün rengine kurutma yöntemleri arasında en yakın sonucu etüvde ön işlemlili 60 °C sıcaklıkta ve vakumlu etüvde ön işlemlili 60 °C sıcaklıkta kurutulan ürünler vermiştir.

4.1.3.1. Parlaklık değeri (L^*)

Yapılan çalışmada taze kereviz yapraklarının ölçülen değerleri ile farklı yöntemlerdeki kurutma işlemleri sonucu elde edilen değerler arasında istatistiki olarak fark vardır. Çizelge 4.6'da verilen değerlere göre taze örneklerle yakın parlaklık değerleri etüvde kurutmada ön işlemlili 60 °C sıcaklıkta görülmüştür. Vakumlu etüvde ise ön işlemlili 60 °C

sıcaklıkta görülmüştür. Elde edilen değerler incelenip karşılaştırıldığında etüvde ön işlemlili 40 ve 60 °C sıcaklıklarda kurutmada, vakumlu etüvde ön işlemlili 60 °C sıcaklıkta kurutmada bulunan değerler, taze kereviz yapraklarının değerleriyle aynı seviyelerde olduğunu göstermiştir. İki kurutma yönteminde de ön işlem uygulanması daha iyi sonuçlar vermesini sağlamıştır.

4.1.3.2.Yeşillik değeri (a*)

“a*” değerinin pozitif değerleri kırmızılığı, negatif değerleri ise yeşilliği belirtmektedir. Çalışmada taze kereviz yapraklarının ölçülen değerleri ile kurutma yöntemleri sonucu elde edilen değerleri arasında istatistiki olarak fark vardır. Çizelge 4.6’da verilen değerlere göre taze örneklerle yakın yeşillik değerleri etüvde kurutmada ön işlemsiz 50 °C sıcaklıkta kurutmada görülmüştür. Vakumlu etüvde ise ön işlemsiz 40 °C sıcaklıkta görülmüştür. Elde edilen değerler incelenip karşılaştırıldığında etüvde ön işlemsiz 50 °C sıcaklıkta kurutma yönteminde bulunan değerler, taze kereviz yapraklarının değerleriyle aynı seviyelerde olduğunu göstermiştir. İki kurutma yönteminde de ön işlem uygulanmayan ürünlerin daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

4.1.3.3. Sarılık değeri (b*)

“b*” değerinin pozitif değerleri sarılığı, negatif değerleri ise maviliği belirtmektedir. Bu çalışmada etüvde ve vakumlu etüvde gerçekleştirilen kurutma değerleri ile taze kereviz yapraklarının “b*” değeri arasında istatistiki olarak fark vardır. Çizelge 4.6’da verilen değerlere göre taze örneklerle yakın sarılık değerleri etüvde kurutmada ön işlemlili 40 °C sıcaklıkta görülmüştür. Vakumlu etüvde ise ön işlemlili 40 °C sıcaklıkta görülmüştür. Elde edilen değerler incelenip karşılaştırıldığında etüv ve vakumlu etüv kurutmada yöntem ve sıcaklıklar değerlendirildiğinde bulunan değerler taze kereviz yapraklarının değerleriyle aynı seviyelerde olmadığını göstermiştir. Taze kereviz yaprakları renk değerleriyle aynı doğrultuda sonuçlar elde edilmediği görülmüş olup yakınlık olarak sadece sayısal değer olarak ön işlem uygulanan kurutma yöntemlerinin uygun olduğu belirlenmiştir.

4.1.3.4. Kroma değeri (C*)

Kroma değeri, renkteki doygunluğu belirtmektedir. Taze kereviz yapraklarına en yakın doygunluk değerleri etüvde kurutmada ön işlemlili 40 °C sıcaklıkta görülmüştür. Vakumlu etüvde kurutmada ise ön işlemlili 50 °C sıcaklıkta görülmüştür. Elde edilen değerler karşılaştırıldığında etüvde ve vakumlu etüvde kurutmada ön işlem uygulanması rengin doygunluk seviyesinin taze kereviz yapraklarının değerlerine yakın olmasını sağlamıştır.

4.1.3.5. Hue açısı (h°)

Hue açısı bir renk dairesi olarak belirtilmektedir. Kırmızı renklerini 0° ve 360° açı değerlerinde almakta, sarı rengi 90° açı değerinde almakta, yeşil rengi ise 180° açı değerinde almakta ve mavi rengi 270° açı değerinde almaktadır. Elde edilen değerlere göre taze kereviz yaprakları değerlerine en yakın değerler etüvde kurutmada ön işlemsiz 40 °C sıcaklıkta görülmüştür. Vakumlu etüvde kurutmada ise ön işlemlili 60 °C sıcaklıkta görülmüştür.

4.1.3.6. Kahverengilik değeri (BI)

BI değeri kahverengileşme indeksi olup elde edilen değerlerde taze kereviz yaprakları değerlerine en yakın değeri etüvde kurutmada ön işlemlili 40 °C sıcaklıkta görülmüştür. Vakumlu etüvde kurutmada ise ön işlemlili 40 °C sıcaklıkta görülmüştür. Elde edilen değerler karşılaştırıldığında etüvde ve vakumlu etüvde kurutmada ön işlem uygulanması kahverengilik seviyesinin taze kereviz yapraklarının değerlerine yakın olmasını sağlamıştır.

4.1.3.7. Toplam renk değişimi (ΔE)

ΔE değeri toplam renk değişimi indeksi olup elde edilen verilerde en az renk değişimi vakumlu etüvde kurutmada ön işlemlili 40 °C sıcaklıkta olmuştur. En fazla renk değişimi ise etüvde kurutmada ön işlemsiz 50 °C sıcaklıkta olmuştur. Elde edilen değerler

karşılaştırıldığında etüvde ve vakumlu etüvde kurutmada ön işlem uygulanması taze kereviz yapraklarının değerlerine göre en az renk değişimi olmasını sağlamıştır.

4.2. Tartışma

Önceki çalışmalarda, kereviz dilimlerinin ve küp şeklindeki dilimlerinin ön işlemleri (buharda haşlama, kaynayan suda haşlama) ve ön işlemsiz hallerinin infrared kurutucuda 60 °C, 70 °C, 80 °C sıcaklıklarında kurutulmuştur. Kuruma süresine, kuruma hızına, renk değişimlerine olan etkisi incelenmiştir. Kerevizin şekil yapısının ve kurutma sıcaklığının, kuruma süresi ve hızını etkilediği görülürken uygulanan ön işlemlerin etkilemediği görülmüştür. 5 mm kalınlığında dilimlenmiş kerevizlerin kaynayan suda haşlama ön işlemine tabi tutularak 60 °C sıcaklıkta kurutulduğunda sarılık değeri negatif yönde, parlaklık değeri ise pozitif yönde artmıştır (Heybeli ve ark., 2013).

Kereviz yaprakları 180 W, 360 W, 600 W ve 900 W gücündeki mikrodalgada kurutulmuştur. Farklı güçlerdeki mikrodalgaların kereviz yapraklarında kuruma kinetiği, fenolik madde içeriği, klorofil a, b ve toplam klorofil miktarı ile antioksidan kapasite değerlerine olan etkileri incelenmiştir. Aynı zamanda Page, Weibull, Newton modelleri test edilmiştir. Kereviz yapraklarının kurutulmasında güç arttıkça süre kısalmış ve kuruma oranı artmıştır. Toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasitesi 180 W, 360 W, 600 W güçlerinde taze haline göre azalırken 900 W gücünde artmıştır. Tüm güçlerinde klorofil a, b ve toplam klorofil içeriği taze haline göre azalmıştır. Bu azalma en düşük 900 W gücünde, en yüksek ise 180 W gücünde tespit edilmiştir. Uygulanan tüm modeller arasında ise Page modeli kurutma kinetiğini en iyi açıklayan model olmuştur (Kömüş ve Sarı, 2023).

İnce tabaka metoduyla kurutulan kereviz yapraklarına hava sıcaklığı ve bağıl nemin etkileri incelenmiştir. 20-50 °C sıcaklık aralığında ve %10-60 bağıl nem oranlarında çalışılarak elde edilen kuruma değerleri altı farklı matematiksel modelleme yöntemi ile incelenmiştir ve en uygun kuruma kinetiği sonuçlarını exponential decay modeli vermiştir. Hava sıcaklığının bağıl nemden daha etkili olduğu görülmüştür. 50 °C üzeri sıcaklık ve nem fazlasının ürünlerdeki renk değişimini olumsuz ve negatif yönde etkilediği görülmüştür (Roman ve Hansel, 2011).

Bu çalışmada ise Midilli-Küçük modelinin kurutma kinetiğini en iyi açıklayan model olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda benzer modeller kullanılarak yakın sonuçlar elde edilmiştir. Kullanılan model eşitlikleri arasında belirgin bir fark olmamakla birlikte model parametreleri arasında exponential decay eşitliği en uygun bulunmuştur (Roman ve Hansel, 2011). Araştırma sonuçlarına göre kullanılan exponential decay eşitliği ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. Aynı şekilde yukarıdaki literatürlerde belirtildiği gibi yüksek sıcaklıkların kereviz yapraklarına iyi gelmediği belirlenmiştir. 720 W güçte mikrodalgada 1 dakika ön işlem uygulanması enerji tüketimi ve süre bakımından yarar sağlamıştır. Renk değerlerine olumsuz bir etki yaratmamıştır. Taze kereviz yaprağına en yakın değerleri, ön işlem gören ve 60 °C'den düşük sıcaklıklarda kurutulan kereviz yaprakları vermiştir.

Kereviz yapraklarının kaplara homojen dağıtılması için çaba gösterilmiş olsa da saplarından aynı oranda eşit bir şekilde ayrılması her kap ve her yöntem için mümkün değildir. Saplar, yapraklara göre daha uzun sürede kurumaktadır. Bu tarz farklılıkların kaplardaki kuruma süresindeki farklılıkları oluşturduğu düşünülmektedir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada kereviz yaprakları kurutma materyali olarak kullanılmıştır. Etüv ve vakumlu etüvde 40 °C, 50 °C, 60 °C sıcaklıklarda ön işlemsiz ve ön işlemlili olarak kurutma gerçekleştirilmiştir. Ön işlem, 720 W güçte mikrodalga kurutucuda 1 dakika taze kereviz yapraklarına yapılmıştır.

Tıbbi ve aromatik bitkiler yapı ve özellikleri gereği özel tasarlanmış kurutucularda (etüv-vakumlu etüv) kurutulmuştur. Tıbbi ve aromatik bitkiler fiziki ve biyolojik yapılarından dolayı yüksek sıcaklıklarda kurutulmamalıdır bu yüzden kurutma işlemleri 40 °C, 50 °C ve 60 °C sıcaklıklarda yapılmıştır.

Etüvde ön işlem uygulanmadan yapılan kurutmada kuruma süreleri sıcaklık sıralamasına göre 14.5, 8.5 ve 5.5 saat sürmüştür. Sıcaklık artışı kereviz bitkisi yaprağının kuruma süresini kısaltmıştır. Mikrodalgada 720 W güçte 1 dakika ön işlem uygulanarak yapılan kurutmada ise kuruma süreleri sıcaklık sıralamasına göre 9.5, 6.5, 3.5 saat sürmüştür. Kereviz yapraklarının sıcaklık artışıyla birlikte ön işlem uygulanmayan yöntemle göre daha kısa sürede kuruması görülmüştür.

Vakumlu etüvde ön işlem uygulanmadan yapılan kurutmada kuruma süreleri sıcaklık sıralamasına göre 15.5, 10.5 ve 5.5 saat sürmüştür. Sıcaklık artışı kereviz bitkisi yaprağının kuruma süresini kısaltmıştır. Mikrodalgada 720 W güçte 1 dakika ön işlem uygulanarak yapılan kurutmada ise kuruma süreleri sıcaklık sıralamasına göre 10.5, 8.5, 4.5 saat sürmüştür. Kereviz yapraklarının sıcaklık artışıyla birlikte ön işlem uygulanmayan yöntemle göre daha kısa sürede kuruması görülmüştür.

Sıcaklık ve süre parametrelerini karşılaştırdığımızda sıcaklık artışına göre kuruma süresi azalmıştır. Yöntem olarak ise etüvde kurutma vakumlu etüvde kurutmaya göre daha kısa sürede gerçekleşmiştir. En az enerji tüketimi etüvde kurutmada ön işlemlili 60⁰ C' de gerçekleşmiştir. En fazla enerji tüketimi ise vakumlu etüvde kurutmada ön işlemsiz 40⁰ C' de gerçekleşmiştir. Süre olarak vakumlu etüvde kurutma işlemi etüvde kurutmaya göre uzun sürmektedir ve sıcaklık miktarının artışı süreyi kısaltmaktadır.

Matematiksel modellemeler arasında en büyük R^2 değeri Midilli-Küçük eşitliğinde etüvde ön işlemlili 60 ° sıcaklıkta kurutmada, vakumlu etüvde ön işlemsiz 50 °C sıcaklıkta kurutmada bulunmuştur. En küçük R^2 değeri ise Jena-Das ve Exponential Decay eşitliğinde vakumlu etüvde ön işlemlili 40 °C sıcaklıkta kurutmada bulunmuştur. Ölçülen ve hissedilen değerler olarak en yakın değerleri veren eşitlik Midilli-Küçük eşitliği olmuştur.

Kurutulan kereviz yapraklarının parlaklık (L^*) değerini en iyi koruyan yöntem vakumlu etüv ön işlemlili 60 °C sıcaklıkta görülmüştür. (a^*) Yeşillik değerini en iyi koruyan yöntem etüv ön işlemsiz 50 °C sıcaklıkta tespit edilmiştir. (b^*) Sarılık değerini en iyi koruyan yöntem etüv ön işlemlili 40 °C sıcaklıkta görülmüştür.

(C^*) Kroma değerini en iyi koruyan yöntem etüv ön işlemlili 40 °C sıcaklıkta tespit edilmiştir. Hue açısı (h°) en iyi koruyan yöntem vakumlu etüv ön işlemlili 60 °C sıcaklıkta tespit edilmiştir. Kahverengilik Değeri (BI) en iyi koruyan yöntem vakumlu etüv ön işlemlili 40 °C sıcaklıkta tespit edilmiştir. ΔE değeri toplam renk değişimi en az vakumlu etüvde kurutmada ön işlemlili 40 °C sıcaklıkta olmuştur.

Renk kalitesi açısından renk analizlerine bakıldığında etüv ve vakumlu etüvde bulunan değerler birbirine yakındır fakat Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7 detaylı şekilde incelendiğinde etüvde ön işlemlili kurutma yöntemi en uygun yöntem olarak belirlenmiştir.

Elde edilen veriler doğrultusunda tıbbi ve aromatik bir bitki olan kereviz yapraklarına uygulanan ön işlem enerji tüketimini, süreyi ve renk değerlerini olumlu etkilemiştir. Aynı şekilde sıcaklık artışı da süre ve enerji tüketimi bakımından kar sağlamaktadır fakat kereviz yapraklarını kurutmada yüksek sıcaklıklardan uzak durulması ideal sıcaklıkların 45-55 °C arasında olması gerektiği belirlenmiştir.

Yapılan çalışmada da görüldüğü üzere tıbbi ve aromatik bitkilerde gerçekleştirilecek kurutma çalışmalarında bitkilerin yapraklarının ve saplarının birbirinden homojen olarak ayrıştırılması yapılan çalışmalarda çok daha doğru sonuçlar vermektedir. Fakat büyük ölçekli kurutma işlemlerinde yapraklarının ve saplarının homojen şekilde birbirinden

ayrıştırılması mümkün değildir. Bu işlemlerin özel tasarlanmış kurutucularda yapılması daha uygundur. Gelecekte yapılacak çalışmalarda kereviz yaprakları için detaylı uçucu yağ ve içerik analizlerinin yapılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- Aktaş, M. ve E. Gönen., 2014. Isı Pompalı Nem Kontrollü Bir Kurutucuda Defne Yaprığı Kurutulması. Gazi Üniversitesi, cilt no:29, No:2, s.441.
- Alemrajabi, A.A., Rezaee, F., Mirhosseini, M. Esehaghbeygi, A. 2012. Comparative Evaluation of the Effects of Electrohydrodynamic, Oven, and Ambient Air on Carrot Cylindrical Slices during Drying Proces. Drying Technology, 30, 88–96. doi: 10.1080/07373937.2011.608913.
- Alibaş, I., Zia, M.P., Yilmaz, A., Asik, B.B. 2020. Drying kinetics and quality characteristics of green apple peel (*Mallus communis* L. Var. 'Granny Smith') used in herbal tea production. Journal of Food Processing and Preservation, 44(2): 1-13. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14332>
- Alibaş, İ., 2012. Asma Yaprığının (*Vitis vinifera* L.) Mikrodalga Enerjisiyle Kurutulması ve Bazı Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi. Uludağ Üniversitesi, Tarım Bilimleri Dergisi. 43-53.
- Anonim, 2024. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Kereviz#/media/Dosya:Tselina.png> (29.07.2024).
- Anonim, 2024. <https://www.sony.com.tr/electronics/support/about-color-management> (29.07.2024).
- Barba, A.A., Dalmoro, A., d'Amore, M., 2013, Microwave assisted drying of cellulose derivative (HPMC) granular solids, Powder Technology 237, 581–585
- Baydar, H., 2005. Tıbbi, Aromatik ve Keyf Bitkileri Bilimi ve Teknolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Yayın No:55.
- Bayhan, H.A., “Kabin Tipi Biri Kurutucuda Kurutma Sürecini Etkileyen Parametrelerin Deneysel Olarak İncelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta, (2011).
- Bayraktar, K. (1981). Sebze Yetiştirme II. EÜ Ziraat Fakültesi Yay, (169).
- Bondaruk, J., Markowski, M., Blaszcak, W. (2007). Effect of drying conditions on the quality of vacuum-microwave dried potato cubes. Journal of Food Engineering, 81, 306-312.
- Cemeroğlu, B., Karadeniz, F., Özkan, M., Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi, Ankara: Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, 541-567, (2003).
- Choochote, W., Tuetun, B., Kanjanapothi, D., Rattanachanpichai, E., Chaithong, U., Chaiwong, P. & Pitasawat, B. (2004). Potential of crude seedextract of celery, *Apium graveolens* L., against the mosquito *Aedes aegypti* (L.)(Diptera: Culicidae). Journal of Vector Ecology 29(2), 340- 346.
- Chou, S.K., Chua K. J. 2001. “New hybrid drying technologies for heat sensitive foodstuffs”, Trends in Food Science &Technology, 12, 359-369.
- Demiray, E., Tülek Y. 2012. “Kurutma işleminin kırmızı biberdeki renk maddelerine etkisi”, Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, 7, 1-10.
- Erbay, B. ve Küçüköner, E., “Gıda endüstrisinde kullanılan farklı kurutma sistemleri” Türkiye 10. Gıda Kongresi, Erzurum, 21-23 Mayıs, 1045-1048, (2008).
- Ergüneş, G., Taşova, M. 2018. Kabin kurutucuda kurutulan kuşburnu (*Rosa canina* L.) meyvesinin kuruma performansı, efektif difüzyon ve aktivasyon enerjisi değerlerinin belirlenmesi. Akademik Ziraat Dergisi, 7(1): 75-82.

- F. Román, O. Hensel, "Effect of Air Temperature and Relative Humidity on The Thin-Layer Drying of Celery Leaves (*Apium graveolens* var. *secalinum*)," *Agricultural Engineering International The CIGR Journal*, vol. 13, no. 2, pp. 1-8, 2011.
- Giri, S.K. and Prasad, S., "Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms", *J. of Food Eng.*, 78, 512-521, (2007).
- Göktaş, Ö., Gıdık B. 2019. "Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanım alanları", *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 2/1
- Günhan, T. 2005. "Farklı kurutma havası şartlarının rio grande çeşidi domatesin kuruma karakteristiklerine etkilerinin belirlenmesi", *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilimdalı, Doktora Tezi, Bornova-İzmir*
- Halvorsen, B.L., Holte, K., Myhrstad, M.C.W., Barikmo, I., Hvattum, E., Remberg, S.F., Wold, A-B., Haffner, K., Baugerod, H., Andersen, L.F., Moskaug, J.O., Jacobs, D.R. and Blomhoff, R., 2002. A systematic screening of total antioxidants in dietary plants. *J. Nutr.* 132, 461-471.
- He, Q., Li, Y., ZHANG, P., ZHANG, A. & Wu, H. (2016). Optimisation of microwave-assisted extraction of flavonoids and phenolics from celery (*Apium graveolens* L.) leaves by response surface methodology. *Czech Journal of Food Sciences* 34(4), 341-349. <https://doi.org/10.17221/266/2015-CJFS>
- 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 & Integrative Medicine* 8(1), PMID: 22718672.DOI: 10.2202/1553-3840.1529
- Kaiser, A., Hartmann, K. I., Kammerer, D. R. & 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 and Technology* 237, 353-365. <https://doi.org/10.1007/s00217-013-1998-6>
- Karaaslan, S., 2008. Sebze ve Endüstri Bitkilerinin Mikrodalgayla Kurutulması Üzerine Çalışmalar. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. s.179 Kaya, A., M.
- Kaya, A., Kamer, M.S., Şahin, H.E., 2015. Trabzon Hurmasının (*Diospyros kaki* L.) Kuruma Davranışının Deneysel İncelenmesi. *Gıda* 40 (1): 15-21. doi: 10.15237/gida.GD14047.
- Kılıç, E.E., 2014. Konvektif Koşullarda Kurutulan Sebze ve Meyvelerin Kuruma Karakteristiklerinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi. Gıda Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş.
- Kızıldağ N., Darıcı C. & Öztürk A.B. (2016). Some Medicinal and Aromatic Plants in the Campus of Çukurova University (Adana). *Turkish Journal of Life Sciences* 1(2), 70-74.
- Kocabıyık, H. ve B. S. Demirtürk., 2008.Nane Yapraklarının Infrared Radyasyonla Kurutulması. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi. 5(3), s.246.
- Kocayigit, F., 2010. Bazı Sebze Kurutma Karakteristiklerinin İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi. Kimya Mühendisliği, İstanbul.
- Koné, K.Y., Druon, C., Gnimpieba, E.Z., Delmotte, M, Duquenoy, A., Laguerre, J., 2013, Power density control in microwave assisted air drying to improve quality of food, *Journal of Food Engineering* 119, 750–757

- Kömüş, E., & Sarı, F. (2023). Mikrodalga ile Kurutulmuş Kereviz Yapraklarının (*Apium graveolens* L.) Kuruma Hızının ve Bazı Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım Ve Doğa Dergisi*, 26(5), 1135-1145. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1081526>
- Lewicki, P.P. 2006. "Design of hot air drying for better foods", *Trends in Food Science & Technology*, 17, 153-163.
- Liu, H., Liu, J., Lv, Z., Yang, W., Zhang, C., Chen, D., Jiao, Z. 2019. Effect of dehydration techniques on bioactive compounds in hawthorn slices and their correlations with antioxidant properties. *Journal of Food and Science Technology*, 56(5): 2446-2457.
- Lüle, F., 2014. Malatya-Arguvan Yöresinde Toplanan Çaşır Mantarında (*Pleurotus Eryngii*) Farklı Kurutma Yöntemlerinin Karşılaştırılması. *Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*. s.102.
- McGuire, R.G., 1992, Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27, 1254-1255.
- Midilli, A., Küçük, H., Yapar, Z. 2002. A new model for single-layer drying. *Drying Technology*, 20 (7): 1503-1513.
- Mujumdar, A.S. and Beke, J., Grain drying:basic principles, In: *Handbook of Postharvest Technology: Cereals, Fruits, Vegetables, Tea and Spices*; Chakraverty, A., Mujumdar, A.S., Raghavan, G.S.V., Ramaswamy, H.S., (Eds), New York: Marcel Dekker, Inc., (2003).
- Müller, J., Heindl, A. 2005. Drying of medical plants (Chapter 17). In: (Editörler: R.J. Bogers, L.E. Craker, D. Lange) *Proceedings of the Frontis Workshop on Medicinal and Aromatic Plants*, Wageningen, The Netherlands, 17-20 April 2005.
- Müller, J., Reisinger, G., Mühlbauer, W., 1989. Trocknung von Heil- Und Gewürzpflanzen mit Solarenergie im Foliengewächshaus, *Landtechnik*, Vol : 2, pp.58-65.
- N. Heybeli, C. Ertekin, G. Dikici, "İnfrared Kurutucu ile Kerevizin Kurutulması,"
- Nagella, P., Ahmad, A., Kim, S. J. & 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.
- 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. <https://doi.org/10.1021/jf020936m>
- Öztekin, S., Başçetinçelik, A. ve Soysal, Y., 1999. Crop drying programme in Turkey. *Renewable Energy*, 16:789-794.
- Pavela, R., 2004. Insecticidal activity of certain medicinal plants. *Fitoterapia*, 75:745-749.
- Pisalkar, P. S., Jain, N. K., Jain, S. K., 2011. Osmo-air drying of aloe vera gel cubes. *Journal of food science and technology-mysore* 48-2, 183-189.
- Plou E, Lopez Malo A, Barbosa Canovas GV, Welti Chanes J and Swanson BG (1999). Polyphenoloxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. *Journal of Food Science*, 64: 42-45.
- Polatçı, H. ve S. Tarhan, 2009. Farklı Kurutma Yöntemlerinin Reyhan (*Ocimum Basilicum*) Bitkisinin Kuruma Süresine ve Kalitesine Etkisi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi. GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(1): 61-70.

- Polatcı, H. ve Tarhan, S., 2009, Farklı kurutma yöntemlerinin reyhan (*Ocimum Basilicum*) bitkisinin kuruma süresine ve kalitesine etkisi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2009 (1).
- Polatcı, H., Taşova, M. 2017. Sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutma yönteminin alıç (*Crataegus spp. L.*) meyvesinin kuruma karakteristikleri ve renk değerleri üzerine etkisi. Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 5(10): 1130-1135.
- Polatcı, H., Taşova, M. 2018. Mikrodalga fırın ile kurutulan yenidünya (*Eriobotrya japonica L.*) meyvesinin kuruma kinetiği ve kalitesinin belirlenmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 33(2018): 124-130.
- Popović, M., Kaurinovic, B., Trivie, S., Mimica-Dukie, N. & Bursae, M. (2006). Effect of celery (*Apium graveolens*) extracts on some biochemical parameters of oxidative stress in mice treated with carbon tetrachloride. *Phytotherapy Research* 20(7), 531-537. <https://doi.org/10.1002/ptr.1871>
- Ramallo, L.A. ve Mascheroni, R.H. 2012. Quality evolution of pineapple fruit during drying process. *Food and Bioproducts Processing*, 99, 275-283.
- Rocha, T., Lebert, A. and Marty-Audouin, C., 1993. Effect of pretreatments and drying conditions on drying rate and colour retention of basil (*Ocimum basilicum*). *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 26:456-463.
- S. Jena, ve H. Das, “Modeling for vacuum drying characteristics of coconut presscake”, *Journal of Food Engineering*, 79: 92-99, 2007.
- Sağdıç, O., Özcan, M., 2003. Antibacterial activity of Turkish spice hydrosols. *Food Control*, 14:141-143.
- Schiffmann, R. F. (2001). Microwave Processes for the Food Industry. In A. K. Datta, & R. C. Anantheswaran (Eds.), *Handbook of Microwave Technology for Food Applications*. New York: Marcel Dekker, 299-338.
- Schulze, B., Hubbermann, E.M., Schwarz, K., 2014, Stability of quercetin derivatives in vacuum impregnated apple slices after drying (microwave vacuum drying, air drying, freeze drying) and storage *Food Science and Technology* 57, 426-433
- Sharma, G. P., Prasad, S. (2001). Drying of garlic (*Alliumsativum*) cloves by microwave-hot air combination. *Journal of Food Engineering*, 50,99–105.
- Soysal, Y., “Microwave drying characteristics of parsley”, *Biosyst. Eng.*, 89 (2), 167-173, (2004).
- Strumillo, C., Jones, P.L. and Zylla R., 1995. Energy Aspects in Drying in: *Handbook of Industrial Drying*, Marchel Deccer Inc., Edited by Arun S. Mujumdar. Vol:2 pp.1241-1275.
- Sultana, S., Ahmed, S., Jahangir, T. & 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. <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2004.07.030>
- Tan, M., Chua, K.J., Mujumdar, A.S., Chou, S.K. 2001. Effect of osmotic pre-treatment and infrared radiation of drying rate and color changes during drying of potato and pineapple. *Drying Technology*, 19(9): 2193-2207.
- Tarhan, S., Ergüneş G. Tekelioğlu O. 2005. “Tarımsal ürünler için güneş enerjili kurutucuların tasarım ve işletme esasları”, *Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları/Enerji Yönetimi Sempozyumu*, TMMOB Makine Mühendisleri Odası Yayın No: E/2005/371, s.51-58, 3-4 Haziran 2005, Kayseri.
- Taşova, M., Ergüneş, G., Gerçekcioğlu, R., Karagül, Ş. 2019. Konvektif ve mikrodalga yöntemlerle kurutulan kuşburnu (*Rosa montana Chaixsubsp. woronovii* (Lonacz)

- Ö. Nilsson) meyvelerinde kalite değişimleri. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 34(2019): 1308-8769. Tralleis Elektronik Dergisi, vol.1 pp.16-25, 2013.
- 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.[https://doi.org/10.1016/S0024-3205\(99\)00646-3](https://doi.org/10.1016/S0024-3205(99)00646-3)
- Vural H, Eşiyok D. & Duman İ. (2000). Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Bornova-İzmir, 105 syf.
- Wang, J., Sheng, K. (2006). Far-infrared and microwave drying of peach. LWT 39, 247–255.
- Wargovich, M.J., Woods, C., Hollis, D.M. and Zander, M.E. 2001. Herbals, Cancer Prevention and Health. The Journal of Nutrition, Supplement:3034S-3036S.
- Yağcıoğlu, A., Tarım Ürünlerinde Kurutma Tekniği, İzmir: Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 536s, (1999).
- Yanishlieva, N.V., Marinova, E. and Pokorný, J., 2006. Natural antioksidants from herbs and spices. Eur. J. Lipid Sci.Technol. 108:776-793.

ÖZGEÇMİŞ

