

T. C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI



**KONVEKTİF OLARAK KURUTULAN GÜZYEMİŞİ
MEYVELERİNİN (*Elaeagnus umbellata*) FİZİKSEL, TEKSTÜREL,
MORFOLOJİK VE BİYOAKTİF ÖZELLİKLERİ**

Doktora Tezi

Awadalgeed Mohamed Altayeb HASSAN

Danışman
Prof. Dr. İlkay KOCA

Bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından PYO. MUH.1904.20.007 proje numarası ile desteklenmiştir.

SAMSUN
2023

TEZ KABUL VE ONAYI

Awadalgeed Mohamed Altayeb HASSAN tarafından, Prof. Dr.İlkay KOCA danışmanlığında hazırlanan “KONVEKTİF OLARAK KURUTULAN GÜZYEMİŞİ MEYVELERİNİN (*ELAEAGNUS UMBELLATA*) FİZİKSEL, TEKSTÜREL, MORFOLOJİK VE BİYOAKTİF ÖZELLİKLERİ” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 00.12.2022 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Doktora Tezi olarak Kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Zekai TARAKÇI Ordu Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı	☒
		Kabul
		☐ Ret
Danışman	Prof. Dr. İlkay KOCA Ondokuz Mayıs Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı	☒
		Kabul
		☐ Ret
Üye:	Dr. Öğr.Üyesi Belkis TEKGÜLER Ondokuz Mayıs Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı	☒
		Kabul
		☐ Ret
Üye:	Dr. Öğr.Üyesi Gediz UĞUZ . Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı	☒
		Kabul
		☐ Ret
Üye:	Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Remzi OTAĞ Giresun Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı	☒
		Kabul
		☐ Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Doktora tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. Maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evvet ☐ (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır ☒

29 /12 / 2022

Awadalgeed Mohamed Altayeb HASSAN

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı: (KONVEKTİF OLARAK KURUTULAN GÜZYEMİŞİ MEYVELERİNİN (*Elaeagnus umbellata*) FİZİKSEL, TEKSTÜREL, MORFOLOJİK VE BİYOAKTİF ÖZELLİKLERİ)

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 28/12/2022 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 6

Tek kaynak oranı : % 2 çıkmıştır.

29/12/2022

Prof. Dr. İlkay KOCA

ÖZET

KONVEKTİF OLARAK KURUTULAN GÜZYEMİŞİ MEYVELERİNİN (*ELAEAGNUS UMBELLATA*) FİZİKSEL, TEKSTÜREL, MORFOLOJİK VE BİYOAKTİF ÖZELLİKLERİ

Awadalgeed Mohamed Altayeb HASSAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Doktora, Aralık/2022

Danışman: Prof. Dr. İlkay KOCA

Güzyemişi (*Elaeagnus umbellata*), sağlık üzerinde koruyucu etkiye sahip, biyoaktif bileşenlerce zengin bir meyvedir. Bu çalışmanın amacı, güzyemişi meyvesinin konvektif olarak kurutulması sırasında fiziksel ve biyoaktif özelliklerinde meydana gelen değişimleri belirlemektir. Meyveler 4 farklı sıcaklık (50, 60, 70 ve 80 °C) ve 3 farklı hava hızında (0.5, 1.0 ve 1.5 m/s) kurutulmuştur. Kurutma koşullarının meyvelerin yapısal özellikleri, renk, büzülme, toplam fenolik madde, toplam flavonoid, likopen, antioksidan aktivite (DPPH ve FRAP değerleri) ve fenolik bileşikler üzerinde yaptığı etkiler incelenmiştir. Ayrıca, kurutma ve rehidrasyon kinetiği çıkartılarak modellenmesi yapılmıştır. Güzyemişi meyvesinin kurutma kinetiğine en uygun modelin Midilli, rehidrasyon kinetiğine en uygun modelin ise Weibull olduğu saptanmıştır. Güzyemişi meyvesinin toplam fenolik madde, DPPH ve FRAP, likopen değerlerinin korunumu açısından konvektif kurutma için en iyi sıcaklık 80 °C ve 70 °C olarak belirlenmiştir. En yüksek galik asit, kateşin, benzoik asit, salisilik asit, ellajik asit ve kersetin-3-glukozit 80°C ve 1 m/s hava hızında kurutulanlarda korunumuştur. 60 °C'de kurutulan meyvelerin daha yüksek flavonoid içerdiği tespit edilmiştir. 80 °C ve 1.5 m/s hava hızında kurutulmuş güzyemişi meyvelerinin sertlik, çiğnenebilirlik ve yapışkanlık değerleri önemli ölçüde yükselmiştir ($p<0.05$). Taze meyve ile karşılaştırıldığında; yayılanma, yapışkanlık ve elastikiyet değerlerinde az da olsa düşüş gözlemlenmiştir. Kurutma hava hızı; yapısal özellikler, antioksidan aktivite, fenolik bileşikler ve toplam renkteki değişim üzerine önemli bir etki yapmamıştır ($p>0.05$). Yüksek sıcaklıkta (70 ve 80 °C) kurutulan meyvelerin daha yüksek rehidrasyon kapasitesine sahip olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlar, güzyemişi meyveleri için en iyi kurutma sıcaklığının 80 °C olduğunu göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: Güzyemişi, *Elaeagnus umbellata*, konvektif kurutma, antioksidan, rehidrasyon.

ABSTRACT

PHYSICAL, TEXTURAL, MORPHOLOGICAL, AND BIOACTIVE PROPERTIES OF CONVECTIVE DRIED AUTUMN OLIVE FRUITS (*ELAEAGNUS UMBELLATA*)

Awadalgeed Mohamed Altayeb HASSAN

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Food Engineering

Doctorate, December/2022

Supervisor: Prof. Dr. İlkey KOCA

Autumn olive (*Elaeagnus umbellata*) is a good source of natural antioxidants and compounds associated with protective effects on health. The current study investigated the possible impacts of the convective drying process on textural, morphological, phenolic compounds, and antioxidant properties of autumn olive berries. Fruits were dried at four different temperatures (50, 60, 70, and 80 °C) and three air velocities (0.5, 1.0, and 1.5 m/s). The effects of drying on the microstructure, color, shrinkage, total phenolic substance, total flavonoid, lycopene content, antioxidant activity (DPPH and FRAP values), and individual phenolic compounds were studied. Drying and rehydration kinetics and modeling were done. The analysis showed that the most suitable model for the drying kinetics of autumn olive fruits was Midili and Weibull for the rehydration kinetics. The total phenolics, FRAP, DPPH, and lycopene values of autumn olive fruits were determined as the best temperature for convective drying at 80°C and 70°C. The highest gallic acid, catechin, benzoic acid, salicylic acid, ellagic acid, and quercetin-3 glucoside were preserved in fruits dried at 80 °C and 1 m/s air velocity. Furthermore, the dried autumn olive at 80 °C and 1.5 m/s air velocity provided high hardness, chewiness, and gumminess, respectively. The current study observed that the fruits dried at 60 °C contain the highest values of flavonoids. The samples processed by drying were much more hardness, gumminess, and chewiness. In contrast, the fresh autumn olive fruits were higher cohesiveness, springiness, and resilient values. The result of drying air velocities revealed no significant effects on textural properties, antioxidant activity, individual phenolic compounds, and total color change ($p < 0.05$). It was determined that the highest rehydration capacity was in fruits dried at high temperatures (70 and 80 °C). These results indicate that the best drying temperature for autumn olive fruits at 80 °C.

Keywords: Autumn olive, *Elaeagnus umbellata*, convective drying, antioxidants, rehydration.

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Doktora öğrenimim süresince bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren ve desteklerini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. İlkey KOCA'ya teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Çalışma sürecinde desteklerini esirgemeyen Gıda mühendisliği bölümü ve diğer bölümlerdeki hocalarıma,

Deneysel çalışma sırasındaki yardımlarından dolayı, Dr. Oscar ZANNOU, Dr. Hojjat PASHAZADEH ve diğerlerine,

Bu çalışmada motivasyon ve desteğini benden esirgemeyen eşim Alaa Faroug, kızlarım Abag ve Areeg, oğlum Ahmed'e teşekkür ederim.

Bu tezin bitmesini ve mezun olduğumu rahmetli annemin ve babamın ruhularına takdim ederim.

Bu tez çalışması, PYO. MUH.1904.20.007 numaralı Bilimsel Araştırma Projesi olarak Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından desteklenmiştir.

Awadalgeed Mohamed Altayeb HASSAN

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	iii
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI.....	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	ixii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ	4
2.1. Güzyemişi (Elaeagnus umbellata) Meyvesiyle İlgili Genel Bilgiler.....	4
2.1.1 Güzyemişi Bitkisinin Özellikleri.....	4
2.1.2. Güzyemişi Meyvesinin Özellikleri ve Bileşimi	6
2.1.3 Güzyemişinin Sağlık Üzerine Etkileri	10
2.1.4. Güzyemişinin değerlendirilmesi ile ilgili yapılan çalışmalar	13
2.2. Kurutma ile İlgili Genel Bilgiler.....	15
2.2.1. Kurutma Yöntemleri.....	15
2.2.1.1. Konvetif kurutma.....	18
2.2.1.2 Konvektif kurutmanın mekanizması.....	19
2.2.1.3 Konvetif kurutucu tipleri	21
2.2.1.3.1. Tünel kurutucular.....	21
2.2.1.3.2. Bantlı kurutucular	22
2.2.1.3.3. Akışkan yatak kurutucular	22
2.2.1.3.4. Püskürtmeli kurutucular.....	23
2.2.1.3.5. Sandık Tipi kurutucular	23
2.2.2. Kurutma sonucunda meydana gelen değişimler.....	23
3. MATERYAL VE YÖNTEM	27
3.1. Materyal	27
3.1.1. Meyvelerin Hasatı ve Laboratuvara getirilmesi	27
3.1.2. Meyvelerin Kurutulması	27
3.1.2.1. Meyvelerin Kurutulmasında Kullanılan Kurutucu	27
3.1.2.2. Güzyemişi Meyvelerinin Kurutulması	28
3.1.3. Kullanılan kimyasallar	29
3.2. Yöntemler.....	29
3.2.1. Taze meyvelerin özelliklerinin belirlenmesi.....	29
3.2.1.1. Meyve Sayısı ve Meyve Ağırlığının Belirlenmesi	29
3.2.1.2. Meyve Eti/Çekirdek Oranının Belirlenmesi	29
3.2.1.3. En-Boy Uzunluğunun Belirlenmesi.....	29
3.2.1.4. Renk Özelliklerinin Belirlenmesi	30

3.2.1.5. Kuru Madde Tayini.....	30
3.2.1.6. Su Aktivitesinin Belirlenmesi	30
3.2.1.7. pH analizi.....	30
3.2.1.8. Suda Çözünür Katı Maddenin Belirlenmesi	31
3.2.1.9. Titrasyon asitliğinin belirlenmesi	31
3.2.1.10. Morfolojik Özelliklerin Belirlenmesi (SEM).....	31
3.2.1.11. Doku Analizi (Tekstür Analizi).....	32
3.2.1.12. Antioksidanlar ve Antioksidan Aktivitenin Belirlenmesi.....	34
3.2.1.12.1. Toplam Fenolik Madde Tayini	34
3.2.1.12.2. Toplam Flavonoid Tayini.....	34
3.2.1.12.3. Demir İndirgeme Antioksidan Gücü (FRAP) Analizi	35
3.2.1.12.4. DPPH Serbest Radikalini Giderme Aktivitesinin Belirlenmesi	35
3.2.1.12.5. Likopen Tayini.....	35
3.2.1.12.6. Bireysel Fenolik Bileşiklerin Belirlenmesi	36
3.2.1.12.6.1. Fenolik Bileşiklerin Belirlenmesinde Kullanılan Cihaz ve Özellikleri	36
3.2.1.12.6.2. Fenolik Bileşik Analizinde Kullanılan Metodlar ve Analiz Koşulları.....	36
3.2.1.12.6.2.1. MS Parametreleri.....	36
3.2.2. Kuru meyvelerde yapılan analizler.....	37
3.2.2.1. Renk özelliklerinin belirlenmesi.....	37
3.2.2.2. Kuru Madde Tayini.....	37
3.2.2.3. Morfolojik Özelliklerin Belirlenmesi.....	37
3.2.2.4. Doku Analizi (Tekstür Analizi).....	38
3.2.2.5. Antioksidan Özelliklerin Belirlenmesi	38
3.2.2.6. Meyvelerin Büzülme Analizi	38
3.2.3. Kurutma Kinetiği ve Modelleme Çalışmaları.....	39
3.2.4. Rehidrasyon Kapasitesinin Belirlenmesi ve Modellenmesi	40
3.3. İstatistiksel Analiz	42
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	43
4.1. Taze Güzyemişi Meyvesinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	43
4.2. Kuru Madde Değerlerindeki Değişim	46
4.2.1. Kurutma Sıcaklığının Güzyemişi Meyvelerinin Nem İçeriği Üzerine Etkisi	46
4.2.2. Hava Hızının Güzyemişi Meyvelerinin Nem İçeriği Üzerine Etkisi	48
4.2.3. Kurutma Kinetiği ve Modelleme Çalışmaları.....	51
4.2.3.1. Kurutma Kinetiğinin Modellenmesi	51
4.3. Rehidrasyon Oranları ve Modelleme Çalışması	56
4.3.1. Rehidrasyon Modelleme Çalışması	62
4.4. Kurutma Koşullarının Renk Üzerine Etkisi	67
4.5. Kurutmanın Büzülme Üzerine Etkisi	70
4.6. Meyvelerin Morfolojik Özellikleri.....	72
4.7. Meyvelerin Tekstürel Özellikleri	75
4.8. Meyvelerin Antioksidan Özellikleri	79
4.9. Taze ve Kuru meyvelerin Bireysel Fenolik Bileşiklerindeki Değişim	82
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	87
KAYNAKLAR.....	89

EKLER.....	103
ÖZ GEÇMİŞ.....	116



SİMGELER VE KISALTMALAR

ABTS	: 2,2'-azinobis 3-etil-bezotiazolin-6-sülfonat
ANOVA	: Varyans analizi
a_w	: Su aktivitesi
MR	: Nem içeriği
M_e	: Denge nem içeriği ($\text{kg}_{\text{su}} \text{km}^{-1}$)
M	: Herhangi bir andaki nem içeriği ($\text{kg}_{\text{su}} \text{km}^{-1}$)
χ^2	: Ki kare
C	: Kroma
DPPH	: 2, 2-difenil-1-pikrilhidrazil
FRAP	: Demir İndirgeme Antioksidan Gücü
HPLC	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
DR	: Kuruma hızı ($\text{kg}_{\text{su}} \text{kgkm}^{-1} \text{km}^{-1}$)
t	: Kurutma süresi, s
$M_{\text{Re}, i}$	: Tahmini nem içeriği
R^2	: Regresyon katsayısı
L^*	: Parlaklık/matlık değeri
a^*	: kırmızılık/yeşillik değeri
b^*	: Sarılık/mavilik değeri
ni	: Sabit ve katsayıların sayısı (adet)
M_t	: t anındaki nem içeriği ($\text{kg}_{\text{su}} \text{km}^{-1}$)
M_{t+dt}	: t+dt anındaki nem içeriği ($\text{kg}_{\text{su}} \text{km}^{-1}$)
N	: Toplam gözlem sayısı (adet)
M_0	: Başlangıç nem içeriği
nm	: Nanometre
cm	: Santimetre
°C	: Santigrat derece
dk	: Dakika

F	: F değeri
SD	: Serbestlik Derecesi
g	: Gram
kg	: Kilogram
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
N	: Newton
µL	: Mikrolitre
s	: Saniye
SEM	: Taramalı elektron mikroskobu
ÇKM	: Suda çözünür katı madde
TPO	: Toplam fenolik madde
TPTZ	: 2,4,6-tripiridil-s-triazine

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Güzyemişi ağaç ve meyvesinin genel görünümü.....	5
Şekil 2.2. Doğrudan ve dolaylı güneşte kurutma	18
Şekil 2.3. Gıda maddeleri için tipik kurutma eğrileri	20
Şekil 2.4. Tünel kurutucuların şematik görünümü.....	21
Şekil 2.5. Bantlı Kurutucunun görünümü.....	22
Şekil 3.1. Taze güzyemişi meyvesinin görünümü	27
Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan tepsili kabin kurutucunun görünüşü.....	28
Şekil 3.3. Kurutucunun PLC PANO üzerinde ana menü ve çalışma sayfası	28
Şekil 3.4. Taramalı elektron mikroskobunun (SEM) görünüşü	34

1. GİRİŞ

Güzyemişi (*Elaeagnus umbellata*), 92 tür içeren *Elaeagnaceae* familyası *Elaeagnus* cinsine ait bir bitkidir (POWO, 2021). Doğu Asya'ya özgü olup ABD' nin bazı bölgelerinde süs bitkisi olarak yetiştirilmektedir (Moore vd., 2013). Güzyemişi bitkisi, tatlı ve ekşimsi tada sahip yenilebilir, küçük, koyu kırmızı yuvarlak meyve verir (Pei vd., 2015). Bu meyveler, vitamin, mineral, esansiyel yağ, biyoaktif bileşik ve doğal antioksidanların önemli bir kaynağıdır (Ahmad vd., 2005).

Doğal antioksidan bileşiklerin tüketimi, oksidatif stresinin neden olduğu bazı kronik hastalıkların oluşumu veya ilerlemesini önler (Donno vd., 2013; Liu, 2004). Doğal antioksidanlardan biri olan karotenoidler, çoğunlukla bitkiler tarafından sentezlenen, yağda çözünen pigmentlerdir. Karotenoidler içerisinde yer alan likopen, domates ve ürünlerinin ana pigmentleri olup (Nguyen ve Schwartz, 1999) güzyemişi meyveleri önemli likopen kaynaklarıdır (de Souza vd., 2014; Gamba vd., 2020) ve yüksek bir antioksidan aktiviteye sahiptir (Fordham vd., 2001; Ghellam ve Koca, 2021). Bu meyvenin domatesten 18 kat daha fazla likopen içerdiği rapor edilmiştir (Fordham vd., 2001). Ayrıca güzyemişi meyveleri, fenolik asitler, flavonoidler, tanenler ve antosiyaninler gibi fenolik bileşiklerce zengin olması nedeniyle önemli bir antioksidan kaynağıdır. Güzyemişi meyveleri C vitamini, uçucu yağlar ve Fe, Mg, P, Na, K gibi minerallere (Ahmad vd., 2006) ek olarak, α - ve γ - tokoferoller de içermektedir (Pei vd., 2015).

Son yıllardaki çalışmalarda güzyemişinin önemi vurgulanmaktadır. Güzyemişinin çiçek ve tohumları, öksürük için ve kanser önleyici olarak Çin'de halk hekimliğinde kullanılmaktadır (Ahmad vd., 2005; Lee vd., 2007). Bu meyvenin kan basıncını düzenlediği ve akciğer enfeksiyonlarını azalttığı (Sabir vd., 2007; Shi vd., 2010), α -glukosidaz enzimini inhibe etme etkisinden dolayı, açlık ve tokluk kan şekerini düşürmede önemli bir role sahip olduğu (Kim vd., 2019), güzyemişi bitkisinin yaprak ve meyvelerinin diyabet ve obezite riskini azalttığı bildirilmektedir (Spinola vd., 2019).

Son zamanlarda, yapılan çalışmalarda güzyemişi meyvesinin ticari ürün geliştirmedeki potansiyeli görülmüş ve yeni gıda formülasyonlarında kullanılabilecek likopence zengin zler veya tozlar geliştirilmiştir (Pei vd., 2015). Güzyemişi meyvelerinin toz veya zleri içeceklerde, soslarda, reellerde, süt ürünlerinde, tahıllarda veya diğerk ürünlerde kullanılabileceğini rapor etmişlerdir (Fordham vd., 2001).

Meyve ve sebzeler, yüksek su içeriğı nedeniyle kısa bir raf ömrüne sahiptirler. Besin değerini ve sağlık üzerine olumlu etkilerini korumak, raf ömrünü uzatmak için farklı muhafaza teknikleriyle korunmaları gerekmektedir. Bu tekniklerden en bilineni, kurutmadır. Kurutma, gıda muhafazasının en eski ve önde gelen fiziksel yöntemlerdendir (Hatamipour vd., 2007; Moses vd., 2014). Kurutma, su aktivitesini azaltarak gıdalarda mikrobiyal ve kimyasal değişimi önleyen bir tekniktir (Hatamipour vd., 2007). Kurutulmuş rnlerin bir taraftan raf ömrü uzarken, diğerk yandan meyve ve sebze kıtlığı çeken bölgelere dağıtımı kolay ve ucuz olur (Dauthy, 1995). Kurutmayla paketleme, depolama, taşıma ve nakliye kolaylığı sağladığı gibi sezon dışı ürüne ulaşılabilirlik artar ve tüketicilere daha geniş bir ürün yelpazesi sunulur (Moses vd., 2014).

Dehidrasyon terimi, kontrollü sıcaklık, nem ve hava hızında, gıdadan suyun uzaklaştırılması için kullanılır. Kurutma terimi daha çok, üründeki suyu buharlaştırmak ve su buharını gıda yüzeyinden uzaklaştırmak için ısı kullanımını ifade eder. Kurutma sırasında kurutulan ürünün şekli, gevrekliğı, sertliğı, rengi, aroması, tadı ve besin değeri gibi fiziksel ve kimyasal özelliklerinde bir takım değişimler meydana gelmektedir. Bu olumsuzlukları en aza indirmek için çok sayıda kurutma tekniğı ve ön işlemler uygulanmaktadır. Endüstriyel olarak birçok yeni yöntemleri de (mikrodalga, radyofrekans vb.) içeren farklı kurutma yöntemleri (sıcak hava, spre, akışkan yatak, dondurma vb.) vardır (Baysal vd., 2015).

Meyve ve sebzelerin konvektif kurutulması, ürünü stabilize etmek ve raf ömrünü artırmak için en çok uygulanan kurutma tekniğidir. Konvektif kurutma yöntemi, sıcak havanın gıda üzerinden geçmesiyle kütlenin ısınmasına dayanır (Khraisheh vd., 1997).

Yüksek hava hızlarında kurutma, ürün içindeki taşıma mekanizmalarını kontrol etmek için iç dirençlere neden olur ve bundan dolayı önemli ölçüde büzülme meydana gelir (Ratti, 1994). Majdi vd. (2019), hava sıcaklığının büzülme üzerinde dikkate değer bir etkiye sahip olduğunu gözlemlemişlerdir. Kinetik çalışmaları, kurutma ve fitokimyasal bileşiklerin korunması ve güzyemişi meyvesinin besin değerinin muhafazası açısından gereklidir. Kurutma kinetiği genellikle kurutma sırasında ısı ve kütle transferi mekanizmalarını tanımlamak için kullanılır ve kurutma sürecini, tasarımı ve optimizasyonunu doğal malzemelerin optimizasyonunu kontrol etmek için esastır (Sacilik vd., 2006).

Günümüzde kurutma sadece bir muhafaza işlemi değil aynı zamanda gıdaların katma değerini artırma yöntemi olarak da görülmektedir. Gıda maddeleri arasında meyve ve sebzelerin kurutulmasına özel önem verilmiştir. Kahvaltılık gevrekler, unlu mamüller, şekerlemeler ve süt ürünleri, çorbalar, püreler ve diğerleri dahil olmak üzere yeni ürün eldesinde bu teknik etkin şekilde kullanılmaktadır (Ramos vd., 2003).

Kurutma sırasında meydana gelen su kaybı ve uçucu maddeler, taze ürüne farklı dokusal ve duyuşal özellikler kazandırarak malzemelerde büyük yapısal değişikliklere neden olur. Dokusal ve duyuşal özelliklerin mümkün olduğunca korunması, tüketicinin kurutulmuş üründen taze ürün özelliklerine benzer özellikler beklemesi nedeniyle son derece önemlidir (Ramos vd., 2003).

Kurutma dünyada yaygın çalışılmış bir konudur, ancak bazı meyvelerin kurutulması ve kurutma sürecinde yapısal, fonksiyonel özellikleri konusunda yeteri kadar bilgi yoktur. Kurutmanın temel teknolojik etkileri bilinsede her materyalde göstereceği etkiler ve kuru ürünün fiziksel, tekstürel, morfolojik ve biyoaktif özellikleri farklı olmaktadır. Kullanılan tekniğe göre meydana gelen bu değişimlerin belirlenmesi önemlidir. Bu çalışma, konvektif kurutucuyla güzyemişi meyvesinin kurutulması sırasında meydana gelen fiziksel, tekstürel, morfolojik ve biyoaktif özelliklerdeki değişimleri incelemek amacıyla yapılmıştır. Güzyemişi meyvelerinin kurutma ve rehidrasyon kinetiğini belirlemek de hedeflenen diğer bir konudur.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Güzyemişi (*Elaeagnus umbellata*) Meyvesiyle İlgili Genel Bilgiler

2.1.1 Güzyemişi Bitkisinin Özellikleri

Güzyemişi (*Elaeagnus umbellata*), yaklaşık 98 tür içeren *Elaeagnaceae* familyasından *Elaeagnus* cinsine aittir (Tablo 2.1.). Yüksek dallı, dikenli ve 3-5 m boyunda, çok yıllık, çalı formunda bir bitkidir (VVAA 2020; Ishaq vd., 2015; Parmar vd., 1982).

Tablo 2.1. Güzyemişinin Taksonomisi (USDA, 2021)

Alem	Plantae (bitkiler)
Alt bölüm	Spermatophyta (tohumlu bitkiler)
Bölüm	Magnoliophyta (kapalı tohumlular)
Sınıf	<i>Magnolipsida</i> (çift çenekliler)
Alt sınıf	<i>Rosidae</i>
Familiya	<i>Elaeagnaceae</i> (iğdegiller familyası)
Cins	<i>Elaeagnus</i> L. (iğde)
Tür	<i>Elaeagnus umbellata</i> Thunb. (güzyemişi)

Güzyemişi (Şekil 2.1.), dünyada “autumn olive berry, goumi, Aki-gumi ve autumn berry” (Black vd., 2005; Fordham vd., 2002; Sakamura ve Suga, 1987). Türkiye’de ise “güzyemişi, çingil iğde, güzzeytini,” adlarıyla tanınmaktadır (Celik ve Celik, 2017; Chopra vd., 1986). Yapraklarının üst kısmı açık yeşil, alt kısmı ise gümüşü yeşil renktedir. Meyveler yaz ortasında benekli açık yeşilken sonbaharda kırmızıya döner ve boyutları 1.25 ile 1.5 cm büyüklüğündedir (Dirr, 1998). Doğu Asya kökenli olup, anavatanı Çin, Japonya ve Kore’dir (Edgin ve John, 2001). ABD’de 1800’lü yıllardan beri süs bitkisi olarak yetiştirilmektedir (Gamba vd., 2020; Moore vd., 2013). Türkiye’de 1990’lı yıllarda güzyemişi tanınmış ve yetiştiriciliği başlamıştır (Celik ve Celik, 2017; Özen vd., 2017). Önceki çalışmalar, güzyemişi meyvelerinin Asya ve Avrupa’da, özellikle de Kafkasya ve Orta Asya’da yaygın olarak yetiştiğini bildirmektedir. Güzyemişi yüksek toprak tuzu konsantrasyonlarında da yetişebildiğinden ekim alanları

kıyı bölgelerini de kapsar (Dirr, 1998). Güzyemişi ağaçları toprağı stabilize eder, erozyonu önler, rüzgarı kesme özelliğinden dolayı yaygın olarak kullanılır (Fordham vd., 2002; Zarger, 1980). Dekoratif olması, kuraklığa karşı toleransı, farklı ortamlara adaptasyon gücü nedeniyle kentsel alanlarda çit bitkisi olarak yetiştirilmektedir (Patel, 2015). Ayrıca yerel olarak yem, sepet ve yakacak odun gibi çeşitli amaçlar için kullanılır (Ahmad vd., 2006).



Şekil 2.1. Güzyemişi ağaç ve meyvesinin genel görünümü

2.1.2. Güzyemişi Meyvesinin Özellikleri ve Bileşimi

Güz yemişi meyveleri, Eylül ile Ekim aylarında olgunlaşır ve kırmızı bir renk alır. Bu meyveler, zengin bir A, C, E vitaminleri, flavonoidler ve esansiyel yağ kaynağıdır (Tablo 2.2) (Sternberg, 1982; Chopra vd., 1986). Taze olarak tüketildiği gibi, ürüne işlenerek de tüketilebilmektedir. Meyvenin koyu kırmızı rengi likopenden kaynaklanmakta olup domates ürünlerinin yerine kullanılabilir (Fordham vd., 2001). Güzyemişi meyvesi, Batı ülkelerinde gıda olarak yaygın tüketilmemesine rağmen, Çin, Japonya ve Kore'nin bazı bölgelerinde diyetle dahil edilmektedir (Ri-Lei vd., 2012; Pei vd., 2015; Özen vd., 2017). Güzyemişi meyveleri zengin bir likopen kaynağı olmasının yanında güçlü antioksidan aktiviteye sahiptir (Wang ve Fordham, 2007; Khattak, 2012; Ghellam ve Koca, 2021). Bu meyvelerin, domatesten yaklaşık 17-18 kat daha fazla likopen içerdiği ortaya konmuştur (Kohlmeier vd., 1997; Fordham vd., 2001). Güz yemişi meyveleri C ve E vitaminlerinin, çeşitli minerallerin, biyoaktif fenolik bileşiklerin iyi bir kaynağıdır (Matthews, 1994; Ahmed vd., 2006; Khattak, 2012; Pei vd., 2015).

Tablo 2.2. Literatürde güzyemişi meyvelerin fiziksel ve fitokimyasal özellikleri

Parametre	Meyve özellikleri	Kaynak
En	4.8- 6.7 mm; 6.92 mm; 6.40 mm	Ahmad vd. (2006); Gamba vd. (2020); Ghellam vd. (2021)
Boy	7.1-8.7 mm; 6.46 mm; 6.19 mm	Ahmad vd. (2006); Gamba vd. (2020); Ghellam vd. (2021)
Çözünür katı madde, %	9.03-11.76; 16.23;14.80	Hussain (2011); Gamba vd. (2020); Ghellam vd. (2021)
Nem, %	71.4; 77.24	Khattak (2012); Ghellam vd. (2021)
pH	4.5; 3.53; 3.07	Khattak (2012); Gamba vd. (2020); Ghellam vd. (2021)
Titrasyon asitliği, %	0.8-1.29; 2.20-3; 3.1; 1.20	Wang ve Fordham (2007); Hussain (2011); Khattak (2012); Ghellam vd. (2021)
C Vitamini, mg/100g	8-10; 27.8; 14-17; 7.17	Hussain (2011); Khattak (2012); Ahmad vd. (2006); Ghellam vd. (2021)
Toplam fenolik madde, mg/kg	1399-1833; 1689-2581; 1900-2750; 2870	Black vd. (2005); Wang ve Fordham (2007); Pei vd. (2015); Ghellam vd. (2021)
Likopen, mg/100g	15-54; 33.6-55.3; 30.58- 46.23;	Fordham vd. (2001);Black vd.

	20.47	(2005); Wang ve Fordham (2007); Ghellam vd. (2021)
Toplam flavonoid, mg/g	3.6; 1.5-3.8; 25.26	Khattak (2012); Ishaq vd. (2015); Ghellam vd. (2021)
Proantosiyandinler, mg/100g	15-57	Pei vd. (2015)
Kateşin+epikateşi, mg/100g	0.14-0.89	Pei vd. (2015)
α - tokoferol mg/100g	1.16-2.82	Pei vd. (2015)
γ - tokoferol mg/100g	0.18-0.48	Pei vd. (2015)
Toplam karotenoidler mg/100g	43-59	Wang ve Fordham (2007)
β -kriptoksantin mg/100g	2-7	Fordham vd. (2001)
β -karoten mg/100g	0.23-0.6	Fordham vd. (2001)

Sabir ve Riaz (2005), Pakistan'da yetişen güzyemişinin bileşimini araştırmışlardır. Meyvelerde, C vitaminini 13.8-16.9 mg/100 g, yağı çekirdek kısmında %5.7- 6.1, pulp kısmında %7.6- 8.1, indirgen şekeri %6.8-8.4, indirgen olmayan şeker %1.4-2.2, protein %2.5-5.1, potasyum 175-375 ppm, sodyum 20-40 ppm, kalsiyum 70-110 ppm, magnezyum 70-86.6 ppm, demir 78.5-95 ppm ve fosfor 110-133 ppm olarak belirlemişlerdir.

Veazie vd. (2005), güzyemişinin Maine'den Alabama'ya kadar çalılar üzerinde yetişen küçük kırmızı bir meyve olduğunu ve bu meyvenin orjinin Çin'e dayandığını, 1800'lerin sonlarında erozyon kontrolü için ABD'ye getirildiğini bildirmişlerdir. Meyvenin taze ağırlığının yaklaşık %20'sinin çekirdeğe ait olduğunu ve likopen açısından (30–50 mg/100 g) zengin ve buruk olduğunu, bu da meyvenin karotenoidlerin yanı sıra fenolik bileşiklerce de zengin olduğunu bildirmişlerdir. Bitkilerin kültüre alınıp üretilmesine ve meyvenin doğal bir likopen kaynağı olarak kullanılmasına büyük ilgi olduğunu kaydetmişlerdir. 6 genotip üzerinde yaptıkları çalışma sonunda; meyvelerin yüksek likopen (30- 55 mg/g), yüksek çözünür katı madde (%11-17) ve nispeten yüksek asitlik (%1.7-5.5 sitrik asit) ve toplam fenolik madde (1700 mg/kg klorojenik asit eşdeğeri) içeriğine sahip olduğunu, meyvelerin flavanoller (33 mg/kg rutin eşdeğeri) ve hidroksibenzoik asitler (31 mg/kg gallik asit eşdeğeri), çekirdeklerinin ise hidroksisinamik asitler (35 mg/kg klorojenik asit eşdeğeri) ve hidroksibenzoik asitler (184 mg/kg gallik asit eşdeğeri) açısından zengin olduğunu rapor etmişlerdir.

Wang ve Fordham (2007), güzyemişi meyvesinin altı genotipini (Brilliant Rose, Delightful, Jewel, Natural 1, Natural 2 ve Sweet N Tart), meyve kalitesi, fenolik madde, karotenoidler, antioksidanlar, antioksidan kapasite ve antioksidan enzim aktivitesi açısından deęerlendirilmiŐlerdir. Genotiplerin  z n r katı madde içeriğinin %10.6 ile %18.4, titrasyon asitliğinin %0.79 ile %1.29 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Meyvelerde fruktoz ve glukozun baskın Şeker ve malik asitin ise baskın organik asit olduğunu saptamışlardır. Meyvelerin 2,2-di (4-tert-oktilfenil)-1-pikrilhidrazil (DPPH ), 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit) diamonyum tuzu, ABTS+ (2,2'-azinobis) 3-etil-bezotiazolin-6-sülfonat, peroksil radikali (ROO ), süperoksit radikalleri (O2  ), hidroksil radikalleri ( OH) ve singlet oksijen (1O2) için güçlü serbest radikal temizleme aktivitelere sahip olduğunu, ayrıca glutatyon peroksidaz (GHS-POD), glutatyon redüktaz (GR), süperoksit dismutaz (SOD), askorbat peroksidaz (AsA-POD), dehidroaskorbat redüktaz (DHAR) ve monodehidroaskorbat redüktaz (MDAR) dahil olmak üzere antioksidan enzim aktivitelerinin yüksek olduğunu rapor etmişlerdir.

Khattak (2012), Pakistan'da yetişen güzyemişi meyvelerinin bileşimini ve antioksidan özelliklerini araŐtırmıŐtır. Meyvelerin %71.4 nem, %2.9 kül, %4.0 protein, %2.3 ham yağ, %5.9 besinsel lif ve 27.8 mg/100 g C vitamini içerdiğini, 90.8 kcal/100 g enerji verdiğini kaydetmiŐtır. Fitokimyasal analiz sonucunda meyvelerde 23.3 mg/g fenolik madde, 3.6 mg/g flavonoid, 19.9 mg/g karotenoid, 126.5 mg/g tanen, 12.6 mg/g alkaloid ve 21.2 mg/g saponin saptamıŐtır. Yüksek miktarda DPPH temizleme aktivitesi gösteren meyvenin antioksidan bileşikler için iyi bir kaynak olduğunu ve tüketicisi sağlığına faydalı olabileceğini bildirmiŐtır.

Tag vd. (2014), g zyemiŐini de kapsayan Himalaya'da yetişen 6 meyvenin bileşimini incelemişlerdir. Güzyemişi meyvelerinin ortalama %13.99 nem, %4.07 kül, %15.13 ham protein, %4.36 ham yağ, %62.45 karbonhidrat, %0.47 sodyum, %0.29 potasyum, %0.81 kalsiyum, %0.1 fosfor, 19.51 mg/L alfa tokoferol ve 0.003mg/L karotenoid içerdiğini saptamışlardır.

Pei vd. (2015), güzyemişi meyvelerinin polifenol ve α - ve γ -tokoferol içeriklerini incelemişlerdir. Asidik sulu aseton kullanarak yaptıkları ekstraksiyon ile 190 ile 275 mg/100 g arasında deėiŐen toplam fenolik madde elde etmişlerdir. HPLC analizi sonucunda kuru maddede 68-225 mg kateşin eşdeğeri/100 g toplam proantosiyanidin belirlemişlerdir. Toplam α - tokoferolu 9 mg/100g yağ, γ -tokoferolu ise 23 mg/100 g yağ arasında saptamışlar ve α - ve γ -tokoferol oranının ~3:1 ile 10:1 arasında değiştiğini kaydetmişlerdir.

Llorent-Mart nez vd. (2017), g zyemiŐini de kapsayan Portekiz’de yetişen yabani meyvelerin mineral madde içeriklerini incelemişlerdir. Güzyemişinin potasyum (7600–8200 μ g/g), kalsiyum (925-1150 μ g/g), magnezyum (410 - 440 μ g/g), mangan (8.1-12.1 μ g/g), sodyum (60-73 μ g/g), fosfor (730-1000 μ g/g), aliminyum (13-86 μ g/g), demir (28-40 μ g/g), çinko (4.5-17.4 μ g/g), bakır (5.2-7.4 μ g/g), nikel (1.2-1.6 μ g/g), molibden (0.5-0.8 μ g/g), baryum (1.0-1.2 μ g/g) ve kobalt (0.03-0.04 μ g/g) içeriklerini belirleyerek günlük 30 gram tüketimiyle RDA tarafından önerilen kalsiyumun %3.8’i, bakırın %18’i, demirin %6.9’u, potasyumun %11.8’i, magnezyumun %3.4’ , manganın %16.5’u, molibdenin %42’si, fosforun %3.4’  ve çinkonun %3’ünün karŐılayabileceėini rapor etmişlerdir.

Gamba vd. (2020), güzyemişinin Asya ve Güney Avrupa’da yaygın olarak yayılıŐ gösteren ve süs türü olarak yetiŐtirilen yaprak döken bir çalı tipi olduğu, tıbbi değeri nedeniyle yerel olarak tüketildiğini bildirmiŐler. Biyoaktif maddelerini yüksek performanslı sıvı kromatografi (HPLC) ve spektrofotometrik analiz yoluyla araştırmışlardır. Çalışma sonunda, toplam polifenoller 325.366 mg/100g, toplam antosiyanin içeriğini 194.99 mg/100g olarak belirlemiŐlerir. Meyvenin biyoaktif bileŐiminde polifenollerin ağırlıkta olduğu (%65.56), onu monoterpenler (%27.40) ve C vitaminin (%7.04) izlediğini bildirmişlerdir. Antosiyaninlerin, polifenoller içinde ilk sırada (%71.9) geldiğini vurgulamışlardır. Antioksidan kapasite içeriğinin (20.03 mmol Fe²⁺/kg) diğer küçük meyvelerinkine yakın olduğunu kaydetmişlerdir.

Zglińska vd. (2021), Polanya’da yetişen güzyemişi meyvelerinin bileşimini araştırmışlardır. Meyvelerde kuru maddeyi % 30.94, proteini %4.97, besinsel lifi %4.88, yağı %2.13, likopeni 133.520 mg/100g (km.), β -karoteni 2.800 mg/100g (km.), E vitaminini 32.900 mg/100 g (km.), K vitaminini 0.006 mg/100g (km.), toplam fenolik maddeyi 828.53 mg/100 g (km.), kalsiyumu 4.65 mg/kg (km.), demiri 28.17 mg/kg (km.), magnezyumu 604.33 mg/kg (km.), fosforu 2874.67 mg/kg (km.) ve çinkoyu 18.37 mg/kg (km.) olarak belirlemişlerdir. Toplam yağın %88.67’sinin doymamış yağdan oluştuğunu ve %50’nin üzerinde esansiyel çoklu doymamış yağ asitleri içerdiğini rapor etmişlerdir.

2.1.3 Güzyemişinin Sağlık Üzerine Etkileri

Güzyemişi karotenoidler, fenolik asitler ve flavonoidler açısından zengin bir kaynaktır ve birçok hastalığı önlemek için kullanılır. Ayrıca, antioksidan, anti-kanserojenik aktiviteye ve hepatoprotektif etkilere sahip olabilen, bol miktarda likopen içeriği nedeniyle Batı ülkelerinde fonksiyonel bir bileşen olarak pazarlanmıştır (Catarina Guedes vd., 2013; Perveen vd., 2015). Karotenoidler, serbest radikalleri temizleme kapasitesi yüksek olan etkili antioksidanlardır (Britton, 1995), sağlık sorunlarını ve kanser oluşumunu önlerler (Hussain, 2011). Çin, Japonya ve Kore’nin bazı bölgelerinde, bu meyve, varsayılan sağlık yararları nedeniyle yerel diyetle dahil edilmektedir (Ri-Lei, 2012). Meyvenintıbbi önemi, içerdiği alkaloidler, steroidler, terpenoidler, saponinler ve fenolik bileşiklerden kaynaklanmaktadır. Zengin bir likopen kaynağı olması nedeniyle miyokard enfarktüsüne karşı koruma sağladığı düşünülmektedir (Kohlmeier vd., 1997). Meyveler yaklaşık 5.11-8.84 g/100 yağ içerir ve yağ içerisinde E vitamini (tokoferol) ve fitosteroller içermektedir (Ahmad vd., 2006). Kan basıncını düzenleme, öksürüğe ve akciğer enfeksiyonlarına karşı çiğ veya pişmiş olarak tüketilir (Shi vd., 2010). Serviks ve gastrointestinal sistemi kaynaklı kanserlere karşı (Matthews, 1994), prostat kanseri de dahil olmak üzere çeşitli kanser türlerine karşı koruma sağladığı (Giovannucci vd., 1995; Clinton, 1998) bildirilmiştir. *In vitro* ve *in vivo* nöroprotektif aktiviteler sergileyen biyoaktif bileşiklerce zengin olduğu rapor edilmiştir (Nazir vd., 2020). Bu meyvelerin özütları, antibakteriyel (Sabir vd., 2007) ve antioksidan (Uddin ve Rauf, 2012; Khattak,

2012) aktiviteye sahiptir. İshal kesici (Rafique vd., 2016) öksürük ve akciğer enfeksiyonlarına karşı bitkisel ilaç olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Sabir ve Ahmad, 2010).

Sabir vd. (2007), Pakistan'da yetişen güzyemişi meyvelerinin farklı kısımlarının antimikrobiyal aktivitelerini incelemişlerdir. Farklı çözücülerle elde edilen ekstraktları, metisiline dirençli *S. aureus* gibi organizmalar, çoklu ilaca dirençli *P. aeruginosa* ve enterohemorajik *E. coli* üzerinde denemişlerdir. Çalışma sonunda meyve çiçeklerinin eter ekstraktının *E. coli*, *P. aeruginosa*, *S. aureus* ve *B. subtilis*'e karşı, yaprak etil alkol ekstraktlarının hem Gram pozitif hem de Gram negatif bakterilere karşı güçlü etki gösterdiğini, meyveden elde edilen sulu ekstraktların ise *E. coli* ve *S. aureus*'un çoğalmasını engellediğini kaydetmişlerdir.

Ishaq vd. (2015), farelerde güzyemişi meyvelerinin sıcak su, metanol, n-hekzan ve aseton ekstraktlarının serbest radikal temizleme aktivitelerini ve anti-lipid peroksidatif özellikleri araştırmışlardır. Ekstraktların, farelerin beyin ve karaciğer homojenatlarında pro-oksidanlar demir (10 μ M FeS04) ve sodyum nitroprussid (5 μ M) kullanılarak indüklenen tiyobarbitürik asit reaktif türler (TBARS) karşı inhibisyon gösterdiğini dolayısıyla terapötik öneme sahip potansiyel bir antioksidan kaynağı olduğunu bildirmişlerdir.

Patel (2015), güzyemişini de kapsayan *Elaeagnus* cinsi meyvelerin sağlık üzerine etkileri, biyoaktif özelliği ve permakültür potansiyelini tartışmıştır. Bu meyvenin kanser önleyici etkiye sahip olduğunu bildirmiştir.

Kim vd. (2019), diabetes mellitus komplikasyonlarından kaçınmak için açlık ve tokluk hipergliseminin kontrol edilmesi gerektiğini bildirerek güzyemişinin farelerde açlık ve tokluk hiperglisemi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Bunun için güzyemişinin *in vitro* α -glukozidaz inhibitör etkisi belirlemişlerdir. Güzyemişi özütünün α -glukozidaz üzerindeki *in vitro* inhibitör etkisi, akarbozunki kadar güçlü olduğu ve normal farelerde postprandiyal hiperglisemiye azaltabileceğini ve açlık hiperglisemisini hafifletebileceğini rapor etmişlerdir.

Spinola vd. (2019), *E. umbellata* ve *Sambucus lanceolata*'nın antidiyabetik etkisi ve sindirim süresince fenolik maddeki değişimi ile enzim inhibitör özellikleri, anti-glikasyon ve antioksidan aktivitelerini incelemişlerdir. Güzyemişi bitkisinin meyvelerinin flavonoller açısından zengin, yaprakların ise flavonoller ve ellagitanninlerce zengin olduğunu bildirmişlerdir. Simüle edilmiş gastrointestinal sindirim testi sonucunda, fenolik bileşiklerde bir azalma belirlemişlerdir. Her iki türünde, aldoz redüktaz aktivitesine ve protein glikasyonunu inhibe etme ve serbest radikalleri temizleme yeteneğine sahip olduğunu gözlemlemişlerdir. Tip 2 diyabet ve obezite riskini azaltmada bu türlerin daha iyi araştırılması gerektiğini rapor etmişlerdir.

Qayyum vd. (2019), güzyemişi meyvelerinin kardiyovasküler hastalıklarda tıbbi kullanımının farmakolojik temelini araştırmışlardır. Bunun için anestezi altındaki normotansif ve hipertansif sıçanlara, ham meyve ile etil asetat ve n-hekzan özütleri vermişlerdir. Verilen tüm ekstraktların ortalama arter basıncını düşürdüğü ve vazodilatör etki sergilediğini kaydetmişlerdir. Araştırmacılar, güzyemişi meyve ekstraktlarının antihipertansif ve vasküler rahatlatıcı etkilere sahip olduğunu rapor etmişlerdir.

Nazir vd. (2020a), streptozotocin ile indüklenmiş diyabetik ratlarda güzyemişi ekstraktlarının antioksidan ve antidiyabetik etkisini araştırmışlardır. Farklı çözücülerle elde edilen ekstraktlardan kloroform, etil asetat ve bütanol özütlerinin DPPH'ye karşı sırasıyla 40, 45 ve 60 µg/mL ve ABTS serbest radikallerine karşı 57, 70 ve 120 µg/mL IC50 değerleri ile önemli antioksidan potansiyel gösterdiği; kloroform ve etil asetat ekstraktının alfa-amilaz ve alfa-glukosidaza karşı aktif olduğu, ham ekstrakt, kloroform ve etil asetat özütlerinin ratlarda STZ ile indüklenen tip 2 diyabette hiperglisemiye kontrol etmede daha güçlü olduğunu saptamışlardır. Araştırmacılar, güzyemişinin Tip 2 diyabet ve oksidatif stres tedavisinde kullanılabileceğini ve Tip 2 diyabetle ilişkili ikincil komplikasyonları gidermede etkili olabileceğini bildirmişlerdir.

Nazir vd. (2020b), güzyemişinin farelerde öğrenme ve hafıza üzerindeki olası yararlı etkisini araştırmışlardır. Davranışsal ve biyokimyasal çalışmalardan (AChE/BChE ve DPPH/ABTS inhibisyonu) elde edilen sonuçlara göre, güzyemişinin

önemli hafıza geliştirme potansiyeline ve anti-amnezik etkilere sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Nazir vd. (2021), Pakistan'da yetişen güzyemişi meyvelerinin uçucu yağlarının antioksidan, antikolinesteraz ve antidiyabetik potansiyellerini araştırmışlardır. Hidrodestilasyonla elde edilen yağlar, GC-MS ile analiz edilmiş ve 68 bileşik tanımlamışlardır. Bu yağların DPPH ($IC_{50}=70 \mu\text{g/mL}$, askorbik asit $IC_{50}=32 \mu\text{g/mL}$) ve ABTS ($IC_{50}=105 \mu\text{g/mL}$, askorbik asit $IC_{50}=29 \mu\text{g/mL}$) radikallerine karşı yüksek bir serbest radikal süpürme aktivitesi; AChE ve BChE'ye karşı sırasıyla 48 ve 90 $\mu\text{g/mL}$ IC_{50} değerleri ile antikolinesteraz aktiviteleri (standart olarak kullanılan galantamin için IC_{50} değerleri sırasıyla 25 ve 30 $\mu\text{g/mL}$), alfa-glukosidaz ve alfa-amilaza karşı sırasıyla 120 ve 110 $\mu\text{g/mL}$ IC_{50} değerleri (standart akarboz için IC_{50} değerleri sırasıyla = 28 ve 30 $\mu\text{g/mL}$) ile antidiyabetik potansiyel sergilediğini ve bu meyveden elde edilen uçucu yağların diyabet ve nörodejeneratif bozuklukların tedavisinde kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

2.1.4. Güzyemişinin değerlendirilmesi ile ilgili yapılan çalışmalar

Güzyemişi, karotenoidler, polifenoller, flavonoidler ve C vitamini gibi bol miktarda antioksidan içeren bir meyvedir (Zglińska vd., 2022). Bu meyve daha çok çiğ olarak tüketilmektedir. Diğer meyveler gibi raf ömrü kısa olan bu meyvenin ürünlere işlenmesiyle ilgili literatürde az sayıda çalışma vardır.

Ishaq vd. (2016), Pakistan'ın Poonch bölgesinde üretilen güzyemişi meyvelerinin kimyasal ve duyusal özellikleri üzerine yenebilir film ile kaplamanın etkisini incelemişlerdir. Bunun için değişik konsantrasyonlarda (%0.5, 1.0, 1.5 ve 2.0) kitosan çözeltilerine meyvelerin daldırılıp, kurutulmuş ve 18 gün boyunca 27°C'de depolanarak renk, tat, doku ve genel kabul edilebilirlik gibi duyusal özelliklerle fizyo-kimyasal özelliklerini saptamışlardır. Çalışma sonunda, %2'lik kitosan konsantrasyonunun 13 gün depolama süresince kalitesini önemli ölçüde koruduğunu ortaya koymuşlardır.

Ghellam vd. (2021a), kurutulmuş güzyemişi meyvelerinin fizyokimyasal özelliklerini ve antioksidan aktivitelerini belirlemiş ve ozmotik dehidrasyon için optimum koşulları araştırmışlardır. Ozmotik dehidrasyonun optimizasyonu için yüzey

yanıt metodolojisi ve Box-Behnken tasarımı kullanmışlardır. Bağımsız değişken olarak şurup konsantrasyonu (%30-70), sıcaklık (20-70 °C) ve meyve-şurup oranını (1:10-2:10) seçmişler ve 10 saatlik dehidrasyondan sonra ağırlık kaybı, şeker artışı, yoğunluk, su aktivitesi ve toplam renkteki değişimi incelemişlerdir. Optimum koşulları %70 şurup konsantrasyonu, 70 °C sıcaklık ve 1.8:10 meyve-şurup oranı olarak belirlemişlerdir.

Ghellam vd. (2021b), güzyemişi meyvelerini, vakum ve atmosferik basınç altında 70 °C'de sakaroz çözeltisiyle ozmotik olarak dehidre etmişler ve kütle transfer kinetiği verilerini Azuara, Crank, Page ve Peleg modellerine uygulamışlardır. Peleg modelinin, her iki yöntemde de su kaybı ve katı madde kazancını tahmin etmede en uygun yöntem olduğunu saptamışlardır. 10 saatlik uygulamalardan sonra bile likopenin iyi korunduğunu kaydetmişlerdir.

Zannou vd. (2021), güzyemişi meyvesinin fonksiyonel özellikleri üzerine konvektif kurutma koşullarının etkilerini araştırmışlar ve biyoaktif özelliklerin korunumu açısından optimum koşulları belirlemişlerdir. 81°C sıcaklık ve 1 m/s hava hızının biyoaktif özelliklerin korunumu açısından ideal olduğunu, bu koşullarda yüksek toplam fenolik madde (63.79 mg/g), likopen (0.86 mg/g) , FRAP (11.38 mmol ISE/g) ve düşük renk değişimi elde edildiğini bildirmişlerdir. Kurutma ve rehidrasyon davranışlarını da inceledikleri çalışmada, kinetiğin sırasıyla Midilli ve Peleg modellerine uyduğunu saptamışlardır. Güzyemişi meyvelerinde kateşin, fumarik asit, gallik asit, hesperidin ve kersetin gibi 6 ana fenolik bileşik tanımlayıp kurutmanın bireysel fenolikbileşikler üzerine etkisini de incelemişlerdir. Çalışma sonunda, güzyemişi meyvelerinin 81°C'de konvektif olarak kurutulmasının, endüstrilerde kullanılabilen fonksiyonel meyvelere sahip olmak için yeterli olduğunu bildirmişlerdir.

Zglińska vd. (2022), güzyemişi meyvelerinin 60°C'de konvektif ve dondurarak kurutma (liyofilizasyon) sonrası antioksidan özelliklerdeki değişimi incelemişlerdir. Çalışmalarında ekstraksiyonda su ve metanol kullanmışlardır. En yüksek antioksidan aktiviteyi liyofilize edilen metanol ekstraktlarında tespit etmişlerdir.

2.2. Kurutma İle İlgili Genel Bilgiler

Kurutma, en eski gıda muhafaza yöntemlerinden biri olup (De Lima vd., 2002; Mirzaee vd., 2009), ısı ve kütle transferini içeren karmaşık bir işlemdir (Loewer vd., 1994). Gıdada bulunan suyu buharlaştırmak için ısıнын kullanılması ve su buharının gıda yüzeyinden uzaklaştırılmasını içerir (Khraisheh vd., 1997). Kurutmanın temel amacı, bozulabilir gıda maddelerini stabil ürünlere dönüştürmektir. Su aktivitesi yaklaşık 0.65'in altına indiğinde genellikle ürünler stabilite kazanır. Kurutmanın amaçları, kurutulacak ürünlere göre değişse de genel olarak üç ana kategoride toplanabilir:

- a. Ürünün ömrünü uzatmak, su aktivitesini azaltarak ürünlerin korunmasını kolaylaştırmak,
- b. Gıdaların kütesini ve hacmini azaltarak paketleme, nakliye ve depolama ihtiyacını azaltmak ve kolaylaştırmak,
- c. Ürüne özel bir yapı veya özellik kazandırmaktır (Benmeziiane, 2019).

2.2.1. Kurutma Yöntemleri

Kurutma, özellikle son ürünün kalitesi ve enerji tüketimi nedeniyle, çoğu endüstriyel prosesler arasında en önemli önemlisidir (Morais vd., 2018). Sanayide kurutma teknikleri veya kurutucu tipleri çok fazladır.

Keey (1991), kurutucuların sınıflandırılmasında kullanılabilecek üç temel faktöre dikkat çekmiştir. Bunlar:

1. Isının maddeye iletim şekli
2. Çalışma sıcaklığı ve basıncı (yüksek, orta veya düşük sıcaklık; atmosferik veya vakumlu kurutma)
3. Maddenin kurutucu içinde işlenme şeklidir.

Sloan (1967), yaklaşık 20 tip kurutucu tanımlamış ve bunları kesikli veya sürekli olmalarına, ısı alışverişini gazlarla doğrudan temas yoluyla veya kap duvarları aracılığıyla ısı alışverişisi yoluyla gerçekleştirmelerine ve ekipmanın hareketine göre sınıflandırmıştır.

Dittman (1977), kurutucuları iki genel sınıf ve beş alt sınıfa göre sınıflandırmıştır. Genel sınıflar adyabatik veya adyabatik olmayan kurutuculardır. Adyabatik kurutucular;

kurutucu gazların materyalden (geçirgen katılar veya katı yatakları için) veya yüzeyden geçişine göre alt sınıflara ayrılır. Adyabatik olmayan kurutucular, bir ısı değişim yüzeyi veya doğrudan radyasyon yoluyla uygulanan ısı gibi ısı tedarik moduna göre ve örneğin vakum veya bir taşıyıcı gaz ile nemin uzaklaştırılması gibi nemin taşınma moduna göre sınıflandırılır.

Schlunder (1982), ürünün fiziksel durumunu ve ayrıca ürünün kurutucuda kalma süresini kapsayan bir kurutucu sınıflandırması vermiştir. Çok kısa kuruma süreleri (<1dk) için flaş, sprey, drum kurutucular kullanılmaktadır.

Mujumdar (2006), ısı transferi yöntemlerine dayandırarak kurutma yöntemlerini (a) kondüksiyon ısıtma, (b) konvektif ısıtma, (c) radiant ısıtma ve (d) dielektrik ısıtma şeklinde 4 farklı gruba ayırmıştır. Dondurarak kurutma, kondüksiyon ısıtmanın özel bir durumu olarak sınıflandırmıştır. Bir başka sınıflandırma ise kurutma tankının tipine göre yapılmıştır. Buna göre tepsi, döner tambur, akışkan yatak, pnömatik veya sprey kurutma şeklindedir. Materyalin fiziksel formuna göre de kurutucu sınıflandırması yapılabileceğini bildirmiştir.

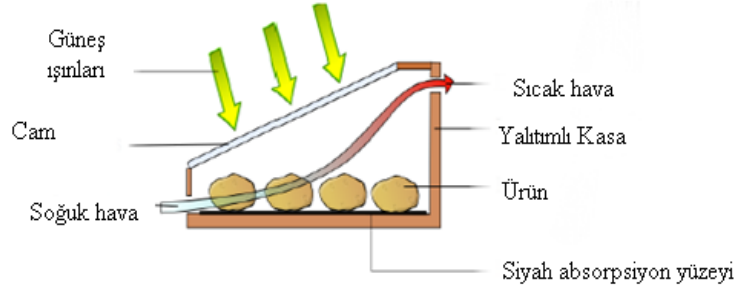
Veerakumar vd. (2014), kurutma yöntemlerini mekanik, elektrik ve doğal konvektif yöntemler olarak 3 ana gruba ayırmışlardır. Güneşte kurutmayı doğal konvektif yöntemler içerisinde sınıflandırmışlardır.

Deng vd. (2021), kurutma yöntemlerini doğal kurutma, geleneksel enerji kurutma ve temiz enerji kurutma şeklinde üç kategoriye ayırmışlardır. 1. yöntemde (doğal kurutma) için, taze materyalin genellikle iyi havalandırılmış zemine yerleştirilip doğrudan güneş ışığına maruz bırakıldığını, ancak yöntemin geniş alan, uzun kuruma süresi ve kalitenin dış ortamla ilişkili olması gibi eksikliklerinin olduğunu, 2. yöntemin (geleneksel kurutma yöntemleri), çevre kirliliği ve enerji kıtlığı sorunlarına yol açtığını, malzemelerin kalitesini de olumsuz yönde etkileyecek fosil enerji veya odun yakarak sıcak hava sağlandığını bildirmişlerdir. 3. tekniğin güneş tüneline kurutma, güneş sera kurutması, güneş kombine ısı pompalı kurutma, güneş enerjili akışkan yataklı kurutma, güneş enerjisi depolamalı kurutma ve güneş fotovoltaiik sera kurutma gibi güneş enerjisini kurutma alanında kullanımını mümkün kılan temiz enerji kurutması olduğunu

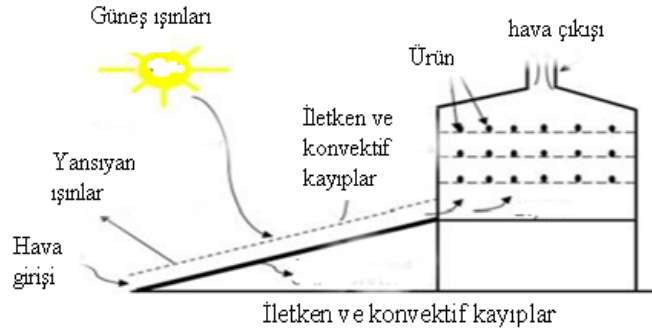
ve bunun enerji tasarrufu, emisyon azaltımı ve kurutma kalitesinin iyileştirilmesi gibi avantajlara sahip olduğunu rapor etmişlerdir.

Güneşte kurutma, meyve ve sebzeleri muhafaza etmenin en eski yöntemidir. Tarih boyunca meyvelerden, etlerden, tahıllardan ve bitkilerden nemi buharlaştırmak için güneş enerjisi, hava ve dumanlı bir alev kullanılmıştır. Meyveler yüksek şeker ve asit içeriği nedeniyle güneşte kurutulabilir, ancak sebzeler şeker ve asit bakımından fakirdir. Bu da onları güneşte kurutulmasına engel teşkil eder. Meyveler bütün olarak veya dilimlenmiş olarak tepsilere yerleştirilir ve istenen neme ulaşılan kadar açık havaya maruz bırakılır. Düşük sermaye ve işletme maliyetlerinin yanı sıra az beceri gerektirmesi güneşte kurutmanın temel avantajlarıdır (Chayjan vd., 2015; Nwankwo vd., 2021). Önemli bir dezavantaj, belirli meyve olgunlaştığında, güneşte kurutma için en uygun koşulların yeterli olmamasıdır. Böcek istilası, toz ve kalıntı kirleticiler, daha uzun kuruma süresi, doğrudan ısıya maruz kalma, kalite bozulması ve buharlaşan nemin yoğunlaşması nedeniyle düşük ısı iletimi bu kurutma sırasında yaşanan temel sorunlardan sadece birkaçıdır (Nwankwo vd., 2021). Bu kurutma yönteminde, güneş radyasyonu kurutulacak ürün tarafından absorbe edilir, yani radyasyon doğrudan ürün ile temas eder. Yoğunluk farklarından kaynaklanan doğal konveksiyon süreci başlar. Hem ısı hem de kütle transferi sırasıyla doğal konveksiyon ve difüzyon yoluyla gerçekleşir. Bu yöntem, direkt güneş ile yapılabildiği son yıllarda olduğu gibi dolaylı güneşte kurutma teknikleriyle de yapılabilmektedir (Şekil 2.2.). Dolaylı güneşte kurutma tekniği, bazı termal enerji toplama cihazları ve kurutuculardan oluşmaktadır. Bu teknik, pasif tekniğe göre daha hızlıdır, ancak kurulum masrafları yüksektir (Agarwal ve Yadava, 2018).

A) Doğrudan güneş enerjisiyle kurutma



B) Dolaylı güneş enerjisiyle kurutma



Şekil 2.2. Doğrudan ve dolaylı güneşte kurutma (Nwankwo vd., 2021)

Günümüzde güneşte kurutma tekniği yerini sıcak hava yani konvektif kurutma gibi endüstriyel yöntemlere bırakmıştır.

2.2.1.1. Konvektif kurutma

Konvektif kurutmada, kurutulacak ürün sıcak havaya maruz bırakılmaktadır (Chayjan vd., 2015). Bu kurutma tekniği, kurutma sıcaklığının kontrolünü sağlama gibi avantajlara sahiptir. Ancak, madde düşük neme ulaştığında, uzaklaşan su azaldığında kurutma hızı yavaşlar ve geri kalan son nemi ortadan kaldırmak için fazla enerji harcanır (Salinas vd., 2018). Konvektif havayla kurutma, gıda dehidrasyonu için en sık kullanılan işlemlerden biridir. Nihai ürünler, düşük gözeneklilik ve yüksek görünür yoğunluk ile karakterize edilir. Havayla kurutma sırasında önemli renk değişiklikleri meydana gelir ve sıklıkla nihai ürün düşük sorpsiyon kapasitesine sahiptir (Krokida ve Maroulis, 1999).

2.2.1.2 Konvektif kurutmanın mekanizması

Meyve ve sebze kurutmanın esası, kurutma ortamı ile gıda maddesi arasındaki ısı ve kütle değişimine dayanmaktadır. Taze meyveler kurutma ortamında ısıyla temas ettiğinde önce ısı enerjisi gıdanın yüzeyiyle temas eder, daha sonra yüzeyden gıdanın içine doğru yayılır. Nem, gıdanın içinden sıvı veya gaz halinde yüzeye aktarılır ve daha sonra malzemenin yüzeyindeki gaz filmi aracılığıyla havaya karışır. Kurutma ortamı ve taze meyveler arasındaki sıcaklık ve nem gradyanı, kurutmada nem difüzyonu için birincil itici güçtür (Sun vd., 2019).

Konvektif yani sıcak havayla kurutma, kurutma ortamı olarak ısıtılmış havayı kullanan ve kondüksiyon yöntemle ıslak malzemelere ısı aktaran bir tür geleneksel kurutma yöntemidir (Zhao ve Gao, 2016).

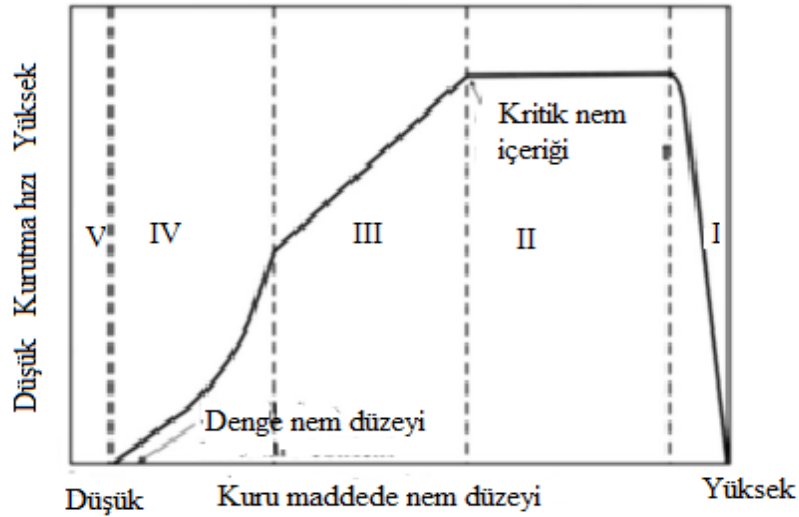
Endüstriyel kurutucuların % 85'inden fazlası, ısı transfer ortamı olarak ya sıcak hava ya da yanma gazları ile konvektif tiptedir. Eşzamanlı ısı ve kütle transferini içeren karmaşık bir fenomen olan kurutma işleminde enerji kullanımı yoğun olup endüstride tüketilen enerjinin kabaca %12-20'sini kurutma oluşturur (Moses vd., 2014).

Meyvelerin iç kısmında yer alan su, ortam ve materyal arasındaki sıcaklık gradyanı nedeniyle buharlaşır ve içteki suyun dışarı doğru hareketine yol açar. Meyve kurutma, maddenin yüzeyi ile ortam arasındaki nem gradyanı ve maddenin iç kısmı ile yüzeyi arasındaki nem gradyanı ile gerçekleşir. Bu da suyun sürekli şekilde gıdanın iç kısmından dış ortama geçmesini sağlar (Sun vd., 2019). Diğer ifadeyle ısıtılmış havadan ısıyı absorbe ettikten sonra ıslak malzemelerde iki difüzyon olmaktadır. Bunlar suyun iç ve dış difüzyonudur (Zhao ve Gao, 2016).

Nemin dış difüzyon aşaması (yüzey buharlaşması), kurutmanın başlangıcındaki absorbsiyon enerjisi ve gıda yüzeyinden havaya nemin geçişini yani buharlaşmasını kapsar. Nemin dış difüzyonunda; gıda yüzey alanı, hava hızı, bağıl nem ve sıcaklık gibi faktörler etkili olur. Nemin iç difüzyonu, gıda maddesinin iç ve dış yüzeyleri arasındaki su buhar basıncıyla ilişkilidir. Madde yüzeyinin nem içeriği, iç kısmın su içeriğinden daha az olduğunda yani nem gradyanı fazla olduğunda, içten yüzeye su geçişi gerçekleşir. Kurutmada, nemin içeri difüzyonu ile dışarı difüzyonu arasındaki

koordinasyon ve dengenin sağlanması çok önemlidir. Dış difüzyon hızı, iç difüzyonu aştığında bazı gıda maddelerinin yüzeyinde sert kabuklar oluşur ve kuruma hızı gecikir. Ayrıca, bazı yumuşak malzemelerde yüksek nem içeriği ve iç kısımda yüksek buhar basıncı nedeniyle deformasyon ve çatlamlar olur. Böylece kurutma kalitesi düşer. Malzeme yüzeyinin buharlaşması çok yavaşsa, malzemenin içindeki nemin dışarıya iletilmesi zordur, bu da malzemelerin kuruma hızının düşmesine ve hatta malzemenin fermentasyon ve küflenmesine neden olur (Sun vd., 2019).

Kurutma hızı, tüm kurutma boyunca ele alındığında beş aşamaya ayrılabilir (Şekil 1). Sabit kurutma hızı döneminde, kurutma hızı esas olarak malzemenin yüzeyindeki nemin gaz şeklinde uzaklaşma hızına bağlıdır. Bu, hava sıcaklığını ve temas yüzeyini artırmak ile iyileştirilebilir. Düşen kuruma hızı döneminde, kuruma hızı malzemenin nem difüzyon hızı ile belirlenir. Bu da kurutulacak maddenin sıcaklığını artırmak ve ısının dağılımını ayarlayarak iyileştirilebilir (Sun vd., 2019).



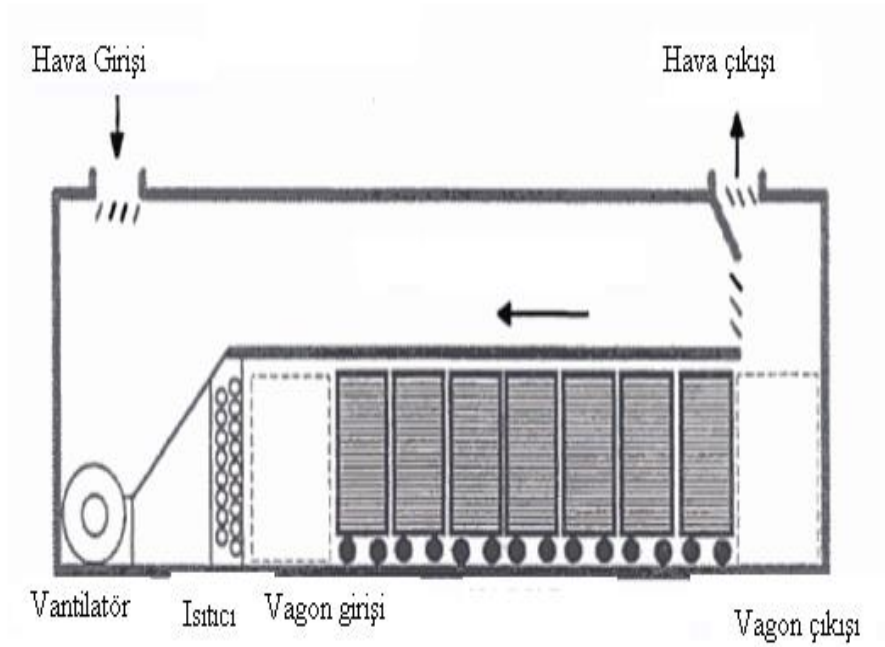
Şekil 2.3. Gıda maddeleri için tipik kurutma eğrileri (I. ön ısıtma periyodu, II. sabit oran periyodu, III. ilk azalan hız periyodu, IV. ikinci azalan hız periyodu, V. denge kuruma hızı dönemi) (Sun vd., 2019).

2.2.1.3. Konvetif kurutucu tipleri

Günümüze kadar gıdaların kurutulması için birçok konvektif kurutucu tasarlanmıştır. Bunların en yaygın olanları sırasıyla verilmiştir.

2.2.1.3.1. Tünel kurutucular

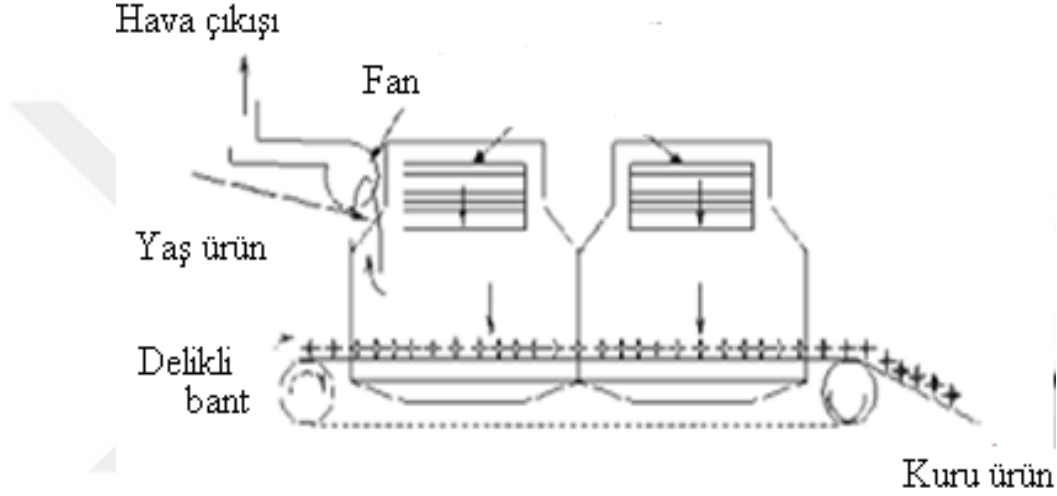
Tepsili ve kabinli kurutucuların daha geliştirilmiş şekli tünel kurutuculardır. Tepsileri taşıyan vagonların bir kuru hava akımı (eş akım, karşı akım veya karışık akım) ile birlikte veya buna karşı geçtiği uzun tünellerden oluşmaktadır. Tünelin bir ucundan yaş gıda girerken, diğer ucundan kuru ürün çıkar. Gıda manuel veya mekanik olarak (örneğin zincirler yardımıyla) kurutma ortamına gönderilir. Tünel kurutucuların çalışması için sürekli bantlı kurutuculara göre önemli miktarda iş gücü gerekmekte ve bu nedenle daha az yaygın olarak kullanılmaktadır (Nwankwo vd., 2021).



Şekil 2.4. Tünel kurutucuların şematik görünümü (Kocayigit, 2010).

2.2.1.3.2. Bantlı Kurutucular

Kurutulacak partiküller yeterince büyük ise (5 ila 10 mm arasında) bir bant kurutucu (Şekil 2.5.) ile kurutulabilir. Parçacıklar, yavaş hareket eden, delikli kayış üzerinde kurutma kabinine girer. Sıcak hava, tabakadan aşağı doğru geçirilir. Bu tip kurutucular, partikülleri süspansiyon haline getirmenin mümkün olmadığı durumlarda kullanılır (Veerakumar vd., 2014).



Şekil 2.5. Bantlı Kurutucunun görünümü (Veerakumar vd., 2014).

2.2.1.3.3. Akışkan yatak kurutucular

Akışkan yatak kurutucular, genellikle sıcak hava, ürünün tüm yüzeyleriyle temas etmesi nedeniyle en etkili kurutuculardandır. Bu kurutma yönteminde, gıda parçacıkları havada asılı tutulur ve akışkan yatağın alt kısımlardaki açıklıklardan ısıtılmış hava üflenir. Islak meyve veya sebzeyi kaldırmak ve havada asılı tutmak için yeterli hacimde tasarlanır. Bu yöntemin olumsuz tarafı, parçacık boyutu kısıtlamaları ve zayıf termal verimdir. Bezelye, yeşil fasulye, havuç ve soğan dilimleri gibi sebzeler genellikle bu işlem kullanılarak kurutulur (Nwankwo vd., 2021).

2.2.1.3.4. Püskürtmeli Kurutucular

Püskürtmeli kurutucu, serbest nemin kolayca çıkarılması nedeniyle hızla kuruyan veya yüzeye gerekli herhangi bir difüzyonun kolayca gerçekleştiği ürünlerde kullanılır. Kurutma saniyeler içinde gerçekleşir. Islak materyal, yüksek ısı ve kütle aktarım hızlarının ürünü hızla kuruttuğu bir kurutma kanalından ileten bir ısıtılmış hava (veya başka bir gaz) akımı ile karıştırılır. Bu, ısıya duyarlı materyalin hızla kurutulması için uygundur. Bu kurutucunun öne çıkan özellikleri şu şekildedir:

- 1- Partikül madde dağıtılabilir, sıcak havada pnömatik olarak taşınabilir ve kurutulabilir.
- 2- Nemli malzemeyi beslemek için önceden şekillendirme veya kurutulmuş malzeme ile karıştırma gerekebilir.
- 3- Kurutulmuş ürün bir siklonda ayrılır. Bunu, başka siklonlarda, kumaş manşonlu filtrelerde veya ıslak yıkayıcılarda ayırma takip eder.
- 4- Yapışkan, yağlı veya aşınmaya (toz oluşumuna) neden olabilecek malzemeler uygun değildir (Veerakumar vd., 2014).

2.2.1.3.5. Sandık Tipi Kurutucular

Meyve sebzelerde, diğer kurutucularda kurutulan ürünün istenen nem oranına kurutmanın son aşamasında diğer kurutucularda kurutulan ürünün son nem oranına düşürülmesinde kullanılırlar. %10-15 nemle kurutucudan çıkan ürün, bu tip kurutucularla %3-6 neme kadar kurutulur. Sandık kurutucularda sıcaklık genellikle 40-45°C civarındadır (Kocayiğit, 2010).

2.2.2. Kurutma sonucunda meydana gelen değişimler

Sıcak havayla kurutma, meyve ve sebzeler için nispeten geleneksel ve basit bir dehidrasyon yöntemidir. Meyve ve sebzeler, kurutma işlemi sırasında yüzeyden, iç kısma ısı aktarmak için doğrudan sıcak havaya maruz bırakılır. Meyve ve sebzeler, oksijen içeren havaya maruz bırakıldığında, ısıya duyarlı bileşiklerin bozunması, büzülme ve enzimatik olan ve olmayan esmerleşme reaksiyonları gerçekleşir. Bu da gıdanın düşük rehidrasyon kabiliyetine ve besleyici özelliklerdeki kayba yol açar (Sun vd., 2019). Sıcak hava, başta oksidasyon olmak üzere, besleyici bileşiklerin (vitamin,

antioksidan) fonksiyonel değerini azaltan reaksiyonlara neden olabilir. Çoğu rn, kurutulduğunda renk, tat, doku, beslenme özellikleri, fonksiyonel özellikleri tümden değişebilir (Sablani, 2006; Morais vd., 2018). Kurutmaya hücresel yapılar (hücre zarları) ve ürün işlevselliğinden sorumlu özelliklerde (hücre zarı geçirgenliği gibi) değişiklikler meydana gelebilir. Ayrıca, kurutma, çeşitli biyoaktif bileşenin (protein, yağ) kimyasal yapılarında değişikliklere neden olabilir. Çoğu rn, kurutulduğunda renk, tat, doku, beslenme özellikleri, fonksiyonel özellikleri tümden değişebilir (Morais vd., 2018).

Kurutma sırasında nemin uzaklaştırılması nedeniyle gıdada yapısal okme, dokuda önemli değişiklikler olur. Bu, kurutulan ürünün büzülmesine ve gözenekliliğinin değişmesine neden olur. Katı aę içinden nem uzaklaştırıldığında, gıda maddesinin i ve dış kısmı arasında bir basınç dengesizliği meydana gelir, bu da malzemenin büzülmesine, şekil değişikliklerine ve bazen ürün çatlamasına neden olan büzülme gerilimleri oluşturur. Üründe ciddi bir büzülme yaşanması durumunda görsel çekicilik de etkilenir. Tipik olarak, büzülme, kurutma sırasında uzaklaştırılan su hacmi ile orantılı olarak artar. İdeal büzülme koşulu altında uzaklaştırılan su hacmi, numune hacmindeki azalmaya eşdeğerdir. Bazen, özellikle kauçuksu durumdan cam durumuna geçişin gerçekleştiği düşük nem içeriğinde bu doğru olmayabilir. Bu aşamada, büzülme hızı önemli ölçüde azalır (Hii ve Law, 2010).

Meyvelerin antioksidan kapasitesi, toplam polifenol miktarı ve antosiyanin içeriği genellikle dondurularak kurutulmuş ve sıcak hava mikrodalga vakumlu kurutma ile karşılaştırıldığında konvektif kurutulanlarda önemli ölçüde azalır (Sun vd., 2019).

Stojanovic ve Silva (2007), ozmotik olarak ön işlem görmüş ve görmemiş yabanmersinini meyvelerini 70 C'de konvektif yolla 10 saat tutarak kurutmuşlardır. Ozmotik kurutma sırasında antosiyanin içeriğinin neredeyse %60 oranında bozulduğunu konvektif kurutmaya birlikte kaybın daha da arttığını kaydetmişlerdir.

Rodriguez vd. (2016), makinin (*Aristotelia chilensis*) biyoaktif bileşenler ve antioksidan aktivitesi üzerine konvektif kurutmanın etkisini araştırmışlardır. 40 ile 80 C'de arasında kurutma sıcaklığı kullandıkları çalışmada, maki meyvesinin toplam

fenolik madde, flavonoidler, antosiyaninler, serbest ve bağı fenolik asitler, antioksidan aktivite, β -karoten, tokoferoller ve B vitamini içeriklerindeki değişimi izlemişlerdir. 80 °C'de 300 dakika sonra bir denge nem içeriğine ulaşıldığını ve 40 °C'de 1080 dakikalık kurutma süresinin gerekli olduğunu, biyolojik aktivitedeki azalmanın daha yüksek ısı yükünden etkilendiğini rapor etmişlerdir. Toplam fenolik madde içeriği 60 °C'de en yüksek iken, maksimum toplam flavonoid içeriği 70 °C'de olduğu α - ve γ -tokoferolün en yüksek bozunma direncinin 70 °C'de olduğunu saptamışlardır.

Kurutma genellikle ürünün dokusunu, şeklini, tadını veya besinsel niteliklerini değiştirir. Kurutma, istenen veya istenmeyen değişikliklere yol açabilir. Akoy vd. (2008), kurutma süresinin farklı sıcaklıklarda (60, 70 ve 80 °C) kurutulan mango dilimlerinin rengi üzerinde etkili olduğunu kaydetmişlerdir.

Babarinde vd. (2009), domates kurutmada kullanılan yöntemlere bağlı olarak biyoaktif özelliklerin çok değiştiğini saptamışlardır. Araştırmacılar, 27.3 mg/100g askorbik asit içeren domateslerin güneşte, solar kurutucu ve 60 °C konvektif kurutucuda kurutulmasıyla askorbik asit içeriğinin sırasıyla 11.4, 7.9 ve 5.3 mg/100g'a düştüğünü belirlemişlerdir. Karotenoidlerin en iyi 60 °C'de kurutulanlarda korunduğunu, bu sıcaklıkta kurutulanların daha az mikrobiyal yüke sahip olduğunu rapor etmişlerdir.

Adepoju ve Osunde (2017), ön işleme tabi tutulup kurutulan mango örneklerinde, C vitamini ve β -karotenin daha iyi korunduğu saptamışlardır. Izli vd. (2017), dondurarak, mikrodalga (120 ve 350W) ve konvektif (60, 70 ve 80 °C) metodla kurutulan dilimlenmiş mangoların antioksidan aktivitesinin taze mangolara göre %18.4-54.6 azaldığını, fenolik madde korunumu açısından 350W mikrodalga'nın en yüksek ve 80 °C'de konvektif kurutmanın en düşük sonuç verdiğini bildirmişlerdir. Kamiloglu vd. (2016), mangonun C vitamini içeriğinin 48 ile 72 saat boyunca dondurarak kurutmadan fazla etkilenmediğini, ancak dondurularak kurutulmuş mangonun β -karoten içeriğinin, taze mangodan daha düşük (%3-100) olduğunu bildirmişlerdir.

Kurutulmuş meyvelerin polifenolik bileşiklerde daha yoğun olduğu ve konsantrasyon nedeniyle taze meyvelere kıyasla önemli ölçüde daha fazla antioksidan aktiviteye sahip olduğu bilinmektedir. Bu durum, kurutma sırasındaki polifenolik konsantrasyonuna ve Maillard reaksiyon ürünlerine bağlanmıştır.

Kurutma gıdaların mikroyapısal düzeyde değişmesine neden olmakta, dolayısıyla makroskopik özelliklerini etkilemektedir. Kurutma sırasında meydana gelen su kaybı ve bileşenlerin ayrılması, hücre duvarlarının sertleşmesine neden olur. Hücre duvarlarında hasar ve bozulma olabilir, hatta hücresel dokuda çökme meydana gelebilir. Bu değişiklikler, ürünün hacminin azalmasıyla ilişkilidir (Ramos vd., 2003).

Çoğunlukla hızlı kuruma prosesleri sırasında, ürün yüzeyi çekirdeğinden çok daha hızlı kurur; bu, çok çatlamış ve gözenekli ürün iç kısmıyla sonuçlanan iç gerilimlere neden olan bir olgudur. Uçucu olmayan bileşikler, yayılan su ile göç eder ve ürünün yüzeyinde çöker ve daha sonra ürün boyutlarını koruyan bir kabuk oluşturur. Hızlı kuruma, bükülmeye veya çatlamaya yol açar, bu da yüzeyde daha fazla hacimli ve kabuklu nihai sert ürünlerle sonuçlanır (Ramos vd., 2003).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Meyvelerin Hasatı ve Laboratuvara getirilmesi

Materyal olarak kullanılan güzyemişi meyveleri (Şekil 3.1), Ondokuzmayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme bahçesinden hasat edilmiş, laboratuvara getirilen meyvelerin aynı olgunluktakileri seçilip yıkanmış, fazla suyu giderilip fiziksel, kimyasal ve biyoaktif özellikleri belirlenmiştir. Kurutma işlemine kadar meyveler +4 °C'de depolanmıştır.



Şekil 3.1. Taze güz yemişi meyvesinin görünümü

3.1.2. Meyvelerin Kurutulması

3.1.2.1. Meyvelerin Kurutulmasında Kullanılan Kurutucu

Kurutma işleme laboratuvar ölçekli, tepsili bir kabin kurutucuda (Isparta, Türkiye) gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2). Kurutucuda sıcaklık, süre, ağırlık, hava nemi, vb. ayarlar otomatik olarak yapılmaktadır (Şekil 3.3).

3.1.3. Kullanılan kimyasallar

Çalışmada kullanılan metil alkol, etil asetat, hekzan, hidroklorik asit, etil alkol, sodyum nitrit, sodyum hidroksit, Folin-Ciocalteu reaktifi, DPPH (2,2-Difenil-1-Pikrilhidrazil), TPTZ (2,4,6-Tris (2-piridil) -1,3,5-triazin) ve Trolox (6-hidroksi 2,5,7,8-tetrametil kroman-2-karboksilik asit) Sigma-Aldrich'ten; alüminyum klorür, demir klorür, amonyum nitrat, potasyum sitrat ve potasyum persülfat Merck'ten; gallik asit ve sodyum karbonat Riedel-de Haen'den; potasyum klorür, sodyum asetat ve asetik asit, Carlo Erba'dan satın alınmıştır.

3.2. Yöntemler

Yaş ve kuru meyvelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri farklı yöntemlerle belirlenmiştir.

3.2.1. Taze meyvelerin özelliklerinin belirlenmesi

3.2.1.1. Meyve Sayısı ve Meyve Ağırlığının Belirlenmesi

Meyve sayısı ve ortalama ağırlığını belirlemek için güzyemişi meyvelerinden belli miktar (100 g) tartılmış, 100 gramdaki tane sayısı hesaplanmıştır. Bu analiz taze meyvelerde yapılmıştır.

3.2.1.2. Meyve Eti/Çekirdek Oranının Belirlenmesi

Rastgele seçilen 100 adet taze meyve bütün olarak ve çekirdek kısımları ayrıldıktan sonra tartılıp meyve ağırlığı ve çekirdek ağırlığı belirlenmiş ve birbirlerine olan oranları hesaplanmıştır. Bu analiz taze meyvelerde yapılmıştır.

3.2.1.3. En-Boy Uzunluğunun Belirlenmesi

Rastgele seçilen 100 adet meyvenin bir dijital kumpas yardımıyla (TRESNA, Seri: EC16, Çin) 0.01 mm hassasiyette eni ve boyu ölçülmüştür. Bu analiz taze meyvelerde yapılmıştır.

3.2.1.4. Renk Özelliklerinin Belirlenmesi

Rastgele seçilen meyvelerin renk özellikleri renk ölçüm cihazıyla (Konica Minolta CR-400) ve DP-400 veri işleme cihazı (Japonya) ile CIE renk skalası (L^* , a^* , b^*) metoduyla yapılmıştır. Renk L^* (parlaklık/matlık 100= beyaz; 0 =siyah), a^* (+ kırmızılık; - yeşillik), b^* (+ sarılık; - mavilik) olarak ifade edilmiştir (Özdemir, 2001; Pashazadeh vd., 2020).

Kroma (C^*), hue açısı (H^*) ve toplam renkteki değişim (ΔE) aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanmıştır:

$$Kroma = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (3.1)$$

$$Hue \text{ açısı} = \arctan \frac{b^*}{a^*} \quad (3.2)$$

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (3.3)$$

ΔL^* , Δa^* ve Δb^* kurutmadan önce ve sonra belirlenen L^* , a^* ve b^* değerleri arasındaki farklardır.

3.2.1.5. Kuru Madde Tayini

Darası alınan nikel kaplara belli miktar homojen hale getirilmiş meyve tartılmış ve 70 °C ve 100 mmHg basınçta vakumlu etüvde (Nüve EV-018, Türkiye) sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur (AOAC, 2000).

3.2.1.6. Su Aktivitesinin (a_w) Belirlenmesi

Meyvelerin su aktivitesi, su aktivitesi ölçüm cihazı (AquaLab marka, Model: Dew Point Moisture Analyzer 4TE, ABD) ile belirlenmiştir (Betoret vd., 2003).

3.2.1.7. pH analizi

pH analizi, 1:10 oranında damıtık suyla seyreltilip 1 gece buzdolabında bekletilen meyvelerin pH'sını bir pHmetre ile okunmasıyla gerçekleştirilmiştir (AOAC, 2000).

3.2.1.8. Suda Çözünür Katı Maddenin Belirlenmesi

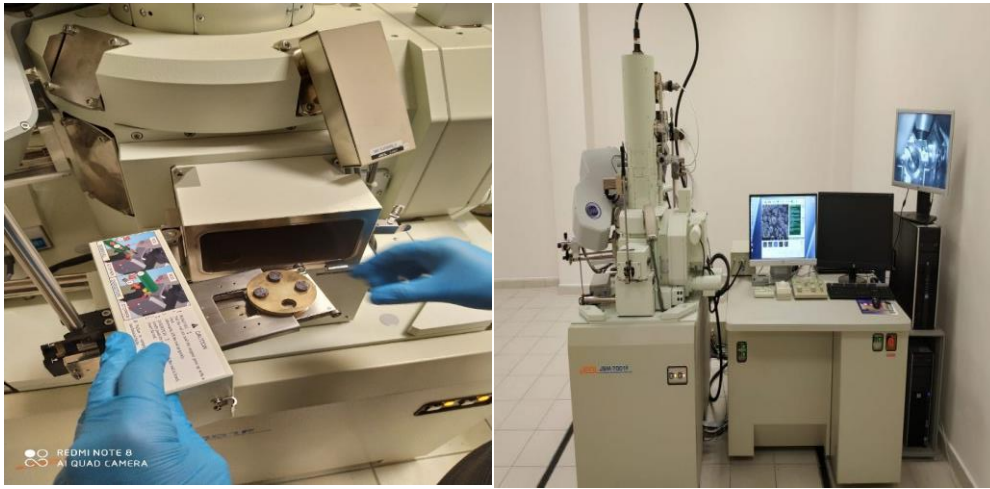
Homojen hale getirilen meyveler filtre kağıdından süzildükten sonra 20°C oda sıcaklığında Abbe refraktometresi (Model DTM-1, Atago, Japonya) prizmasına damlatılarak suda analiz edilmiştir (Pashazadeh vd., 2020).

3.2.1.9. Titrasyon asitliğinin belirlenmesi

Belli bir miktar pulp halindeki meyveler tartılarak damıtık suyla 1 gece ekstrakte edilip filtre edilmiştir. Ekstraktan 10 mL alınarak 0.1 M NaOH çözeltisi ile pH 8.10 ulaşana kadar titre edilerek harcanan NaOH miktarı hesaplanmıştır. Asit içeriği, malik asit cinsinden ifade edilmiştir.

3.2.1.10. Morfolojik Özelliklerin Belirlenmesi (SEM)

Morfolojik özelliklerin incelenmesi yani mikroyapı analizi, bir taramalı elektron mikroskobu (SEM, JEOL JSM-7001 F) ile gerçekleştirilmiştir (Tablo 3.1.). Yaş ve kuru örneklerden özel bıçakla küçük bir numune alınmış ve 100x büyütmede magnifikasyonu 10,0 kV ve 15 kV hızlanma voltajında SEM görüntüleri kaydedilmiştir. Cihaza ait görüntüler Şekil 3.4’da verilmiştir.



Şekil 3.4. Taramalı elektron mikroskobunun (SEM) görünüşü

Tablo 3.1. Taramalı elektron mikroskopunun (SEM) özellikleri ve çalışma koşulları

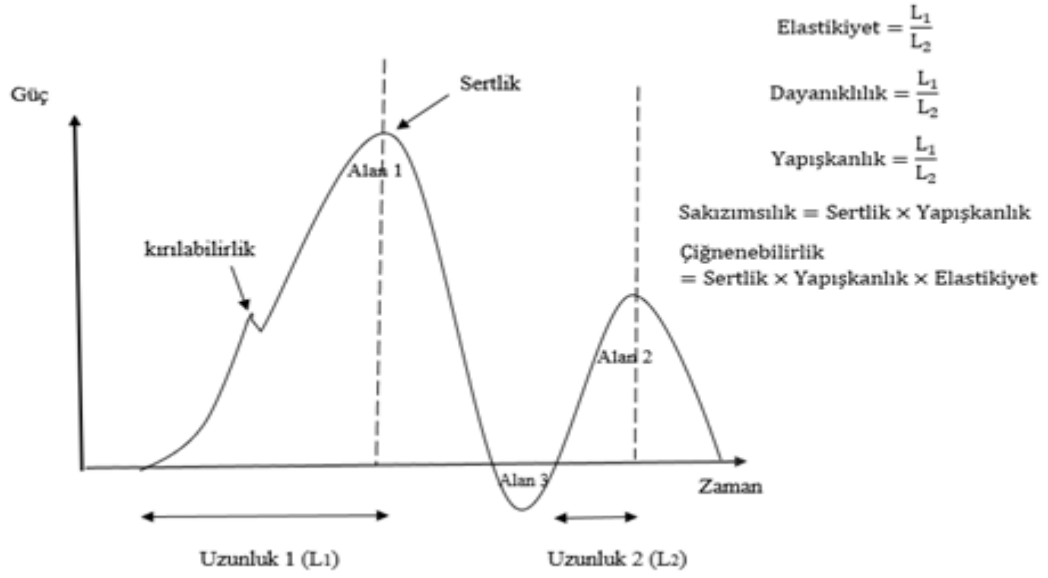
MARKA	Jeol
Model	JSM- 7001F
Çalışmavoltajı	0.1kV ile 30kV aralığında
Büyütme	10x - 1000000x
Stage	5 eksenli motorlu eucentric gonyometre
NumuneBoyutu	200 mm çap ve 48 mm yükseklikte numuneler
Dedektörler	SE, BSE, EDS, WDS, EBSD

3.2.1.11. Doku Analizi (Tekstür Analizi)

Taze ve kuru güzyemişi meyvesinin dokusal özellikleri, bir doku analizörü (model TA.XT.Plus, Stable Micro Systems, Godaming, Surrey, UK) ile en yaygın kullanılan sıkıştırma testlerinden biri olan Doku Profili Analizi (TPA) kullanılarak ölçülmüştür (Şekil3.5.). Numune, bir çene hareketini taklit eden iki ardışık sıkıştırma olayına tabi tutulmuştur. Ayrıca taze ve farklı kurutma sıcaklıklarında kurutulan güzyemişi meyvesinin doku profili, sertlik, elastikiyet, yaylanma, yapışkanlık, çiğneme ve esneklik değerlerini içeren ve iki sıkıştırma-dekompresyon döngüsünün kuvvet-yer değiştirme grafiğinden ölçülmüştür (Şekil 3.6.). Ölçümde TA-24 1/4" çaplı silindir, akrilik, 35 mm boyunda silindir problemleri ve 50 g'lık bir yük hücresinden yararlanılmış ve bir kuvvet-deformasyon eğrisi elde edilmiş, doku nitelikleri otomatik olarak hesaplamıştır (Rosenthal, 2010; Sahin ve Sumnu, 2006).



Şekil 3.5. Doku analizörün görünüşü



Şekil 3.6. Tekstür cihazında oluşturulan tipik bir güç ile zaman eğrisi (Hii ve Law, 2010).

3.2.1.12. Antioksidanlar ve Antioksidan Aktivitenin Belirlenmesi

Toplam fenolik madde, toplam flavonoid ve antioksidan aktivite analizleri için taze meyvelerden 5 g ve kuru meyvelerden 2 g numune alınıp, 20 ml % 80'lik metil alkol ile karıştırılmış ve oda sıcaklığında 12 saat bekletildikten sonra teflon filtreden geçirilerek analizlerde kullanılmıştır.

3.2.1.12.1. Toplam Fenolik Madde Tayini

Güzyemişi meyve ekstraktlarının toplam fenolik madde (TPO) miktarını belirlemek için Folin-Ciocalteu çözeltisi kullanılmış ve reaksiyon sonucunda oluşan renk spektrofotometreyle ölçülmüştür (Zannou & Koca, 2020). Metil alkolle ekstrakte edilen uygun oranda seyreltilen numunenin (0.15 mL) üzerine Folin-Ciocalteu (0.75 mL) çözeltisi eklenerek karanlık ortamda 5 dakika karanlıkta bekletilmiş, ardından karışıma doygun sodyum karbonat çözeltisi (0.6 mL) eklenip karıştırılıp karanlıkta 2 saat bekletilmiştir. Bekletmenin ardından bir spektrofotometre (Agilent Technologies Spectrophotometer, Cary 60, Avustralya) yardımıyla 760 nm dalga boyunda numunenin optik dansitesi belirlenmiş ve saf gallik asitle çizilen standart eğriden gidilerek TPO miktarı hesaplanmıştır.

3.2.1.12.2. Toplam Flavonoid Tayini

Toplam flavonoid içeriği, değiştirilmiş bir protokolle spektrofotometrik olarak belirlenmiştir (Fawole vd., 2020). İlk olarak ekstrakta 0.3 ml sodyum nitrit solüsyonu (% 5, w /v) eklenmiş, 5 dakika bekletilmiş, ardından 0.5 ml %10 alüminyum klorür (% 2, w/v) eklenmiş, 5 dakika daha bekletilip 1 mL 1 M sodyum hidroksit eklenmiştir. Karışımın optik dansitesi bir spektrofotometre ile 510 nm'de belirlenmiştir. Epikateşin ile çizilen standart eğriden gidilerek sonuçlar epikateşin eşdeğerleri olarak hesaplanmıştır.

3.2.1.12.3. Demir İndirgeme Antioksidan Gücü (FRAP) Analizi

Uygun oranda seyreltilen ekstrakt (0.05 mL), FRAP çözeltisi (0.95mL; 300 mM asetat tamponu: 20 mM FeCl₃: 10 mM 2,4,6-tripiryridil-s-triazine (TPTZ) çözeltisi-40 mM HCl'de çözündürülmüş-, 10:1:1) ile karıştırılıp spektrofotometrede 593 nm'de optik dansitesi saptanmıştır. Farklı konsantrasyonlarda troloks çözeltileriyle hazırlanan standart eğriden gidilerek antioksidan aktivitesi belirlenmiştir (Gao vd., 2000).

3.2.1.12.4. DPPH Serbest Radikalini Giderme Aktivitesinin Belirlenmesi

Uygun oranda seyreltilmiş ekstrakt (0.05 mL) üzerine 1 mL 2, 2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) çözeltisi (6 µmol) eklenip 2 saat karanlıkta bekletilmiştir. Süre sonunda numunenin optik dansitesi, bir spektrofotometrede 517 nm dalga boyunda belirlenmiştir (Tural ve Koca, 2008). DPPH radikal giderme etkisini belirlemek için aşağıdaki formül kullanılmıştır;

$$\% \text{ DPPH inhibisyon} = \left(\frac{A_c - A_s}{A_c} \right) \times 100 \quad (3.4)$$

Formülde;

Ac= Kontrol örneğinin absorbansı

As= Örneğin absorbansı

% inhibisyon sonuçları troloks standardı kullanılarak çizilen kalibrasyon eğrisinde yerine konulmuş ve DPPH serbest radikal giderme aktivitesi hesaplanmıştır.

3.2.1.12.5. Likopen Tayini

Güzyemişinin likopen içeriği, Ghellam ve Koca, 2021 tarafından bildirilen yöntem ile belirlenmiştir. Likopenin ekstraksiyonunda hekzan, metanol ve aseton (%0.05 BHT içeren) (2:1:1) karışımı kullanılmıştır. Karanlıkta, oda sıcaklığında ($\approx 20^\circ\text{C}$) 200 rpmde orbital çalkalayıcıda (ST 30, NÜVE, Türkiye) 30 dakika süreyle ekstrakte edilmiş, daha sonra karışıma 3 mL distile su ilave edilip 3 dakika daha çalkalanmıştır. Pulp, renksiz olana kadar ekstraksiyon tekrarlanmıştır. Tüm karışım birleştirilip 10 dakika kendi halinde bekletilmiştir. Oluşan faz ayrımı bir ayırma hunisi yardımıyla ayrılıp optik dansitesi bir spektrofotometre ile 502 nm'de belirlenmiştir. Likopen içeriği aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanmıştır (3.5):

$$\text{Likopen (mg/100g)} = \frac{A_{502}}{17.2 \times 10^4 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}} \times \frac{1}{b \text{ cm}} \times \frac{536.9 \text{ g}}{\text{mol}} \times \frac{11}{10^3 \text{ ml}} \times \frac{10^3 \text{ ml}}{100 \text{ g}} \times \frac{V \text{ ml}}{\text{kg numune}} \times \frac{\text{kg}}{10^3 \text{ g}} \quad (3.5)$$

Burada;

A_{502} : 502 nm'de absorbans,

b: ışık yolu,

V: polar olmayan solventin hacmidir.

3.2.1.12.6. Bireysel Fenolik Bileşiklerin Belirlenmesi

3.2.1.12.6.1. Bireysel Fenolik Bileşiklerin Belirlenmesinde Kullanılan Cihaz ve Özellikleri

Metil alkolle ekstrakte edilen taze ve kurutulmuş meyveler ile saf fenolik madde standartlarının farklı konsantrasyondaki çözeltileri LC-MS/MS'e (Tablo 3.2) verilip alanları belirlenmiştir. Bu çalışmada toplam 9 fenolik bileşik (kateşin, gallik asit, vanilik asit, salisilik asit, p-kumarik asit, ellajik asit, benzoik asit, kersetin-3-glukozit, ve resveratrol) tanımlanabilmiştir.

3.2.1.12.6.2. Fenolik Bileşik Analizinde Kullanılan Metodlar ve Analiz Koşulları

3.2.1.12.6.2.1. MS Parametreleri

Hazırlanan ekstrakt Thermo Scientific/ TSQ Quantum Access Max marka LC-MS/MS Sıvı Kromatografisi-Tandem Kütle Spektrometresi) sistemiyle analiz edilmiştir. Ayırma işlemi, ODS Hypersil (4.6*250mm, 5µm) kolonda iki farklı çözeltiden oluşan hareketli faz sistemi ile gradient olarak yürütülmüştür. Hareketli faz sistemini oluşturan çözeltiler (A) %0.1 formik asitli su ve (B) metanol olup Tablo 3.2'de gösterilen akış programı kullanılmıştır. Çözücü akış hızı 0.7 ml/dak, kolon fırın sıcaklığı 30 °C,

enjeksiyon hacmi 20 µL olarak ayarlanmıştır. MS/MS cihaz koşulları Tablo 3.3'te görülmektedir.

Tablo 3.2. Fenolik bileşiklerin analizinde izlenen gradient akış programı

Süre, dak	%A (formik asit/su)	%B (metil alkol)
0	100	0
1	100	0
22	5	95
25	5	95
30	0	100

Tablo 3.3. MS/MS Cihaz koşulları

Kapiler sıcaklık	300 °C
Buharlaştırıcı sıcaklığı	350 °C
Sheat gaz basıncı (Arb)	30
Aux gaz basıncı (Arb)	13
Sprey voltaj (V) (pozitif polarite)	4000
Sprey voltaj (V) (negatif polarite)	2500
Kıvılcım voltajı (µA)	4.0

3.2.2. Kuru meyvelerde yapılan analizler

3.2.2.1. Renk özelliklerinin belirlenmesi

Kuru meyvelerin renk özellikleri 3.2.1.4'te belirtildiği gibi yapılmıştır.

3.2.2.2. Kuru Madde Tayini

Kurutulmuş ürünlerin su içeriği 3.2.1.5'te belirtildiği gibi yapılmış ve sonuçlar antioksidan özelliklerin kuru maddede ifadesi için kullanılmıştır.

3.2.2.3. Morfolojik Özelliklerin Belirlenmesi

Kuru meyvelerin morfolojik özellikleri 3.2.1.10'da verildiği gibi saptanmıştır.

3.2.2.4. Doku Analizi (Tekstür Analizi)

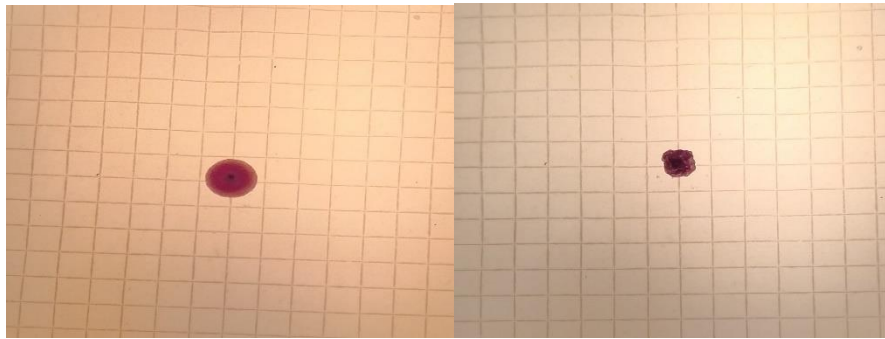
Kuru meyvelerin doku özellikleri 3.2.1.11’de verildiği gibi belirlenmiştir.

3.2.2.5. Antioksidan Özelliklerin Belirlenmesi

Kuru meyvelerin TPO içeriği 3.2.1.12.1, TF içeriği 3.2.1.12.2, FRAP 3.2.1.12.3, DPPH serbest radikalini giderme aktivitesi 3.2.1.12.4, likopen içeriği 3.2.1.12.5 ve bireysel fenolik bileşikler 3.2.1.12.6’da belirtildiği gibi yapılmıştır.

3.2.2.6. Meyvelerin Büzülme Analizi

Numunelerin projeksiyon alan ölçümünde mikroorganizma sayım standından yararlanılmıştır. 1 mm²’lik karelere ayrılmış ve alttan aydınlatılmış cam bölmenin üzerine meyve konularak her örnekte sabit olmak koşuluyla üstten 10 cm yukarıdan renkli bir kameradan fotoğraf çekilmiş ve ardından bir aydınlatma odasından oluşan bir görüntü toplama sistemi ile görüntüler bilgisayara aktarılmıştır (Şekil 3.7.). Çekilen fotoğraflarda AutoCAD paket programı kullanılarak alan ölçümü yapılmıştır (Çalışır ve Aydın, 2004). Kalibrasyon ilk olarak 15 AutoCAD 2021 (Autodesk Inc., San Rafael, CA) hassas çizimleri ile yapılmıştır. Daha sonra piksel sayısı gerçek boyutlara dönüştürülerek meyve alanı elde edilmiştir. Bu işlem taze ve kuru meyvelerde ayrı ayrı yapıp taze meyvenin alanı/kuru meyvenin alanı birbirine oranlanıp büzülme oranı saptanmıştır.



(a)

(b)

Şekil 3.7. Güzyemişi meyvelerinde büzülmetesti için alınan görüntüler: (a) taze meyve, (b) kuru meyve

3.2.3. Kurutma Kinetiği ve Modelleme Çalışmaları

Farklı sıcaklık ve hava hızında kurutulan güzyemişi meyvelerinin kurutulmaları sırasında saptanan nem oranının kuruma süresiyle değişimine kapsayan deneysel veriler 9 kurutma modeline uyarlanmıştır. Yapılan matematiksel modellemeler Tablo 3.5’te verilmiştir. Nem oranı (MR) Denklem (3.6) ile belirlemiştir:

$$MR = M_t / M_0 \quad (3.6)$$

Denklemdaki M_0 başlangıç nem içeriğini ve M_t zamanındaki başlangıç nem içeriğini ifade etmektedir. Kurutma verileri 9 deneysel kurutma modeline uygulanmıştır (Tablo 3.4). Modellerin MATLAB yazılımı (R2016d) kullanılarak kurutma verilerine uygunluğunu belirlemek için korelasyon katsayısı (R^2), ki-kare (X^2), ve hata kareler ortalaması (RMSE) gibi istatistiksel parametreler kullanılmıştır. Dehidrasyon kinetiğini tahmin etmede en iyi kullanılan modeller olduğu belirlenmiştir. Bu parametreler aşağıdaki denklemler ile tanımlanmıştır (Doymaz, 2008; Pashazadeh vd., 2020).

$$R^2 = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^N (MR_{p,i} - MR_{e,i})^2}{\sum_{i=1}^N (MR_{e,i} - MR_{e,i})^2} \right) \quad (3.7)$$

$$X^2 = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^N (MR_{e,i} - MR_{p,i})^2}{N - n} \right) \quad (3.8)$$

$$RMSE = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{e,i} - MR_{p,i})^2 \right)^{1/2} \quad (3.9)$$

$MR_{e,i}$ = deneysel ortalama nem oranı

$MR_{p,i}$ = tahmin edilen nem oranı

$MR_{e,i}$ = deneysel nem oranı

N = deneysel veri sayısı

n = kullanılan modeldeki katsayıdır.

Tablo 3.4. Güzyemişi meyvelerinin kuruma kinetiğini tanımlamada kullanılan çeşitli modeller

Modeller	Denklemler	Referanslar
Newton	$MR = \exp(-kt)$	Tunde-Akintunde, 2011
Page	$MR = \exp(-ktn)$	Doymaz, 2012; Keneni vd., 2019
Henderson and Pabis	$MR = \alpha \exp(-ktn)$	Doymaz, 2012; Keneni vd., 2019
Logarithmic	$MR = \alpha \exp(-ktn) + c$	Nurafifah vd., 2018; Keneni vd., 2019
Two term	$MR = \alpha \exp(-kt) + b \exp(-gt)$	Nurafifah vd., 2018
Wang and Singh	$MR = 1 + at + bt^2$	Nurafifah vd., 2018
Approximation of diffusion	$MR = \alpha \exp(-kt) + (1-\alpha) \exp(-kbt)$	Dorneles vd., 2019
Logistic	$MR = \alpha / (1 + b \exp[kt])$	Samani vd., 2018
Midilli	$MR = \alpha \exp(-ktn) + bt$	Doymaz, 2012; Nurafifah vd., 2018

MR: nem oranı, t: zaman ve α , b, c, g, h ve k modellerin sabitleri

3.2.4. Rehidrasyon Kapasitesinin Belirlenmesi ve Modellenmesi

Belli miktar kuru numune, 100 katı damıtık su ile karıştırılmış ve 12 saat boyunca oda sıcaklığında bekletilmiş, bekletme süresince bir saat aralıklarla sudan çıkarılıp hafifçe kurulanmış ve sonra tartılarak ağırlık artışı takip edilmiştir (Şekil 3.8.). Rehidrasyon işlemi sırasında nem içeriği, aşağıdaki denklem (3.10)'da gösterildiği gibi kuru bazda (d.b) hesaplanmıştır:

$$Mc = W_{st} - W_{dm} / W_{dm} \quad (3.10)$$

Denklemden;

Mc = herhangi bir zamandaki nem içeriğini,

W_{st} = herhangi bir zamandaki numune ağırlığını,

W_{dm} = meyvenin kuru madde içeriğini ifade etmektedir.

Kurutulmuş meyvenin rehidrasyon oranı (R_r) aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır (Benseddik vd., 2019);

$$R_r = (M_t - M_0) / (M_e - M_0) \quad (3.11)$$

M_t = Herhangi bir andaki nem miktarı (g su/g km.)

M_0 = Rehidrasyondan önceki nem miktarı (g su/g km.).

M_e = Denge anındaki nem miktarı (g su/g km.)



Şekil 3.8. Güzyemişi meyvelerinin rehidrasyon görüntüleri

Kurutulmuş meyvelerin rehidrasyon kinetiğini matematiksel modellemeleri için Peleg, First-order kinetic, Exponential related, Exponential, Weibull ve Vega-Gálvez modelleri kullanılmış, bunlara ait formüller Tablo 3.5’te gösterilmiştir.

Tablo 3.5. Güzyemişi meyvesinin rehidrasyon kinetiğini tanımlamada kullanılan modeller

Modeller	Denklemler	Referanslar
Peleg	$Rr = 1 + \frac{1}{Xe - X0} + \frac{t}{\alpha + bt}$	Peleg, 1988; Vega-Gálvez vd., 2009
First-order kinetic	$Rr = 1 - \exp(-at)$	Benseddik vd., 2019; Ghellam & Koca, 2020
Exponential related	$Rr = 1 - \exp(-at)$	Noshad vd., 2012; Ghellam & Koca, 2020
Exponential	$Rr = 1 - \exp(at^k)$	Benseddik vd., 2019
Weibull	$Rr = 1 - \exp\left(-\left(\frac{t}{b}\right)^\alpha\right)$	Saguy vd., 2005 Vega-Gálvez vd., 2009 Benseddik vd., 2019
Vega-Gálvez	$Rr = a \exp \times \frac{-b}{(1+t)^k}$	Vega-Gálvez vd., 2009 Ghellam & Koca, 2020

Bu modeller, birçok çalışmada başarıyla kullanılmıştır (Ghellam ve Koca, 2020; Pashazadeh vd., 2020, 2021). Bu çalışmada, kurutulmuş güzyemişi meyvesinin rehidrasyon kinetiği verileri, MATLAB (R2016d) yazılımı kullanılarak ki-kare (X^2), ortalama karekök hatası (RMSE) ve korelasyon katsayısı (R^2) değerleri hesaplanarak analiz edilmiştir. Kuru meyvenin rehidrasyon yeteneklerini yorumlamak için en yüksek R^2 , en düşük X^2 ve RMSE'ye sahip modeller optimum modeller olarak seçilmiştir.

3.3. İstatistiksel Analiz

Çalışmada elde edilen verilerin istatistiksel analizleri SPSS 21 (SPSS Inc., Chicago, U.S.A) program yardımıyla yapılmıştır. Çalışma 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş ve sonuçlar ortalama $\pm$ standart sapma olarak ifade edilmiştir. Verilerin ortalamaları $p < 0.05$ önem seviyesinde Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile karşılaştırılmıştır. Güzyemişi örneklerinin kurutma ve rehidrasyon kinetiğinin modelleme analizleri, MATLAB yazılımı (R2016d) varyans analizi ANOVA kullanılarak yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Taze Güzyemişi Meyvesinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Kurutma materyali olan taze güzyemişinin fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 4.1’de sunulmuştur.

Tablo 4.1. Kurutmada kullanılan güzyemişi meyvelerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri

Özellik	Ortalama±std sapma	Fenolik bileşik, (mg/kg)	Ortalama±std sapma
En, mm	7.29 ± 0.50	Gallik asit	4.59±0.15
Boy, mm	7.34 ± 0.35	Kateşin	0.43±0.04
Meyve ağırlığı, g	0.26 ± 0.02	Vanilik asit	5.72±0.30
Çekirdek ağırlığı, g	0.02 ± 0.002	p-kumarik asit	2.67±0.18
Meyve eti/çekirdek, %	8.5 ± 1.06	Benzoik asit	13.62±0.88
Tane sayısı, adet/100 g	373	Salisilik asit	4.98±0.38
Kuru madde, %	22.10 ± 3.14	Ellajik asit	46.80±0.52
Çözünür katı madde, °Brix	16.90 ± 1.77	Kersetin-3-glukozit	9.46±0.23
pH	4.37 ± 0.28	Resveratrol	6.86±0.40
Renk			
L*	42.50 ± 1.41		
a*	13.09 ± 1.55		
b*	11.06± 0.57		
Su aktivitesi	0.96 ± 0.004		
Titrasyon asitliği, malik asit eq, %	2.83 ± 1.045		
TPC, mg/g**	78.73 ± 9.68		
TF, mg/g**	1.98 ± 0.13		
FRAP, mmol/g**	146.51 ± 23.57		
DPPH, mmol/g**	227.15 ± 30.68		
Likopen, mg/g**	0.68 ± 0.06		

** kuru maddede

Tablodan görüldüğü gibi; güzyemişi meyvesinin ortalama 100 gramdaki tane sayısı ortalama 385 adet, tane ağırlığı 0.26 g, en 7.29 mm ve boy 7.34 mm olarak tespit edilmiştir. Güzyemişi ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında; Ghellam ve Koca (2021), 524 adet/100 g, tane ağırlığı 0.191 g, en 6.54 mm ve boyu 6.39 mm olarak belirlemişlerdir. Mevcut çalışmada elde edilen veriler genel olarak daha yüksektir. Gamba vd. (2020), meyve ağırlığını 0.32 g, en 6.92 mm ve boy 6.46 mm olarak belirlemiştir. Bu çalışma ile karşılaştırıldığında tane ağırlığı sonuçlarının daha düşük olduğu görülmektedir. Analizi yapılan meyvelerde ortalama meyve eti/çekirdek oranı 8.5 ve kurumadde oranı %22.1 olarak belirlenmiştir. Önceki bir çalışmada, meyve eti/çekirdek oranı %12.06 olarak bulunmuştur (Ghellam ve Koca, 2021).

Meyvelerin kuru madde, pH, toplam çözünür katı madde ve su aktivitesi sırasıyla %22.11, 4.37, %16.90 ve %0.96 olarak belirlenmiştir. Çalışma sonuçları literatürdeki sonuçlar ile karşılaştırıldığında, kuru madde miktarı Ghellam vd. (2021), pH değeri Khattak (2012), çözünür katı madde Gamba vd. (2020)'in bildirdiklerine yakın olduğu görülmektedir.

Taze güzyemişi meyvelerinde renk değerleri; L^* (parlaklık) 42.50, a^* (kırmızılık) 13.09 ve b^* (sarılık) 11.06 olarak belirlenmiştir (Tablo 4.1). L^* ve b^* değerleri Zannou vd. (2021)'nin bildirildikleriyle uyumludur.

Mevcut çalışmada, taze güzyemişi meyvelerinin toplam fenolik madde, flavonoid ve likopen değerleri sırasıyla kuru madde 78.73 mg/g, 1.98 mg/g ve 0.68 mg/g olarak belirlenmiştir (Tablo 4.1). Önceki çalışmalar, güzyemişi meyvelerinin önemli ölçüde antioksidan aktiviteye ve likopen içeriğine (Fordham vd., 2001; Ghellam ve Koca, 2021) ve fenolik bileşikler ve flavonoidler gibi sağlık açısından faydalı bileşiklere (de Souza vd., 2014; Gamba vd., 2020) sahip olduğunu göstermiştir. Gamba vd. (2020)'ye göre, *E. umbellata*, sağlığı geliştirici biyoaktif bileşikler için iyi bir kaynaktır. Pei vd. (2015), güzyemişi meyvelerinde de toplam fenolik maddenin 190 ile 275 mg/100g arasında değiştiğini saptamışlardır. Bu bulgular, mevcut sonuçlardan daha düşüktür. Yapılan bir çalışmada (Khattak, 2012), güzyemişi meyvesinin bu çalışmaya göre daha yakın toplam flavonoid (103 mg/100g) içerdiği bulunmuştur. Ghellam ve Koca (2021), güzyemişi meyvelerinin sırasıyla 1052.48 mg/100g, 30.56 mg/100g, 26.66 ve 8.58 mg/100g toplam fenolik madde, toplam flavonoid, likopen ve C vitamini içerdiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada bulunan likopen içeriği (0.68 mg/g), Ghellam ve Koca (2021) ve Black vd. (2005)'nin bulgularıyla uyumludur. Benzer şekilde, Fordham vd. (2001) likopen içeriğini 15 ile 54 mg/100g olarak rapor etmişlerdir. Bu bulgular, mevcut sonuca yakındır. Wang ve Fordham (2007), güzyemişi meyvelerinde toplam fenolik madde içeriğini 1689-2581 mg/kg; Black vd. (2005), 1399-1833 mg/kg; Pei vd. (2015), 1900-2750 mg/kg; İshaq vd. (2015), toplam fenolik madde ve toplam flavonoid içeriğini sırasıyla 16.3-20.0 mg/g ve 1.5-3.8 mg/g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, Black vd. (2005); Wang ve Fordham (2007); Pei vd.

(2015) ile İshaq vd. (2015)'in bulgularından daha yüksektir. Toplam flavonoid değerleri ise sadece İshaq vd. (2015)'in bulgularıyla (1.5-3.8 mg/g) uyumlu, diğer araştırmacıların (Khattak, 2012; Ghellam vd., 2021) bildirdiklerinden daha yüksektir.

Taze meyvelerin FRAP ve DPPH serbest radikal giderme değerleri sırasıyla 146.51 mmol/g ve 227.15 mmol/g olarak belirlenmiştir. Güzyemişi meyveleri, DPPH radikallerine (IC₅₀= 76.27 µg/mL) karşı yüksek serbest radikal süpürücü aktiviteye sahiptir (Zglińskavd., 2021). Ghellam vd. (2021), güzyemişi meyvelerinin DPPH ve FRAP değerlerinin sırasıyla 494 ve 718 mmol/100 g olduğunu bulmuşlardır. Bu sonuçlar ile karşılaştırıldığında, DPPH ve FRAP sonuçlarının daha yüksek olduğu görülmektedir.

Güzyemişi meyvelerinin önemli ölçüde antioksidan aktiviteye ve fenolik bileşikler içeriğine sahip olduğunu göstermiştir (Gamba vd., 2020; Ghellam ve Koca, 2021; Pei vd., 2015; Zannou vd., 2021). Tablo 4.1'de görüldüğü gibi, güzyemişi meyvesinin gallik asit, kateşin, vanilik asit, p-kumarik asit, benzoik asit, salisilik asit, ellajik asit, kersetin-3-glukozit, resveratrol değerleri sırasıyla 4.59 mg/kg, 0.43 mg/kg, 5.72 mg/kg, 2.67 mg/kg, 13.62 mg/kg, 4.98 mg/kg, 46.80 mg/kg, 9.46 mg/kg, 6.86 mg/kg olarak belirlenmiştir. Gamba vd. (2020), güzyemişi meyvelerinin kumarik asit 5.82 mg/100g, kersetin 8.95 mg/100g, ellajik asit 5.50 mg/100g, gallik asit 0.16 mg/100g, ve kateşin 1.62 mg/100g olduğunu bulunmuşlardır. Spinola vd. (2019), güzyemişi meyvelerin epikateşin, ellajik asit, kersetin-o-pentozit değerlerinin sırasıyla 0.15, 0.50, ve 0.47 mg/g olduğunu tespit edilmişlerdir. Mevcut çalışmada elde edilen sonuçlar, Gamba vd. (2020) ile Spinola vd. (2019)'in bulgularından daha düşüktür. Literatürde güzyemişi meyvenin fenolik bileşikleri ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında; Meyvelerde yaygın olarak fenolik asitler (hidroksibenzoik asitler) içeriği (Ishaq vd., 2015; Özen vd., 2017), flavanoller (kateşin) içeriği (Pei vd., 2015) olarak bildirmişlerdir. Nazir vd. (2018), meyvelerin ana fenolik bileşikleri olarak klorojenik asit, kuersetin ve epigallokateşin-gallat olduğunu belirtmişlerdir. Nazir vd. (2018), güzyemişi meyvesinin fenolik bileşikleri gallik asit 0.1 - 4.5 mg/kg , kateşin 2.6 - 39.8 mg/kg, ellajik asit 0.1 - 0.4 mg/kg, kersetin-3-glukozit 8.9- 12.9 mg/kg fenolik bileşikleri olarak belirlenmiştir. Bu

çalışmada bulunan gallik asit içeriği (4.59 mg/kg), Nazir vd. (2018)'nin bulguları ile uyumludur.

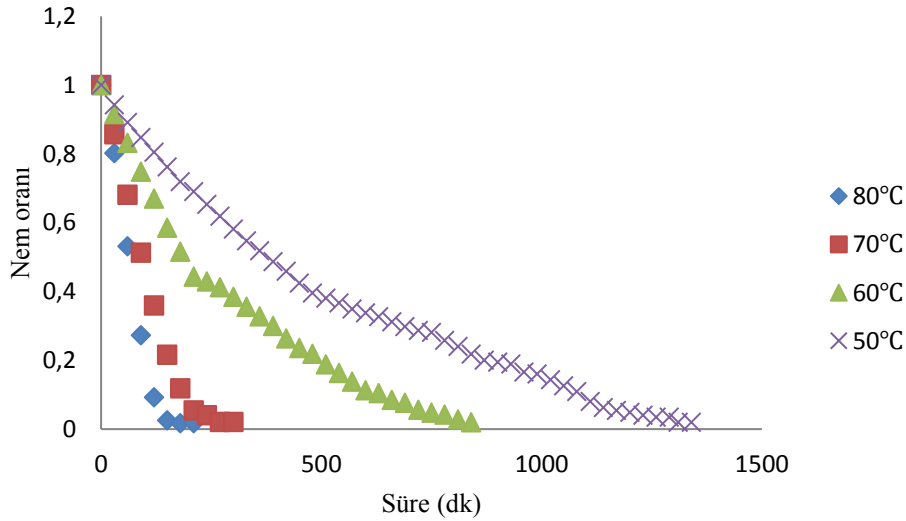
4.2. Kuru Madde Değerlerindeki Değişim

Ortalama %77.9 su içeren taze meyveler, farklı kurutma sıcaklık (50, 60,70 ve 80°C) hava hızında (0.5, 1.0 ve 1.5) kurutulmuştur. Kurutma sonucunda su içeriği ortalama% 6'ya kadar düşürülmüştür.

4.2.1. Kurutma Sıcaklığının Güzyemişi Meyvelerinin Nem İçeriği Üzerine Etkisi

Güzyemişi meyvelerinin süreye bağlı olarak nem içeriğinde meydana gelen değişimler Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te farklı hava hızları için ayrı ayrı verilmiştir.

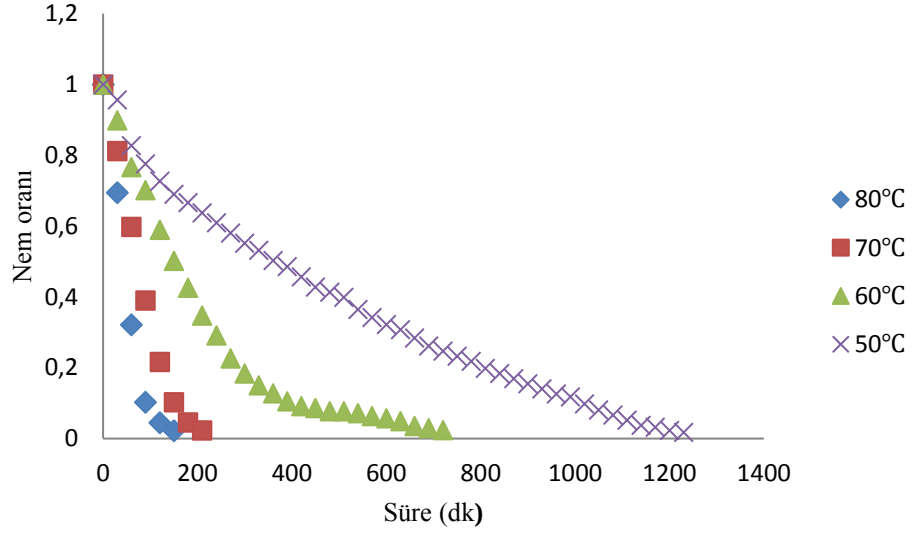
Güzyemişi meyvelerinin nem miktarı başlangıçta $M_0 = 1$ g su/g kuru madde olarak tespit edilmiştir. Ayrılabilir nem oranı, ürünün belli bir t anındaki nem içeriği (M_t)/ ürünün başlangıçtaki nem miktarına (M_0) göre hesaplanmıştır ($MR = M_t/M_0$). Kurutmada nem miktarı 1 g km.'den yaklaşık 0.02 g su/g km. değerine düşmüştür.



Şekil 4.1. 0.5 m/s hava hızında farklı sıcaklıklarda kurutulan örneklerin zamana bağlı nem içeriği

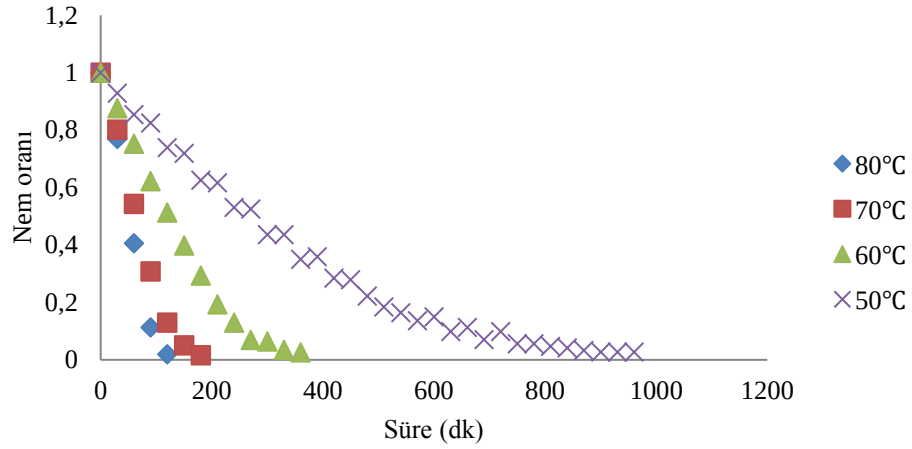
Şekilden görüldüğü gibi, aynı hava hızında yapılan kurutmada sıcaklık yükseldikçe kurutma süresinde düşmüştür. 0.5 m/s hava hızında 50°C' de yapılan kurutmada nem miktarının 1 g su/g km.'den yaklaşık 0.02 g su/g km.'ye düşmesi 1340

dakika sürerken, 60°C’ de 840 dakika, 70°C’ de 300 dakika ve 80°C’ de 240 dakika sürmüştür.



Şekil 4.2. 1.0 m/s hızında farklı sıcaklıklarda kurutulan örneklerin zamana bağlı nem içeriği

1.0 m/s hava hızında 50 °C’ de yapılan kurutmada; nem miktarının 1g su/g km.’den 0.02 g su/g km.’ye düşmesi 1230 dakika sürerken 60°C’ de 720 dakika, 70°C’ de 210 dakika ve 80°C’ de 150 dakika sürmüştür. Aynı şekilde 1.5 m/s hava hızında 50°C’ de yapılan kurutma 960 dakika, 60°C’ de 360 dakika, 70°C’ de 180 dakika ve 80°C’ de 120 dakika sürmüştür (Şekil 4.3).

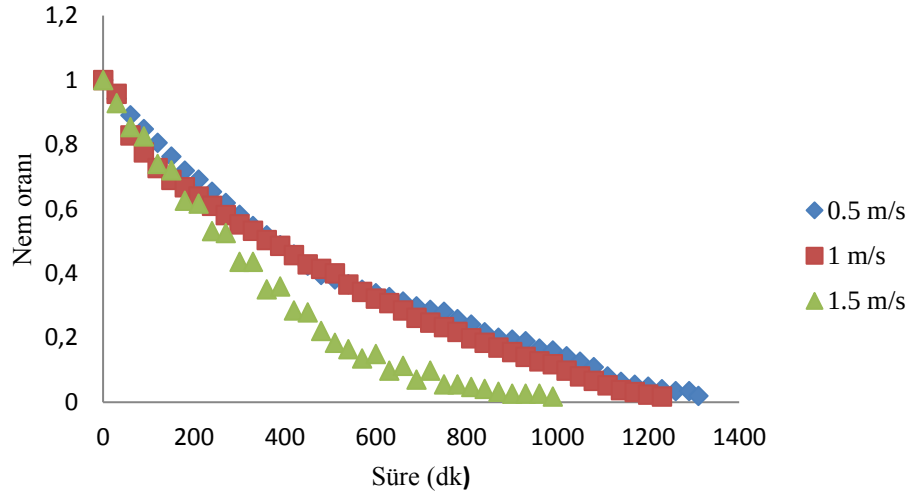


Şekil 4.3. 1.5 m/s hızında farklı sıcaklıklarda kurutulan örneklerin zamana bağlı nem içeriği

Şekillerden görüldüğü gibi güz yemişi meyvelerinin nem içeriği kuruma süresince sürekli azalmıştır. Kurutma işleminde kullanılan farklı sıcaklıklar kuruma süresini önemli ölçüde etkilemiştir. Kurutma sıcaklığındaki artışla kuruma süresi azalmıştır. Bu önceki çalışmaların sonuçlarıyla (Gupta vd., 2013; Horuz ve Maskan, 2015) uyumludur. İzli vd. (2014), mikrodalgayı geleneksel kurutma ile birleştirerek kuruma süresinin azaltmıştır. Bu fenomen, *Rosa pimpinellifolia* meyvelerinin dehidrasyonu sırasında da rapor edilmiş, en uzun kuruma süresi konvektif kurutma sistemi ile 50 °C'de kaydedilmiştir (Pashazadeh vd., 2020).

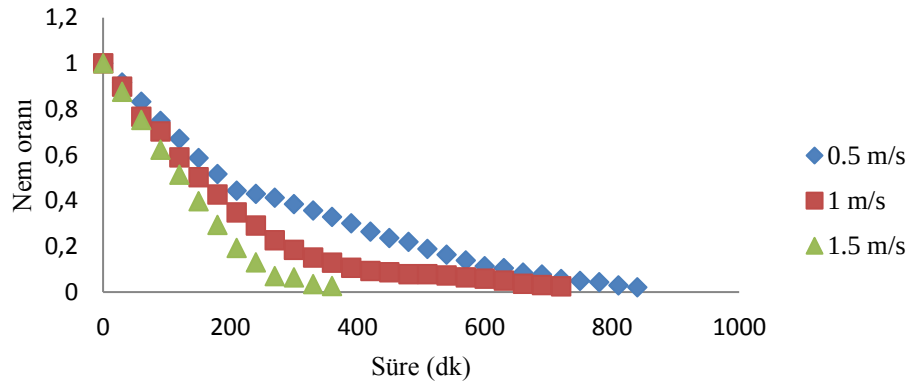
4.2.2. Hava Hızının Güzyemişi Meyvelerinin Nem İçeriği Üzerine Etkisi

Farklı sıcaklık ve hava hızında kurutulan güzyemişi meyvelerinin süreye bağlı olarak nem içeriğinde meydana gelen değişimler her hava hızı için ayrı ayrı verilmiştir (Şekil 4.4- 4.7).

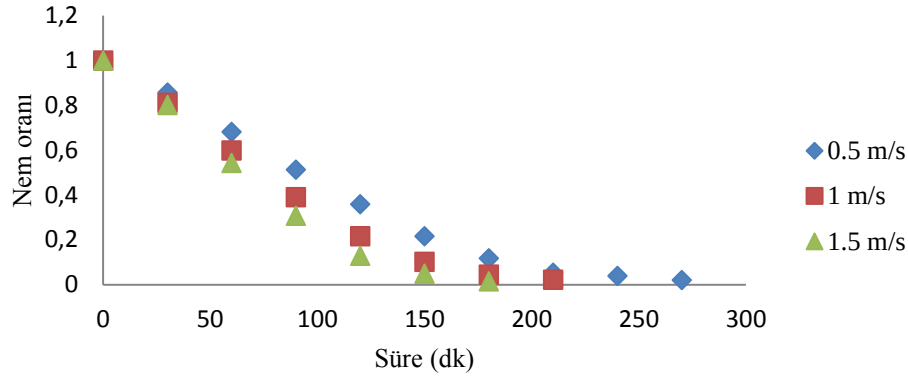


Şekil 4.4. 50 °C sıcaklıkta farklı hava hızlarında kurutulan meyvelerin zamana bağlı nem içeriği

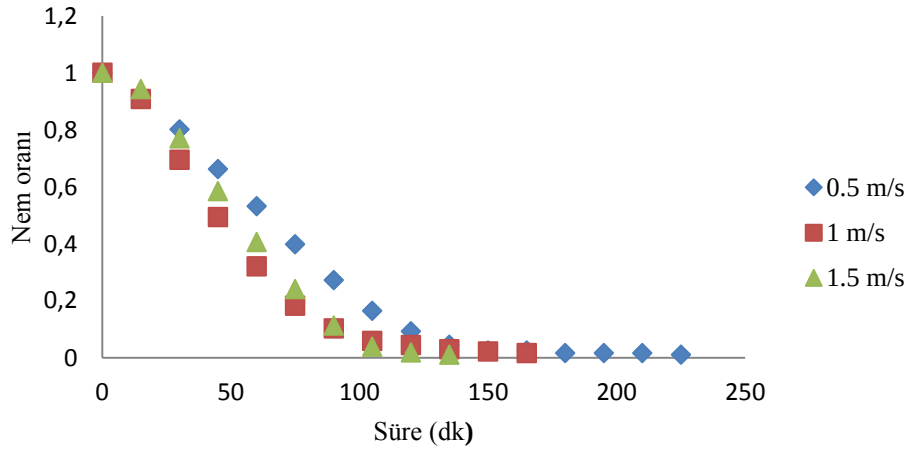
Şekilden görüldüğü gibi, 50°C’de yapılan kurutmada nem miktarının 1g su/g km.’den yaklaşık 0.02 g su/ g km.’ye düşmesi; 0.5, 1.0 ve 1.5 m/s hava hızlarında sırasıyla 1310, 1230 ve 960 dakika sürmüştür. Aynı hava hızlarında 60°C’de yapılan kurutmada sırasıyla 840, 720 ve 360 dakika (Şekil 4.5), 70°C’de 270, 210 ve 180 dakika (Şekil 4.6) ve 80°C’de 225, 165 ve 135 dakika (Şekil 4.7) sürmüştür.



Şekil 4.5. 60 °C sıcaklıkta üç farklı hava hızında kurutulan örneklerinin zamana bağlı nem içeriği



Şekil 4.6. 70 °C’de üç farklı hava hızında kurutulan örneklerinin zamana bağlı nem içeriği



Şekil 4.7. 80 °C’de üç farklı hava hızında kurutulan örneklerinin zamana bağlı nem içeriği

Aral ve Bese (2016), hava hızı arttıkça kuruma süresinin azaldığını bildirmişlerdir. Aynı şekilde, Yemmireddy vd. (2013), kurutma sıcaklığındaki bir artışın (85 °C'den 107 °C'ye) kuruma süresini önemli ölçüde azalttığını rapor etmişlerdir. Hava hızı arttıkça üzümün (Xiao vd., 2010), yaban mersininin (Pavkov vd., 2019) kuruma süresinin azaldığı, buna karşın acerola meyvesinin (Nóbrega vd., 2015; Rurush vd., 2022) (*Malpighia emarginata*) kuruma süresi üzerine hava hızının etkili olmadığı rapor edilmiştir.

4.2.3. Kurutma Kinetiği ve Modelleme Çalışmaları

4.2.3.1. Kurutma Kinetiğinin Modellenmesi

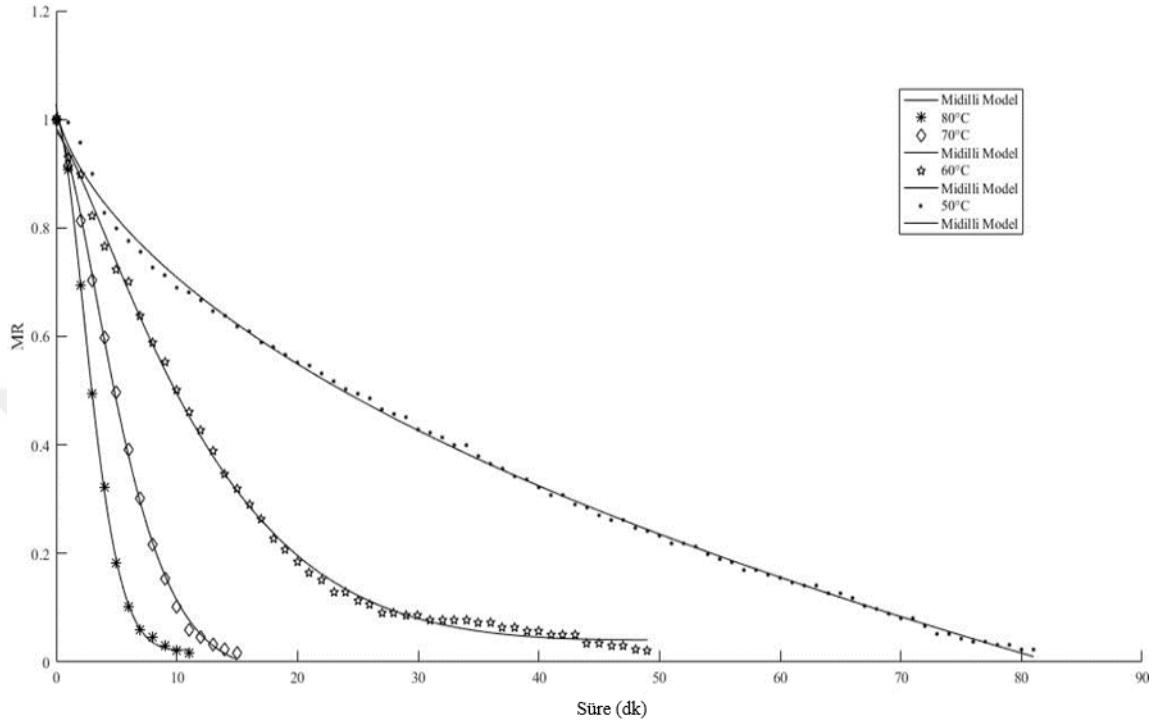
Konvektif olarak kurutulan güzyemişi meyvelerinin, kurutulması sırasında saptanan nem oranlarının kuruma süresiyle değişimini kapsayan deneysel veriler 9 farklı kurutma modeli ile modellenmiştir. Yapılan matematiksel modellemeler ve sonuçları Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2. Güz yemişi meyvelerinin deneysel kurutma verilerine uygulanan farklı kurutma modelleri ve istatistiksel analiz sonuçları

Modeller	Sıcaklık (°C)	Havahızı (m/s)	R ²	RMSE	χ^2
Newton	50	0.5	0.989059	0.028375	0.000805
		1.0	0.983328	0.03397	0.001154
		1.5	0.981413	0.040085	0.001607
	60	0.5	0.992522	0.023602	0.000557
		1.0	0.991259	0.026443	0.000699
		1.5	0.958234	0.066482	0.000731
	70	0.5	0.951449	0.075019	0.005628
		1.0	0.953876	0.073882	0.005459
		1.5	0.941535	0.086173	0.007426
	80	0.5	0.942891	0.085449	0.007302
		1.0	0.952819	0.078957	0.006234
		1.5	0.909918	0.116625	0.013601
Page	50	0.5	0.991190	0.025604	0.000656
		1.0	0.983456	0.034045	0.001159
		1.5	0.995306	0.020304	0.000412
	60	0.5	0.992780	0.023401	0.000548
		1.0	0.996265	0.017463	0.000305
		1.5	0.995714	0.021736	0.000435
	70	0.5	0.998409	0.013933	0.000194
		1.0	0.998293	0.014713	0.000216
		1.5	0.999066	0.011377	0.000129
	80	0.5	0.998356	0.015007	0.000225
		1.0	0.998991	0.012108	0.000147
		1.5	0.999162	0.011928	0.000142
HendeonvePabis		0.5	0.989428	0.028048	0.000787

Logaritmik	50	1.0	0.983787	0.033703	0.001136
		1.5	0.986595	0.034312	0.001177
		0.5	0.992646	0.023617	0.000558
	60	1.0	0.993711	0.022661	0.000514
		1.5	0.970440	0.057083	0.000591
		0.5	0.966713	0.063731	0.004062
	70	1.0	0.966650	0.065028	0.004229
		1.5	0.958045	0.076244	0.005813
		0.5	0.957921	0.075923	0.005764
	80	1.0	0.965063	0.071260	0.005078
		1.5	0.931586	0.107800	0.011621
		0.5	0.996223	0.016859	0.000284
	50	1.0	0.993992	0.020643	0.000426
		1.5	0.994282	0.022589	0.000510
		0.5	0.994535	0.020546	0.000422
	60	1.0	0.993807	0.022725	0.000516
		1.5	0.992041	0.030258	0.000607
		0.5	0.986079	0.042343	0.001793
	70	1.0	0.989658	0.03758	0.001412
		1.5	0.988511	0.041846	0.001751
		0.5	0.975336	0.060320	0.003639
	80	1.0	0.977269	0.060589	0.003671
		1.5	0.976338	0.067775	0.004593
		0.5	0.989038	0.028560	0.000816
Two-term	50	1.0	0.983959	0.033523	0.001124
		1.5	0.995062	0.020826	0.000434
		0.5	0.992506	0.023841	0.000568
	60	1.0	0.991237	0.02675	0.000716
		1.5	0.992052	0.029599	0.000536
		0.5	0.994273	0.026435	0.000699
	70	1.0	0.993947	0.027703	0.000767
		1.5	0.993654	0.029653	0.000879
		0.5	0.992008	0.033088	0.001095
	80	1.0	0.952773	0.082851	0.006864
		1.5	0.988895	0.043431	0.001886
		0.5	0.98564	0.032689	0.001069
	50	1.0	0.975895	0.041095	0.001689
		1.5	0.996605	0.017268	0.000298
		0.5	0.978128	0.040729	0.001659
	60	1.0	0.98118	0.039202	0.001537
		1.5	0.995072	0.023308	0.003524
		0.5	0.990532	0.033988	0.001155
	70	1.0	0.992935	0.029931	0.000896
		1.5	0.98836	0.04016	0.001613
		0.5	0.984792	0.045644	0.002083
	80	1.0	0.985013	0.046672	0.002178
Wang ve Singh	50	1.0	0.983787	0.033703	0.001136
		1.5	0.986595	0.034312	0.001177
		0.5	0.992646	0.023617	0.000558
	60	1.0	0.993711	0.022661	0.000514
		1.5	0.970440	0.057083	0.000591
		0.5	0.966713	0.063731	0.004062
	70	1.0	0.966650	0.065028	0.004229
		1.5	0.958045	0.076244	0.005813
		0.5	0.957921	0.075923	0.005764
	80	1.0	0.965063	0.071260	0.005078
		1.5	0.931586	0.107800	0.011621
		0.5	0.996223	0.016859	0.000284
	50	1.0	0.993992	0.020643	0.000426
		1.5	0.994282	0.022589	0.000510
		0.5	0.994535	0.020546	0.000422
	60	1.0	0.993807	0.022725	0.000516
		1.5	0.992041	0.030258	0.000607
		0.5	0.986079	0.042343	0.001793
	70	1.0	0.989658	0.03758	0.001412
		1.5	0.988511	0.041846	0.001751
		0.5	0.975336	0.060320	0.003639
	80	1.0	0.977269	0.060589	0.003671
		1.5	0.976338	0.067775	0.004593
		0.5	0.989038	0.028560	0.000816

Approximatin of Diffusion	50	1.5	0.972403	0.068467	0.004688
		0.5	0.992299	0.024075	0.00058
		1.0	0.988852	0.028294	0.000801
	60	1.5	0.993503	0.024275	0.000589
		0.5	0.994399	0.020996	0.000441
		1.0	0.991973	0.026152	0.000684
	70	1.5	0.991576	0.031829	0.000746
		0.5	0.986079	0.04357	0.001898
		1.0	0.989658	0.039115	0.001530
	80	1.5	0.988511	0.044110	0.001946
		0.5	0.975335	0.062784	0.003942
		1.0	0.977269	0.064264	0.004130
Logistic	50	1.5	0.976338	0.073205	0.005359
		0.5	0.992299	0.024075	0.000580
		1.0	0.987910	0.029283	0.000857
	60	1.5	0.996479	0.017727	0.000314
		0.5	0.992824	0.023545	0.000654
		1.0	0.996327	0.017502	0.000306
	70	1.5	0.997543	0.016813	0.000432
		0.5	0.999173	0.010318	0.000106
		1.0	0.999384	0.009174	0.000084
	80	1.5	0.999408	0.009502	0.000090
		0.5	0.999119	0.011399	0.00013
		1.0	0.998696	0.014512	0.000211
Midilli	50	1.5	0.998745	0.015607	0.000244
		0.5	0.997568	0.013605	0.000185
		1.0	0.998109	0.011654	0.000136
	60	1.5	0.996115	0.018773	0.000352
		0.5	0.996141	0.017427	0.000304
		1.0	0.998248	0.012219	0.000149
	70	1.5	0.997244	0.018205	0.000215
		0.5	0.998755	0.013029	0.00017
		1.0	0.998278	0.015959	0.000255
	80	1.5	0.999445	0.009697	0.000090
		0.5	0.998704	0.014393	0.000207
		1.0	0.999776	0.006384	0.000047
		1.5	0.999895	0.006074	0.000046



Şekil 4.8. En uygun Midilli modeli ile güz yemişi meyvenin kurutma kinetiği

Güzyemişi meyvesinin kurutma davranışını izlemek için Newton, Page, Hendeon ve Pabis', Two-term, Two-term exponential, Logistic ve Midilli' modellerine uyarlanmıştır. Bu modeller farklı meyveler için birçok araştırmacı (Pashazadeh vd., 2020; Zannou vd., 2021) tarafından da kullanılmıştır. Benzer olarak, Midilli modeli, alıç meyvenin kurutma karakterini tanımlamada daha iyi bir model olmuştur (Aral vd., 2016). Asya armutunun kuruma davranışını açıklamak için Newton, Page, Henderson ve Pabis, Logarithmic, Midilli ve Wang ve Singh modelleri denenmiş ve kurutma kinetiğini en iyi açıklayanın Page modeli olduğu rapor edilmiştir (Kayacan vd., 2022). Martín-Gómez vd. (2019), Newton, Henderson ve Pabis, Logarithmic, Wang ve Singh, Two-term, Approximation of diffusion ve Midilli modeller kullanarak üzüm meyvelerinin kurutma kinetiğini incelemişler ve en yüksek R^2 (0.9985), en düşük RMSE (0.008477)

ve χ^2 (0.000043) değerlerine sahip olanın Midilli Modeli olduğunu belirlemişlerdir. Newton, Page, Modified Page, Henderson-Pabis ve Midilli modellerinin ahududu meyvelerinin kuruma kinetiklerini iyi bir şekilde tanımladığı gösterilmiştir (Szadzińska vd., 2019).

Güzyemişi meyvesinin kurutma kinetiğini tanımlayan en iyi model regresyon katsayısı (R^2), tahminin standart hata (RMSE) ve khi-kare (χ^2) değerlerine göre seçilmiştir. Kurutma sıcaklıkları için en uygun modelin en yüksek R^2 , (0.9972–0.9998), en düşük RMSE (0.01877-0.0061) ve en düşük χ^2 (0.000304-0.00004) sunan Midilli modeli olduğu tespit edilmiştir. Güzyemişi meyvesinin kurutma kinetiğini en iyi açıklayan model, Midilli modeli olmuştur (Şekil 4.8). Test edilen tüm modellerin (en az $R^2=0.95$) kabul edilebilir olduğu görülmektedir. Uygulanan sıcaklıklar içinde Midilli modelinin en yüksek R^2 (0.99989), en düşük RMSE (0.00607) ve en düşük χ^2 (0.000046) değerine 80 °C’de 1.5 m/s kurutulmuş örneğin sahip olduğu kaydedilmiştir (Tablo 4.2).

Aghbashlo vd. (2010), hava sıcaklığı 60, 70 ve 80 °C, kurutma hızı olarak 0.3, 0,6 ve 0.9 m/s şartlarında kuruttukları vişnelerde kurutma kinetiğinin Weibull dağılım modeline uyduğunu bildirmişlerdir. Weibull modeli ($MR = \exp(-(t/\alpha)^\beta)$) için R^2 , X^2 ve RMSE değerlerini sırasıyla 0.9980–0.9999, 2.420×10^{-6} ile 6.735×10^{-11} ve 0.001456–0.015939 olarak elde etmişlerdir. α - değerinin artan sıcaklık ve hızla azaldığını, β değerinin ise bunun tersi olduğunu bildirmişlerdir.

Midilli modeli, güzyemişi meyvelerinin kuruma karakterini ve kurutma işlemi sırasında ısı ve kütle transferi olaylarını en iyi tanımlamıştır. Pashazadeh vd. (2020) de *Rosa pimpinellifolia* meyvelerinin kuruma kinetiğinin Midilli modeline uyduğunu bildirmişlerdir. Pavkov vd. (2019), yabanmersinin konvektif kurutma sırasındaki kuruma kinetiğinin Midilli modeline uyduğunu bulmuşlardır. Szadzińska vd. (2019), ahuduların kurutma kinetiklerinin modifiye Page modeline uyduğunu rapor etmişlerdir. Ross vd. (2020), farklı yabanmersini meyvelerinin kurutma kinetiğini inceledikleri çalışmada, bir kabin kurutucuda 50, 60 ve 70°C’de kuruttukları meyvelerin, kurutma

kinetiğinin Page modeline uyduğunu bildirmişlerdir. Rurush vd. (2022), sıcak hava ve kırılma penceresi kurutma yöntemleri ile farklı sıcaklıklarda (55, 65, 75, 85 ve 95°C) kurutulan yabanmersini meyvesinin kurutma kinetiğinin Page modeline uyduğunu göstermişlerdir. Midilli ve Küçük modeli kayısı meyvesinin kurutma kinetiğini uygun bir şekilde tanımlamıştır (Kayran ve Doymaz, 2021). Gómez-Pérez vd. (2020), *Ugni molinae* Turcz meyvelerinin kurutma kinetiklerinin yine Midilli ve Küçük modellerine iyi uyduğunu bildirmişlerdir. Martín-Gómez vd. (2019), üzüksü meyvelerinin kurutma kinetikleri tanımlamak için Midilli modelinin diğr modellerden daha iyi uyduğunu bildirmişlerdir.

4.3. Rehidrasyon Oranları ve Modelleme Çalışması

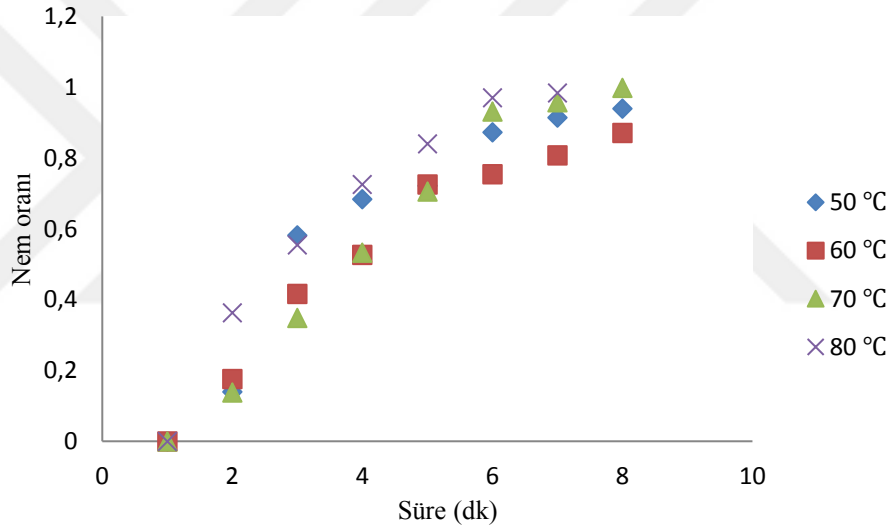
Rehidrasyon, kuru bir ürünün su ile temas ettiğinde eski taze haline getirmeyi amaçlayan karmaşık bir süreçtir. Günümüze kadar, birçok araştırmacı rehidrasyonun hızını ve kapasitesini etkileyen faktörleri incelemiştir. Bazı çalışmalar, malzemenin rehidre olma yeteneğinin, sıcaklık, süre ve rehidrasyonda kullanılan su miktarı gibi rehidrasyon koşullarına bağılı olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, çalışmalarda kullanılan prosedürde veya adlandırmada tutarlılık yoktur. Çalışmalarda, kuru ürünün su kütlesine oranı 1:5 ile 1:50 arasında, kullanılan sıcaklık ortam sıcaklığından 80°C'ye kadar ve süre 2 dakika ile 24 saat kadar değiştiği görülmektedir. Sıcaklık, su absorpsiyon oranını etkiler, çünkü hız sıcaklıkla artar, ancak yüksek sıcaklıklar hücre zarının hızlı bir şekilde tahrip olmasına neden olur (Ohaco vd., 2015).

Kurutma koşulları, çeşitli ürünlerin rehidrasyon kapasitesini de büyük ölçüde etkiler. Konvektif kurutma sırasında işlemin süresi, rehidrasyonun derecesini etkiler. Kurutma süresini azaltarak daha yüksek bir rehidrasyon hızı ve daha büyük absorpsiyon kapasitesi elde edilebilir (Ohaco vd., 2015).

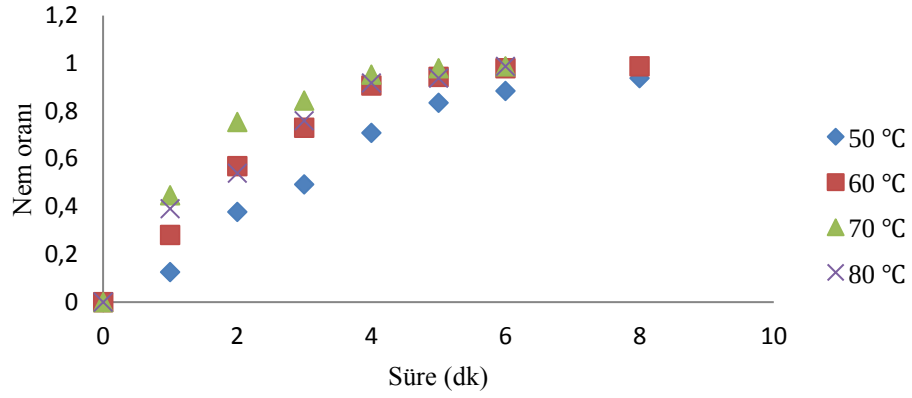
Kurutulmuş gıdaların önemli kısmı tüketilmeden önce rehidre edilir. Büyük ölçüde malzemenin gözenekliliğine bağılı olarak, belirli bir sıcaklıkta belirli bir süre için rehidrasyon sırasında kurutulmuş numuneler tarafından kazanılan orijinal ağırlığın

yüzdesi olarak kabul edilir. Kurutulmuş ürünlerin yeniden hidrasyonu, suyun kurutulmuş ürüne emilmesinden, yeniden su kazanan ürünün şişmesinden oluşur. Rehidrasyon derecesinin, hücresel ve yapısal bozulmanın derecesine bağlı olarak değiştiği bilinmektedir (Hii ve Law, 2010).

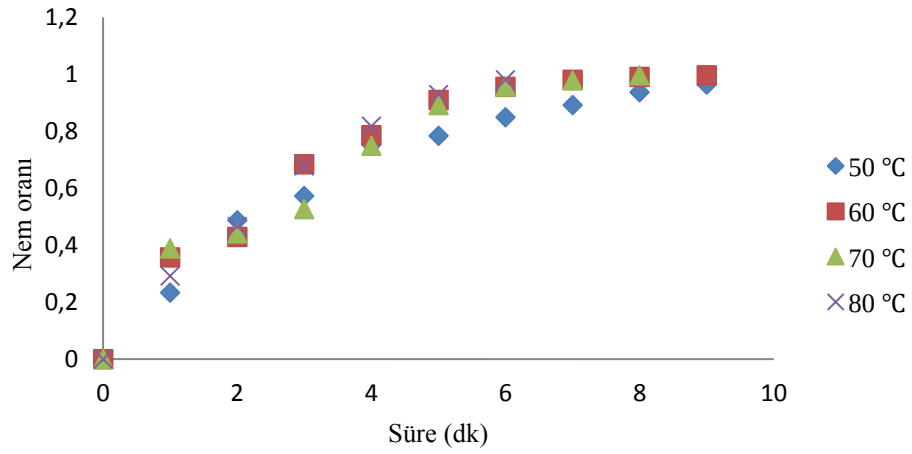
Rehidrasyon değeri, kurutulmuş meyvelerin kalitesini anlamada başvuru analizlerinden biridir. Daha öncede ifade edildiği gibi, kurutmada meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişikliklerin göstergesi olarak düşünülebilir (Figiel, 2007). Farklı kurutma sıcaklığı ve hava hızında kurutulan güzyemişi örnekleri oda sıcaklığında rehidrasyonu sırasındaki su alma eğilimleri Şekillerde (Şekil 4.9- 4.15) görülmektedir.



Şekil 4.9. 0.5 m/s hava hızında dört farklı sıcaklıkta kurutulan örneklerin rehidrasyonu sırasında su alma oranları

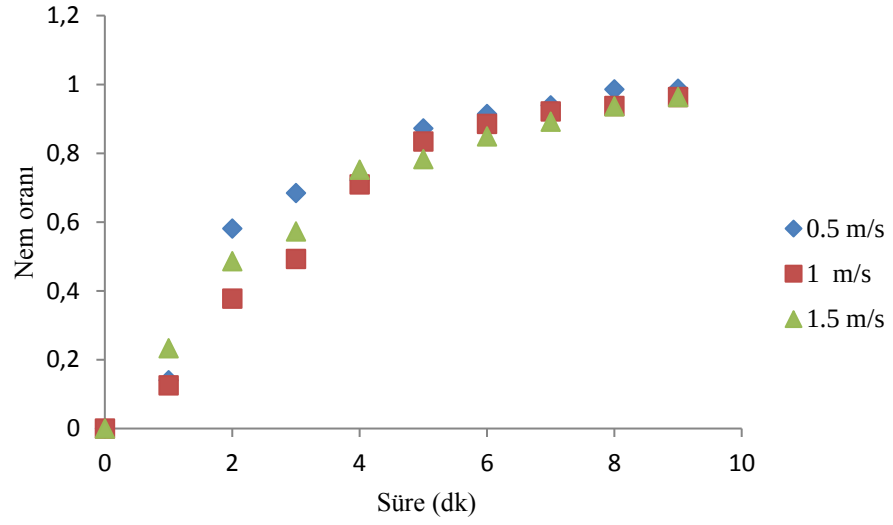


Şekil 4.10. 1.0 m/s hava hızında dört farklı sıcaklıkta kurutulan örneklerin rehidrasyonu sırasında su alma oranları

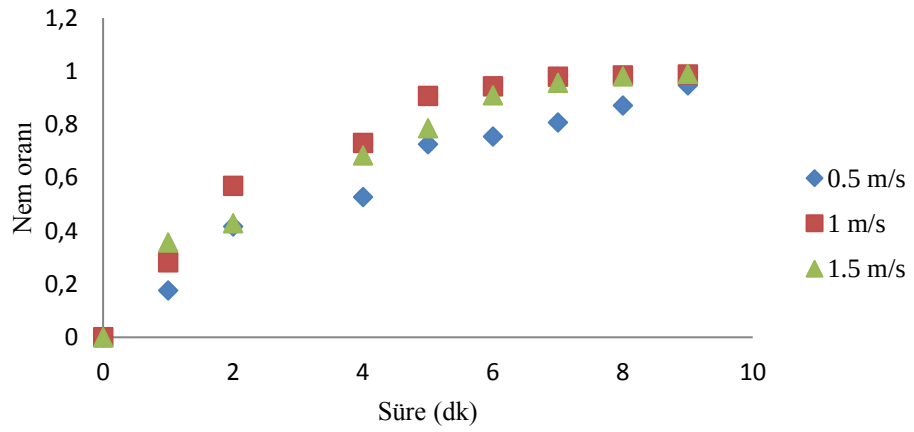


Şekil 4.11. 1.5 m/s hava hızında dört farklı sıcaklıkta kurutulan örneklerin rehidrasyonu sırasında su alma oranları

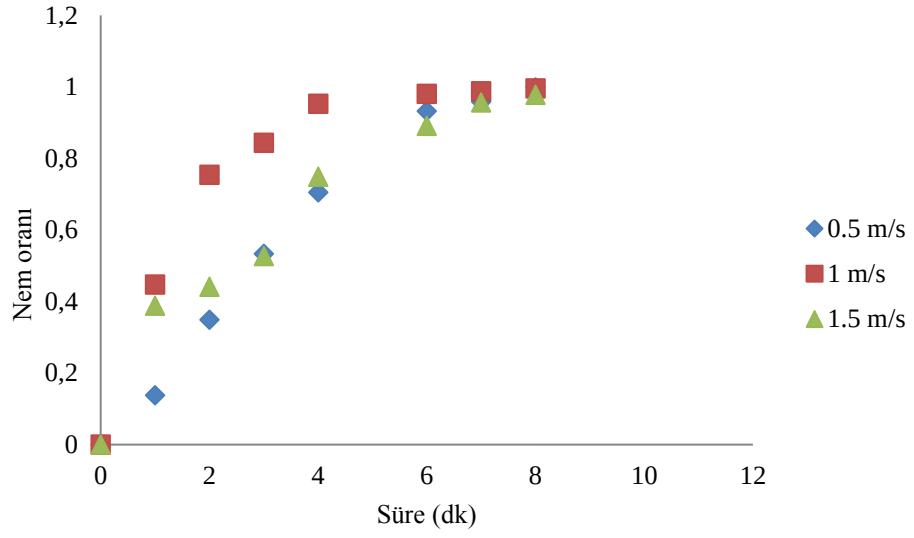
Şekillerden görüldüğü gibi, aynı hava hızda kurutulan meyvelerin kurutma sıcaklığına bağlı olarak su alma dereceleri de az fark göstermiştir. 1 m/s hızda kurutulan meyvelerde en yüksek rehidrasyon oranları 70 ve 80°C'de kurutulanlarda gerçekleşmiştir (Şekil 4.10). Ancak 0.5 m/s ve 1.5 m/s hızında kurutulan meyvelerde en yüksek rehidrasyon oranları 80 °C'de kurutulanlarda saptanmıştır (Şekil 4.9 ve 4.11).



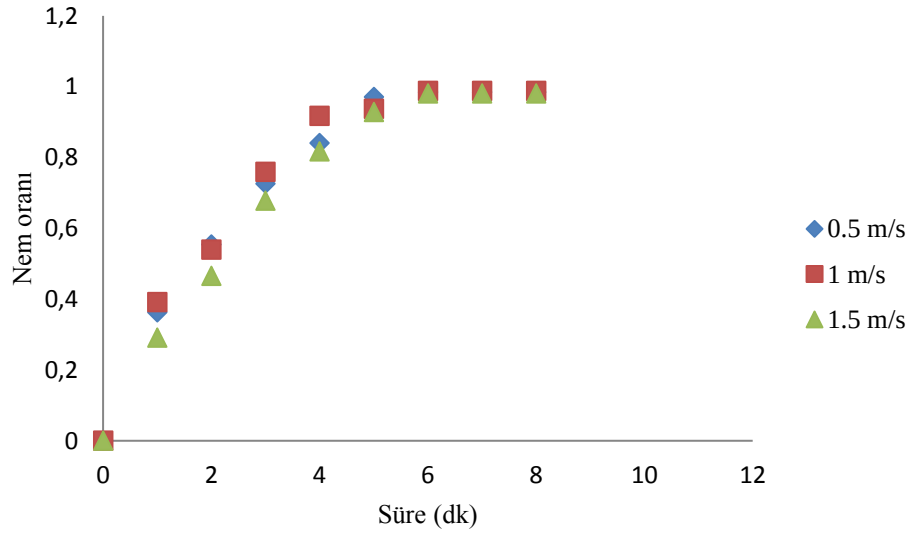
Şekil 4.12. 50 °C sıcaklıkta farklı hava hızında kurutulan örneklerin rehidrasyonu sırasında su alma oranları



Şekil 4.13. 60 °C sıcaklıkta farklı hava hızında kurutulan örneklerin rehidrasyonu sırasında su alma oranları



Şekil 4.14. 70 °C sıcaklıkta farklı hava hızında kurutulmuş örneklerin rehidrasyonu sırasında su alma oranları



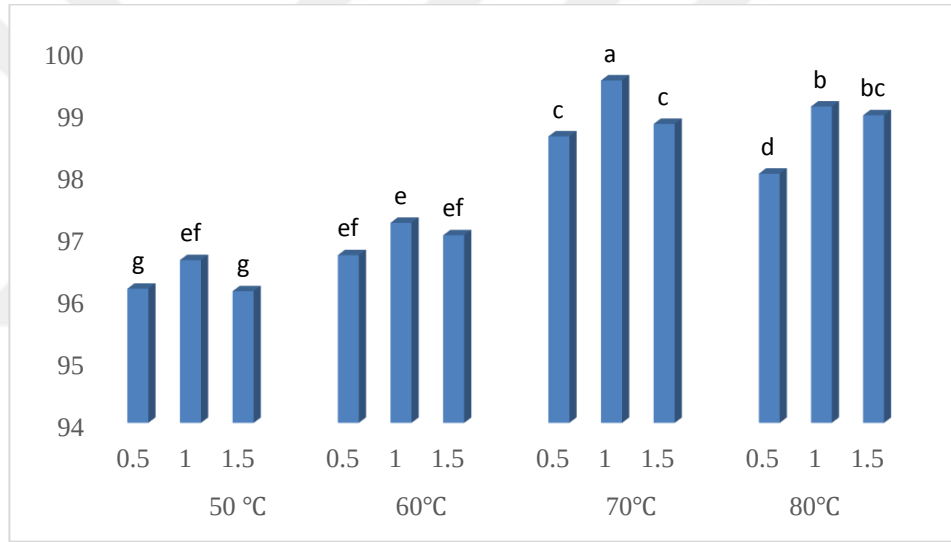
Şekil 4.15. 80 °C sıcaklıkta farklı hava hızında kurutulmuş örneklerin rehidrasyonu sırasında su alma oranları.

Aynı kurutma sıcaklığında ve farklı hava hızında kurutulan meyvelerde hızla bağlı olarak su alma dereceleri de fark etmiştir. Şekillerden görüldüğü gibi, 1 m/s hava hızında kurutulan meyvelerde en yüksek rehidrasyon oranları gerçekleşmiştir. Yüksek sıcaklıkta (70 ve 80 °C kurutmada) 1 m/s hızla kurutulan meyvelerin daha yüksek su absorbe ettiği görülmektedir. Yüksek sıcaklıkta 70 ve 80 °C, 1.5 m/s hızla kurutulanların daha hızlı su absorbe ettiği görülmektedir. Rehidrasyon sırasında ilk aşamada numunelerde hızlı su absorpsiyonu, ardından absorpsiyon kapasitesinde bir azalma ve daha sonra sabit bir rehidrasyon hızı gözlemlenmiştir. Şekillerden açıkça görülmektedir ki, farklı kurutma koşullarında kurutulan meyvelerin su alma dereceleri de az çok farklı olmuştur. Düşük sıcaklıkta kurutulanlarda, daha az rehidrasyon oranı ve daha uzun sürede sabitlenme eğilimi söz konusudur.

Kurutma sırasında meydana gelen yapısal değişiklikler su alım oranını etkilemektedir. Kurutma sıcaklıkları da rehidrasyon davranışını etkilemektedir (Chenlo vd., 2018). Mevcut çalışmada, rehidrasyon sırasında su alımı ilk başta daha hızlı olduğu, daha sonra nem içeriğinin dengeye yaklaştıkça hızın kademeli azaldığı görülmüştür. García-Pascual vd. (2006), rehidrasyon sırasında ilk aşamada hızlı absorpsiyondan sonra meyvelerin su alımındaki azalmayı, kütle transferindeki azalma ve dengenin yakınlığı ile ilişkilendirmişlerdir. Zhao vd. (2019), rehidrasyon hızının, kurutulmuş meyvelerin kurutma sıcaklıklarından, dokusundan ve şeklinden etkilenebileceğini bildirmişlerdir.

Aghbashlo vd. (2010), 60,70 ve 80 °C sıcaklık ve 0.3, 0.6 ve 0.9 m/s hava hızlarında kuruttukları vişnede, sıcaklığın 60'dan 70°C'ye yükselmesiyle rehidrasyon kapasitesinin arttığını, 80°C'ye çıktığında düştüğünü saptamışlar, bunun nedeninin şekerin karamelize olmasına ve dolayısıyla yüzeydeki gözeneklerin tıkanmasına bağlamışlardır. Araştırmacılar, 70 °C ve 0.3m/s hava hızında kurutulanların rehidrasyon yeteneklerinin daha iyi olduğunu, rehidrasyonda kurutmada kullanılan sıcaklık kadar hava hızlarının da etkili olduğunu vurgulamışlardır. Artan hızın ürün yüzeyinin sertleşmesine ve rehidrasyon kapasitesinin düşmesine yol açabileceğini vurgulamışlardır.

Rehidrasyon sıcaklığının rehidrasyon oranına etkisini daha iyi anlayabilmek için dengeye ulaştığında ağırlıktaki yüzde artışlar Şekil 4.16’da verilmiştir. Şekil 4.16’da görüldüğü gibi, sıcaklık arttıkça rehidrasyon kapasitesi de artmıştır. Bu sonuç, kuru kara kuşburnunun rehidrasyonu üzerinde çalışan Pashazadeh vd. (2020), sonuçlarını desteklemektedir. Kurutulmuş meyvelerin su alma oranı, aynı kurutma sıcaklığındaki hava hızları arasında az farklılık göstermiştir. Şekil 4.16, de gösterdiği gibi 70°C ve 1 m/s hızda kurutulan meyvelerin daha yüksek su absorbe ettiği görülmektedir. Önceki çalışmalar, farklı sıcaklıklarda rehidre edilen meyvelerin davranışının farklı olduğunu göstermiştir (Aghbashlo vd., 2010; Chenlo vd., 2018; Zhao vd., 2019).



Şekil 4.16. Farklı koşullarda rehidre edilen meyvelerin rehidrasyon kapasiteleri (p<0.05)

4.3.1. Rehidrasyon Modelleme Çalışması

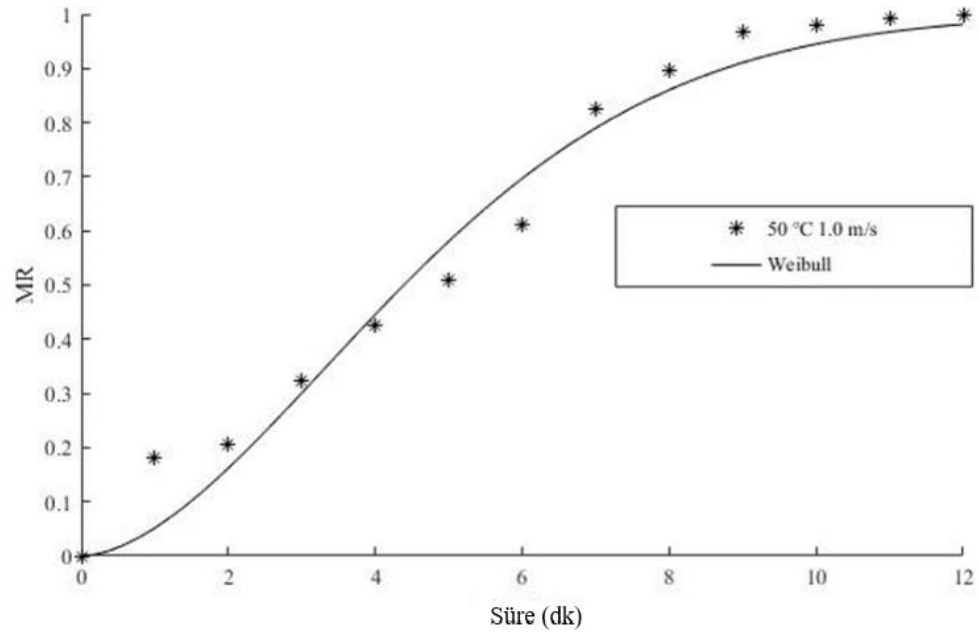
Farklı sıcaklık ve hava hızında kurutulan meyvelerin rehidrasyonu süresince kazanılan suyun zamana karşı değişimini içeren deneysel veriler 6 farklı matematiksel model ile modellenmiştir. Yapılan matematiksel modellemelerin sonuçları Tablo 4.3’te verilmiştir.

Tablo 4.3. Rehidrasyon verilerinin modellemesinin istatistiksel analizi sonuçları

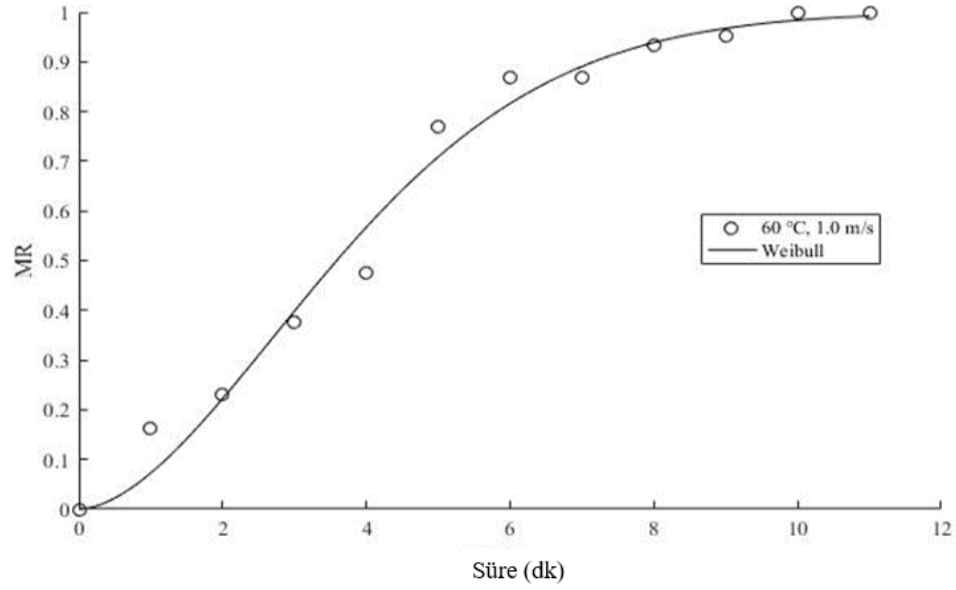
Modeller	Sıcaklık (°C)	Havahızı (m/s)	R2	RMSE	χ^2
Peleg	50	0.5	0.967958	0.059851	0.003582
		1.0	0.972361	0.062287	0.003879
		1.5	0.987957	0.036910	0.001362
	60	0.5	0.990785	0.032562	0.001060
		1.0	0.966635	0.058860	0.003464
		1.5	0.983289	0.041005	0.001681
	70	0.5	0.991244	0.033327	0.001110
		1.0	0.992275	0.029495	0.000869
		1.5	0.988139	0.403827	0.163077
	80	0.5	0.982223	0.042060	0.001769
		1.0	0.986132	0.035523	0.001261
		1.5	0.982223	0.042060	0.001769
Firstorderkinetic	50	0.5	0.976585	0.049156	0.002416
		1.0	0.961355	0.070224	0.004931
		1.5	0.988135	0.035075	0.001230
	60	0.5	0.978006	0.047964	0.002300
		1.0	0.970087	0.053359	0.002847
		1.5	0.974845	0.048168	0.002320
	70	0.5	0.978779	0.049470	0.002447
		1.0	0.998235	0.013442	0.000180
		1.5	0.975084	0.023877	0.002124
	80	0.5	0.998236	0.013442	0.000180
		1.0	0.978800	0.049471	0.002447
		1.5	0.970170	0.053310	0.002850
Exponential related equation	50	0.5	0.976585	0.049156	0.002410
		1.0	0.961350	0.070224	0.004930
		1.5	0.988135	0.035075	0.001230
	60	0.5	0.978006	0.047964	0.002300
		1.0	0.970087	0.053359	0.002847
		1.5	0.974845	0.048168	0.002320
	70	0.5	0.978779	0.049470	0.002447
		1.0	0.998235	0.013442	0.000180
		1.5	0.976317	0.047879	0.002292
	80	0.5	0.992533	0.026394	0.000697
		1.0	0.995738	0.018677	0.000349
		1.5	0.992533	0.026394	0.000697
Exponentialmodel	50	0.5	0.980628	0.046537	0.002165
		1.0	0.996866	0.020971	0.000439
		1.5	0.992946	0.028248	0.000797
	60	0.5	0.981838	0.045714	0.002089
		1.0	0.970889	0.054979	0.003022

Weibull	70	1.5	0.975138	0.050017	0.002501
		0.5	0.988569	0.038079	0.001450
		1.0	0.998568	0.012697	0.000161
	80	1.5	0.997987	0.041846	0.002039
		0.5	0.997142	0.016866	0.000284
		1.0	0.996207	0.018128	0.000328
	50	1.5	0.997142	0.016866	0.000284
		0.5	0.980628	0.046537	0.002165
		1.0	0.995444	0.021191	0.000449
	60	1.5	0.994112	0.024391	0.000594
		0.5	0.981838	0.045714	0.002089
		1.0	0.989987	0.030185	0.000911
	70	1.5	0.996860	0.020972	0.000439
		0.5	0.991256	0.031387	0.000985
		1.0	0.998568	0.012697	0.000161
Proposed model	80	1.5	0.997986	0.013505	0.000182
		0.5	0.997142	0.016866	0.000284
		1.0	0.996208	0.019274	0.000371
	50	1.5	0.997142	0.016866	0.000284
		0.5	0.987509	0.039030	0.001523
		1.0	0.993558	0.031696	0.001004
	60	1.5	0.992378	0.030796	0.000948
		0.5	0.988820	0.037806	0.001429
		1.0	0.983052	0.043997	0.001935
	70	1.5	0.989473	0.033909	0.001150
		0.5	0.992766	0.031931	0.001019
		1.0	0.997212	0.018678	0.000348
	80	1.5	0.986889	0.453904	0.206029
		0.5	0.979481	0.452970	0.205182
		1.0	0.977894	0.510419	0.260527
		1.5	0.949914	0.592112	0.350597

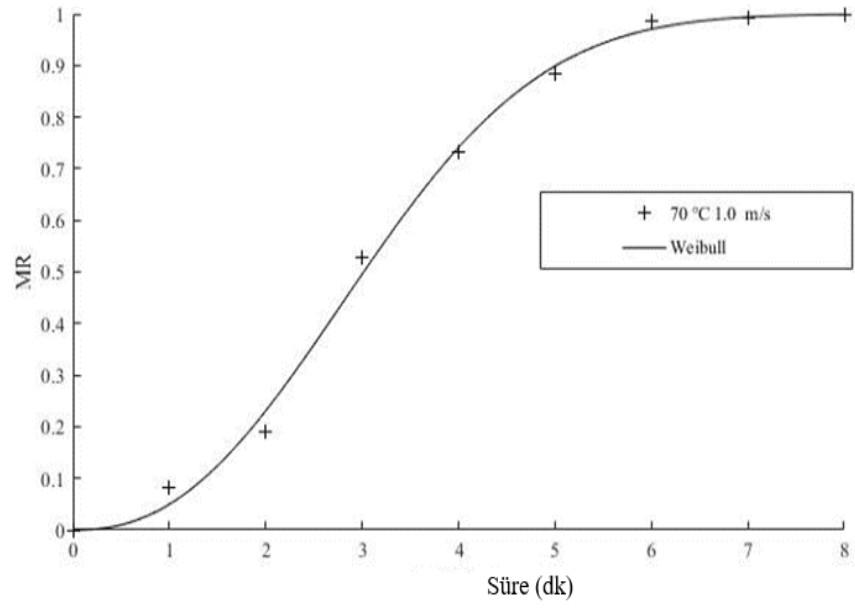
Tablo 4.3'den görüldüğü gibi, farklı sıcaklık ve hızda kurutulan meyvelerin rehidrasyon davranışını tanımlayan en uygun model Weibull modeli olmuştur (Şekil 4.17-4.20). Bu model, en yüksek $R^2 = 0.998$, en düşük RMSE (0.0126) ve en düşük χ^2 (0.00016) değerlerini verdiği için kurutulmuş güzyemişi meyvelerinin rehidrasyon kinetiğini tanımlamak için en uygundur. Ampirik modeller arasında Weibull dağılım fonksiyonu, araştırmalarda sıklıkla kullanılmış ve kurutulan gıdaların rehidrasyonunu tanımlamak için geliştirilmiştir (Benseddik vd., 2019).



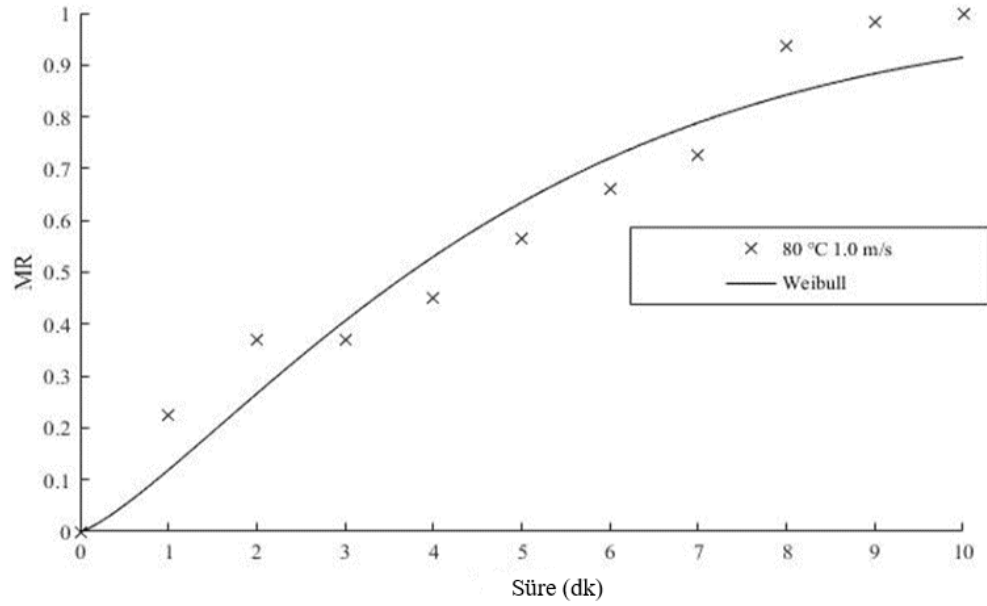
Şekil 4.17. 50 °C ve 1.0 m/s'de kurutulan meyvelerin rehidrasyon davranışı



Şekil4.18. 60 °C ve 1.0 m/s'de kurutulan meyvelerin rehidrasyon davranışı



Şekil 4.19. 70 °C ve 1.0 m/s'de kurutulan meyvelerin rehidrasyon davranışı



Şekil 4.20. 80 °C ve 1.0 m/s'de kurutulan meyvelerin rehidrasyon davranışı

Günümüze kadar birçok kurutulmuş meyve ve sebzelerin rehidrasyonunu tahmin etmek için bu modeller (Peleg, First order kinetic, Exponential related equation, Exponential model, Weibull ve Proposed modeller) başarıyla uygulanmıştır (Benseddik vd., 2019; Ghellam ve Koca, 2020; Noshad vd., 2012; Pashazadeh vd., 2021; Zannou vd., 2021). Zannou vd. (2021), Kurutulmuş güzyemişi meyvelerinin rehidrasyon için en uygun modelin Peleg modeli olduğu, ardından Weibull ve Vega-galves modellerinin izlediğini bildirmişlerdir. Ghellam ve Koca (2020), çöl trüf mantarının rehidrasyon kinetiği için en uygun modelin Weibull modeli olduğunu bildirirken, Pashazadeh vd., (2020), *rosa pimpinellifolia* meyvelerinin rehidrasyon davranışını tahmin etmede en uygun olanların Peleg, Vega-Gálvez ve Weibull modelleri olduğunu rapor etmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen sonuç, literatürdeki çeşitli meyvelerin rehidrasyon davranışları tahmin kullanılan modellerle uyumludur (Ghellam ve Koca, 2020; Pashazadeh vd., 2020; Zannou vd., 2021).

4.4. Kurutma Koşullarının Renk Üzerine Etkisi

Renk, gıda kalitesinin önemli bir parçasıdır. Gıdanın rengi, tüketicilerin satın alma kararında yaptığı ilk değerlendirmedir. Kurutma koşulları, rengi az veya çok etkilemektedir (Ozcan-Sınır vd., 2019).

Kurutulan gıdanın rengi, dehidrasyon sırasında sadece yüzey suyunun buharlaşmasından değil, aynı zamanda enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşme gibi bazı reaksiyonlardan dolayı da değişir. Bu reaksiyonların çoğu son ürün için istenmez. Bu nedenle kurutma sırasında rengin kontrolü, belirli aralıklarda sıcaklık kontrolü, aralıklı kurutma, renk koruyucu maddelerin (örneğin kükürt dioksit) kullanımı vb. gibi çeşitli uygulamalar için gereklidir. Rengi analiz etmek için farklı metodolojiler vardır. Kullanılan en yaygın yöntemin başında Hunter L^* a^* b^* (Açıklık, Kırmızılık-yeşillik, sarılık-mavilik) gelmektedir. Renk ölçümü, bir alet tarafından üretilen ve ürün yüzeyine yansıyan ışık spektrumunun analizi ile kolorimetrik olarak basitçe yapılır. Renk değerlendirmesine dayalı olarak ürünün mekanik olarak sınıflandırılması yapılabilir. Özet olarak, son ürün kalitesinin değerlendirilmesinde renk önemli bir parametredir (Krokida ve Maroulis, 1999).

Bu çalışmada, taze ve farklı koşullar altında kurutulmuş güzyemişi meyvelerinin renk değerleri Tablo 4.4'de verilmiştir. Kurutulmuş meyve ve sebzelerin doğal renginde kurutma işlemi değişikliğe yol açabilmektedir (Koca vd., 2018). Tablo 4.4'de görüldüğü gibi, kuruve yaş meyvenin renk değerleri birbirinden farklı bulunmuştur ($p<0.05$). Örneklerin L^* değerleri 33.81- 41.94, a^* değerleri 5.25-13.02, b^* değerleri 3.53-10.04 ve toplam renk farkı değerleri ise 3.23-11.79 arasında bulunmuştur. Kurutulmuş güzyemişi meyvelerinin L^* , a^* ve b^* değerleri, taze meyvelere göre daha düşüktür. Kurutulan tüm meyvelerde kurutma işlemi ile renk değeri azalmıştır. Chen vd. (2015), hünnap meyvelerinin L^* değerinin kurutulduktan sonra arttığını bildirmiştir.

Ozcan-Sınır vd. (2019), konvektif kurutmada dahil farklı tekniklerle kuruttukları kumkuatlarda taze meyveye göre konvektif kurutulan meyvelerde a değerinin arttığını, artışın nedeninin muhtemelen Maillard reaksiyonu ve karotenoid gibi pigmentlerin degradasyonundan kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Farklı kurutma koşulları sırasında elde edilen toplam renk değişimi (ΔE) Tablo 4.4'de verilmiştir. Tablo 4.4'de gösterildiği gibi, toplam renk farkı (ΔE) 50°C sıcaklık 0.5 m/s hava hızında en yüksek çıkmıştır. Kurutma sıcaklığının çok düşük olduğu durumlarda kuruma süresindeki artış, rengi olumsuz etkilemektedir. Artan kuruma süresinin, sıcaklığa daha uzun süreye maruz kalma nedeniyle bozulmayı arttırdığı bilinmektedir (Dadali vd., 2007). Toplam renk farkı değerlerine bakıldığında; en az değişim 3.23 ile 60 °C ve 1 m/s hava hızında kurutulan örneklerde saptanmıştır.

Tablo 4.4. Yaş ve kuru meyvelerin renk değerleri

		<i>L*</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>	ΔE
Taze		42.50±1.41a	13.09 ± 1.55a	11.06± 0.57a	-
50	0.5	33.81±1.19b	5.25±0.52c	10.04±0.81a	11.79±0.94a
	1	35.99±0.65b	5.97± 0.77c	9.64±0.88ab	9.79±0.90b
	1.5	34.62±1.09b	5.56±1.01c	9.33±0.28ab	11.09±0.74ab
60	0.5	40.61±1.43a	9.51±0.84b	8.51±1.10abc	5.02±0.74e
	1	40.08±0.24a	11.79±0.82 ab	9.45±0.50abc	3.23±0.71f
	1.5	40.58±1.74a	11.57±2.76 ab	9.41±1.12abc	3.79±1.87fe
70	0.5	39.61±2.34a	11.81±0.63 ab	8.38±0.65dc	4.39±1.80ef
	1	38.53±2.58a	11.84±1.48 ab	8.51±0.34cb	5.25±1.83e
	1.5	40.96±1.54a	11.61±1.23ab	7.49±0.88d	4.51±0.29e
80	0.5	40.37±1.78a	13.02±1.53a	5.42±1.15e	6.36±0.77d
	1	41.94±2.61a	12.12±1.83ab	3.93±0.73f	7.61±1.37cd
	1.5	40.09±3.04a	10.71±0.56ab	3.53±0.61f	8.58±1.27c

*Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0.05$).

Tablo 4.5'te verildiği gibi, farklı kurutma sıcaklığı ve hava hızına sahip grupların *L**, *a** ve *b** değerleri arasında yapılan Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçlarına göre; hava sıcaklığı renkte önemli değişikliğe yol açarken ($p<0.05$), hava hızı etkili olmamıştır ($p>0.05$).

Tablo 4.5. Renk üzerine kurutma sıcaklığı ve hava hızının etkisi

	<i>L*</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>	ΔE
Sıcaklık, °C				
50	34.80±1.29b	5.59±0.75b	9.67±0.69a	10.89±1.16a
60	40.42±1.16a	10.95±1.85a	9.12±0.95a	4.01±1.33c
70	39.70±2.17ab	11.75±1.02a	8.12±0.75ab	4.72±1.35c
80	40.80±2.35a	11.95±1.59a	4.29±1.14c	7.52 ±1.40b
Havahızı, m/s				
0.5	38.60±3.27	9.90±3.20	8.09 ±1.93	6.89±3.20
1.0	39.13±2.78	10.43 ±2.91	7.88±2.49	6.47±2.79
1.5	39.06±3.19	9.90±2.96	7.44±2.58	6.99±3.28

*Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0.05$)

Tablo 4.5'te verildiği gibi, L^* ve a^* değeri en yüksek 80 °C'de sırasıyla 40.80 ve 11.95, en düşük 50 °C'de 34.80 ve 5.59; b^* değeri ise en yüksek 50 °C'de 9.67 olarak belirlenmiştir. En yüksek toplam renk değişimi (ΔE) 10.89 değeri ile 50 °C sıcaklıkta, en düşük toplam renk değişimi 4.01 değeri ile 60 °C sıcaklıkta bulunmuştur. Farklı hava hızlarında kurutma, güzyemişi meyvesinin renk değerleri arasında önemli fark göstermemiştir ($p>0.05$).

4. 5. Kurutmanın Büzülme Üzerine Etkisi

Bir kurutma işlemi sırasında su kaybı, genellikle büzülme fenomeni olarak adlandırılan hücresel dokunun boyutunda bir azalmaya neden olur (Ramos vd., 2003). Büzülme, bir gıda maddesinden nemin buharlaşması nedeniyle meydana gelir (Márquez ve De Michelis, 2011). Uygulanan kurutma yöntemi ve koşullarına bağlı olarak büzülme az veya çok olabilir (Ramos vd., 2003). Yavaş kuruma, tek tip büzülmeye yol açabilirken, çok hızlı kuruma, orijinal boyutları bir dereceye kadar koruyan kalıcı bir gerilimin uygulanması nedeniyle daha düşük büzülmeye neden olabilir. İç kısımda çatlaklar ve boşluklar gelişebilir (Raghavan ve Silveira, 2001). Ürünün büzülmesi, kurutma süresi uzadığında artar ve muhtemelen rehidrasyon kapasitesinin de azalmasına yol açar (Pereira vd., 2007). Rehidrasyon kapasitesi üzerindeki bu etki, muhtemelen su kaybının gıda maddesinde yapısal hasar oluşturan çatlaklardan kaynaklanmaktadır (Krokida ve Maroulis, 1997). Büzülme, kütle ve ısı transfer parametrelerini etkiler ve kurutma modellerinin oluşturulmasında dikkate alınması gereken önemli bir faktördür (Ramos vd., 2003).

Farklı sıcaklık ve hava hızında kurutulan güzyemişi meyvelerinin büzülme değerleri Tablo 4.6.'da sunulmuştur.

Tablo 4.6. Kuru meyvelerin büzülme değeri

Sıcaklık, °C	Hava hızı (m/s)	Projeksiyon Alan Ölçümü (cm ²)	Büzülme (%)
Taze	-	0.0090± 0.00	
50	0.5	0.0034± 0.00	61.91±4.12cd
	1.0	0.0036± 0.00	59.52±8.25de
	1.5	0.0027± 0.00	69.05±4.12bcd
60	0.5	0.0036± 0.00	59.52±4.12de
	1.0	0.0034± 0.00	61.90±4.12cd
	1.5	0.0025± 0.00	71.43±0.00abcd
70	0.5	0.0027± 0.00	69.05±4.12bcd
	1.0	0.0025± 0.00	71.43±0.00abcd
	1.5	0.0023± 0.00	73.81±4.12abc
80	0.5	0.0021± 0.00	76.19±4.12ab
	1.0	0.0021± 0.00	76.19±4.12ab
	1.5	0.0019± 0.00	78.57±0.00ab

*Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p>0.05)

Tablo 4.6.'dan verildiği gibi, güzyemişi meyvelerinin alanları kurutma işlemi ile azalmıştır. En fazla büzülme 80 °C 1.5 m/s' de, en az büzülme ise 50 °C 1 m/s hava hızı ve 60°C sıcaklık 0.5 m/s' de gerçekleşmiştir (Tablo 4.6).

Tablo 4.7. Büzülme üzerine sıcaklık ve hava hızının etkisi

Kurutma koşulları	Büzülme(%)
Sıcaklık, °C	
50	63.49b
60	64.28b
70	71.43a
80	76.98a
Hava hızı (m/s)	
0.5	66.67
1.0	67.27
1.5	73.21

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p>0.05)

Tablo 4.7'den verildiği gibi, büzülme değerleri 50 °C ve 60 °C'de kurutulanlarda en düşük, 80°C'de elde edilenlerde yüksek saptanmıştır. Hava hızına göre büzülme derecelerinde önemli değişiklik olmamıştır (p>0.05). Daha öncede ifade edildiği gibi, kurutmanın bitki materyalinin yapısında büzülme de dahil olmak üzere fiziksel değişikliklere neden olduğu bilinmektedir (Lewicki ve Pawlak, 2003; Witrowa-Rajchert

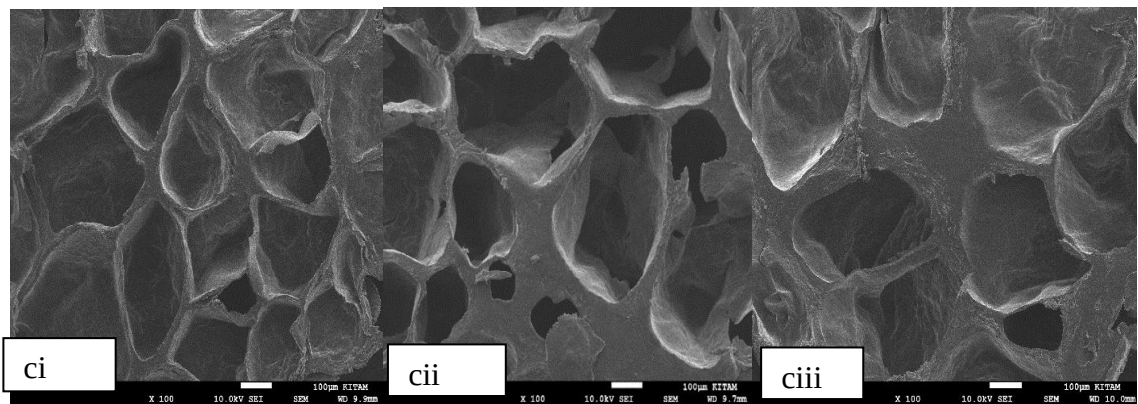
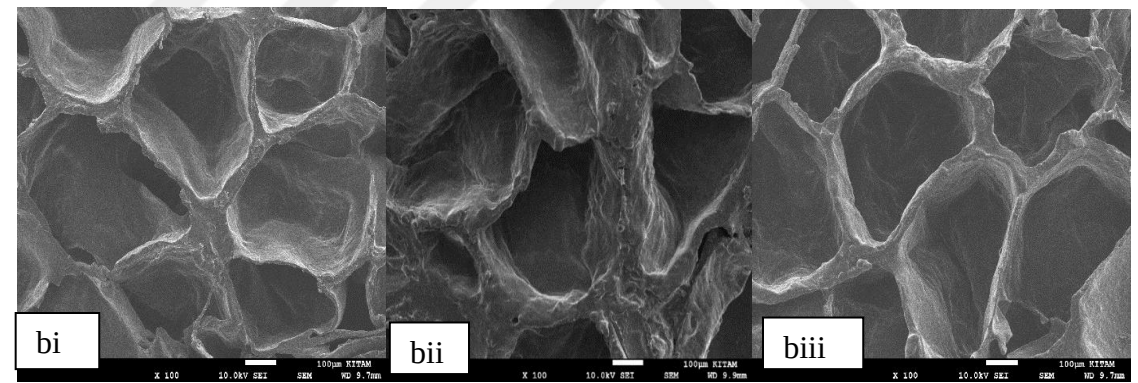
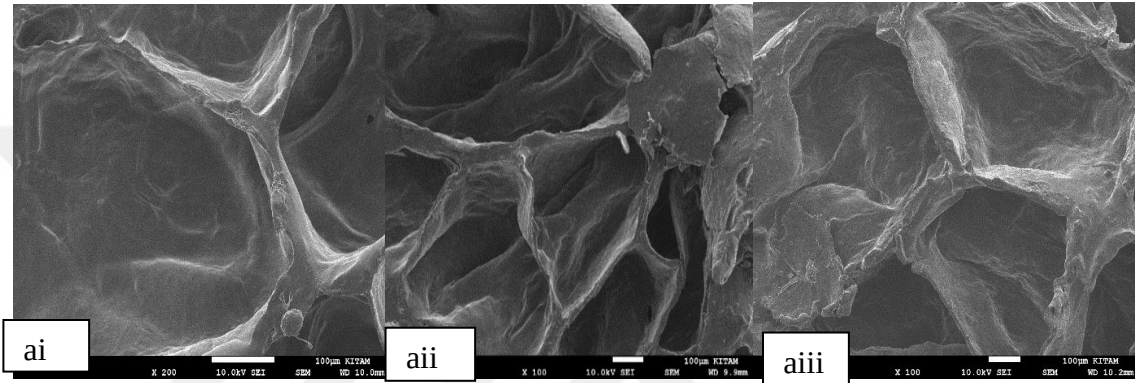
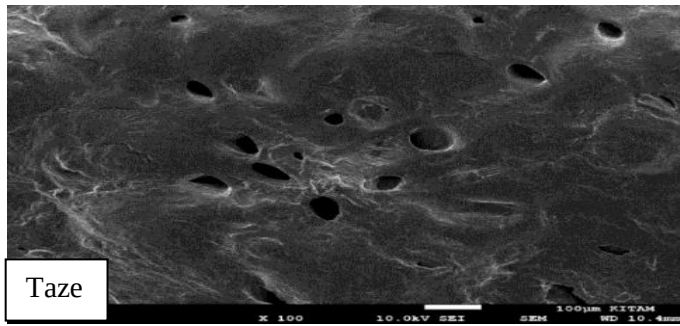
ve Rzaca, 2009). Hızlı kuruma, büzülmeye veya çatlamaya yol açar. Bu da yüzeyde daha fazla hacimli ve kabuklu nihai sert ürünlerle sonuçlanır (Ramos vd., 2003). Isı ve nem transfer stresleri, hücresel yapıda gıda ürününün şekil ve boyutlarında değişiklik ve azalmalara neden olmaktadır (Tsuruta vd., 2015). Ratti (1994), 1.5 m/s hava hızında kurutulan meyvelerin daha düşük yüzey alanı değerleri gösterdiğini bildirmiştir.

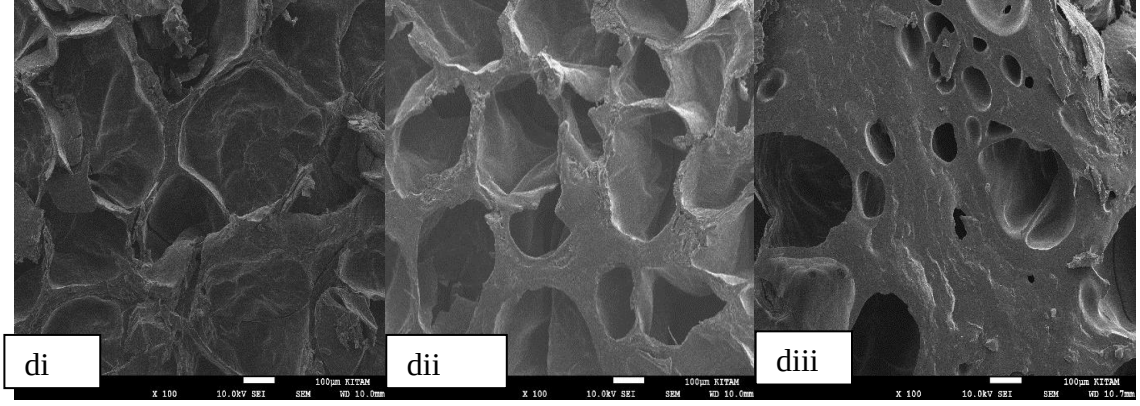
Maskan (2001), çilek ve kivi için sıcak havayla kurutma sırasında %80'e kadar ciddi büzülme bulmuştur. Kaveh vd. (2020), En büyük büzülme 50°C sıcaklıkta kurutulan böğürtlen örneğinde %66.97 ile en az büzülmeyi ise %28.12 ile 70°C hava sıcaklığında elde edilmiştir. Farklı hava sıcaklıklarında (60, 70 ve 80 °C) kurutulan yaban mersininde en az büzülme 70 °C hava sıcaklığında kaydedilmiştir (Pavkov vd., 2019). Petković vd. (2019), 50°C'deki kurutma sıcaklığı, taze aronya meyvesinin hücre yapısında en az hasara neden olmuştur.

4.6. Meyvelerin Morfolojik Özellikleri

Kurutma, bitki materyalinin yapısında ve morfolojik özelliklerinde birçok değişikliğe neden olmaktadır (Witrowa-Rajchert ve Rzaca, 2009). Hücre düzeyinde kurutmanın kütle transferi ve doku özellikleri üzerindeki etkisini açıkça görmek, numunelerin morfolojik değişikliklerini daha iyi anlamak için bir taramalı elektron mikroskobundan (SEM) yararlanılmaktadır.

Şekil 4.21'de verildiği gibi, taze ve farklı sıcaklık ve hava hızında kurutulan güzyemişi meyvesinin morfolojik özellikleri taramalı elektron mikroskobu ile görüntülenmiştir.





Şekil 4.21. Yaş ve kuru güzyemişi meyvelerin SEM görüntüleri (a,b,c,d:50,60,70,80°C'de kurutulanlar; i,ii,iii 0.5, 1.0, 1.5 m/s 'de kurutulanlar).

Şekil 4.21'de görüldüğü gibi, kurutmadan önce, taze güzyemişi dokusu, küçük ve küresel ile oval hücrelerden ve hücreler arası boşluklardan oluşan bir yapı göstermiştir, daha az delik ve boşluk yapısı gözlenmiştir. Bu durum, Deng ve Zhao (2008) tarafından da rapor edilmiştir. Ghellam ve Koca (2021), ekstraksiyon işleminden önce güzyemişi meyvenin dokusunun gözenekli, yuvarlak ve homojen bir yapı gösterdiğini bildirmişlerdir. Kurutmada kullanılan sıcaklık ve hava hızları, güzyemişi meyvelerinin morfolojik yapılarında önemli değişiklikler meydana getirmiştir. Kurutulmuş meyvenin hücre duvarının bozulması, termal bozulma, su kaybı ve başta polisakkaritler olmak üzere bazı kimyasal bileşenlerin denatürasyonundan kaynaklanabilir (Deng ve Zhao, 2008). Kurutma sıcaklığı ve hava hızı arttıkça delik derinliği artmış, hücreler deforme olmuş, hücreler arası boşluklar düzensizleşmiş ve buruşmuştur. 50 ve 60°C'de kurutulanların hücre duvarları daha çok deforme olurken, 80 °C'ye tabi tutulan ve kısa sürede kurutulan örneklerin hücre duvarı daha az zarar görmüştür. Önceki bir çalışmada, güzyemişi meyvelerinin kurutması sonucunda mikro yapılarında önemli değişiklik olduğu, hücrelerin deforme olduğu, düzensiz ve kırışmış hale geldiği bildirilmiştir (Zannou vd., 2021). Sonuçlar taze güzyemişi meyvelerin yapısal özellikler açısından kurutulmuş meyve dokulardan önemli ölçüde farklı olduğunu göstermektedir.

4.7. Meyvelerin Tekstürel Özellikleri

Tekstür, tanımlanması zor bir özelliktir. Bir gıda maddesinin duyuşal olarak algılanan özelliklerini doğrudan etkileyen mikro ve makro yapısal özelliklerinin dış yansıması olarak düşünülür. Tekstür algısı, çeşitli duyulardan gelen bilgilerin bir sentezidir (Ramos vd., 2003).

Tekstürel özellikler genellikle malzemenin viskoelastik davranışını inceleyen mekanik testlerle ortaya konulur. Viskoelastisite, insanlar tarafından ağız hissi vb. olarak algılanan karmaşık kalite özellikleriyle ilişkilidir. Belirleme teknikleri, küçük genlikli salınımlı sıkıştırma testleri, gerilim gevşeme testleri, sürünme testleri ve diğer dinamik mekanik analiz testleri olabilir (Krokida ve Maroulis, 1999).

Meyve ve sebzelerin dokusu, kurutma işlemlerinden etkilenir. Meyvenin dokusal özellikleri, bileşim, hücre duvarlarının yapısı ile yakından ilişkilidir (Ramos vd., 2003).

Kurutulmuş örneklerin doku özellikleri hakkında birçok yayın bulunmaktadır. Çalışmalar, kurutulmuş örneklerin doku özelliklerinin, hücresel matris davranışı ve doku içindeki çözünür katı faz ile su etkileşimlerine bağlı olduğunu bulmuştur (Gabas vd., 2002; Contreras vd., 2005).

Taze ve kurutulmuş meyvelerin tekstürel özellikleri Tablo 4.8’de verilmiştir. Tablodan görüldüğü üzere taze ve kurutulmuş meyvelerin sertlik (hardness), elastikiyet (springiness), yapışkanlık (cohesiveness), sakızımsılık (gumminess), çiğnenebilirlik (chewiness) ve dayanıklılık (resilience) değerleri istatistiksel olarak birbirinden farklı bulunmuştur ($p<0.05$).

Tablo 4.8. Taze ve kuru güzyemişı meyvelerin tekstürel özellikleri

Sıcaklık (°C)	Hava hızı, m/s	Sertlik (N)	Elastikiyet	Yapışkanlık	Sakızımsılık	Çiğnenebilirlik	Dayanıklılık
Taze		206.39±49.854	0.813±0.0115ab	0.673±0.011abcd	138.11±31.477de	112.48±23.90cd	0.326±0.006a
50	0.5	371.51±90.516	0.796±0.051a	0.7760.041a	330.613±136.66	426.93±244.48b	0.253±0.006cba
	1.0	1019.01±173.7	0.870±0.0614a	0.73±0.214abcd	773.15±256.14de	667.06±186.82b	0.303±0.008ba
	1.5	1234.58±58.06	0.713±0.0347a	0.823±0.289a	905.15±54.84cde	645.37±218.74	0.180±0.0016ed
60	0.5	1692.36±88.66	0.586±0.126c	0.58±0.060abc	969.8±63.283ecd	573.82±146.14b	0.160±0.030ed
	1.0	1813.69±65.08	0.666±0.015bc	0.566±0.032abc	768.39±85.609de	494.50±27.53bc	0.186±0.020ed
	1.5	2373±1.600e	0.640±0.062bc	0.573±0.057abc	1169.88±119.71c	651.78±25.33bc	0.153±0.005ed
70	0.5	2213.27±23.05	0.603±0.0722ab	0.432±0.091defg	1178.03±363.75c	741.50±224.86b	0.174±0.044ed
	1.0	2510.14±43.23	0.566±0.011c	0.416±0.011dfg	1445.64±285.02	813.96±149.40b	0.166±0.005e
	1.5	3786.57±812.9	0.540±0.0519c	0.423±0.064efg	2477.92±747.65a	1185.46±737.00	0.156±0.061ed
80	0.5	5463.06±1257.	0.520±0.0725cd	0.392±0.093efg	2314.52±895.03a	1246.30±576.39	0.167±0.048ed
	1.0	4468.62±258.4	0.470±0.104f	0.416±0.08efg	1476.47±801.81	861.62±388.65b	0.140±0.030e
	1.5	6764.23±713.4	0.570±0.026cd	0.336±0.125g	2989.163±558.1	1691.83±330.80	0.206±0.035edc

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p>0.05)

Tablo 4.8 incelendiğinde; en yüksek elastikiyet, yapışkanlık ve dayanıklılık değerlerine taze güzyemişı meyvelerinde, sertlik, sakızımsılık ve çiğnenebilirlik değerlerine ise kuru meyvelerde rastlandığı görülmektedir. Taze güzyemişı meyvelerinin sertlik, elastikiyet, yapışkanlık, sakızımsılık, çiğnenebilirlik ve dayanıklılık değerleri sırasıyla 206.39, 0.81, 0.67, 138.11, 112.48 ve 0.33 olarak belirlenmiştir.

Zielinska vd. (2019), mikrodalga vakumlu kurutma ile kurutulan kızılcıkların, sıcak hava konvektif kurutulanlardan daha yüksek sertlik, yapışkanlık ve çiğneme özellik gösterdiğini bildirmişlerdir. Cruz vd. (2015), kurutulmuş elmaların sertlik, çiğnenebilirlik ve yapışkanlık değerlerinde azalma gözlemlemişlerdir. Lewicki ve

Lukaszuk (2000), konvektif kurutmaya tabi tutulan elmaların, su içeriği azaldıkça elastikiyetini yitirdiğini ve daha plastik hale geldiğini bildirmişlerdir. Krokida vd. (2000), elma, muz, patates ve havuçların kurutulması sırasında maksimum stres değerlerinde bir azalma ve ardından muhtemelen kristalleşmenin gelişmesinden dolayı (kritik bir su içeriğinden sonra) bir artış gözlemlemişlerdir.

Sertlik, ürünü deforme etmek için gereken kuvvettir (Cruz vd., 2015). Taze meyvelerin sertlik değerleri kurutulanlara göre daha düşük bulunmuştur. Cruz vd. (2015), elmalarda elastikiyet, sıkıştırma kuvvetinin kaldırılmasından sonra orijinal şekle geri dönme oranını göstermektedir. Elastikiyet kurutmaya azalmıştır. Özellikle yüksek sıcaklıkta kurutulanlarda elastikiyet değeri daha düşmüştür. Cruz vd. (2015), altın lezzetli çeşidi elmaların kurutulması sırasında bu değerlerin yükseldiğini kaydetmişlerdir. Yapışkanlık değeri, kurutma sıcaklığına bağlı olarak önemli derecede değişmiştir. Sıcaklık yükseldikçe bu değer düşmüştür. Benzer durumu Cruz vd. (2015)' de tespit etmiş ve bu değerdeki azalışı yoğun nem kaybı derecesinin bir sonucu olarak kurutma sırasında yapı bütünlüğünün kaybına bağlamışlardır. Çiğnenebilirlik, uygun bir kıvama ve kaliteli numuneye getirmek için gereklidir. Bu dokusal nitelik, doğrudan yapışkanlık, yayılma ve sertliğe bağlıdır (Cruz vd., 2015). Çiğnenebilirlik değerleri kurutmaya bağlı olarak artış göstermiştir. Cruz vd. (2015)'nin kurutulan elmalardaki bulgularına terstir.

Tablo 4.8'da görüldüğü gibi, kurutulmuş güz yemişi meyvelerinde sertlik 371.51-6764.23, elastikiyet 0.470-0.870, yapışkanlık 0.336-0.7760, sakızımsılık 330.613-2989.163, çiğnenebilirlik 426.930-1691.83 ve dayanıklılık 0.140-0.303 değerleri arasında değişmiştir.

Tablo 4.9. Meyvelerin tekstürel özellikleri üzerine kurutma sıcaklık ve hava hızının etkisi

	Sertlik(N)	Elastikiyet	Yapışkanlık	Sakızımsılık	Çiğnenebilirlik	Dayanıklılık
Sıcaklık (°C)						
50	962.26±43 7.74d	0.78±0.08a	0.78±0.05a	711.70±275.08 b	632.99±108.99b	0.24±0.05a
60	1835.34±1 88.40c	0.61±0.08b	0.57±0.05b	991.89±197.53 b	610.45±80.05b	0.16±0.02b
70	2659.37±6 64.59b	0.61±0.09bc	0.43±0.08c	1229.10±302.6 6b	741.29±220.49b	0.17±0.03b
80	5521.26±1 151.98a	0.51±0.08 c	0.37±0.09c	2504.53±755.2 0a	1381.10±474.50 a	0.17±0.04b
Havahızı, m/s						
0.5	2586.21± 2306.16	0.64±0.12	0.56±0.17	1388.96±977.0 6	929.58±460.59	0.20±0.04
1.0	2450.35± 1252.79	0.62±0.17	0.51±0.16	1089.01±548.4 5	664.92±275.62	0.19±0.07
1.5	3197.12± 2054.82	0.62±0.08	0.54±0.20	1599.96±873.2 0	929.87±456.37	0.17±0.02

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p>0.05)

Sertlik, çiğnenebilirlik ve sakızımsılık için en yüksek değerler (sırasıyla 5521.26, 1381.10 ve 2504.53) 80 °C sıcaklıkta, elastikiyet, yapışkanlık ve dayanıklılık için en yüksek değerler 50 °C sıcaklıkta kurutulanlarda (sırasıyla 0.78, 0.78, 0.24 olarak) bulunmuştur (Tablo 4.9). Bu çalışmada, kurutulmuş örneklerin tüm dokusal özelliklerin kurutma hava hızlarından etkilenmediği saptanmıştır (p>0.05).

Tablo 4.9'de görüldüğü gibi, kurutma sıcaklığı arttıkça kurutulmuş meyvelerin sertliği, çiğnenebilirliği ve sakızımsılığı önemli ölçüde artmıştır. Öte yandan, kurutma sıcaklığının artmasıyla elastikiyet, yapışkanlık ve dayanıklılık değerleri azalmıştır. Yaylanma ve yapışkanlıktaki azalma, nem kaybına bağlı olarak kurutma sırasında hücre yapısal bütünlüğünün kaybına bağlanabilir. Sonuç olarak, kurutma sıcaklığı güzyemişi meyvelerin dokusal özellikleri üzerinde çok etkili olmuştur.

4.8. Meyvelerin Antioksidan Özellikleri

Taze ve farklı kurutma koşullarında kurutulan güzyemişi meyvelerinin toplam fenolik madde, toplam flavonoid, likopen, FRAP ve DPPH değerlerindeki değişim Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10. Taze ve kurutulmuş güzyemişi meyvelerinin antioksidan özellikleri

Sıcaklık (°C)	Hava Hızı (m/s)	Toplam fenolik madde, mg/g	Toplam flavonoid, mg/g	FRAP, mmol/g	DPPH, mmol/g	Likopen, mg/g
Taze		78.73 ± 9.68f	1.98 ± 0.13a	146.51±23.57a	227.15±30.68a	0.68 ± 0.06a
50	0.5	59.55±0.92m	1.72±0.21c	26.47±2.02e	44.95±2.70cd	0.36±0.06fg
	1.0	62.88±3.62k	1.82±0.31b	30.25±1.5de	44.12±1.25d	0.35±0.06fg
	1.5	60.32±1.18l	1.56±0.24f	37.52±2.27bcd	44.02±0.31d	0.40±0.08d
60	0.5	68.44±7.63i	1.96±0.11a	38.88±3.35bc	43.19±3.70d	0.33±0.03g
	1.0	66.39±56.95j	1.68±0.13d	40.67±3.35bc	43.40±3.87d	0.31±0.08g
	1.5	77.51±5.56g	1.98±0.35a	40.91±0.44bc	49.91±1.93bcd	0.39±0.05de
70	0.5	81.62±1.43e	1.71±0.16c	38.59±1.98bc	52.80±0.47bcd	0.28±0.04h
	1.0	74.69±2.47h	1.71±0.11c	39.66±2.07cd	50.63±4.94bcd	0.32±0.02g
	1.5	84.53±4.23d	1.64±0.17e	34.86±3.51cd	55.17±4.62bc	0.36±0.03fg
80	0.5	101.98±4.42a	1.73±0.26c	38.68±2.90bc	59.20±3.41b	0.44±0.03bc
	1.0	88.12±0.90c	1.72±0.11c	37.52±0.67bcd	59.82±1.55b	0.47±0.02bc
	1.5	99.67±3.60b	1.65±0.22ed	44.60±4.54b	55.17±7.78c	0.52±0.04b

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p>0.05)

Tablo 4.10'dan verildiği gibi, taze güzyemişi meyvelerinin TPO, TF ve likopen değerleri sırasıyla kuru madde 78.73 mg/g, 1.98 mg/g ve 0.68 mg/g olarak belirlenmiştir. Mevcut çalışmada, kurutulmuş meyvelerin TPO miktarları kuru maddede 59.55-101.98 mg/g, TF miktarları 1.56-1.98 mg/100 kg, likopen miktarları 0.28-0.52 mg/g, FRAP değerleri 26.47-44.60 mmol/g ve DPPH değerleri 43.19-59.82 mmol/g arasında belirlenmiştir (Tablo 4.10). Güzyemişi meyvenin, sağlığı geliştirici biyoaktif bileşikler

için iyi bir kaynaktır (Gamba vd., 2020). Güzyemişi meyvesinin polifenoller, α - ve γ - tokoferoller ve likopen açısından zengin olduğu bilinmektedir (Fordham vd, 2001; Pei vd., 2015). Görüldüğü gibi, yaş meyvede toplam flavonoid madde, likopen, FRAP ve DPPH değerleri kurutma koşullarından önemli derecede etkilenmiştir ($p<0.05$), (Tablo 4.10). Kurutulmuş biberlerin DPPH değerleri taze biberlere göre tüm kurutma sıcaklıklarında azalma göstermiştir (Yap vd., 2022). Bulgular, kurutulmuş güzyemişi meyvenin toplam fenolik madde açısından zengin olduğunu göstermektedir. Mevcut çalışmanın sonuçlarında en yüksek toplam fenolik değer 80 °C sıcaklık ve 0.5 m/s, en düşük değer 50°C ve 0.5 m/s koşullarında kurutulmuş meyvelerde belirlenmiştir. Düşük sıcaklıklarda (60°C), kırmızı biberlerin toplam fenolik bileşikleri kuruma süresiyle birlikte kademeli olarak azalmıştır (Yap vd., 2022). Konvektif kurutulmuş aronya meyvelerinin düşük kurutma sıcaklıklarında (50 °C) daha düşük polifenol ve antosiyanin içeriğine sahip olduğu gözlemlenmiştir (Samoticha vd., 2016). Sıcak havayla kurutmada toplam fenolik maddenin oksijene ve yüksek sıcaklığa maruz kalmasını ve oksidasyonu nedeniyle azalmıştır (Wojdyło vd., 2014). Mevcut sonuçlar benzer çalışmalar ile uyumludur (Samoticha vd., 2016; Wojdyło vd., 2014). 80°C'de kurutulan güzyemişi meyvelerin toplam fenolik madde içeriği yaş meyveye göre daha yüksektir. Chang vd. (2006) tarafından sıcak havayla kurutma sonrası domateslerde toplam fenolik içeriklerini değerlendirdiklerinde 80 C'de kurutulmuş örneklerde taze örneklere göre daha yüksek değerler elde etmişlerdir. Konvektif kurutma yönteminin kullanıldığı çalışmalarda, kurutma sıcaklığı 46 °C'den 60 °C'ye yükselmesinde ananasın toplam fenolik içeriği artmıştır ($P < 0.05$) (Silva vd., 2013). Çalışma sonuçları literatürdeki sonuçlar ile karşılaştırıldığında, toplam fenolik madde sonuçları Chang vd. (2006); Silva vd. (2013)'in bildirdiklerine uyumlu görülmektedir. Kurutulmuş yaban mersini meyvelerinin kurutma sıcaklığın 30 °C'den 50 °C'ye artırılmasıyla antioksidan aktivite değerleri artmıştır (Martín-Gómez vd., 2020). Yap vd. (2022), 140 °C ve 160 °C kurutma sıcaklıklarında kurutulan biber toplam fenolik değerler sırasıyla %27.9 ve %33.6 oranında taze biberlere göre daha yüksek bulunmuşlardır. En yüksek toplam flavonoid değerleri yaş meyve, 60 °C ve 0.5 m/s, ve 60 °C ve 1.5 m/s koşullarında kurutulan meyvelerde elde edilmiştir.

Önceki çalışmalar, flavonoid bozunmasının, ısıtma işlemi (Torki-Harchegani vd., 2016) ve oksidasyon reaksiyonu (Buchner vd., 2006) ile hücrelerin parçalanması yoluyla meydana gelebileceğini göstermiştir.

Toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde, likopen, FRAP ve DPPH değerlerindeki değişim sıcaklığa göre önemli derecede değişmiş ($p<0.05$) (Tablo 4.11.). Tablo 4.11'den görüldüğü gibi, 80 ve 70°C sıcaklıkta kurutulan meyvelerin diğer kurutma koşullarına göre daha yüksek toplam fenolik, likopen, FRAP ve DPPH değerlerine sahip olduğunu göstermiştir. Benzer çalışmada, farklı konvektif kurutma koşullarında (60, 70, 80 ve 90°C), ananas meyvenin toplam fenolik içeriği ve antioksidan kapasitesi açısından, 80°C optimum nokta olarak tespit edilmiştir (Izli vd., 2018). Mevcut çalışmada elde edilen sonuçlar Izli vd. (2018)'in bulgularıyla uyumludur.

Tablo 4.11. Antioksidan bileşik ve aktivite üzerine kurutma sıcaklık ve hava hızının etkisi

Kurutma koşulları	Toplam fenolik madde, mg/g	Toplam flavonoid, mg/g	FRAP mmol/g	DPPH, mmol/g	Likopen, mg/g
Sıcaklık (°C)					
50	60.91±1.51d	1.70±0.11b	31.41±5.15b	44.36±1.56c	0.36±0.41b
60	70.78±5.12c	1.87±0.14a	40.15±2.57a	45.50±4.36c	0.34±0.39bc
70	80.27±4.38b	1.68±0.41b	37.70±3.14a	52.87±3.92b	0.32±0.35bc
80	96.59±6.42a	1.70±0.42b	40.27±4.26a	58.07±4.84a	0.47±0.36a
Hava hızı (m/s)					
0.5	77.89±4.12	1.77±0.31	35.65±5.98	50.03±7.13	0.35±0.27
1.0	73.02±3.50	1.73±0.16	37.02±4.63	49.49±7.44	0.36±0.31
1.5	79.96±5.13	1.70±0.37	39.47±4.64	51.07±6.22	0.41±0.38

* Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur ($p>0.05$)

Toplam fenolik madde, likopen, FRAP ve DPPH en yüksek değer 80°C'de kurutulan meyvelerde tespit edilmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda 80 ve 90 °C'de kurutulmuş kırmızı biber örneklerinin daha yüksek DPPH değerlerine sahip olduğu gözlemlenmiştir (Vega-Gálvez vd., 2009). Sonuçlar, 60°C'de kurutulmuş meyvelerin, diğer kurutma koşullarına göre daha yüksek flavonoid içeriği göstermiştir. Sıcak havayla kurutma yöntemi, uygulanan sıcaklığa ve örneğin türüne bağlı olarak örneklerin antioksidan kalitesini etkileyebilir (Nindo vd., 2003; Capecka vd., 2005; Ong vd., 2012).

Sonuç olarak; 70 ve 80 °C'de kurutulan meyvelerinin antioksidan özellikleri daha iyi korunmuştur (Tablo 4.11). Hava hızına göre TPO, TF, likopen, FRAP ve DPPH değerlerdeki değişim olmamıştır ($p < 0.05$) (Tablo 4.11).

Tablo 4.11'de görüldüğü gibi sonuçlar, kurutma sıcaklığındaki artışın antioksidan özelliklerle pozitif olarak ilişkili olduğunu kanıtlamıştır. Kurutma sıcaklığındaki artış, kuruma süresinin azalmasına neden olmuş, böylece güzyemişi meyvelerinin ısıya daha az maruz kalması, antioksidanların korunmasını sağlamıştır. Benzer olarak bir çalışmada, yüksek sıcaklıkta kısa sürede kurutulan muz kabuklarının, TPO, TF ve proantosiyaniid değerleri daha yüksek saptanmıştır (Vu vd., 2017). Koca vd. (2009) ise sıcaklıkta uzun süre maruz kalmanın biyoaktif bileşikler üzerine olumsuz etkisi olduğunu rapor etmişlerdir. Tablo 4.11'deki sonuçlar, en yüksek likopen değerinin 80°C'de kurutulan meyvelerde bulunduğunu göstermiştir. 50, 60 ve 70 °C sıcaklıklarda kurutulan güzyemişi meyveleri likopen açısından istatistiksel bir farklılık göstermemiştir ($p > 0.05$). Zannou vd. (2021), optimizasyon sürecinde TPO ve likopen değerlerinin sırasıyla 1438.52'den 6378.98 mg GAE/100 g'a (%77.45) ve 142.27'den 862.94 µg/g'ye (%83.51) yükseldiğini bildirmişlerdir. Önceki çalışmalar, dut meyvesinin konveksiyon kurutmada 70°C'in üzerinde daha kısa işlem sürelerine tabi tutulmasının daha iyi biyoaktif bileşenlerin muhafazası ile sonuçlandığını bildirmiştir (Ross vd., 2020). Sıcak hava konvektif kurutma ve mikrodalga vakumlu kurutma işleminin bir kombinasyonu, yüksek kaliteli kızılçık meyvelerine ve daha kısa kuruma süresine yol açmıştır (Zhou vd., 2021). Petković vd. (2019), konvektif kurutma yöntemiyle 50, 60 ve 70°C kurutulan aronya meyvelerinin en yüksek toplam antosiyaninler, flavonoidler, fenoller ve antioksidan aktivite değerlerini 50°C'de kurutulan meyvelerde bulmuşlardır. Yaban mersini meyve içeriğinin toplam fenolik içeriği, kurutma sıcaklığı ile artmış, en yüksek (31.6 mg/g) 107°C'de olmuştur (Pallas vd., 2012).

4.9. Taze ve Kuru Meyvelerin Bireysel Fenolik Bileşiklerindeki Değişim

Farklı sıcaklık ve hava hızında kurutulan güzyemişi meyvelerinin bireysel fenolik bileşik dağılımı Tablo 4.12'de verilmiştir. Önceki çalışmalarda, güzyemişi meyvesinin

zengin bir fenolik bileşik kaynağı olduğu ortaya konmuştur (Gamba vd., 2020; Spinola vd., 2019). Ishaq vd. (2015), güzyemişi meyvelerinde gallik asidin ana antioksidan bileşen olduğunu bildirmişlerdir.

Tablo 4.12. Taze ve kurutulmuş güzyemişi meyvelerinin bireysel fenolik bileşikleri (mg/kg)

Sıcaklık (°C)	Hava hızı, m/s	Gallik asit	Kateşin	Vanilik asit	p-kumarik asit	Benzoik asit	Salisilik asit	Ellajik asit	Kersetin-3-glukozit	Resveratrol
Taze		4.59±0.15c	0.43±0.04h	5.72±0.30a	2.67±0.18e	13.62±0.88a	4.98±0.38a	46.80±0.52a	9.46±0.23a	6.86±0.40a
50	0.5	5.01±0.05b	8.27±0.25abc	0.64±0.04bc	6.72±0.11b	1.61±0.11bc	1.88±0.28bc	27.24±0.62bcd	2.93±0.71bcd	1.87±0.35c
	1.0	2.98±0.18d	4.91±0.02cde	0.40±0.02c	8.17±0.19ab	0.55±0.14e	0.96±0.05de	26.94±0.46bcd	2.71±0.71bcd	1.94±0.57c
	1.5	2.02±0.04e	8.98±1.33ab	0.26±0.01c	6.38±0.59bcd	0.75±0.01f	0.93±0.05de	27.55±0.54bcd	2.71±0.71bcd	1.66±0.14c
60	0.5	2.04±0.0e	3.96±0.26g	0.90±0.06b	3.09±0.05e	0.89±0.01def	0.62±0.13e	12.46±0.31g	1.88±0.08cde	2.11±0.82c
	1.0	1.61±0.5cde	6.63±0.41bc	0.37±0.05	2.68±0.11e	1.08±0.13cdef	0.92±0.02de	25.04±0.69cd	2.14±0.14bcde	2.18±1.10c
	1.5	0.40±0.00f	4.62±0.31gf	0.52±0.02bc	6.26±0.22bcd	1.03±0.15cdef	0.71±0.02e	25.17±0.68cd	2.15±0.23bcde	2.83±0.53c
70	0.5	1.79±0.13e	7.48±0.19bcd	0.27±0.02c	3.41±0.11e	0.90±0.03cdef	0.97±0.11de	20.41±0.16de	1.55±1.12cde	2.03±0.22c
	1.0	1.93±0.09e	5.03±0.73cd	0.39±0.02c	8.99±0.02a	1.47±0.01bcde	0.79±0.10de	19.17±0.86de	1.87±0.62de	4.83±0.57b
	1.5	1.41±0.05e	7.28±0.06gf	0.5±0.06bc	2.88±0.10e	0.99±0.01cdef	1.08±0.21bc	18.31±0.95de	1.87±0.83de	1.63±0.56c
80	0.5	5.26±0.02d	4.73±0.55bcd	0.49±0.03bc	6.05±0.08d	1.77±0.03bcd	1.13±0.03bc	17.87±0.75fg	8.14±0.42ab	1.83±0.69c
	1.0	6.57±0.51a	9.66±0.41a	0.48±0.01c	6.50±0.69bcd	1.80±0.28b	2.13±0.08b	37.24±1.61ab	8.83±0.92ab	2.02±1.11c
	1.5	4.57±0.01cb	6.02±0.97cdef	0.34±0.01c	3.31±0.07e	0.71±0.18ef	1.65±0.02bc	29.80±0.51bc	7.99±0.17ab	1.96±0.52c

*Gallik asit, kateşin, vanilik asit, p-kumarik asit, benzoik asit, salisilik asit, ellajik asit, kersetin-3-glukozit ve resveratrolun alıkonma zamanı (RT) sırasıyla 4.63, 14.67, 23.40, 32.95, 16.86, 44.06, 34.02, 28.41 ve 55.47 dakikadır.

Tablo 4.12’de verildiği gibi, kurutma süresince güzyemişi meyvelerin bireysel fenolik kompozisyonu değişmiştir. Bu çalışmada, kuru güzyemişi meyvelerinde gallik asit 0.40-6.57 mg/kg, kateşin 3.96-9.66 mg/kg, vanilik asit 0.26-0.90 mg/kg, p-kumarik asit 2.68-8.99 mg/kg, benzoik asit 0.55-1.80 mg/kg, salisilik asit 0.62-2.13 mg/kg, ellajik asit 12.46-37.24 mg/kg, kersetin-3-glukozit 1.55-8.83 mg/kg, resveratrol 1.63-4.83 mg/kg aralığında tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, yaş meyvelerde daha yüksek miktarda vanilik asit, benzoik asit, salisilik asit, ellajik asit, kersetin-3-glukozit ve resveratrol, düşük miktarda gallik, kateşin ve p-kumarik asit olduğunu gözler önüne sermiştir. Kuru meyvelerde daha yüksek miktarda gallik, kateşin ve p-kumarik asit tespit edilmiştir. Tablo 4.12’den görüldüğü gibi, kurutulmuş meyvelerde en yüksek 6.57 mg/kg gallik asit, 9.66 mg/kg kateşin, 37.24 mg/kg ellajik asit ve 8.83 mg/kg kersetin-3-glukozit 80 °C’de 1.0 m/s hava hızında kurutulanlarda saptanmıştır. 70°C’de ve 1.0 m/s hava hızında kurutulanlarda 8.99 mg/kg p-kumarik asit ve 4.83 mg/kg resveratrol en yüksek bulunmuştur. Gıda işleme teknikleri, sebze ve meyvelerde fenolik bileşiklerin korunması açısından olumlu, nötr ve olumsuz etkilere neden olabilir (Valadez-Carmona vd., 2017). Güzyemişi meyvelerinin, proantosiyanidinler ve (+) kateşin ve (-) epikateşin gibi büyük fenolik bileşikler monomerleri içerdiği bilinmektedir (Pei vd., 2015). Nóbrega vd. (2015), taze ahududuların toplam polifenol içeriğinin sıcak havayla kurutmadan sonra önemli ölçüde azaldığını bulmuşlardır. Üzümün kurutulmasında sıcaklığa karşı daha kararlı olan yüksek fenolik madde değerleri elde edilmiştir (Martín-Gómez vd., 2019). Sablani vd. (2011), iki yaban mersini ve ahududu çeşidinin kurutulması sırasında, antosiyantinler, fenolikler ve antioksidan aktivitede önemli azalmalar kaydetmişlerdir. Farklı koşullar altında kurutulan güzyemişi meyvesi, taze duruma kıyasla daha düşük vanilik asit, benzoik asit, salisilik asit, ellajik asit, kersetin-3-glukozit ve resveratrol değerleri göstermiştir.

Tablo 4.13. Bireysel fenolik bileşikler üzerine kurutma sıcaklık ve hava hızının etkisi

Kurutma koşulları	Gallik asit, mg/kg	Kateşin , mg/kg	Vanilik asit mg/kg	p-kumarik asit,mg/kg	Benzoik asit, mg/kg	Salisilikas it, mg/kg	Ellajik asit, mg/kg	Kersetin-3-glukozit mg/kg	Resveratr ol mg/kg
Sıcaklık (°C)									
50	3.32±1.37 b	6.64±2.03	0.43±0.17	7.06±0.88	0.96±0.15	0.95±0.4	25.91±2.1a b	1.88±1.5b	1.82±0.33 b
60	1.35±0.77 c	5.17±1.27	0.59±0.24	4.00±1.75	0.99±0.12	0.75±0.15	20.89±6.54 b	1.34±1.05b	2.37±0.56 a
70	1.72±0.25 c	6.59±1.26	0.39±0.10	3.76±0.98	1.12±0.27	0.92±0.17	19.29±1.10 b	0.63±0.96b	2.82±1.60 a
80	5.29±0.83 a	7.38±2.40	0.44±0.08	5.72±1.28	1.37±0.54	1.47±0.36	28.18±8.25 a	6.81±3.35a	1.58±0.49 b
Hava hızı (m/s)									
0.5	3.54±1.84	6.09±2.18	0.59±0.28	4.76±1.77	1.16±0.34	1.11±0.55	19.46±6.22	3.15±1.34	1.69±0.43
1.0	3.22±2.35	6.30±2.24	0.40±0.06	5.64±2.34	1.26±0.48	1.20±0.55	26.42±7.21	3.06±1.12	2.74±1.67
1.5	2.10±1.73	6.86±2.34	0.42±0.13	4.72±1.94	0.92±0.17	0.99±0.23	25.12±4.56	2.44±1.68	1.58±0.61

Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur (p>0.05)

Tablo 4.13'te görüldüğü gibi, 80°C'de kurutulmuş meyveler, diğer kurutma sıcaklıklarına göre daha yüksek gallik asit ve ellajik asit içermektedir. Sıcaklığın bireysel fenolikler üzerindeki etkisi incelendiğinde; kateşin, vanilik asit, p-kumarik asit, benzoik asit, ve salisilik asit üzerine etkili olmadığı görülmektedir (p>0.05). Yine kurutmada kullanılan hava hızının bireysel fenolik bileşikler üzerinde etki olmadığı saptanmıştır (p>0.05). Bu çalışmada, genel olarak bireysel fenoliklerin kurutmayla azaldığı (kateşin ve p-kumarik asit hariç) görülmektedir ki bu durum birçok araştırmacıların bulgularıyla uyumludur. Önceki bir çalışmada, sıcak havayla kurutmanın güzyemişi meyvelerinin fenolik bileşikleri üzerine fazla olumsuz etki yapmadığı saptanmıştır (Zannou vd., 2021). Bu bulgular, mevcut sonuçlarla uyumludur. Bir takım çalışmalar, uzun süreli ısı işlemin fenolik bileşiklerin termal bozunmasına neden olabileceğini göstermiştir (Kwok vd., 2004; Wojdylo vd., 2009). Konvektif kurutma, fenolik bileşikleri azaltabilir (Asami vd., 2003; Kayacan vd., 2022) ve oksidasyon ve serbest fenolik bileşiklerin kaybına yol açabilir (Sun vd., 2015). Düşük sıcaklıklarda kurutma sırasında ısıya daha uzun süre maruz kalma fitokimyasalların bozulmasını hızlandırabilir (Garau vd., 2007). Ghafoor

vd. (2019), farklı sıcaklıklarda ısıtılan erikte gallik asit, 3,4-dihidroksibenzoik asit ve 1,2-dihidroksibenzen içeriklerinin azaldığını bildirmişlerdir. Slatnar vd. (2011) ise konvektif kurutma işleminden sonra bireysel fenolik bileşiklerin daha yükseldiğini bildirmişlerdir. Fenolik bileşiklerdeki değişiklikler uygulanan kurutma işlemine ve fenolik bileşiklerin türüne bağlıdır (Slatnar vd., 2011).



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Güzyemişi meyveleri (*Elaeagnus umbellata*) mükemmel bir vitamin, mineral, flavonoidler, likopen ve biyoaktif bileşikler kaynağıdır. Bu meyvenin gıda ve tıbbi amaçlar için kullanım potansiyeli yüksektir. Biyoaktif bileşiklerce zengin olan meyvenin tüketimi, üretim süresiyle sınırlı olup raf ömrünü uzatan uygulamalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada, güzyemişi meyvelerinin konvektif kurutma karakteristiği ile farklı sıcaklık ve hava hızında kurutulan meyvelerin fiziksel ve biyoaktif özelliklerindeki değişim belirlenmiştir. Tam olgun aşamada hasat edilen güzyemişi meyvesinin en, boy, ortalama ağırlık, nem, pH ve toplam çözünür katı madde değerleri belirlenmiştir. Kuru güzyemişi meyvesinin bireysel fenolik bileşikleri, flavonoid, antioksidan aktivite (DPPH ve FRAP) ve likopen içeriği üzerine etkileri kurutma sıcaklığı ve hava hızının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Kurutma koşulları meyvenin toplam fenolik madde, toplam flavonoid, DPPH, FRAP, gallik asit, kateşin, benzoik asit, salisilik asit, ellagik asit ve kersetin-3-glukozit miktarları üzerine önemli derecede etkili olurken ($p<0.05$), en yüksek değerleri 80°C'de kurutulanlar vermiştir.

Kurutma kinetiğinin incelenmesinde 9 farklı modelleme yapılmış ve Midilli modeli en yüksek R^2 (0.9998), en düşük RMSE (0.006) ve en düşük χ^2 (0.00005) değerine 80 °C'de 1.5 m/s hızda kurutulanlarda olduğu belirlenmiştir.

Kurutulmuş gıdalarda su absorpsiyon veya rehidrasyon değeri önemli bir kalite parametresi olup kurutulmuş güzyemişi meyvelerin rehidrasyon kinetikleri de belirlenmiştir. Yüksek sıcaklıkta (70 ve 80 °C) kurutulan meyvelerin daha yüksek su absorbe ettiği saptanmıştır. En yüksek rehidrasyon kapasitesi ve hızlı su absorpsiyonu 70 °C ve 1 m/s hava hızı ile kurutulan meyvelerde saptanmıştır. Rehidrasyon kapasitesi üzerine kurutma sıcaklığının etkisi de istatistiksel açıdan önemli olmuş ($p<0.05$), sıcaklık arttıkça rehidrasyon kapasitesi önemli derecede artmıştır. Hava hızının artmasıyla rehidrasyon oranında artış gözlemlenmiştir. 1 m/s hızda kurutulan meyvelerde en yüksek rehidrasyon oranları saptanmıştır. Rehidre edilmiş örnekler için,

farklı kurutma sıcaklık ve hava hızlarında rehidrasyon davranışını tanımlayan en uygun model Weibull modeli olmuştur. Kurutma işleminde en önemli parametrelerden biri de renk değişimidir. Kurutma denemelerinde kuru meyvenin renk özelliklerinin taze meyveye yakın olması istenmektedir. Taze ve kurutulmuş örneklerin renk değerleri birbirinden farklı bulunmuştur ($p<0.05$). Yapılan çalışmada, taze meyvelerin renk değerlerinin (L^* , a^* ve b^*) kurutma ile azaldığı tespit edilmiştir. Toplam renkteki değişimin (ΔE) 50 °C ve 0.5 m/s hava hızında en yüksek değere sahip olurken, en az değişim 60 °C ve 1.0 m/s hava hızında kurutulan örneklerde saptanmıştır. Kurutma hava hızı, yapısal özellikler ve toplam renk değişimi üzerinde önemli bir etki göstermemiştir ($p>0.05$).

Kurutma işleminde en önemli konulardan biri de büzülmedir. Bir gıda maddesinden nemin buharlaşması nedeniyle gıdada kurutma sırasında meydana gelen en önemli fiziksel değişim büzülmedir. Kurutmaya birlikte meyveler büzülmeye uğramıştır. En fazla büzülme 80 °C 1.5 m/s’de, en az büzülme ise 50 °C 0.5 m/s’de gerçekleşmiştir.

Gıda çalışmalarında en sık kullanılan kompresyon testlerinden biri Doku Profili Analizidir. 80°C ve 1.5 m/s hızda kurutulan güzyemişi meyvesinin sertlik, çiğnenebilirlik ve yapışkanlık değerleri önemli ölçüde yükselmiştir. Taze meyve ile karşılaştırıldığında; yaylanma, yapışkanlık ve elastikiyet değerlerinde az da olsa düşüş gözlemlenmiştir. Kurutmada kullanılan hava hızları meyvelerin dokusal özelliklerinde önemli bir değişiklik meydana getirmemiştir ($p>0.05$).

Sonuç olarak, güzyemişi meyvelerinin mikro yapısı, biyoaktif bileşikleri (toplam fenolik madde, toplam flavonoid, DPPH, FRAP ve likopen) ve bireysel fenolik bileşiklerinin (özellikle gallik asit, kateşin, benzoik asit, salisilik asit, ellagik asit ve kersetin-3-glukozit) korunumu bakımından en iyi kurutma sıcaklığı 80 °C olmuştur.

Bu kurutma koşullarında elde edilen kuru meyveler endüstriyel ölçekte ürün zenginleştirme ve insan beslenmesinde fonksiyonel gıda olarak kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Adepoju, L.A., Osunde, Z.D (2017). Effect of pretreatments and drying methods on some qualities of dried mango (*Mangifera indica*) fruit. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal* 19(1): 187-194.
- Agarwal, L., Yadava, A. (2018). Grain Drying in India - A Review. 1 st International Conference on New Frontiers in Engineering, Science & Technology, New Delhi, India, January 8-12, 2018.
- Aghbashlo, M., Kianmehr, M.H., Hassan-Beygi, S.Y. (2010). Drying and rehydration characteristics of sour cherry (*Prunus cerasus* L.). *Journal of Food Processing and Preservation*, 34, 351-365. DOI: 10.1111/j.1745-4549.2008.00310.x.
- Ahmad, S., Sabir, S., & Zubair, M. (2006). Ecotypes diversity in autumn olive (*Elaeagnus umbellata* Thunb): A single plant with multiple micronutrient genes. *Chemistry and Ecology*, 22(6), 509-521.
- Ahmad, S. D., Sabir, M. S., Juma, M., & Asad, H. S. (2005). Morphological and biochemical variations in *Elaeagnus umbellata* Thunb. from mountains of Pakistan. *Acta Botanica Croatica*, 64 (1), 121-128.
- Akoy, E. O. M., Von Hörsten, D., & Luecke, W. (2008, October). Drying kinetics and colour change of mango slices as affected by drying temperature and time. In The 2008 Tropentag International Conference on “Competition for Resources in a Changing World: New Drive for Rural Development” Hohenheim, Germany (pp. 7-9).
- AOAC. (2000). Official method of analysis (17th ed.). Gaithersburg, MD, USA: Association of Official Analytical Chemists (No. 967.21 Ascorbic acid in vitamin preparation and juices).
- Aral, S., & Beşe, A. V. (2016). Convective drying of hawthorn fruit (*Crataegus* spp.): Effect of experimental parameters on drying kinetics, color, shrinkage, and rehydration capacity. *Food chemistry*, 210, 577-584.
- Asami, D. K., Hong, Y.-J., Barrett, D. M., & Mitchell, A. E. (2003). Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(5), 1237-1241.
- Babarinde, G. O., Akande, E. A., & Anifowose, F. (2009). Effects of Different Drying Methods on Physico-Chemical and Microbial Properties of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) var. Roma. *Fresh Produce*, 3 (1), 37-39.
- Baysal, T., Ozbalta, N., Gokbulut, S., capar, B., Tastan, O., & Gurlek, G. (2015). Investigation of effects of various drying methods on the quality characteristics of apple slices and energy efficiency. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 35(1), 135-144.
- Benseddik, A., Azzi, A., Zidoune, M., Khanniche, R., & Besombes, C. (2019). Empirical and diffusion models of rehydration process of differently dried pumpkin slices. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18 (4), 401-410.
- Benmeziane D F. Drying of fruits: A mini-review. *Nov Tech Nutri Food Sci*. 3(5). NTNF.000571.2019.

- Black, B. L., Fordham, I. M., & Perkins-Veazie, P. (2005). Autumnberry (*Elaeagnus umbellata*): A potential cash crop. *Journal of the American Pomological Society*, 59(3), 125.
- Britton, G. (1995). Structure and properties of carotenoids in relation to function. *The FASEB Journal*, 9 (15), 1551-1558.
- Buchner, Nadja, et al. "Effect of thermal processing on the flavonols rutin and quercetin." *Rapid Communications in Mass Spectrometry: An International Journal Devoted to the Rapid Dissemination of Up- to- the- Minute Research in Mass Spectrometry* 20.21 (2006): 3229-3235. DOI 10.1002/rcm.2720.
- Capecka, E., Mareczek, A., & Leja, M. (2005). Antioxidant activity of fresh and dry herbs of some Lamiaceae species. *Food chemistry*, 93(2), 223-226.
- Catarina Guedes, A., Amaro, H. M., Sousa-Pinto, I., & Xavier Malcata, F. (2013). Bioactive carotenoids from microalgae. *Bioactive compounds from marine foods: plant and animal sources*, 131-151.
- Celik, H., & Celik, D. (2017). Effect of cutting time and IBA application on the rooting of autumn olive berry (*Elaeagnus umbellata* Thunb.) cuttings. *Bahçe*, 46(1), 155-162.
- Chang, C. H., Lin, H. Y., Chang, C. Y., & Liu, Y. C. (2006). Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. *Journal of food engineering*, 77(3), 478-485.
- Chayjan, R.A., Kaveh, M., Khayati, S. (2015). Modeling drying characteristics of hawthorn fruit under microwave-convective conditions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39, 239–253.
- Chen, Q., Bi, J., Wu, X., Yi, J., Zhou, L., & Zhou, Y. (2015). Drying kinetics and quality attributes of jujube (*Zizyphus jujuba* Miller) slices dried by hot-air and short-and medium-wave infrared radiation. *LWT-Food Science and Technology*, 64(2), 759-766.
- Chenlo, F., Arufe, S., Díaz, D., Torres, M. D., Sineiro, J., & Moreira, R. (2018). Air-drying and rehydration characteristics of the brown seaweeds, *Ascophylum nodosum* and *Undaria pinnatifida*. *Journal of Applied Phycology*, 30(2), 1259-1270.
- Chopra, R., Nayar, S., & Chopra, L. (1986). *Glossary of India medicinal plants*, Publications and Information Directorate CSIR. New Delhi. New Delhi, 132-210.
- Clinton, S. K. (1998). Lycopene: chemistry, biology, and implications for human health and disease. *Nutrition reviews*, 56 (2), 35-51.
- Contreras, C., Martín, M., Martínez-Navarrete, N., & Chiralt, A. (2005). Effect of vacuum impregnation and microwave application on structural changes which occurred during air-drying of apple. *LWT-Food Science and Technology*, 38(5), 471-477.
- Cruz, A. C., Guiné, R. P., & Gonçalves, J. C. (2015). Drying kinetics and product quality for convective drying of apples (cvs. Golden Delicious and Granny Smith). *International Journal of Fruit Science*, 15(1), 54-78.
- Dadali, G., Demirhan, E., & Özbek, B. (2007). Color change kinetics of spinach undergoing microwave drying. *Drying Technology*, 25(10), 1713-1723.

- Da Silva, D. I., Nogueira, G. D., Duzzioni, A. G., & Barrozo, M. A. (2013). Changes of antioxidant constituents in pineapple (*Ananas comosus*) residue during drying process. *Industrial crops and products*, 50, 557-562.
- Dauthy, E. (1995). *FAO Agricultural Services Bulletin No. 119. Food and Agriculture Organization of the United Nations.*
- De Lima, A., Queiroz, M., & Nebra, S. (2002). Heat and mass transfer model including shrinkage applied to ellipsoidal products: case study for drying of bananas. *Developments in Chemical Engineering and Mineral Processing*, 10 (3-4), 281-304.
- de Souza, V. R., Pereira, P. A. P., da Silva, T. L. T., de Oliveira Lima, L. C., Pio, R., & Queiroz, F. (2014). Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. *Food chemistry*, 156, 362-368.
- Deng, Y., & Zhao, Y. (2008). Effect of pulsed vacuum and ultrasound osmopretreatments on glass transition temperature, texture, microstructure and calcium penetration of dried apples (Fuji). *LWT-Food Science and Technology*, 41(9), 1575-1585.
- Deng, Z., Li, M., Xing, T., Zhang, J., Wang, Y., & Zhang, Y. (2021). A literature research on the drying quality of agricultural products with using solar drying technologies. *Solar Energy*, 229, 69-83.
- Dincer, I., & Dost, S. (1996). A modelling study for moisture diffusivities and moisture transfer coefficients in drying of solid objects. *International Journal of Energy Research*, 20(6), 531-539.
- Dincer, I., & Hussain, M. M. (2004). Development of a new Biot number and lag factor correlation for drying applications. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 47(4), 653-658.
- Dirr, M. A. (1998). *Manual of woody landscape plants: their identification, ornamental characteristics, culture, propagation and uses. Manual of woody landscape plants: their identification, ornamental characteristics, culture, propagation and uses.*(Ed. 2).
- Dittman, F.W. (1977). How to classify a drying process, *Chem.Eng.*, 17, 106–108.
- Donno, D., Cavanna, M., Beccaro, G. L., Mellano, M. G., Torello Marinoni, D., Cerutti, A. K., & Bounous, G. (2013). Currants and strawberries as bioactive compound sources: Determination of antioxidant profiles with HPLC-DAD/MS.
- Dorneles, L. d. N. S., Goneli, A. L. D., Cardoso, C. A. L., da Silva, C. B., Hauth, M. R., Oba, G. C., & Schoeninger, V. (2019). Effect of air temperature and velocity on drying kinetics and essential oil composition of *Piper umbellatum* L. leaves. *Industrial Crops and Products*, 142, 111846.
- Doymaz, İ. (2008). Convective drying kinetics of strawberry. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 47(5), 914-919. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2007.02.003>
- Doymaz, İ. (2012). Evaluation of some thin-layer drying models of persimmon slices (*Diospyros kaki* L.). *Energy conversion and management*, 56, 199-205.

- Edgin, B., & Ebinger, J. E. (2001). Control of autumn olive (*elaeagnus umbellata thunb.*) at beall woods nature preserve, illinois, USA. *Natural Areas Journal*, 21(4), 386-388.
- Figiel, A. (2007). Dehydration of apples by a combination of convective and vacuum-microwave drying. *Polish journal of food and nutrition sciences*, 57(4 [A]), 131-135.
- Fordham, I. M., Clevidence, B. A., Wiley, E. R., & Zimmerman, R. H. (2001). Fruit of autumn olive: a rich source of lycopene. *HortScience*, 36(6), 1136-1137.
- Fordham, I. M., Zimmerman, R. H., Black, B. L., Clevidence, B. M., & Wiley, E. R. (2002). Autumn olive: A potential alternative crop. XXVI International Horticultural Congress: Berry Crop Breeding, Production and Utilization for a New Century 626.
- Gabas, A., Menegalli, F., Ferrari, F., & Telis-Romero, J. (2002). Influence of drying conditions on the rheological properties of prunes. *Drying technology*, 20(7), 1485-1502.
- Gamba, G., Donno, D., Mellano, M. G., Riondato, I., De Biaggi, M., Randriamampionona, D., & Beccaro, G. L. (2020). Phytochemical Characterization and Bioactivity Evaluation of Autumn Olive (*Elaeagnus umbellata Thunb.*) Pseudodrupes as Potential Sources of Health-Promoting Compounds. *Applied Sciences*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/app10124354>.
- Gao, X., Ohlander, M., Jeppsson, N., Björk, L., & Trajkovski, V. (2000). Changes in antioxidant effects and their relationship to phytonutrients in fruits of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides L.*) during maturation. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(5), 1485-1490.
- Garau, M. C., Simal, S., Rossello, C., & Femenia, A. (2007). Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium v. Canoneta*) by-products. *Food chemistry*, 104(3), 1014-1024.
- García-Pascual, P., Sanjuán, N., Melis, R., & Mulet, A. (2006). *Morchella esculenta* (morel) rehydration process modelling. *Journal of Food Engineering*, 72(4), 346-353.
- Geankoplis, C. J., & Yapıcı, S. (2011). Taşınma süreçleri ve ayırma süreci ilkeleri: (temel işlemleri içerir). İzmir Güven Kitabevi.
- Ghafoor, K., Ahmed, I. A. M., Doğu, S., Uslu, N., Fadimu, G. J., Al Juhaimi, F., ... & Özcan, M. M. (2019). The effect of heating temperature on total phenolic content, antioxidant activity, and phenolic compounds of plum and mahaleb fruits. *International Journal of Food Engineering*, 15 (11-12).
- Ghellam, M., & Koca, I. (2020). Modelling of Rehydration Kinetics of Desert Truffles (*Terfezia spp.*) Dried by Microwave Oven. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 8 (2). <https://doi.org/10.24925/turjaf.v8i2.407-415.3083>
- Ghellam, M., & Koca, İ. (2021). Autumn olive berries: Characterization, antioxidant capacity, optimization of solvents and extraction conditions of lycopene. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16 (1), 191-201. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-01149-5>
- Ghellam, M., Zannou, O., Pashazadeh, H., Galanakis, CM., Aldawoud, TMS, Ibrahim, SA., Koca, İ. (2021a). Optimization of osmotic dehydration of autumn olive berries using

- Ghellam, M., Zannou, O., Galanakis, CM., Aldawoud, TMS, Ibrahim, SA., Koca, İ. (2021b). Vacuum-assisted osmotic dehydration of autumn olive berries: modeling of mass transfer kinetics and quality assessment. *Foods*, 10 (10)2286.
- Giovannucci, E., Ascherio, A., Rimm, E. B., Stampfer, M. J., Colditz, G. A., & Willett, W. C. (1995). Intake of carotenoids and retino in relation to risk of prostate cancer. *JNCI Journal of the National Cancer Institute*, 87(23), 1767-1776.
- Gómez- Pérez, L. S., Navarrete, C., Moraga, N., Rodríguez, A., & Vega- Gálvez, A. (2020). Evaluation of different hydrocolloids and drying temperatures in the drying kinetics, modeling, color, and texture profile of murta (*Ugni molinae* Turcz) berry leather. *Journal of Food Process Engineering*, 43(2), e13316.
- Gupta, M. K., Sehgal, V., & Arora, S. (2013). Optimization of drying process parameters for cauliflower drying. *Journal of food science and technology*, 50(1), 62-69.
- Hatamipour, M., Kazemi, H. H., Nooralivand, A., & Nozarpour, A. (2007). Drying characteristics of six varieties of sweet potatoes in different dryers. *Food and Bioproducts Processing*, 85(3), 171-177.
- Hii, C.L., Law, C.L. 2010. Product Quality Evolution During Drying of Foods, Vegetables and Fruits. In *Drying of Foods, Vegetables and Fruits - Volume 1*, Ed. Jangam, S.V., Law, C.L., Mujumdar, A.S., ISBN - 978-981-08-6759-1, Published in Singapore, pp. 125-144.
- Horuz, E., & Maskan, M. (2015). Hot air and microwave drying of pomegranate (*Punica granatum* L.) arils. *Journal of food science and technology*, 52(1), 285-293.
- Hussain, I. (2011). Physiochemical and sensory characteristics of *Elaeagnus umbellata* (Thunb) fruit from Rawalakot (Azad Kashmir) Pakistan. *Afr J Food Sci*, 2, 151-156.
- Ishaq, S., Rathore, H. A., Sabir, S. M., & Maroof, M. S. (2015). Antioxidant properties of *Elaeagnus umbellata* berry solvent extracts against lipid peroxidation in mice brain and liver tissues. *Food Science and Biotechnology*, 24(2), 673-679.
- Ishaq, S., Rathore, H. A., Maroof, M. S., Awan, MS., Hussain, I., Hayat, I., & Fazal, B. (2016). Influences of edible coating on the quality and sensory attributes of *Elaeagnus umbellata* berry fruits. *Asian Journal of Chemistry*, 28(4), 703-706.
- Izli, N., Izli, G., & Taskin, O. (2018). Impact of different drying methods on the drying kinetics, color, total phenolic content and antioxidant capacity of pineapple. *CyTA-Journal of Food*, 16(1), 213-221.
- Izli, N., İzli, G., & Taskin, O. (2017). Influence of different drying techniques on drying parameters of mango. *Food Science and Technology*, 37, 604-612.
- Izli, N., Yıldız, G., Ünal, H., Işık, E., & Uylaşer, V. (2014). Effect of different drying methods on drying characteristics, colour, total phenolic content and antioxidant capacity of Goldenberry (*Physalis peruviana* L.). *International Journal of Food Science & Technology*, 49(1), 9-17.

- Kamiloglu, S., Toydemir, G., Boyacioglu, D., Beekwilder, J., Hall, R. D., & Capanoglu, E. (2016). A review on the effect of drying on antioxidant potential of fruits and vegetables. *Critical reviews in food science and nutrition*, 56(sup1), S110-S129.
- Kaveh, M., Taghinezhad, E., & Aziz, M. (2020). Effects of physical and chemical pretreatments on drying and quality properties of blackberry (*Rubus* spp.) in hot air dryer. *Food Science & Nutrition*, 8(7), 3843-3856.
- Kayacan, S., Sagdic, O., Doymaz, I., & Karasu, S. (2022). The effect of different drying methods on total bioactive properties, individual phenolic compounds, rehydration ability, color, and microstructural characteristics of Asian pear. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(7), e16682.
- Keey, R. B. (1991). Drying of loose and particulate materials. CRC Press. TP156.P3K44.
- Keneni, Y. G., Hvoslef-Eide, A. T., & Marchetti, J. M. (2019). Mathematical modelling of the drying kinetics of *Jatropha curcas* L. seeds. *Industrial crops and products*, 132, 12-20.
- Khattak, K. F. (2012). Free radical scavenging activity, phytochemical composition and nutrient analysis of *Elaeagnus umbellata* berry. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(39), 5196-5203.
- Khraisheh, M., Cooper, T., & Magee, T. (1997). Shrinkage characteristics of potatoes dehydrated under combined microwave and convective air conditions. *Drying Technology*, 15(3-4), 1003-1022.
- Kim, J.I., Baek, H.J., Han, D.W., Yun, J.A. (2019). Autumn olive (*Elaeagnus umbellata* Thunb.) berry reduces fasting and postprandial glucose levels in mice. *Nutr Res Pract*.13(1):11–6.
- Koca, I., Tekguler, B., Yilmaz, V. A., Hasbay, I., & Koca, A. F. (2018). The use of grape, pomegranate and rosehip seed flours in Turkish noodle (erişte) production. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42 (1), e13343.
- Koca, I., Ustun, NS, & Koyuncu, T. (2009). Effect of drying conditions on antioxidant properties of rosehip fruits (*Rosa canina* sp.). *Asian Journal of Chemistry* , 21 (2), 1061.
- Kocayiğit, F. (2010). Bazı sebzelerin kurutma karakteristiklerinin incelenmesi. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya & Kimya Mühendisliği. URI: <http://localhost:6060/xmlui/handle/1/5148>
- Kohlmeier, L., Kark, J. D., Gomez-Gracia, E., Martin, B. C., Steck, S. E., Kardinaal, A. F., Ringstad, J., Thamm, M., Masaev, V., & Riemersma, R. (1997). Lycopene and myocardial infarction risk in the EURAMIC Study. *American Journal of Epidemiology*, 146(8), 618-626.
- Krokida, M.K., Karathanos, V.T., Maroulis Z.B. (2000). Compression analysis of dehydrated agricultural products. *Drying Technology*, 18, 395-408.
- Krokida, M. K., Maroulis, Z. B. (1997). Effect of drying method on shrinkage and porosity. *Dry Technol*, 15(10):2441-2458.
- Krokida, M. K., Maroulis, Z. B. (1999) Effect of microwave drying on some quality properties of dehydrated products. *Drying Technology*. 17(3), 449-466, DOI: 10.1080/07373939908917545.

- Kwok, B.H.L., Hu, C., Durance, T., & Kitts, D.D. (2004). Dehydration techniques affect phytochemical contents and free radical scavenging activities of Saskatoon berries (*Amelanchier alnifolia* Nutt.). *Journal of food science*, 69 (3), SNQ122-SNQ126.
- Lee, I.-K., Kim, Y.-S., Jang, Y.-W., Jung, J.-Y., & Yun, B.-S. (2007). New antioxidant polyphenols from the medicinal mushroom *Inonotus obliquus*. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 17(24), 6678-6681.
- Lewicki, P.P., Lukaszuk, A. (2000). Changes of rheological properties of apple tissue undergoing convective drying. *Drying Technology* 18: 707-722.
- Lewicki, P. P., & Pawlak, G. (2003). Effect of drying on microstructure of plant tissue. *Drying Technology*, 21(4), 657-683.
- Liu, C., Murch, S., El-Demerdash, M., & Saxena, P. (2004). *Artemisia judaica* L.: micropropagation and antioxidant activity. *Journal of Biotechnology*, 110(1), 63-71.
- Llorent-Martínez, E.J., Spínola V., Castilho P.C. (2017). Evaluation of the inorganic content of six underused wild berries from Portugal: Potential new sources of essential minerals. *Journal of Food Composition and Analysis* 59, 153–160.
- Loewer, O. J., Bridges, T. C., & Bucklin, R. A. (1994). On-farm drying and storage systems. American Society of Agricultural Engineers (ASAE).
- Majdi, H., Esfahani, J. A., & Mohebbi, M. (2019). Optimization of convective drying by response surface methodology. *Computers and electronics in Agriculture*, 156, 574-584.
- Márquez, C. A., & De Michelis, A. (2011). Comparison of drying kinetics for small fruits with and without particle shrinkage considerations. *Food and Bioprocess Technology*, 4(7), 1212-1218.
- Martín- Gómez, J., Ángeles Varo, M., Mérida, J., & Serratos, M. P. (2019). The influence of berry perforation on grape drying kinetics and total phenolic compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(9), 4260-4266.
- Martín-Gómez, J., Varo, M. Á., Mérida, J., & Serratos, M. P. (2020). Influence of drying processes on anthocyanin profiles, total phenolic compounds and antioxidant activities of blueberry (*Vaccinium corymbosum*). *LWT*, 120, 108931.
- Matthews, V. (1994). *The New Plantsman* (vol 1). London: Royal Horticultural Society, ISBN, 1352-4186.
- Maskan, M. (2001). Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of food engineering*, 48(2), 177-182.
- Meda, L., & Ratti, C. (2005). Rehydration of freeze-dried strawberries at varying temperatures. *Journal of Food Process Engineering*, 28(3), 233-246.
- Mercer, D.G. (2007). An introduction to food dehydration and drying. [https://iufost.org/iufostftp/Intro Dehydration Manual.pdf](https://iufost.org/iufostftp/Intro%20Dehydration%20Manual.pdf)
- Midilli, A. D. N. A. N., Kucuk, H. A. Y. D. A. R., & Yapar, Z. İ. Y. A. (2002). A new model for single-layer drying. *Drying technology*, 20(7), 1503-1513.

- Mirzaee, E., Rafiee, S., Keyhani, A., & Emam-Djomeh, Z. (2009). Determining of moisture diffusivity and activation energy in drying of apricots. *Research in Agricultural Engineering*, 55(3), 114-120.
- Moore, M. R., Buckley, D. S., Klingeman, W. E., & Saxton, A. M. (2013). Distribution and growth of autumn olive in a managed forest landscape. *Forest Ecology and Management*, 310, 589-599. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.08.056>.
- Morais, R.M.S.C., Morais, A.M. M. B., Dammak, I., Bonilla, J., Sobral P.J.A., Laguerre, J.-C., Afonso, M. J., Ramalhosa, E.C.D. (2018). Functional Dehydrated foods for health preservation. *Journal of Food Quality*. Volume 2018, Article ID 1739636, 29 pages. <https://doi.org/10.1155/2018/1739636>.
- Moses, J.A., Norton, T., Alagusundaram, K., Tiwari, BK., 2014. Novel drying techniques for the food industry. *Food Eng Rev.*, 6:43-55, DOI 10.1007/s12393-014-9078-7.
- Mujumdar, A.S. (2006). Principles, Classification, and Selection of Dryers. In *Handbook of Industrial Drying*. 3th edition. (Ed. Mujumdar, A.S.), CRC.
- Nazir, N., Zahoor, M., Ullah, R., Ezzeldin, E., & Mostafa, G. A. (2020a). Curative effect of catechin isolated from *Elaeagnus umbellata* Thunb. berries for diabetes and related complications in streptozotocin-induced diabetic rats model. *Molecules*, 26(1), 137.
- Nazir, N., Zahoor, M., Nisar, M., Karim, N., Latif, A., Ahmad, S., Uddin Z. (2020b). Evaluation of neuroprotective and anti-amnesic effects of *Elaeagnus umbellata* Thunb. *BMC Complement Med Ther*. 20:143.
- Nazir, N., Zahoor, M., Uddin Z., Nisar, M. (2021). Chemical composition, in vitro antioxidant, anticholinesterase, and antidiabetic potential of essential oil of *Elaeagnus umbellata* Thunb. *BMC Complement Med Ther*. 21:73.
- Nazir, Y., Hussain, S. A., Abdul Hamid, A., & Song, Y. (2018). Probiotics and their potential preventive and therapeutic role for cancer, high serum cholesterol, and allergic and HIV diseases. *BioMed research international*, 2018.
- Nguyen, M. L., & Schwartz, S. J. (1999). Lycopene: Chemical chemical and biological properties: Developing nutraceuticals for the new millenium. *Food Technology* (Chicago), 53(2), 38-45.
- Nindo, C. I., Sun, T., Wang, S., Tang, J., & Powers, J. (2003). Evaluation of drying technologies for retention of physical quality and antioxidants in asparagus (*Asparagus officinalis*, L.). *LWT-Food Science and Technology*, 36(5), 507-516.
- Nobrega, E. M., Oliveira, E. L., Genovese, M. I., & Correia, R. T. (2015). The Impact of Hot Air Drying on the Physical- Chemical Characteristics, Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Acerola (*Malpighia emarginata*) Residue. *Journal of food processing and preservation*, 39(2), 131-141.
- Noshad, M., Mohebbi, M., Shahidi, F., & Mortazavi, S. A. (2012). Kinetic modeling of rehydration in air- dried quinces pretreated with osmotic dehydration and ultrasonic. *Journal of food processing and preservation*, 36(5), 383-392.

- Nurafifah, F., Chuah, A. L., & Wahida, M. P. F. (2018). Drying of *Plectranthus amboinicus* (lour) spreng leaves by using oven dryer. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 11(4), 239-244.
- Nwankwo, S. C., Ulu, F. O., Mbachiantim, T. J., Okoyeuzu, F. C., Belay, D., & Carew, E. I. (2021). Technological advancements in the drying of fruits and vegetables: A review. *African Journal of Food Science*, 15(12), 367-379.
- Ohaco, E. H. Ichiyama, B. Lozano J. E., De Michelis A. (2015). Rehydration of *Rosa rubiginosa* fruits dried with hot air. *Drying Technology*, 33:6, 696-703, DOI:10.1080/07373937.2014.981638
- Official, A. (2000). Methods of analysis of AOAC International. AOAC Maryland, USA(2003).
- Ong, S. P., Law, C. L., & Hii, C. L. (2012). Optimization of heat pump–assisted intermittent drying. *Drying Technology*, 30(15), 1676-1687.
- Ozcan-Sınır, G., Ozkan-Karabacak, A., Tamer, CE., Copur, OU. (2019). The effect of hot air, vacuum and microwave drying on drying characteristics, rehydration capacity, color, total phenolic content and antioxidant capacity of Kumquat (*Citrus japonica*). *Food Sci. Technol, Campinas*, 39(2): 475-484.
- Özen, T., Yenigun, S., Altun, M., & Demirtas, I. (2017). Phytochemical Constituents, ChEs and Urease Inhibitions, Antiproliferative and Antioxidant Properties of *Elaeagnus umbellata* Thunb. *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening*, 20(6), 559-578.
- Pallas, L. A., Pegg, R. B., Shewfelt, R. L., & Kerr, W. L. (2012). The role of processing conditions on the color and antioxidant retention of jet tube fluidized bed–dried blueberries. *Drying Technology*, 30(14), 1600-1609.
- Parmar, C., & Kaushal, M. (1982). *Elaeagnus umbellata* Thunb. 23-25. Wild fruits of the sub-Himalayan region. Kalyani Publ., New Delhi.
- Pashazadeh, H., Zannou, O., & Koca, I. (2020). Modeling of drying and rehydration kinetics of *Rosa pimpinellifolia* fruits: Toward formulation and optimization of a new tea with high antioxidant properties. *Journal of Food Process Engineering*, 43(10), e13486. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13486>
- Pashazadeh, H., Zannou, O., & Koca, I. (2021). Modeling and optimization of drying conditions of dog rose for preparation of a functional tea. *Journal of Food Process Engineering*, 44(3), e13632.
- Patel, S. (2015). Plant genus *Elaeagnus*: underutilized lycopene and linoleic acid reserve with permaculture potential. *Fruits*, 70(4), 191-199. <https://doi.org/10.1051/fruits/2015014>
- Pavkov, I., Stamenković, Z., Radojčin, M., Krstan, K., Bikić, S., Lutovska, M., & Ponjičan, O. (2019). Air drying of blueberry fruits: drying kinetics, mathematical modeling and physical properties. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 23(4), 151-157.
- Pei, R., Yu, M., Bruno, R., & Bolling, B. W. (2015). Phenolic and tocopherol content of autumn olive (*Elaeagnus umbellata*) berries. *Journal of Functional Foods*, 16, 305-314.
- Perkins-Veazie, P., Black, B., Fordham, I., & Howard, L. (2005). Lycopene and total phenol content of autumn olive (*Elaeagnus umbellata*) selections. *HortScience*, 40(3), 883f-884.

- Peleg, M. (1988). An empirical model for the description of moisture sorption curves. *Journal of Food science*, 53 (4), 1216-1217.
- Pereira, N.R., Marsaioli, A., Ahrné, L.M. (2007). Effect of microwave power, air velocity and temperature on the final drying of osmotically dehydrated bananas. *J Food Eng*, 81(1):79-87.
- Perveen, R., Suleria, H. A. R., Anjum, F. M., Butt, M. S., Pasha, I., & Ahmad, S. (2015). Tomato (*Solanum lycopersicum*) carotenoids and lycopenes chemistry; metabolism, absorption, nutrition, and allied health claims a comprehensive review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 55(7), 919-929.
- Petković, M., Đurović, I., Miletić, N., & Radovanović, J. (2019). Effect of convective drying method of chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.) on drying kinetics, bioactive components and sensory characteristics of bread with chokeberry powder. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*.
- POWO (Plants of the World Online) 2021. <http://plantsoftheworldonline.org/> (accessed 12 May 2021).
- Qayyum, R., Qamar, HMUD., Salma, U., Khan, S., Khan, T., Shah, A.J. (2019). Insight into the cardiovascular activities of *elaegnus umbellata*. *Farmacia*.67(1):133–9.
- Raghavan, G.S.V., Silveira, A.M. (2001) Shrinkage characteristics of strawberries osmotically dehydrated in combination with microwave drying. *Drying Technology*, 19:2, 405-414, DOI: 10.1081/DRT-100102913.
- Rafique, N., Khan, T., & Shah, A. J. (2016). Calcium entry blocking activity of the *Elaeagnus umbellata* fruit extract explains its use in diarrhea and gut spasm. *Bangladesh Journal of Pharmacology*, 11(3), 585-592.
- Ramos, I.N., Brandão, T.R.S., Silva, C.L.M. (2003). Structural Changes During Air Drying of Fruits and Vegetables. *Food Science and Technology International*, 9; 201.DOI: 10.1177/1082013030335522.
- Ratti, C. (1994). Shrinkage during drying of foodstuffs. *Journal of food engineering*, 23(1), 91-105.
- Ri-Lei, S., Tao, W., Hai-Tao, H., & Ling, Y. (2012). Research situation about *Elaeagnus umbellata* Thunb. *J. Shanxi Agric. Sci*, 9, 26.
- Rodriguez, K., Ah-Hen, K. S., Vega-Gálvez, A., Vásquez, V., Quispe-Fuentes, I., Rojas, P., & Lemus-Mondaca, R. (2016). Changes in bioactive components and antioxidant capacity of maqui, *Aristotelia chilensis* [Mol] Stuntz, berries during drying. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 537-542.
- Rosenthal, A. J. (2010). Texture profile analysis—how important are the parameters? *Journal of texture studies*, 41(5), 672-684.
- Ross, K. A., De Lury, N., Fukumoto, L., & Diarra, M. S. (2020). Dried berry pomace as a source of high value-added bioproduct: drying kinetics and bioactive quality indices. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 2123-2143.

- Rurush, E., Alvarado, M., Palacios, P., Flores, Y., Rojas, M. L., & Miano, A. C. (2022). Drying kinetics of blueberry pulp and mass transfer parameters: Effect of hot air and refractance window drying at different temperatures. *Journal of Food Engineering*, 320, 110929.
- Sabir, S. M., & Ahmad, S. D. (2010). 16 Functional Foods Based on Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* ssp. *turkestanica*) and Autumn Olive (*Elaeagnus*. *Functional Foods of the East*, 399.
- Sabir, M. S., Ahmad, D. S., Imtiaz, H., & Tahir, K. M. (2007). Antibacterial activity of *Elaeagnus umbellata* (Thunb.) a medicinal plant from Pakistan. *Saudi medical journal*, 28(2), 259.
- Sabir, S., & Riaz, K. (2005). Morphological, biochemical and elemental analysis of *Elaeagnus umbellata*, a multipurpose wild shrub from Pakistan. *Journal of Applied Horticulture*, 7(2), 113-116.
- Sablani, S.S. (2006). Drying of fruits and vegetables: Retention of nutritional/functional quality. *Dry Technol* 24(2):123-135.
- Sablani, S. S., Andrews, P. K., Davies, N. M., Walters, T., Saez, H., & Bastarrachea, L. (2011). Effects of air and freeze drying on phytochemical content of conventional and organic berries. *Drying Technology*, 29(2), 205-216.
- Sacilik, K., Elicin, A. K., & Unal, G. (2006). Drying kinetics of Üryani plum in a convective hot-air dryer. *Journal of Food Engineering*, 76(3), 362-368.
- Saguy, I. S., Marabi, A., & Wallach, R. (2005). New approach to model rehydration of dry food particulates utilizing principles of liquid transport in porous media. *Trends in Food Science & Technology*, 16(11), 495-506.
- Sahin, S., & Sumnu, S. G. (2006). *Physical properties of foods*. Springer Science & Business Media.
- Sakamura, F., & Suga, T. (1987). Changes in chemical components of ripening oleaster fruits. *Phytochemistry*, 26(9), 2481-2484.
- Salinas, J.G., Alvarado, J.A., Bergenståhl, B., Tornberg, E. (2018). The influence of convection drying on the physicochemical properties of yacón (*Smallanthus sonchifolius*). *Heat and Mass Transfer*, 54:2951-2961.
- Samani, B. H., Gudarzi, H., Rostami, S., Lorigooini, Z., Esmaeili, Z., & Jamshidi-Kia, F. (2018). Development and optimization of the new ultrasonic-infrared-vacuum dryer in drying *Kelussia odoratissima* and its comparison with conventional methods. *Industrial Crops and Products*, 123, 46-54.
- Samoticha, J., Wojdyło, A., & Lech, K. (2016). The influence of different the drying methods on chemical composition and antioxidant activity in chokeberries. *LWT-Food Science and Technology*, 66, 484-489.
- Schlunder, E.U. (1982). *Handbook of Heat Exchange Design* (E. U. Schlunder et al., Eds.), Hemisphere, New York.
- Shi, J., Ho, C. T., & Shahidi, F. (Eds.). (2010). *Functional foods of the east*. CRC Press. Web site at <http://www.crcpress.com>

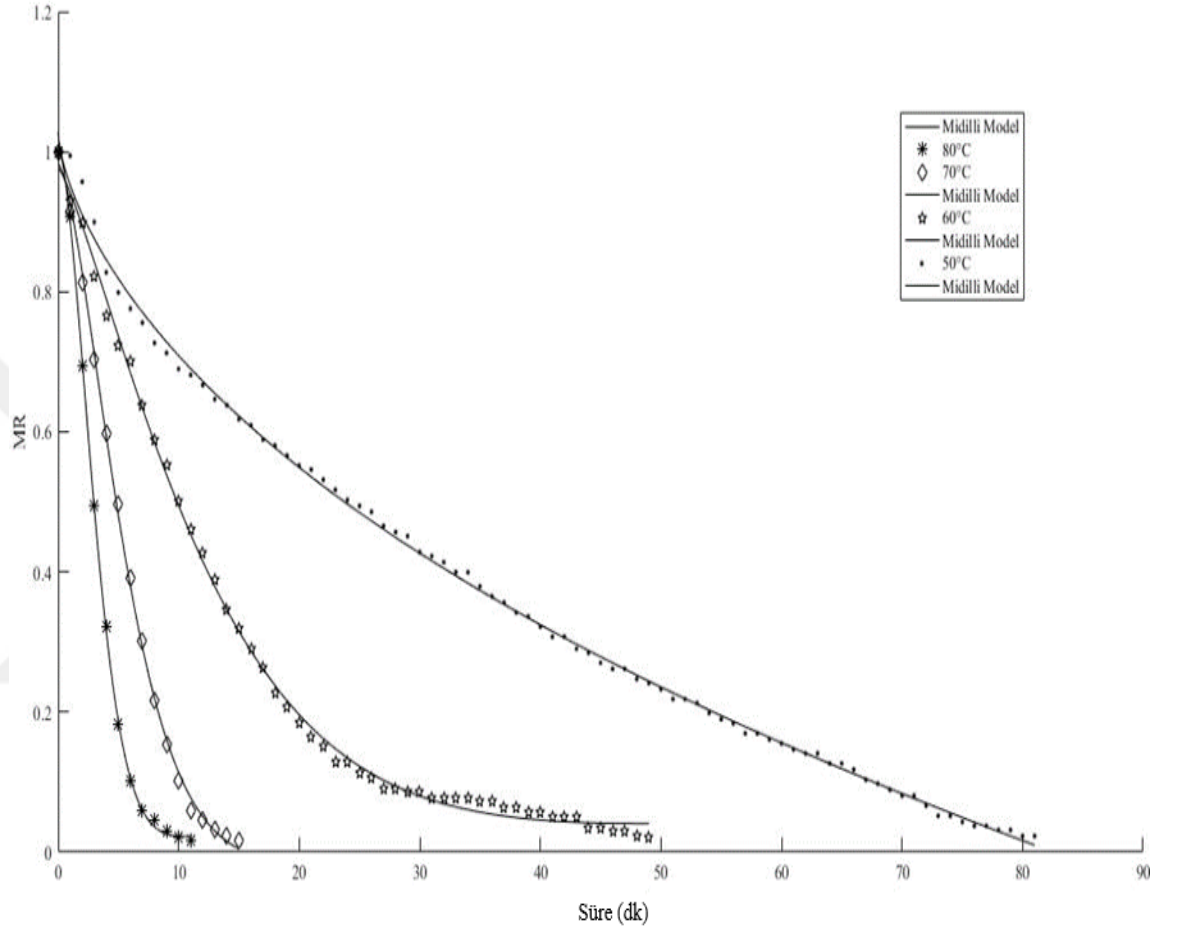
- Slatnar, A., Klancar, U., Stampar, F., & Veberic, R. (2011). Effect of drying of figs (*Ficus carica* L.) on the contents of sugars, organic acids, and phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(21), 11696-11702.
- Sloan, C.E. (1967). Drying systems and equipment, *Chem.Eng.*, 19, 167.
- Spinola, V., Pinto, J., Llorent-Martinez, E. J., & Castilho, P. C. (2019). Changes in the phenolic compositions of *Elaeagnus umbellata* and *Sambucus lanceolata* after in vitro gastrointestinal digestion and evaluation of their potential anti-diabetic properties. *Food Res Int*, 122, 283-294. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.04.030>.
- Sternberg, G. (1982). Autumn olive in Illinois conservation practice. Illinois Department of Conservation, Division of Planning, Springfield, 111, 76.
- Stojanovic, J., & Silva, J. L. (2007). Influence of osmotic concentration, continuous high frequency ultrasound and dehydration on antioxidants, colour and chemical properties of rabbiteye blueberries. *Food chemistry*, 101(3), 898-906.
- Sun, C., Wu, Z., Wang, Z., & Zhang, H. (2015). Effect of ethanol/water solvents on phenolic profiles and antioxidant properties of Beijing propolis extracts. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015.
- Sun, Y., Zhang M., Mujumdar A. (2019). Berry drying: Mechanism, Pretreatment, drying technology, nutrient preservation, and mathematical models. *Food Engineering Reviews* 11:61-77 <https://doi.org/10.1007/s12393-019-9188-3>.
- Szadzińska, J., Łechtańska, J., Pashminehazar, R., Kharaghani, A., & Tsotsas, E. (2019). Microwave-and ultrasound-assisted convective drying of raspberries: Drying kinetics and microstructural changes. *Drying Technology*, 37(1), 1-12.
- Tag, H., Tsering, J., Hui, P.K., Gogoi, B.J., Veer, V. (2014). Nutritional potential and traditional uses of high altitude wild edible plants in Eastern Himalayas, India. *Int. Sci. Index* 8, 238-243.
- Torki-Harchegani, M., Ghanbarian, D., Pirbalouti, A. G., & Sadeghi, M. (2016). Dehydration behaviour, mathematical modelling, energy efficiency and essential oil yield of peppermint leaves undergoing microwave and hot air treatments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58, 407-418. DOI 10.1016/j.rser.2015.12.078.
- Tsuruta, T., Tanigawa, H., & Sashi, H. (2015). Study on shrinkage deformation of food in microwave-vacuum drying. *Drying technology*, 33(15-16), 1830-1836.
- Tunde-Akintunde, T. (2011). Mathematical modeling of sun and solar drying of chilli pepper. *Renewable energy*, 36(8), 2139-2145.
- Tural, S., & Koca, I. (2008). Physico-chemical and antioxidant properties of cornelian cherry fruits (*Cornus mas* L.) grown in Turkey. *Scientia Horticulturae*, 116(4), 362-366.
- Uddin, G., & Rauf, A. (2012). Phytochemical screening, antimicrobial and antioxidant activities of aerial parts of *Quercus robur* L. *Middle-East journal of medicinal plants research*, 1(1), 1-4.
- Valadez-Carmona, L., Plazola-Jacinto, C. P., Hernández-Ortega, M., Hernández-Navarro, M. D., Villarreal, F., Necoechea-Mondragón, H., Ortiz-Moreno, A., & Ceballos-Reyes, G. (2017). Effects of microwaves, hot air and freeze-drying on the phenolic compounds,

- antioxidant capacity, enzyme activity and microstructure of cacao pod husks (*Theobroma cacao* L.). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 41, 378-386.
- Veerakumar, M., Vijayakumar, KCK., Navaneethakrishnan, P. (2014). Different Drying Methods for Agriculture Products and Eatables- A Review. *International Journal of Mathematical Sciences and Engineering (IJMSE)*, 3 (2), 53.
- Veazie P, Black B, Fordham I, Howard L. (2005). Lycopene and total phenol content of autumn olive (*Elaeagnus umbellata*) selections. *Hortic Sci.* 40(3):883-884.
- Vega-Gálvez, A., Notte-Cuello, E., Lemus-Mondaca, R., Zura, L., & Miranda, M. (2009). Mathematical modelling of mass transfer during rehydration process of Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller). *Food and Bioproducts Processing*, 87(4), 254-260.
- Vu, H. T., Scarlett, C. J., & Vuong, Q. V. (2017). Effects of drying conditions on physicochemical and antioxidant properties of banana (*Musa cavendish*) peels. *Drying Technology*, 35(9), 1141-1151.
- VVAA. The Plant List. Available online: <http://www.theplantlist.org/> (accessed on 10 January 2020).
- Wang, S. Y., & Fordham, I. M. (2007). Differences in chemical composition and antioxidant capacity among different genotypes of autumn olive (*Elaeagnus umbellata* Thunb.). *Food Technology and Biotechnology*, 45, 4, 402-409.
- Witrowa-Rajchert, D., & Rząca, M. (2009). Effect of drying method on the microstructure and physical properties of dried apples. *Drying Technology*, 27(7-8), 903-909.
- Wojdyło, A., Figiel, A., Lech, K., Nowicka, P., & Oszmiański, J. (2014). Effect of convective and vacuum-microwave drying on the bioactive compounds, color, and antioxidant capacity of sour cherries. *Food and Bioprocess Technology*, 7(3), 829-841.
- Wojdyło, A., Figiel, A., & Oszmianski, J. (2009). Effect of drying methods with the application of vacuum microwaves on the bioactive compounds, color, and antioxidant activity of strawberry fruits. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57 (4), 1337-1343.
- Xiao, H. W., Pang, C. L., Wang, L. H., Bai, J. W., Yang, W. X., & Gao, Z. J. (2010). Drying kinetics and quality of Monukka seedless grapes dried in an air-impingement jet dryer. *Biosystems Engineering*, 105(2), 233-240.
- Yap, E. S. P., Uthairatanakij, A., Laohakunjit, N., & Jitareerat, P. (2022). Influence of hot air drying on capsaicinoids, phenolics, flavonoids and antioxidant activities of ‘Super Hot’ chilies. *PeerJ*, 10, e13423.
- Zannou, O., & Koca, I. (2020). Optimization and stabilization of the antioxidant properties from Alkanet (*Alkanna tinctoria*) with natural deep eutectic solvents. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(8), 6437-6450.
- Zannou, O., Pashazadeh, H., Ghellam, M., Hassan, A. M., & Koca, I. (2021). Optimization of drying temperature for the assessment of functional and physical characteristics of autumn olive berries. *Journal of food processing and preservation*, 45(9), e15658.

- Zarger, T. G. (1980). Forestation of surface mines for wildlife. In: Trees for Reclamation Symposium Proceedings; Gen. Tech. Rep. NE-61. Broomall, PA: US Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. 71-74.
- Zglińska, K., Niemiec, T., Łozicki, A., Matusiewicz, M., Szczepaniak, J., Puppel, K., ... & Koczoń, P. (2021). Effect of *Elaeagnus umbellata* (Thunb.) fruit extract on H₂O₂-induced oxidative and inflammatory responses in normal fibroblast cells. *PeerJ*, 9, e10760.
- Zglińska, K., Rygało-Galewska, A., Niemiec, T. (2022). Antioxidative properties of autumn olive (*Elaeagnus umbellata*) fruits according to the method of fruit preservation and solvent used in extraction. *Polish Technical Review* No. 1/19-23.
- Zhao R., Gao T. (2016). Research Progress of Hot Air Drying Technology for Fruits and Vegetables. *Advance Journal of Food Science and Technology* 10(3): 160-166
- Zhang, M., Tang, J., Mujumdar, A. S., & Wang, S. (2006). Trends in microwave-related drying of fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 17(10), 524-534.
- Zhao, Y.-Y., Yi, J.-Y., Bi, J.-F., Chen, Q.-Q., Zhou, M., & Zhang, B. (2019). Improving of texture and rehydration properties by ultrasound pretreatment for infrared-dried shiitake mushroom slices. *Drying Technology*, 37(3), 352-362.
- Zhou, Y. H., Staniszevska, I., Liu, Z. L., Zielinska, D., Xiao, H. W., Pan, Z., ... & Zielinska, M. (2021). Microwave-vacuum-assisted drying of pretreated cranberries: Drying kinetics, bioactive compounds and antioxidant activity. *LWT*, 146, 111464.
- Zielinska, M., Markowski, M., & Zielinska, D. (2019). The effect of freezing on the hot air and microwave vacuum drying kinetics and texture of whole cranberries. *Drying Technology*, 37(13), 1714-1730.

EKLER

Ek 1. Güz yemişi meyvelerinin kuruma eğrini



Ek 2. Kurutma Modellemesine Ait Katsayılar

Modeller	Sıcaklık (°C)	Havahızı (m/s)	R2	RMSE	χ^2	Katsayılar
Newton	50	0.5	0.989059	0.028375	0.000805	'k =0.02827'
		1.0	0.983328	0.03397	0.001154	'k =0.030524'
		1.5	0.981413	0.040085	0.001607	'k =0.044429'
	60	0.5	0.992522	0.023602	0.000557	'k =0.051069'
		1.0	0.991259	0.026443	0.000699	'k =0.075886'
		1.5	0.958234	0.066482	0.000731	'k =0.1022'
	70	0.5	0.951449	0.075019	0.005628	'k =0.13811'
		1.0	0.953876	0.073882	0.005459	'k =0.17255'
		1.5	0.941535	0.086173	0.007426	'k =0.19562'
	80	0.5	0.942891	0.085449	0.007302	'k =0.21032'
		1.0	0.952819	0.078957	0.006234	'k =0.28395'
		1.5	0.909918	0.116625	0.013601	'k =0.25315'
	50	0.5	0.99119	0.025604	0.000656	'k=0.021228' 'n =1.0775'
		1.0	0.983456	0.034045	0.001159	'k =0.02856' 'n =1.0183'
		1.5	0.995306	0.020304	0.000412	'k=0.020578' 'n =1.2353'
	60	0.5	0.99278	0.023401	0.000548	'k=0.047017' 'n =1.0263'
		1.0	0.996265	0.017463	0.000305	'k=0.051113' 'n =1.1437'
		1.5	0.995714	0.021736	0.000435	'k=0.033677' 'n =1.4599'
	70	0.5	0.998409	0.013933	0.000194	'k =0.041063' 'n =1.5725'
		1.0	0.998293	0.014713	0.000216	'k =0.061511' 'n =1.5459'
		1.5	0.999066	0.011377	0.000129	'k =0.063191' 'n =1.6527'
	80	0.5	0.998356	0.015007	0.000225	'k =0.059697' 'n =1.7358'
		1.0	0.998991	0.012108	0.000147	'k =0.11386' 'n =1.6593'
		1.5	0.999162	0.011928	0.000142	'k =0.06085' 'n =1.977'
Hendeon and Pabis	50	0.5	0.989428	0.028048	0.000787	'a =1.0165' 'k =0.02876'
		1.0	0.983787	0.033703	0.001136	'a =0.98243' 'k =0.029955'

Logaritmi c	60	1.5	0.986595	0.034312	0.001177	'a =1.0689'
						'k =0.047438'
		0.5	0.992646	0.023617	0.000558	'a =1.0099'
						'k =0.051595'
	70	1.0	0.993711	0.022661	0.000514	'a =1.0504'
						'k =0.079627'
		1.5	0.97044	0.057083	0.000591	'a =1.1047'
						'k =0.11245'
	80	0.5	0.966713	0.063731	0.004062	'a =1.1221'
						'k =0.15353'
		1.0	0.96665	0.065028	0.004229	'a =1.106'
						'k =0.18953'
	50	1.5	0.958045	0.076244	0.005813	'a =1.1171'
						'k =0.21713'
		0.5	0.957921	0.075923	0.005764	'a =1.1259'
						'k =0.23297'
	60	1.0	0.965063	0.07126	0.005078	'a =1.1084'
						'k =0.3104'
		1.5	0.931586	0.1078	0.011621	'a =1.1362'
						'k =0.28402'
	70	0.5	0.996223	0.016859	0.000284	'a =1.1129'
						'b =-0.13855'
		1.0	0.993992	0.020643	0.000426	'k =0.021146'
						'a =1.127'
	80	1.5	0.994282	0.022589	0.00051	'b =-0.19441'
						'k =0.019861'
		0.5	0.994535	0.020546	0.000422	'a =1.1381'
						'b =-0.10891'
	50	1.0	0.993807	0.022725	0.000516	'k =0.0368'
						'a =1.0403'
		1.5	0.992041	0.030258	0.000607	'b =-0.052043'
						'k =0.045003'
	60	0.5	0.986079	0.042343	0.001793	'a =1.0534'
						'b =-0.006785'
		1.0	0.989658	0.03758	0.001412	'k =0.078021'
						'a =1.3068'
	70	1.5	0.988511	0.041846	0.001751	'b =-0.26023'
						'k =0.069489'
		0.5				'a =1.2716'
						'b =-0.19805'
	80	1.0				'k =0.10399'
						'a =1.3159'
		1.5				'b =-0.26038'
						'k =0.11797'
	50	0.5				'a =1.4601'
						'b =-0.39846'
		1.0				'k =0.11629'

Two-term	80	0.5	0.975336	0.06032	0.003639	'a =1.2343' 'b =-0.14446' 'k =0.17194'
		1.0	0.977269	0.060589	0.003671	'a =1.2009' 'b =-0.1191' 'k =0.24045'
		1.5	0.976338	0.067775	0.004593	'a =1.6715' 'b =-0.5914' 'k =0.1281'
	50	0.5	0.989038	0.02856	0.000816	'a =0.0004500' 'k =2.7679'
		1.0	0.983959	0.033523	0.001124	'a =0.026464' 'k =1.121'
		1.5	0.995062	0.020826	0.000434	'a =1.7722' 'k =0.061242'
	60	0.5	0.992506	0.023841	0.000568	'a =0.0006212' 'k =2.1594'
		1.0	0.991237	0.02675	0.000716	'a =0.0002219' 'k =1.7834'
		1.5	0.992052	0.029599	0.000536	'a =1.9534' 'k =0.15502'
	70	0.5	0.994273	0.026435	0.000699	'a =2.0428' 'k =0.21764'
		1.0	0.993947	0.027703	0.000767	'a =2.0193' 'k =0.26974'
		1.5	0.993654	0.029653	0.000879	'a =2.0908' 'k =0.31874'
Wang and Singh	80	0.5	0.992008	0.033088	0.001095	'a =2.1234' 'k =0.34005'
		1.0	0.952773	0.082851	0.006864	'a =0.0002036' 'k =0.394167'
		1.5	0.988895	0.043431	0.001886	'a =2.2475' 'k =0.4402'
	50	0.5	0.98564	0.032689	0.001069	'a =0.026089' b =0.0001215'
		1.0	0.975895	0.041095	0.001689	'a =0.029231' 'b =0.0001415'
		1.5	0.996605	0.017268	0.000298	'a =0.030212' 'b =0.0002858'
	60	0.5	0.978128	0.040729	0.001659	'a =0.048733' 'b =0.0003856'
		1.0	0.98118	0.039202	0.001537	'a =0.032346' 'b =0.0007250'
		1.5	0.995072	0.023308	0.003524	'a =0.058521' 'b =0.0013718'
	70	0.5	0.990532	0.033988	0.001155	'a =0.069422' 'b =0.0025561'

Approxim atin of Diffusion	80	1.0	0.992935	0.029931	0.000896	'a =0.046253' 'b =0.0038793'
		1.5	0.98836	0.04016	0.001613	'a =0.283224' 'b =0.0044955'
		0.5	0.984792	0.045644	0.002083	'a =-0.15314' 'b =0.0058224'
		1.0	0.985013	0.046672	0.002178	'a =-0.20812' 'b =0.01087'
	50	1.5	0.972403	0.068467	0.004688	'a =-0.17311' 'b =0.0062228'
		0.5	0.992299	0.024075	0.00058	'a =1.113' 'b =-3.0928' 'k =0.021139' 't =3.1385'
		1.0	0.988852	0.028294	0.000801	'a =1.0967' 'b =0.72868' 'k =0.025231' 't =-0.02639'
		1.5	0.993503	0.024275	0.000589	'a =1.1346' 'b =0.065763' 'k =0.03416' 't =0.93471'
	60	0.5	0.994399	0.020996	0.000441	'a =1.0439' 'b =0.11463' 'k =0.046359' 't =0.30016'
		1.0	0.991973	0.026152	0.000684	'a =1.0182' 'b =-0.018363' 'k =0.072531' 't =0.59484'
		1.5	0.991576	0.031829	0.000746	'a =1.328' 'b =1.1228' 'k =0.064275' 't =1.1135'
		0.5	0.986079	0.04357	0.001898	'a =1.2715' 'b =1.6891' 'k =0.10403' 't =1.8007'
	70	1.0	0.989658	0.039115	0.00153	'a =1.3156' 'b =1.2811' 'k =0.1181' 't =1.286'
		1.5	0.988511	0.04411	0.001946	'a =1.4604' 'b =1.0949' 'k =0.11621' 't =1.1267'
		0.5	0.975335	0.062784	0.003942	'a =1.2338' 'b =1.6166'

Logistic	50	1.0	0.977269	0.064264	0.00413	'k =0.17182'
						't =1.7296'
		1.5	0.976338	0.073205	0.005359	'a =1.2009'
						'b =1.4168'
		0.5	0.992299	0.024075	0.00058	'k =0.24046'
						't =1.5353'
	60	1.0	0.98791	0.029283	0.000857	'a =1.6705'
						'b =1.0002'
		1.5	0.996479	0.017727	0.000314	'k =0.12818'
						't =0.98952'
		0.5	0.992824	0.023545	0.000654	'a =1.6091'
						'b =2.5356'
	70	1.0	0.996327	0.017502	0.000306	'k =0.035778'
						'a =1.1743'
		1.5	0.997543	0.016813	0.000432	'b =2.0171'
						k =0.039381'
		0.5	0.999173	0.010318	0.000106	'a =0.63953'
						'b =1.6105'
	80	1.0	0.999384	0.009174	0.0000842	'k =0.070654'
						'a =7.9036'
		1.5	0.999408	0.009502	0.0000902	'b =8.8911'
						'k =0.054527'
		0.5	0.999119	0.011399	0.00013	'a =1.5328'
						'b =2.5505'
Midilli	50	1.0	0.998696	0.014512	0.000211	'k =0.10002'
						'a =0.26069'
		1.5	0.998745	0.015607	0.000244	'b =1.2365'
						'k =0.21276'
		0.5	0.997568	0.013605	0.000185	'a =0.20649'
						'b =1.1993'

60	1.0	0.998109	0.011654	0.000136	'k =0.040308'
					'n =0.84085'
					'a =1.0268'
					'b =-0.003366'
	1.5	0.996115	0.018773	0.000352	'k =0.071305'
					'n =0.65715'
					'a =0.97488'
					'b =-0.000258'
	0.5	0.996141	0.017427	0.000304	'k =0.018418'
					'n =1.2518'
					'a =1.0312'
					'b =-0.001637'
70	1.0	0.998248	0.012219	0.000149	'k =0.072027'
					'n =0.85509'
					'a =0.97662'
					'b =0.000735'
	1.5	0.997244	0.018205	0.000215	'k =0.036829'
					'n =1.2756'
					'a =0.97513'
					'b =-0.001238'
	0.5	0.998755	0.013029	0.00017	'k =0.031229'
					'n =1.4557'
					'a =0.97867'
					'b =2.628605'
80	1.0	0.998278	0.015959	0.000255	'k =0.035249'
					'n =1.6334'
					'a =1.0221'
					'b =-0.11463'
	1.5	0.999445	0.009697	0.000090	'k =0.000826'
					'n =2.3946'
					'a =0.993'
					'b =-0.00164'
	0.5	0.998704	0.014393	0.000207	'k =0.063282'
					'n =1.6254'
					a =0.9795'
					'b =0.000471'
	1.0	0.999776	0.006384	0.000047	'k =0.05103'
					'n =1.8208'
					'a =1.0033'
					'b =0.0019306'
	1.5	0.999895	0.006074	0.000046	'k =0.11072'
					'n =1.7083'
					'a =1.0033'
					'b =0.0019307'
					'k =0.11071'
					'n =1.7083'

EK 3. Rehidrasyon verilerinin modellemesinin istatistiksel analizinin sonuçları

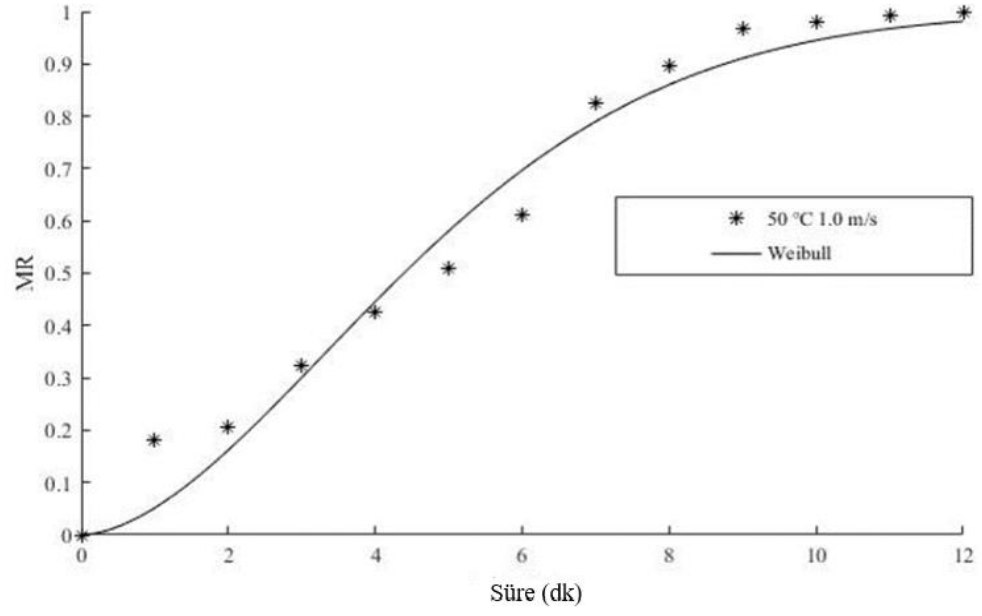
Modeller	Sıcaklık (°C)	Havahızı (m/s)	R2	RMSE	χ^2	Katsayılar
Peleg	50	0.5	0.967958	0.059851	0.003582	'a =2.4809' 'b =0.77462'
		1.0	0.972361	0.062287	0.003879	'a =3.7679' 'b =0.59565'
		1.5	0.987957	0.036910	0.001362	'a =3.3094' 'b =0.70086'
	60	0.5	0.990785	0.032562	0.001060	'a =4.9854' 'b =0.5875'
		1.0	0.966635	0.058860	0.003464	'a =1.6522' 'b =0.86289'
		1.5	0.983289	0.041005	0.001681	'a =4.1304' 'b =0.69763'
	70	0.5	0.991244	0.033327	0.001110	'a =5.0425' 'b =0.57224'
		1.0	0.992275	0.029495	0.000869	'a =1.6899' 'b =0.82144'
		1.5	0.988139	0.403827	0.163077	'a =0.27038' 'b =-0.17292'
	80	0.5	0.982223	0.042060	0.001769	'a =0.36351' 'b =-0.24164'
		1.0	0.986132	0.035523	0.001261	'a =2.4584' 'b =0.80883'
		1.5	0.982223	0.042060	0.001769	'a =3.0318' 'b =0.77145'
Firstorder kinetic	50	0.5	0.976585	0.049156	0.002416	'a =0.33369'
		1.0	0.961355	0.070224	0.004931	'a =0.2886'
		1.5	0.988135	0.035075	0.001230	'a =0.2801'
	60	0.5	0.978006	0.047964	0.002300	'a =0.21536'
		1.0	0.970087	0.053359	0.002847	'a =0.4177'
		1.5	0.974845	0.048168	0.002320	'a =0.22126'
	70	0.5	0.978779	0.049470	0.002447	'a =0.21811'
		1.0	0.998235	0.013442	0.000180	'a =0.44748'
		1.5	0.975084	0.023877	0.002124	'a =0.963126'
	80	0.5	0.998236	0.0134428	0.000180	'a =0.44748'
		1.0	0.9788	0.049471	0.002447301	'a =0.21811'
		1.5	0.97017	0.05331	0.002850	'a =0.4177'
Exponenti al related equation	50	0.5	0.976585	0.049156	0.00241	'a =0.33368'
		1.0	0.96135	0.070224	0.00493	'a =0.28857'
		1.5	0.988135	0.035075	0.001230	'a =0.28011'
	60	0.5	0.978006	0.047964	0.00230	'a =0.21537'
		1.0	0.970087	0.053359	0.002847	'a =0.41769'
		1.5	0.974845	0.048168	0.002320	'a =0.22126'
		0.5	0.978779	0.049470	0.002447	'a =0.2181'

Exponenti almodel	70	1.0	0.998235	0.013442	0.000180	'a =0.44749'
		1.5	0.976317	0.047879	0.002292	'a =0.25571'
		0.5	0.992533	0.026394	0.000697	'a =0.27354'
	80	1.0	0.995738	0.018677	0.000349	'a =0.31264'
		1.5	0.992533	0.026394	0.000697	'a =0.27352'
		0.5	0.980628	0.046537	0.002165	'a =0.27598'
	50	1.0	0.996866	0.020971	0.000439	'k =1.149'
		1.5	0.992946	0.028248	0.000797	'a =0.13672'
		0.5	0.981838	0.045714	0.002089	'k =1.5317'
	60	1.0	0.970889	0.054979	0.003022	'a =0.22457'
		1.5	0.975138	0.050017	0.002501	'k =1.1505'
		0.5	0.988569	0.038079	0.001450	'a =0.17116'
	70	1.0	0.998568	0.012697	0.000161	'k =1.1294'
		1.5	0.997987	0.041846	0.002039	'a =0.44684'
		0.5	0.997142	0.016866	0.000284	'k =0.93457'
	80	1.0	0.996207	0.018128	0.000328	'a =0.23442'
		1.5	0.997142	0.016866	0.000284	'k =0.96769'
		0.5	0.997142	0.016866	0.000284	'a =0.15552'
	50	0.5	0.980628	0.046537	0.002165	'k =1.2014'
		1.0	0.995444	0.0211911	0.0004490	'a =0.42725'
		1.5	0.994112	0.0243911	0.0005949	'k =1.0465'
	60	0.5	0.981838	0.045714	0.002089	'a =0.2031'
		1.0	0.989987	0.030185	0.000911	'k =1.1416'
		1.5	0.99686	0.020972	0.000439	'a =0.21488'
	70	0.5	0.991256	0.031387	0.000985	'k =1.1594'
		1.0	0.998568	0.012697	0.000161	'a =0.29034'
		1.5	0.997986	0.0135057	0.0001824	'k =1.0491'
	80	0.5	0.997142	0.016866	0.000284	'a =0.2149'
		1.0	0.996208	0.019274	0.000371	'k =1.1593'
		1.5	0.996208	0.019274	0.000371	'a =1.1491'

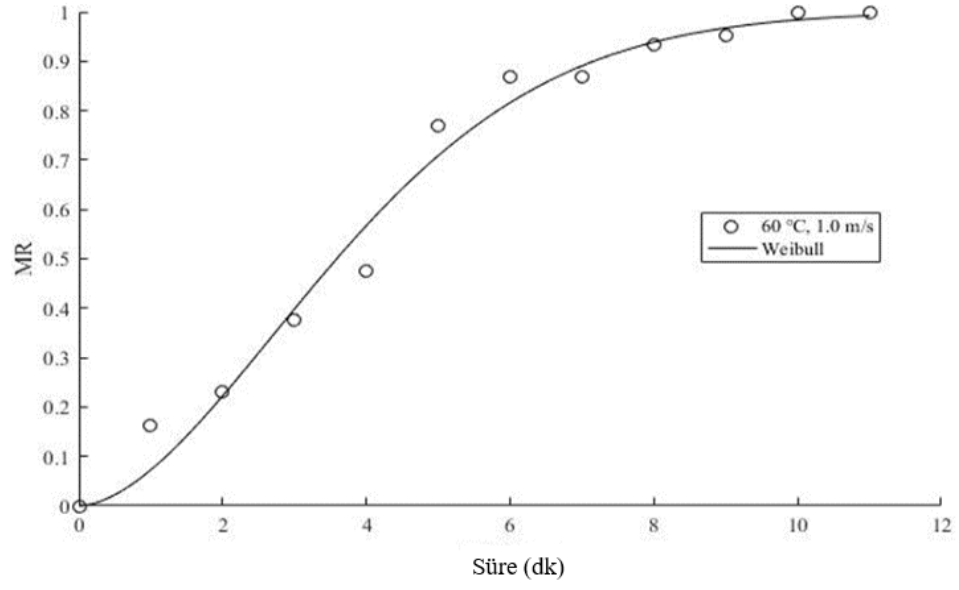
Weibull

Proposed model	50	1.5	0.997142	0.016866	0.000284	'a =0.91599' 'b =0.0011511'
		0.5	0.9875095	0.0390304	0.0015233	'a =1.0327' 'b =6.3716' 'k =1.902'
		1.0	0.9935586	0.0316962	0.0010046	'a =1.1494' 'b =7.7255' 'k =1.6848'
		1.5	0.9923784	0.0307967	0.0009484	'a =1.1849' 'b =4.3944' 'k =1.2723'
	60	0.5	0.9888200	0.0378069	0.0014293	'a =1.8622' 'b =3.8383' 'k =0.707'
		1.0	0.9830526	0.0439975	0.0019357	'a =1.0442' 'b =5.1863' 'k =1.8188'
		1.5	0.989473	0.033909	0.00115	'a =1.2334' 'b =3.6822' 'k =1.1018'
	70	0.5	0.9927661	0.0319318	0.0010196	'a =1.4231' 'b =4.5776' 'k =0.98634'
		1.0	0.9972124	0.0186780	0.0003488	'a =1.0625' 'b =3.8111' 'k =1.7197'
		1.5	0.9868890	0.4539043	0.2060291	'a =29126' 'b =11.5936' 'k =0.53851'
	80	0.5	0.9794817	0.4529704	0.2051822	'a =6.3738' 'b =2.8033' 'k =0.50037'
		1.0	0.9778945	0.5104193	0.2605279	'a =142.3302' 'b =7.2839' 'k =1.3783'
		1.5	0.9499146	0.5921125	0.3505973	'a =0.0469' 'b =10.647' 'k =0.44864'

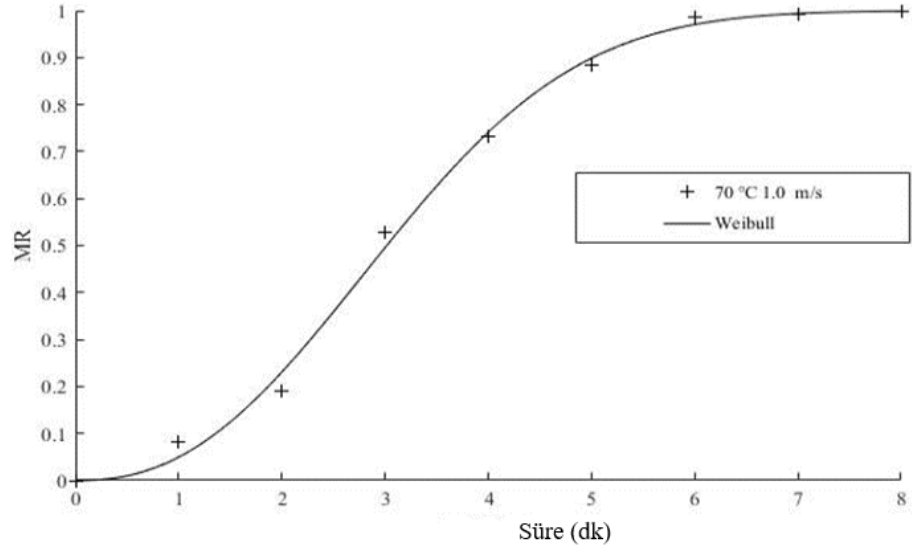
Ek 4. Güz yemişı meyvelerinin rehidrasyon eğrileri



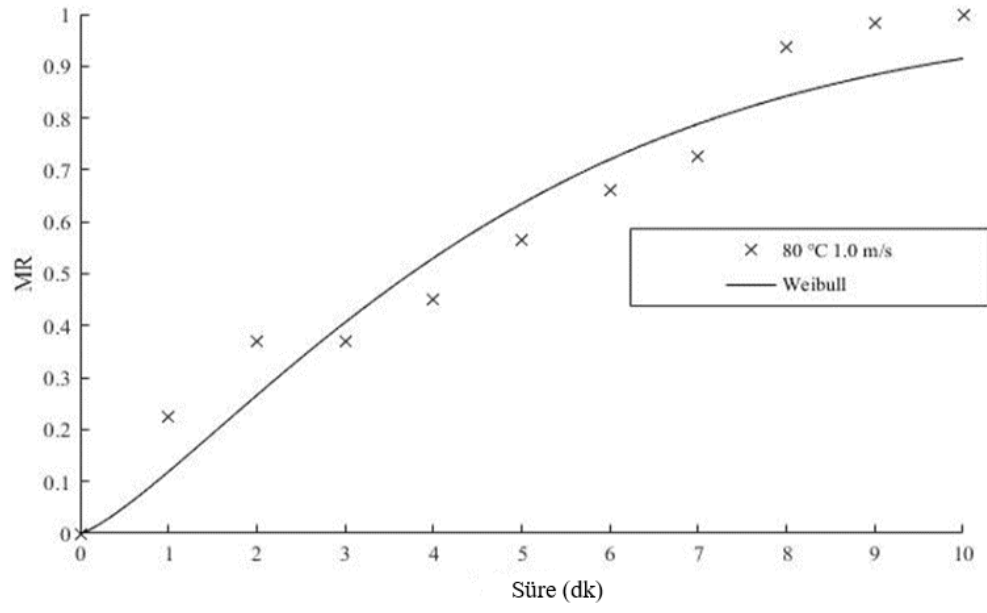
Ek 4.1. 50 °C ve 1.0 m/s'de kurutulan meyvelerin rehidrasyon davranışı



Ek 4.2. 60 °C ve 1.0 m/s'de kurutulan meyvelerin rehidrasyon davranışı



Ek 4.3. 70 °C ve 1.0 m/s'de kurutulan meyvelerin rehidrasyon davranışı



Ek 4.4. 80 °C ve 1.0 m/s'de kurutulan meyvelerin rehidrasyon davranışı

ÖZ GEÇMİŞ

Awadalgeed Mohamed Altayeb HASSAN, Sudan’da, Khartoum Bahri Lisesi’ni bitirdikten sonra Omdurman Islamic Üniversitesi (Sudan), Ziraat Fakültesi, Gıda Teknolojisi bölümünden 30.06.2008 tarihinde mezun oldu. 2009 yılında Khartoum Üniversitesi, Gıda Teknolojisi Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programına girdi, 12.09.2011 tarihte bitirdi. 2017 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı doktora programına başladı. Awadalgeed Mohamed Altayeb HASSAN, iyi derecede Arapça (Anadil), İngilizce ve Türkçe bilmektedir.

İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0000-0001-5879-3240

Yayınlar

1. Hassan, A. M., & Koca, I. (2022). Evaluation of physicochemical characteristics, bioactive properties, drying kinetics, and rehydration of convective dried autumn olive berries as a source of functional food ingredients. Journal of Food Measurement and Characterization, 1-29. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01571-3>
2. Hassan, A. M., Zannou, O., Pashazadeh, H., Ali Redha, A., & Koca, I. (2022). Drying date plum (Diospyros lotus L.) fruit: Assessing rehydration properties, antioxidant activity, and phenolic compounds. Journal of Food Science. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16322>
3. Zannou, O., Pashazadeh, H., Ghellam, M., Hassan, A. M., & Koca, I. (2021). Optimization of drying temperature for the assessment of functional and physical characteristics of autumn olive berries. Journal of Food Processing and Preservation, 45(9), e15658. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15658>

Konferanslar / sunumlar

1. Hassan, A. M., Zannou, O., Pashazadeh, H., & Koca, I. The Importance of Sudanese Gum Arabic in Food Processing. International Online Conferences on Engineering and Natural Sciences (IOCENS’21) July 5-7 2021 Gümüşhane University.
2. Hassan, A. M., Zannou, O., Pashazadeh, H., & Koca, I. Traditional Uses of Medicinal Plants Consumed in Sudan. International Online Conferences on Engineering and Natural Sciences (IOCENS’21) July 5-7 2021 Gümüşhane University.