



**ULTRASON ÖN İŞLEMİ UYGULANMIŞ
PATLİCAN DİLİMLERİNİN KONVEKTİF
KURUTULMASI İLE OLUŞAN BAZI KALİTE
ÖZELLİKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Zeynep UĞUR

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Bilge AKDENİZ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Mayıs 2025

Bu tez çalışması 21.FEN. BİL.43 numaralı proje ile BAP tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ULTRASON ÖN İŞLEMİ UYGULANMIŞ PATLİCAN
DİLİMLERİNİN KONVEKTİF KURUTULMASI İLE OLUŞAN
BAZI KALİTE ÖZELLİKLERİ

Zeynep UĞUR

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Bilge AKDENİZ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

MAYIS 2025

TEZ ONAY SAYFASI

Zeynep UĞUR tarafından hazırlanan “Ultrason Ön İşlemi Uygulanmış Patlıcan Dilimlerinin Konvektif Kurutulması ile Oluşan Bazı Kalite Özellikleri” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 21/ 05/ 2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Anabilim Dalı Adı Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Bilge AKDENİZ

Başkan : Doç. Dr. Nizam Mustafa NİZAMLIOĞLU
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Üye : Doç. Dr. Dilek DEMİRBÜKER KAVAK
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Bilge AKDENİZ
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
..... /..... /..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Prof. Dr. Bekir YALÇIN
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

21/05/2025

Zeynep UĞUR

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ULTRASON ÖN İŞLEMİ UYGULANMIŞ PATLICAN DİLİMLERİNİN KONVEKTİF KURUTULMASI İLE OLUŞAN BAZI KALİTE ÖZELLİKLERİ

Zeynep UĞUR

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Bilge AKDENİZ

Bu çalışmada, farklı şiddetlerde ultrason ön işlemi uygulanarak farklı sıcaklıklarda (50°C, 60°C ve 70°C) kurutulan patlıcan dilimlerinin kurutma kinetiği, renk parametreleri (CIE L*a*b), mikro yapısal özellikler (SEM ve porozimetri), rehidrasyon davranışı ve duyusal özellikleri incelenmiştir. Artan sıcaklıkla birlikte kurutma süresinin belirgin şekilde azaldığı tespit edilmiş, en hızlı kütle kaybının 70°C'de gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Renk analizleri, yüksek sıcaklıkların (70°C) L değerinde düşüşe (koyulaşma) yol açtığını, buna karşın aydınlık koşulların renk koruma üzerinde olumlu etkiler sağladığını ortaya koymuştur. SEM ve porozimetri verileri, ultrason ön işlemi (W1) uygulanan örneklerde homojen gözenek yapısı geliştiğini, buna karşılık yüksek ultrason şiddetinin (W2) yapısal hasara neden olduğunu göstermiştir. Rehidrasyon çalışmaları, 70°C'de en yüksek su alma kapasitesinin elde edildiğini, ancak 60°C'deki örneklerin duyusal değerlendirmede (81.11 genel kabul puanı) en iyi performansı sergilediğini ortaya koymuştur. Sonuçlar, patlıcan kurutma proseslerinde 60°C sıcaklık ve orta düzey ultrason ön işleminin (W1) mikro yapısal bütünlük, renk stabilitesi ve duyusal kaliteyi optimize etmek için en uygun koşullar olduğunu göstermektedir.

2025, x + 80 sayfa

Anahtar Kelimeler: patlıcan, konvektif kurutma, ultrasonik ön işlem, kalite

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

THE CONVECTIVE DRYING OF EGGPLANT SLICES SUBJECTED TO ULTRASONIC PRETREATMENT: SOME QUALITY ATTRIBUTES

ZEYNEP UĞUR

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Food Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Bilge AKDENİZ

This study investigated the drying kinetics, color parameters (CIE L^*a^*b), microstructural properties (SEM and porosimetry), rehydration behavior, and sensory attributes of eggplant slices. These slices were dried at various temperatures (50°C, 60°C, and 70°C) after being subjected to ultrasound pre-treatments of differing intensities. A significant reduction in drying time was observed with increasing temperature, with the fastest mass loss occurring at 70°C. Color analyses revealed that higher temperatures (70°C) led to a decrease in L^* values (darkening), while light conditions positively influenced color preservation. SEM and porosimetry data indicated that samples subjected to ultrasound pretreatment (W1) developed a more homogeneous pore structure. In contrast, high-intensity ultrasound (W2) resulted in structural damage. Rehydration studies demonstrated the highest water absorption capacity at 70°C. However, samples dried at 60°C exhibited the best performance in sensory evaluation (an overall acceptability score of 81.11). These findings suggest that a drying temperature of 60°C combined with moderate ultrasound pretreatment (W1) represents the optimal conditions for preserving microstructural integrity, color stability, and sensory quality in eggplant drying processes.

2025, x + 80 pages

Keywords: eggplant, convective drying, ultrasonic pretreatment, quality

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmamda her türlü desteği vererek yardımlarını esirgemeyen bu araştırmanın bir yüksek lisans tezi olabilmesi için değerli zamanını benim için ayıran danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Bilge AKDENİZ'e ve 21.FEN. BİL.43 numaralı projeme finansal olarak destek sağlayan Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) koordinatörlüğüne teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisansı yaptığım süreç içinde ve tüm eğitim hayatımda buralara kadar gelmem de en büyük destekçim ve yol gösterenim olan babam Recep UĞUR'a ve annem Hatice UĞUR'a her daim yanımda oldukları için teşekkür ediyorum. Bu zorlu ve uzun süreçte beni desteleyen ve her zaman yanımda olan eşim Samet KOYUNCU 'ya da çok teşekkür ediyorum.

Zeynep UĞUR
Afyonkarahisar 2025

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
RESİMLER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	3
2.1 Patlıcan Bitkisi ve Türleri	3
2.2 Patlıcanın Önemi ve Kullanım Alanı.....	12
2.3 Patlıcanın Botanik Özellikleri ve Yetiştiriciliği.....	14
2.4 Kurutma Yöntemlerinin Gıda Endüstrisindeki Rolü	16
2.4.1 Patlıcanın Kurutulmasında Kullanılan Yöntemler	20
2.4.2 Kurutma Sürecinde Kalite Özellikleri.....	23
2.5 Ultrasonik Ön İşlemin Kurutma Sürecine Etkileri	24
2.6 Ultrason ve Konvektif Kurutma Üzerine Yapılan Çalışmalar.....	26
3. MATERYAL ve METOT	28
3.1 Materyal	28
3.2 Metotlar.....	28
3.2.1 Deney Aşamaları ve Patlıcan Örneklerinin Hazırlanması	28
3.2.2 Ultrason Uygulaması.....	29
3.2.3 Kurutma	30
3.3 Analizler.....	31
3.3.1 Kütle Değişimi Analizleri	31
3.3.2 Elektrik İletkenliği (EC).....	32
3.3.3 Renk Değişimi.....	32
3.3.4 SEM Mikroyapı Görüntüleme.....	33
3.3.5 Porozimetre Analizi	33

3.3.6 Duyusal Analiz.....	34
3.3.7 Rehidrasyon Analizleri.....	34
4. BULGULAR	35
4.1 Kütle Değişimi	35
4.2 Renk Değişimi	37
4.2.1 L Değeri	37
4.2.2 a* Değerleri.....	39
4.2.3 b* Değerleri.....	40
4.2.4 C* Değerleri.....	41
4.2.5 h* Değerleri.....	43
4.3 Mikroyapı Görüntüleme ve Porozite	44
4.4 Duyusal Analiz	49
4.5 Rehidrasyon	52
4.5.1 Rehidrasyon Sırasındaki Kütle değişimi	52
4.5.2 Elektrik İletkenliği (EC) Değişimi	56
5. TARTIşMA ve SONUÇ	60
6. KAYNAKLAR.....	72
�ZGE�Mİş.....	79
EKLER	80

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

a*	Kırmızı/yeşil doygunluk indeksi
b*	Sarı/mavi doygunluk indeksi
ΔE	Renk değişimi
C	Renk değeri
c	Işık hızı
°C	Santigrat derece
h°	Hue açısı
E ₁	Düşük enerji seviyesi
E ₂	Yüksek enerji seviyesi
h	Renk Canlılığını Gösteren Birim
L	Aydınlık Değeri
cm	Santimetre
m	Metre
s	Saniye
dk	dakika
g	Gram
μS	Microsiemens
%	Yüzde

Kısaltmalar

AB	Avrupa Birliği
ABA	Absisik Asit
EC	Elektrik iletkenliği
FDA	Gıdave İlaç Dairesi
T.C.	Türkiye Cumhuriyeti
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
TUAM	Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi
UV	Ultraviyole
W0	Ultrason uygulanmayan örnekler

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1 Deney aşamaları.....	28
Şekil 3.2 Deney kodları.....	29
Şekil 4.1 70°C kurutmada kütle değişim grafiği.....	35
Şekil 4.2 60°C kurutmada kütle değişim grafiği.....	36
Şekil 4.3 50°C kurutmada kütle değişim grafiği.....	36
Şekil 4.4 70°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kuruma sırasında L* değerinin değişimi.....	37
Şekil 4.5 60°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kuruma sırasında L* değerinin değişimi.....	38
Şekil 4.6 50°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kuruma sırasında L* değerinin değişimi.....	38
Şekil 4.7 70°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kuruma sırasında a* değerinin değişimi.....	39
Şekil 4.8 60°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kuruma sırasında a* değerinin değişimi.....	39
Şekil 4.9 50°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kuruma sırasında a* değerinin değişimi.....	40
Şekil 4.10 70°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kuruma sırasında b* değerinin değişimi.....	40
Şekil 4.11 60°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kuruma sırasında b* değerinin değişimi.....	41
Şekil 4.12 50°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kuruma sırasında b* değerinin değişimi.....	41
Şekil 4.13 70°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kuruma sırasında C* değerinin değişimi.....	42
Şekil 4.14 60°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kuruma sırasında C* değerinin değişimi.....	42
Şekil 4.15 50°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kuruma sırasında C* değerinin değişimi.....	43

Şekil 4.16	70°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kuruma sırasında h^* değerinin değişimi.....	43
Şekil 4.17	60°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kuruma sırasında h^* değerinin değişimi.....	44
Şekil 4.18	50°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kuruma sırasında h^* değerinin değişimi.....	44
Şekil 4.19	70 °C’de kurutulan patlıcan örneklerinin mikroyapı sonuçları.....	45
Şekil 4.20	60 °C’de kurutulan patlıcan örneklerinin mikroyapı sonuçları.....	46
Şekil 4.21	50 °C’de kurutulan patlıcan örneklerinin mikroyapı sonuçları.....	47
Şekil 4.22	Kurutulan patlıcanların 70°C sıcaklıkta rehidrasyon sırasında kütle değişimi.	53
Şekil 4.23	Kurutulan patlıcanların 60°C sıcaklıkta rehidrasyon sırasında kütle değişimi.	54
Şekil 4.24	Kurutulan patlıcanların 50°C sıcaklıkta rehidrasyon sırasında kütle değişimi.	55
Şekil 4.25	Kurutulan patlıcanların 70°C sıcaklık rehidrasyon sırasında elektrik iletkenliği değişimi	56
Şekil 4.26	Kurutulan patlıcanların 60°C sıcaklık rehidrasyon sırasında elektrik iletkenliği değişimi	57
Şekil 4.27	Kurutulan patlıcanların 50°C sıcaklık rehidrasyon sırasında elektrik iletkenliği değişimi	58

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 4.1 50°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin duyusal analiz sonuçlarının ortalaması ve standart sapması	51
Çizelge 4.2 60°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin duyusal analiz sonuçlarının ortalaması ve standart sapması	51
Çizelge 4.3 70°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin duyusal analiz sonuçlarının ortalaması ve standart sapması	51



RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa
Resim 2.1 Patlıcan üretim dağılımı.....	9
Resim 2.2 Farklı şekillerde patlıcan çiçekleri.....	16
Resim 3.1 Ultrasonik banyo.....	29
Resim 3.2 Kurutma kabini.	30
Resim 3.3 Kurutma öncesi Patlıcan örnekleri.	31
Resim 3.4 Kurutma sonrası Patlıcan örnekleri.	31
Resim 4.1 50°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin taze, kurutulmuş ve rehidre görselleri.	49
Resim 4.2 60°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin taze, kurutulmuş ve rehidre görselleri	50

1. GİRİŞ

Patlıcan (*Solanum melongena*), dünyada yaygın olarak tüketilen ve *Solanaceae* familyasında yer alan önemli bir sebze olarak bilinmektedir. Özellikle yetiştiği ortam olan tropikal ve subtropikal iklimlerde yetişen bu sebze, genellikle Asya, Afrika ve Akdeniz ülkelerinde geleneksel yemek kültürlerinin bir parçası olarak öne çıkmaktadır (Taher vd. 2017). Patlıcan sebzesinin düşük kalorili içeriği ve zengin besin değerlerinin olması sebebiyle, sağlıklı beslenme programlarının ve çeşitli diyetlerin önemli bir ögesi olarak tercih edildiği görülmektedir (Magioli ve Mansur 2005).

Öte yandan patlıcanın içeriğinde, fenolik bileşikler, diyet lifi ve çeşitli vitaminler gibi insan sağlığına yararlı birçok bileşen bulunmaktadır (Arias 2009). Bununla birlikte, patlıcanın su içeriği oldukça yüksek ve bu nedenle uzun süreli saklama koşullarında kalitesini korumakta zorluklar yaşandığı bilinmektedir. Dolayısıyla bu durum, patlıcanın işlenmesi ve muhafaza edilmesi sırasında farklı kurutma tekniklerinin uygulanmasını gerekli kılmaktadır.

Kurutma ise genel olarak gıdaların su içeriğini azaltarak mikrobiyal büyümeyi önlemek ve raf ömrünü uzatmak amacıyla kullanılan yaygın bir muhafaza yöntemidir (Lewicki 2006). Kurutma sürecinde ürünlerin fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerinde meydana gelen değişiklikler, kurutma koşulları ve ön işlemler ile doğrudan ilişkilidir. Bu bağlamda, patlıcan gibi su içeriği yüksek sebzelerin kurutulması sırasında kalite özelliklerinin korunması büyük önem arz etmektedir. Konvektif kurutma, sıcak hava akışının ürünlere temas ederek suyun buharlaşmasını sağlayan geleneksel bir yöntemdir ve patlıcan gibi sebzelerin kurutulmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Ertekin ve Yıldız 2004). Ancak, bu yöntemle kurutma sırasında ürünlerin renk, yapı ve besin değerlerinde kayıplar meydana gelmektedir (Akpınar vd. 2003). Bu nedenle, kurutma işleminden önce uygulanan ön işlemler, patlıcanın kalite özelliklerinin korunmasında etkili bir rol oynamaktadır.

Ultrasonik ön işlem ise son yıllarda gıda işleme teknolojisinde sıklıkla kullanılan bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bu yöntemde, yüksek frekansta ses dalgaları kullanılarak

gıdanın yapısında fiziksel değişiklikler oluşturulmakta ve bu sayede kurutma sürecinin verimliliği artırılmaktadır (Chemat vd. 2011). Ultrason ön işlemi, gıdanın gözenek yapısını etkileyerek suyun buharlaşma hızını artırmakta ve kurutma süresini kısaltmaktadır (Zhang vd. 2017). Aynı zamanda, bu işlem sırasında gıdada meydana gelen hücre duvarı parçalanmaları, kurutma süresini kısaltırken, kurutulmuş ürünün renk, aroma ve besin değerlerinin korunmasına katkıda bulunmaktadır (Ozuna vd. 2014).

Bu çalışmanın amacı, ultrasonik ön işlem uygulanmış patlıcan dilimlerinin konvektif kurutma yöntemiyle kurutulması sırasında oluşan bazı kalite özelliklerinin incelenmesidir. Patlıcanın kurutulması sırasında kullanılan ultrasonik ön işlemin, kurutma süresine ve ürünün fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerine olan etkisi değerlendirilecektir. Bu bağlamda, ultrason ön işleminde kurutulmuş patlıcan dilimlerinin, renk, büzölme oranı, nem içeriği, toplam fenolik bileşik miktarı ve duyuşal özellikleri gibi kalite parametreleri analiz edilecektir. Elde edilecek bulgular, patlıcanın kurutulması sırasında kullanılan ön işlemlerin etkinliğinin belirlenmesi ve daha kaliteli kurutulmuş ürünlerin elde edilmesi açısından önem taşımaktadır.

Sonuç olarak, bu araştırma, patlıcan dilimlerinin kurutulması sırasında kullanılan ultrasonik ön işlemin, kurutma süreci ve ürün kalitesi üzerindeki etkilerini ortaya koyarak hem gıda işleme teknolojileri hem de tarımsal ürünlerin muhafazası konularında katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Bu çalışmanın bulguları, gıda sanayisinde daha etkili ve verimli kurutma yöntemlerinin geliştirilmesine yönelik bilgiler sunacak ve patlıcan gibi su içeriği yüksek sebzelerin kalite kayıplarını en aza indiren yeni teknolojilerin kullanımına yönelik rehberlik sağlayacaktır. Bunun yanı sıra elde edilen verilerin mevcut literatüre katkısı noktasında önemli bir araştırması olması amaçlanmaktadır.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Patlıcan Bitkisi ve Türleri

Patlıcan bitkisi, yabani akrabalarıyla birlikte doğada ilginç bir çeşitlilik gösterir. Bu yabani türler, genellikle büyük dikenli yapraklara ve küçük, sert, beyaz ya da yeşil renkte, yumurta biçiminde meyvelere sahiptir. Bu özelliklerinden ötürü patlıcan, 1763 yılında ilk defa “*eggplant*” yani “yumurta bitkisi” olarak kayıtlara geçmiştir. Patlıcanın Avrupa dillerindeki diğer adlarının çoğu ise Arapça kökenli “*bāḍinjān*” kelimesinden türemiş ve bu kelime zaman içerisinde “*brinjal*” olarak şekil değiştirmiştir. Ayrıca, bitki Batı Afrika ile olan bağlantısına atfen “Gine kabağı” olarak da bilinmektedir. Bir diğer isim olan “Yahudi elması” ise meyvenin Batı Hint Adaları’na ilk kez Yahudiler tarafından getirildiği düşüncesiyle ilişkilidir. Bitkinin bilimsel adı olan “*melongena*”, Latin kökenlidir ve bu ad, “*bāḍinjān*” kelimesinin M.S. 11. yüzyılda Yunanca’ya aktarılması ile ortaya çıkmıştır. Yunanca’da “siyah” anlamına gelen “melas” sözcüğünden türeyen bu terim, önce 11. yüzyılda “*matizanon*” olarak, ardından 14. yüzyılda “*melintzana*” şeklinde ifade edilmiştir (Anonim 2022).

Patlıcan türleri, biyolojik sınıflandırmada bitkiler (*Plantae*) alemine dahildir ve Trachrobionta alt aleminde yer alır. Bu türler, tohumlu bitkiler (*Spermatophyta*) üst şubesine ve kapalı tohumlular (*Magnoliophyta* = *Angiospermae*) şubesine aittir. Patlıcan, çiçekli bitkiler sınıfında (*Magnoliopsida* = *Dicotyledonea* = *Eudicots*) sınıflandırılır ve Asteridae alt sınıfında yer alır. Daha ayrıntılı olarak Solanales takımında sınıflandırılan patlıcan, Solanaceae ailesine/familyasına bağlı olan Solanum cinsine dahildir (Sekera et al. 2007, Anonim 2022).

Solanaceae ailesi, halk arasında “*patlıcangiller*” olarak da bilinir ve yaklaşık 90 cins ile 3000 kadar türü barındıran büyük bir bitki ailesidir. Bu ailenin bir üyesi olan Solanum cinsi, dünya çapında ekonomik ve tarımsal öneme sahip patates, domates, biber ve patlıcan gibi sebze türlerini içerir. Solanum cinsi, 13 alt cinse ve yaklaşık 1500 türe sahip olması nedeniyle bu ailenin en geniş cinsi olarak kabul edilir. Patlıcan türleri, bu geniş Solanum cinsi içinde “*dikenli Solanum*” olarak adlandırılan bir alt grupta yer alır. Bu alt

grup, sap ve yapraklarında bulunan keskin epidermal dikenler ve sivri tüylerle tanınan yaklaşık 450 tür içerir ve *Leptostemonum Bitter* alt cinsine dahildir. *Leptostemonum Bitter* alt cinsi ise iki ana bölüme ayrılmıştır: İlk bölüm “*Melongena (Dunal)*” olarak bilinir ve *S. melongena* ile *S. macrocarpon* türlerini içerir. İkinci bölüm ise “*Oliganthes (Dunal)*” olarak adlandırılır ve *S. aethiopicum* türünü kapsar (Taher et al. 2017).

Bu biyolojik çeşitlilik, patlıcanın tarımsal ve kültürel tarihine ışık tutar. Farklı ekolojik koşullara uyum sağlamış bu bitki türleri, insanlar tarafından farklı coğrafyalarda ve farklı amaçlarla kullanılmıştır. Özellikle patlıcanın yaban türlerinin sahip olduğu dikenli yaprak yapısı ve sert meyveleri, bu bitkinin doğada nasıl bir savunma mekanizmasına sahip olduğunu gösterir. Aynı zamanda, tarih boyunca bu bitkiye verilen isimler, patlıcanın insanlar üzerindeki etkisini ve kültürel etkileşimlerini gözler önüne sermektedir. Arapça kökenli isimlerin Avrupa dillerine geçişi ve bu süreçteki evrimleri, bitkinin ticaret ve kültür yoluyla farklı toplumlar arasındaki hareketini ve tanınmasını simgeler. Bu durum, patlıcanın sadece biyolojik değil, aynı zamanda kültürel olarak da önemli bir bitki olduğunu göstermektedir.

Öte yandan patlıcan, botanik açıdan patates, domates ve biber ile aynı familya olan *Solanaceae* familyasında sınıflandırılmaktadır. Bu bitki, özellikle Çin, Hindistan, Mısır ve Türkiye gibi ülkelerde yaygın olarak yetiştirilmektedir ve dünya genelinde üretimi açısından en önemli üçüncü sebze konumundadır; bu sıralamada patates ve domatesin hemen ardından gelmektedir. Tropikal bölgelerde çok yıllık bir bitki olarak yetiştirilen patlıcan, bu bölgelerin dışındaki iklimlerde ise tek yıllık kültür bitkisi olarak yetiştirilir. Tarihsel kaynaklar, patlıcanın çok eski zamanlardan beri Hindistan’da bulunduğunu ve gen merkezinin Indo-Burma bölgesi olduğunu göstermektedir. Domates ve biber gibi aynı familyaya ait diğer sebzeler, yeni dünya ülkelerinde kültüre alınırken, patlıcan (*Solanum melongena*, *Esculentum* = kültür patlıcanı türleri) ise eski dünya ülkelerinde ve özellikle Çin, Hindistan ve Tayland gibi Asya ülkelerinde kültüre alınmıştır.

Patlıcanın tarımı ilk kez M.Ö. 5. yüzyılda Hindistan’da gerçekleştirilmiş ve oradan Afrika’ya yayılmıştır. 16. yüzyılda ise İspanyollar tarafından Avrupa’ya getirilmiştir. Ancak bu dönemde Avrupa’da daha çok dekoratif amaçlarla yetiştirilmiştir. Güneydoğu

Asya'dan Batı'ya ulaşan patlıcan, önce Batı ve Kuzey Afrika'ya, ardından 17. yüzyıl başlarında Akdeniz havzası, Avrupa ve Arap ülkelerine yayılmıştır. Türkiye'ye gelişinin İpek Yolu üzerindeki ticaret yoluyla olduğu düşünülmekte, fakat kesin olarak hangi tarihte geldiği bilinmemektedir. Patlıcan ismi, bu bitkinin yumurtaya benzeyen meyvelerinden dolayı verilmiştir.

Dünya genelinde patlıcan yetiştiriciliği yapan ülkeler arasında Hindistan, Çin, Mısır, Türkiye, Japonya, Endonezya, bazı Afrika ülkeleri ve Avrupa'da İtalya ve Fransa, ayrıca Amerika bulunmaktadır. Patlıcan tarımı, özellikle Asya'nın güney ve doğu bölgeleri ile Akdeniz ve Afrika ülkelerinde yoğunlaşmıştır. Bu ülkelerde ekonomik olarak önem taşıyan patlıcan, aynı zamanda besleyici özellikleriyle de ön plana çıkmaktadır. Gelişmiş ülkelerde ise patlıcan, düşük kalorili olması sebebiyle diyetlerde önemli bir yer edinmiştir.

Patlıcanın gen merkezi olarak kabul edilen Indo-Burma bölgesi, bitkinin tarih boyunca çeşitli kültürlerde ve coğrafyalarda önemli bir rol oynamasını sağlamıştır. Bitkinin yetiştirildiği bölgeler arasında yer alan Hindistan, patlıcanın tarımının en erken dönemlerde başladığı ve diğer bölgelere yayıldığı bir merkez olarak bilinir. Bu yayılma süreci boyunca bitki, farklı iklim ve çevre koşullarına uyum sağlayarak tropikal bölgelerde çok yıllık, diğer bölgelerde ise tek yıllık bir bitki olarak yetiştirilebilmiştir. Hindistan'dan Afrika'ya ve sonrasında Avrupa'ya olan yayılma süreci, patlıcanın tarihsel bir ticaret ürünü olarak da önemini ortaya koymaktadır. Avrupa'ya ilk kez İspanyollar tarafından getirilen patlıcan, önceleri sadece süs bitkisi olarak yetiştirilmiş olsa da zaman içinde mutfak kültüründe kendine yer bulmuştur. Güneydoğu Asya'dan Batı'ya kadar geniş bir coğrafyada kendini göstermesi, patlıcanın farklı toplumların mutfak ve tarım kültürlerine uyum sağladığını göstermektedir.

Türkiye'de patlıcanın ne zaman tarıma alındığına dair net bilgiler bulunmamakla birlikte, İpek Yolu üzerindeki ticaret faaliyetleriyle ülkeye geldiği düşünülmektedir. Bu süreç, patlıcanın Türkiye'de zamanla nasıl önemli bir tarımsal ürün haline geldiğini ve mutfak kültürüne dahil olduğunu ortaya koymaktadır. Patlıcan, özellikle Akdeniz mutfağında önemli bir sebze olarak yer almakta ve birçok yemeğin ana malzemesi olarak

kullanılmaktadır. Türkiye, dünya genelinde patlıcan üretiminde önemli bir konuma sahiptir ve bu durum, patlıcanın Türk mutfağındaki yerinin de ne denli köklü olduğunu göstermektedir.

Patlıcanın yetiştirildiği ülkeler arasında Hindistan ve Çin, dünya üretiminin büyük bir bölümünü gerçekleştirmektedir. Bu ülkeleri Mısır, Türkiye ve Japonya izlemektedir. Ayrıca, Endonezya ve bazı Afrika ülkeleri de patlıcan üretiminde önemli bir yere sahiptir. Avrupa'da ise İtalya ve Fransa gibi ülkeler patlıcan tarımında öne çıkmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri de patlıcan tarımıyla uğraşan ülkeler arasındadır. Patlıcan üretimi, Asya'nın güney ve doğusunda, Akdeniz havzasında ve Afrika'da yoğunlaşmıştır. Bu coğrafi yoğunluk, patlıcanın farklı iklim koşullarında yetişebilme yeteneğini ve tarımsal olarak birçok bölgede ekonomik önem taşıdığını göstermektedir.

Besleyici özellikleriyle de dikkat çeken patlıcan, ekonomik olmasının yanı sıra düşük kalorili yapısı nedeniyle gelişmiş ülkelerde diyetlerde sıkça tercih edilen bir sebze türüdür. Patlıcan, vitamin ve mineral açısından zengin olması ve lif içeriği sayesinde sağlıklı beslenme programlarında yer almaktadır. Özellikle düşük kalorili olması nedeniyle obezite ve kilo kontrolü ile ilgili diyetlerde önemli bir bileşen olarak kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra patlıcan, farklı mutfaklarda çeşitli yemek tariflerinde kullanılmasıyla da dikkat çekmektedir. Kızartma, ızgara, fırında pişirme gibi farklı pişirme yöntemlerine uygun olması ve diğer sebzelerle kolaylıkla kombinlenebilmesi, patlıcanın mutfaklarda geniş bir kullanım yelpazesine sahip olmasını sağlamaktadır.

Bu tarihsel, kültürel ve tarımsal süreçlerin bir sonucu olarak patlıcan, günümüzde dünya genelinde önemli bir sebze olarak kabul edilmektedir. Hem tarımsal üretim açısından hem de besin değeri ve mutfak kültürü içindeki yeri bakımından patlıcan, farklı coğrafyalarda ve kültürlerde kendine önemli bir yer edinmiştir. Bu durum, patlıcanın yalnızca biyolojik çeşitliliğini değil, aynı zamanda kültürel zenginliğini de gözler önüne sermektedir.

Patlıcan, dünya genelinde ve Türkiye'de oldukça yaygın tüketilen, agronomik ve ekonomik açıdan büyük öneme sahip bir sebze türüdür (Magioli ve Mansur 2005). 2017 yılına ait FAOSTAT verilerine göre, dünya genelinde toplam 1.858.253 hektar alanda

52.309.119 ton patlıcan üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu veriler ışığında patlıcan, Solanaceae familyasındaki ekonomik önemi büyük bitkiler arasında patates, domates, biber ve tütünden sonra beşinci sırada yer almaktadır (Taher vd. 2017). Artan tüketici ilgisiyle birlikte patlıcan, dünyanın farklı bölgelerinde tarımı yapılan bir kültür bitkisi olarak dikkat çekmektedir. Tropik bölgelerde çok yıllık, diğer iklim kuşaklarında ise tek yıllık bir bitki olarak yetiştirilmektedir. Tropik, subtropik ve ılıman iklimlerde yaygın olarak kültüre alınmış olan patlıcan (Padma 2012, Das 2013, Yousafi vd. 2013), özellikle Asya kıtasında yoğun üretimiyle ön plana çıkmaktadır. Dünyadaki toplam patlıcan üretiminin %93,8'i Asya kıtasında gerçekleştirilmektedir ve bu kıta 49.081.305 ton üretim ile dünya patlıcan üretiminin büyük kısmını karşılamaktadır.

Patlıcan, Solanaceae familyasında yer alan diğer önemli bitkilerle benzer şekilde farklı coğrafi bölgelerde adapte olabilme yeteneği sayesinde yaygınlaşmıştır. Solanaceae familyası, patlıcanın yanı sıra domates, biber, patates ve tütün gibi pek çok önemli tarımsal ürünü içeren geniş bir bitki grubudur. Bu geniş bitki ailesi gerek beslenme gerekse ekonomi açısından küresel ölçekte önemli bir yere sahiptir. Patlıcan ise, bu familyanın beşinci en önemli türü olarak ekonomik değer taşımaktadır. Bunun nedeni, patlıcanın farklı ekolojik koşullara adapte olabilmesi ve geniş bir coğrafyada yetiştirilebilmesidir.

Dünya genelinde patlıcan üretiminin büyük bir kısmı, Asya kıtasında yapılmaktadır ve bu kıtanın tropik ve subtropik bölgeleri, patlıcan yetiştiriciliği açısından oldukça elverişlidir. Patlıcan, tropik bölgelerde çok yıllık bir bitki olarak yetiştirilirken, daha serin iklimlerde tek yıllık olarak yetiştirilmektedir. Bu durum, bitkinin biyolojik ve ekolojik esnekliğini yansıtmaktadır. Patlıcanın bu farklı iklim bölgelerine uyum sağlama kabiliyeti, onu dünya genelinde ekonomik olarak önemli bir sebze türü haline getirmiştir. Aynı zamanda, patlıcanın yaygın üretimi ve farklı tüketici tercihlerine hitap eden çeşitliliği, bu bitkinin dünya mutfaklarında da geniş bir yer edinmesini sağlamıştır.

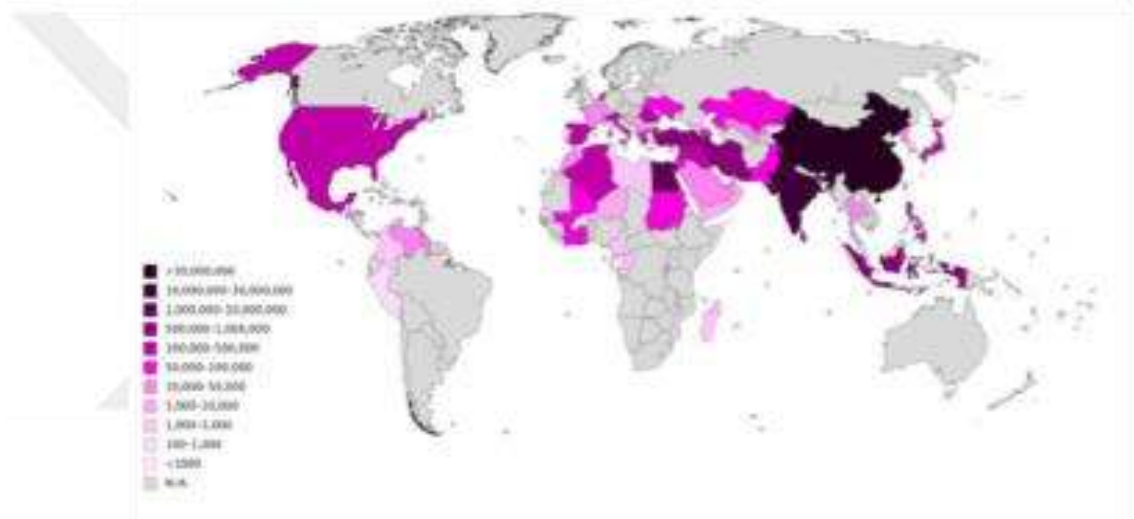
Tropikal, subtropikal ve ılıman bölgelerde patlıcanın yaygın olarak kültüre alınması, bu bitkinin tarımsal değerini ve adaptasyon yeteneğini ortaya koymaktadır. Patlıcanın, özellikle tropik bölgelerde çok yıllık olarak yetiştirilmesi, bu bölgelerde sürekli bir

tarımsal faaliyet ve ürün elde edilmesine olanak tanımaktadır. Öte yandan, daha soğuk bölgelerde tek yıllık olarak yetiştirilen patlıcan, bu bölgelerde tarımın çeşitlendirilmesine katkı sağlamaktadır. Tropikal ve subtropikal bölgelerin yanı sıra ılıman iklimlerde de yetiştirilen patlıcan, dünya genelinde farklı tüketim alışkanlıklarına ve damak tatlarına hitap eden bir sebze olarak dikkat çekmektedir.

Patlıcanın dünya genelindeki üretim miktarının %93,8'ini Asya ülkelerinin karşılaması, bu bitkinin Asya'daki tarımsal önemini ve bölgedeki beslenme kültürüne olan katkısını vurgulamaktadır. Asya kıtası, patlıcan üretiminde lider konumda olup, bu durum bölgenin iklim koşullarının patlıcan yetiştiriciliğine uygunluğunu göstermektedir. Özellikle Çin, Hindistan ve diğer Asya ülkeleri, dünya patlıcan üretiminde ön sıralarda yer almakta ve bu ülkeler patlıcanın en çok tüketildiği ve üretildiği coğrafyalar arasında bulunmaktadır. Bu bölgelerde patlıcan, hem ekonomik bir gelir kaynağı olarak değerlendirilen hem de günlük beslenmede önemli bir yer tutan bir sebze türüdür.

Patlıcan üretiminin büyük çoğunluğunun Asya kıtasında yapılmasının yanı sıra, bitkinin farklı coğrafyalarda da yetiştirilmesi, onun küresel tarımsal önemini artırmaktadır. Tropik ve subtropik bölgelerde çok yıllık, ılıman iklimlerde ise tek yıllık olarak yetiştirilen patlıcan, farklı kültürlerin mutfaklarında kendine yer bulmaktadır. Bu durum, patlıcanın esnek bir tarımsal ürün olarak değerlendirilmesine ve farklı tüketici gruplarının taleplerine yanıt verebilmesine olanak sağlamaktadır.

Sonuç olarak, patlıcan gerek ekonomik gerekse tarımsal açıdan dünya genelinde önemli bir sebze türüdür. Üretim alanlarının genişliği ve adaptasyon yeteneği sayesinde patlıcan, dünya genelinde tarımsal üretimde ve tüketimde önemli bir paya sahiptir. Tropik, subtropik ve ılıman iklimlerde yetiştirilebilmesi, bu bitkinin tarımsal değerini ve adaptasyon yeteneğini ortaya koymaktadır. Özellikle Asya kıtası, patlıcan üretiminde lider konumda olup, bu durum patlıcanın bölgedeki ekonomik ve besleyici önemini vurgulamaktadır. Gelişmekte olan ülkeler için patlıcan, ekonomik olarak önemli bir tarımsal ürün olmasının yanı sıra beslenme açısından da önemli bir kaynak teşkil etmektedir. Bu bağlamda, patlıcanın küresel ölçekte hem ekonomik hem de tarımsal bir değer taşıdığı söylenebilir.



Resim 2.1 Patlıcan üretim dağılımı.

Dolayısıyla patlıcan üretimi, Asya kıtasının dünya genelindeki hakimiyeti ile dikkat çekmektedir ve Asya'yı sırasıyla Afrika (%3,6; 1.896.091 ton), Avrupa (%1,8; 927.715 ton), Amerika (%0,8; 402.271 ton) ve Okyanusya (%0,03; 1.737 ton) takip etmektedir (Resim 2.1). Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, patlıcan uygun fiyatlı ve besleyici bir gıda kaynağı olarak önemli bir rol oynamaktadır (Doğanlar vd. 2002).

Bu sebze, aynı zamanda düşük maliyeti ve yaygın erişilebilirliği sayesinde, yetersiz beslenme sorunlarının çözümüne katkı sağlayabilecek potansiyel gıda ürünlerinden biridir.

Dünya genelinde en yaygın olarak yetiştirilen patlıcan türü, bilimsel adıyla *Solanum melongena* olarak bilinmektedir (Daunay vd. 2001b). Bu tür, neredeyse her kıtada yetiştirilmekte ve tarımsal üretimde önemli bir yere sahiptir. *Solanum melongena*, geniş üretim alanları ve adaptasyon yeteneğiyle tarımsal ve besin değerleri açısından en bilinen patlıcan türüdür. Bununla birlikte, bu türün yakın akrabaları da belirli bölgelerde yaygın olarak yetiştirilmektedir. Örneğin, *Solanum aethiopicum* (Afrika kırmızı patlıcanı) ve *Solanum macrocarpon* (Gboma patlıcanı) gibi türler, özellikle Afrika kıtasının orta ve batı bölgelerinde önemli bir tarımsal role sahiptirler. Bu türler, yerel tarım sistemlerinde küçük ölçekli olarak üretilmekte ve geleneksel mutfaklarda sıkça tüketilmektedir (Sekara vd. 2007, Arias 2009, Naujeer 2009).

Patlıcanın Afrika kıtasında yaygın olarak yetiştirilmesi, bölgedeki tarımsal sistemlerin çeşitliliği ve yerel halkın beslenme alışkanlıkları ile doğrudan ilişkilidir. Özellikle *Solanum aethiopicum* ve *Solanum macrocarpon*, yerel tarım sistemlerinde popüler sebzeler olarak dikkat çekmektedir. Bu iki tür, geleneksel tarım uygulamalarıyla Afrika'nın belirli bölgelerinde yetiştirilmektedir ve bu bölgelerde ekonomik ve kültürel anlamda önemli bir rol oynamaktadır. Küçük ölçekli tarım sistemlerinde yer alan bu patlıcan türleri, yerel halkın beslenme ihtiyaçlarını karşılamada ve tarımsal çeşitliliği artırmada büyük katkılar sağlamaktadır. Özellikle, *Solanum aethiopicum* (Scarlet patlıcan) ve *Solanum macrocarpon* (Gboma patlıcanı) gibi türler hem besleyici hem de ekonomik olarak değerlidir.

Solanum aethiopicum ve *Solanum macrocarpon*, Afrika kıtasında geleneksel yöntemlerle yetiştirilen patlıcan türleri arasında öne çıkmaktadır. *S. aethiopicum*, özellikle Batı ve Orta Afrika'da yaygın olarak bulunmakta ve bölgenin mutfak kültüründe önemli bir yere sahiptir. Bu bitki, kırmızı meyveleri nedeniyle "Scarlet patlıcan" olarak da bilinmekte olup, bölgedeki birçok yerel yemek tarifinde kullanılmaktadır. *S. macrocarpon* ise Gboma patlıcanı adıyla anılmakta ve Afrika'nın farklı bölgelerinde yerel tarımın önemli bir unsuru olarak değerlendirilmekte; genellikle yaprakları ve meyvesi sebze olarak tüketilmektedir. Bu türler, geleneksel tarım sistemlerinde yetiştirildiklerinden, modern tarım uygulamalarından farklı olarak düşük maliyetli ve sürdürülebilir üretim yöntemleriyle öne çıkmaktadırlar.

Afrika'da patlıcan türlerinin bu kadar çeşitli olması, bölgenin biyolojik çeşitliliği ve tarımsal gelenekleriyle doğrudan ilişkilidir. Patlıcan, bu bölgelerde hem besin değeri hem de ekonomik getirisi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu bitkinin üretimi, bölgenin kırsal kesimlerinde yaşayan toplulukların geçim kaynaklarından birini oluşturmakta ve yerel pazarlarda satılan en yaygın sebzelerden biri olarak ekonomik canlılığa katkı sağlamaktadır. Özellikle kırsal bölgelerde, yerel halk patlıcan üretimiyle hem kendi beslenme ihtiyaçlarını karşılamakta hem de gelir elde etmektedir. Bu durum, patlıcanın Afrika'daki tarımsal ve sosyal önemini daha da artırmaktadır.

Avrupa kıtasında patlıcan üretimi, dünya genelindeki üretimin %1,8'ini oluşturmakta olup, nispeten düşük bir paya sahiptir. Ancak bu oran, Akdeniz iklimine sahip ülkelerde daha yoğundur. Akdeniz mutfağının ayrılmaz bir parçası olan patlıcan, bu bölgede sıklıkla yetiştirilmektedir ve çeşitli yemeklerde kullanılmaktadır. Özellikle İtalya, İspanya ve Yunanistan gibi ülkeler, patlıcan üretiminde ve tüketiminde öne çıkmaktadır. Bu ülkelerde patlıcan, zeytinyağı ile pişirilerek hazırlanan yemeklerin vazgeçilmez bir bileşeni olarak dikkat çekmektedir.

Amerika kıtasında patlıcan üretimi ise %0,8 oranında kalmakta olup, bu üretim özellikle Amerika Birleşik Devletleri ve bazı Latin Amerika ülkelerinde gerçekleşmektedir. Amerikan mutfağında patlıcan, çeşitli yemek tariflerinde yer almakta ve özellikle son yıllarda sağlıklı beslenme trendleri doğrultusunda popülaritesi artmaktadır. Patlıcanın düşük kalorili ve lif açısından zengin bir sebze olması, onu diyetlerde tercih edilen bir gıda haline getirmiştir.

Okyanusya'da patlıcan üretimi oldukça sınırlı olup, dünya genelindeki üretimin yalnızca %0,03'ünü oluşturmaktadır. Bu bölgede, Avustralya ve Yeni Zelanda gibi ülkelerde az miktarda üretim yapılmakta ve patlıcan, daha çok ithalat yoluyla karşılanmaktadır. Okyanusya'daki patlıcan üretimi, bölgenin tarımsal faaliyetlerinin çeşitliliği ve iklimsel koşulları nedeniyle sınırlı kalmıştır.

Sonuç olarak, patlıcan, dünya genelinde farklı coğrafyalarda farklı ölçülerde üretilen ve tüketilen bir sebze türüdür. Asya kıtası, dünya patlıcan üretiminde lider konumda olup, bu bitkinin küresel tarımsal değerinin büyük kısmını temsil etmektedir. Afrika, Avrupa, Amerika ve Okyanusya kıtalarında da patlıcan üretimi yapılmakta, ancak bu bölgelerdeki üretim miktarları Asya'ya kıyasla daha düşüktür. Gelişmekte olan ülkelerde önemli bir gıda kaynağı olan patlıcan, uygun fiyatlı ve besleyici özellikleriyle tarımsal üretimde ve beslenme alışkanlıklarında önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle patlıcan, farklı bölgelerdeki tarımsal faaliyetler ve yerel mutfaklar açısından da değerli bir sebze türü olarak öne çıkmaktadır.

2.2 Patlıcanın Önemi ve Kullanım Alanı

Solanaceae familyasının bir üyesi olan ve kültüre alınmış yumrulu olmayan bir tür olarak bilinen *Solanum melongena*, yaygın adıyla brinjal patlıcan, morfolojik (renk, şekil ve boyut), fizyolojik ve biyokimyasal özellikler açısından geniş bir çeşitliliğe sahiptir (Daunay et al. 1991, Colonnier et al. 2001, Furini et al. 2004, Kassı et al. 2019). Patlıcan, dünya genelinde önemli bir sebze türü olarak dikkat çekmektedir ve Asya, Afrika, subtropik bölgeler (Hindistan, Orta Amerika), Akdeniz Bölgesi ile ABD'nin güneyinde yetiştiriciliği yaygın olarak yapılmaktadır (Grubben 1977, Sihachakr et al., 1993, Colonnier et al. 2001). Bu bitki türü, mineraller, vitaminler, lifler ve proteinler bakımından zengin olup, beslenme açısından oldukça faydalı bir içeriğe sahiptir (Matsubara et al. 2005). Besleyici özellikleri kadar tıbbi değerleri de bulunan patlıcan, çeşitli hastalıklara karşı koruyucu etkisiyle de bilinir (Hussain et al. 2015).

FAO'nun 2018 verilerine göre dünya genelinde yaklaşık 1.858.253 hektar alanda 52.309.119 ton patlıcan üretimi gerçekleştirilmektedir. Bu üretim içerisinde en yüksek paya sahip ülkeler sırasıyla Çin (34.137.557 ton), Hindistan (12.826.000 ton), Mısır (1.409.202 ton), Türkiye (836.284 ton) ve İran (666.838 ton) şeklinde sıralanmaktadır (FAO 2020). Türkiye'de ise 2019 yılı itibarıyla 193.067 dekar alanda toplam 822.659 ton patlıcan üretimi yapılmıştır. Ülke genelinde en fazla üretim yapan iller ise Antalya (196.088 ton), Mersin (152.785 ton), Muğla (42.842 ton), Adana (33.076 ton) ve Samsun (24.368 ton) olarak rapor edilmiştir (TÜİK 2020).

Patlıcan (*S. melongena* L.), birçok ülkede ekonomik değeri yüksek bir sebze olmasına rağmen biyotik ve abiyotik streslere karşı yeterli dayanıklılık gösterememektedir. Bu durum, üretimde önemli ölçüde verim ve kalite kayıplarına neden olmaktadır (Kalloo 1993, Colonnier et al. 2001, Rotino et al. 2003). Kültür patlıcanı *S. melongena*, başta bakteriler, mantarlar, nematodlar ve böcekler olmak üzere çeşitli hastalık ve zararlılara karşı oldukça hassas yapıdadır (Colonnier et al. 2001, Çürük et al. 2010). Dünya genelinde patlıcanın önemli patojenlerinden biri olan kök-ur nematodları, özellikle tropik bölgelerde patlıcan veriminde %17-29 arasında kayıplara neden olmaktadır (Sasser 1979, Netcher ve Sikora 1990). Üretimde meydana gelen bu kayıpların azaltılmasında dayanıklı

çeşitlerin kullanımı, nematod kaynaklı zararı önlemenin en etkili ve çevre dostu yöntemlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Roberts 2002, Zhuang et al. 2012). Ancak bugüne kadar kök-ur nematodlarına karşı dayanıklılık gösteren kültür patlıcan çeşidi tanımlanmamıştır. Bu nedenle, toprak kökenli hastalıklar ve zararlılarla mücadelede dayanıklı anaçların kullanımı büyük önem taşımaktadır (Uehara et al. 2016).

Anaçlar, bitkilerin toprak kaynaklı hastalık etmenleri ve zararlılara karşı dayanıklılığını artırmak, abiyotik stres koşullarına karşı tolerans geliştirmek, su ve besin maddelerinin alımını iyileştirmek ve bitki canlılığını güçlendirmek amacıyla kullanılmaktadır (King et al. 2010, Lee 1994, Gisbert et al. 2011). Yabani patlıcan türlerinden *S. torvum*, *S. sisymbriifolium*, *S. aethiopicum* ve *S. warscewiczii*, belirli kök-ur nematod türlerine karşı dayanıklılık gösteren önemli türlerdir (Ali et al. 1992, Hebert 1985). Ancak dünya genelinde patlıcan yetiştiriciliğinde anaç olarak yaygın şekilde yalnızca *S. torvum* kullanılmaktadır (Uehara et al. 2017, Öçal et al. 2018, Bletsos et al. 2003, Daunay 2008, King et al. 2010).

Bu yabani patlıcan türü ile kültür patlıcanı arasında başarılı bir melezleme yapılamaması, kök-ur nematodlarına karşı dayanıklılık özelliklerinin *S. melongena*'ya aktarılmasını zorlaştırmıştır (Bletsos et al. 1998, Ali ve Fujieda 1990). Bu sebeple *S. torvum* günümüzde yalnızca anaç olarak kullanılabilir. Dayanıklı anaç kullanımı, patlıcan üretiminde kök-ur nematodlarının neden olduğu zararın azaltılmasında önemli bir strateji olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca bu yaklaşım hem üretimin sürdürülebilirliğini artırmakta hem de kimyasal mücadele yöntemlerinin çevreye olan olumsuz etkilerini azaltmaktadır.

Öte yandan patlıcanın kullanım alanları oldukça çeşitlidir ve bu geniş kapsamlı kullanım alanları üzerine yapılan çeşitli çalışmalarda patlıcanın özellikle mutfakta, sağlıklı beslenme, kozmetik ve tıbbi kullanımlar gibi pek çok alanda etkili bir bileşen olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla patlıcan, dünya çapında farklı mutfaklarda yaygın bir şekilde tüketilmekle birlikte, aynı zamanda pek çok açıdan çeşitli pişirme teknikleri ile hazırlanan yemeklerde kullanım alanı mevcuttur (Daunay 2008). Dolayısıyla patlıcanın daha çok Akdeniz ve Asya mutfağının vazgeçilmez bir unsuru olarak, kızartma, közleme, haşlama

gibi farklı yöntemlerle hazırlanmaktadır ve bu sayede besin değeri korunarak lezzetli tarifler oluşturulmaktadır (Grubben 1977).

Patlıcan aynı zamanda konserve, turşu ve kurutulmuş ürün olarak da işlenmektedir. Bu tür işlemlerle uzun süre muhafaza edilebilmesi, gıda sanayinde önemli bir yer edinmesini sağlamaktadır (Gisbert et al. 2011). İşlenmiş patlıcan ürünleri özellikle Akdeniz mutfağında yaygın olarak kullanılmakta olup, uzun süre dayanıklı hale getirilen bu ürünler ekonomik açıdan da önemlidir (Sihachakr et al. 1993).

Patlıcanın sağlık üzerindeki olumlu etkileri de çeşitli çalışmalarda incelenmiştir. Vitamin, mineral ve antioksidan bakımından zengin olan patlıcan, vücuttaki serbest radikallerle savaşarak hücrelerin korunmasına yardımcı olur (Matsubara et al. 2005). Ayrıca, içerdiği yüksek lif oranı ile sindirim sisteminin düzenlenmesine ve kötü kolesterolün düşürülmesine katkı sağlar (Hussain et al. 2015). Lif içeriği ve besleyici değerleri nedeniyle özellikle düşük kalorili diyetlerde tercih edilen patlıcan, sağlıklı yaşamın bir parçası olarak değerlendirilmiştir (Lee 1994).

Patlıcanın kozmetik endüstrisinde de kullanımı mümkündür. Antioksidanlar bakımından zengin olması, cilt yaşlanmasını önleyici etkileri nedeniyle bazı cilt bakım ürünlerinde kullanılmasına olanak tanımaktadır (King et al. 2010). Cildin nem dengesini koruyan ve elastikiyetini artıran patlıcan bileşenleri, özellikle doğal cilt bakım ürünlerinde ilgi görmektedir (Collonnier et al. 2001).

Tıbbi alanda ise patlıcan, anti-inflamatuar ve antioksidan özellikleri nedeniyle bitkisel ilaçlarda ve takviyelerde kullanılabilir. Geleneksel tıpta karaciğer sağlığını desteklemek amacıyla kullanıldığı belirtilmiştir (Roberts 2002). Patlıcanın fonksiyonel gıda bileşeni olarak kullanılması, içerdiği fenolik bileşikler ve flavonoidler sayesinde olmuştur ve bu bileşikler, patlıcanın sağlık üzerindeki olumlu etkilerinin artmasına neden olmaktadır (Zhuang et al. 2012).

2.3 Patlıcanın Botanik Özellikleri ve Yetiştiriciliği

Patlıcan (*Solanum melongena*), patlıcangiller (*Solanaceae*) familyasına ait bir sebze türüdür. Anavatanı Hindistan ve Çin olarak kabul edilse de Afrika'da da doğal olarak

yetişen yabancı türleri bulunmaktadır. Bitkinin tarihi yayılımına bakıldığında, Mısır üzerinden Kuzey Afrika'ya, buradan Araplar aracılığıyla İspanya'ya ve Türkler tarafından Balkanlar üzerinden Avrupa'ya taşındığı görülmektedir. Ayrıca patlıcan, tropik ve subtropik iklimlerde çok yıllık bir bitki olarak yetişebilirken, serin ve ılıman iklimlerde genellikle bir yıllık olarak yetiştirilir. Türkiye'de patlıcan yetiştiriciliği hem açık tarla koşullarında hem de örtü altı sistemlerinde yapılmaktadır (Doğan 2018).

Bunun yanı sıra patlıcanın tohum çimlenmesiyle birlikte kazık kök sistemi gelişir. Ancak bitkinin büyüme döneminde yan köklerin gelişimi artarak saçak köklü bir yapıya dönüşür. Yan kökler genellikle 80-100 cm derinliğe ve geniş bir alana yayılabilir. Köklerin büyük bir kısmı (%70-80'i) 5-40 cm derinlikte yer alır. Bu köklerde yoğun bir dallanma gözlenir ve dallar üzerinde emici kıllar bulunur. Ayrıca bitki olarak 5-12 yapraklı hale geldiğinde dallanmaya başlar. Gelişim sürecinde sürgün ucundaki büyüme noktası genellikle generatif bir dönüşüm geçirerek çiçek tomurcuğu oluşturur. Bu sırada yan dallar, yaprak koltuklarından çıkarak yeni sürgünler meydana getirir. Bu döngü, her 2-4 yaprak arası tekrarlanır ve bitkinin dallanma yoğunluğunu artırır. Öte yandan patlıcanın gövdesi güçlü ve dayanıklı bir bitki olarak öne çıkmaktadır. Özellikle gövde olarak üzerinde ve yapraklarının üstünde ince tüyler bulunur. Gövde, belirgin boğum aralarına sahiptir. Yapraklar, küçük ve dar veya büyük ve geniş bir yapı gösterebilir. Yaprak kenarları genellikle düz olmakla birlikte hafif parçalı ya da yırtmaçlı olabilir. Çeşitlere bağlı olarak, yaprak ve gövde renginde morumsu tonlar görülebilir (Bayraktar 2020).

Patlıcanın çiçeklenme sürecinde ise genel olarak bitkinin yetiştirildiği mevsime bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Sıcak dönemlerde çiçeklenme daha erken başlar. İlk çiçeklenme genellikle tohum ekiminden 70-90 gün sonra gözlenir. Bitkideki ilk çiçek, genellikle 5-12. yapraktan sonra oluşur. Çiçekler çoğunlukla 2-3'lü salkımlar halinde görülür, ancak bunların 1-2 tanesi meyve bağlar. Patlıcan çiçekleri genellikle mor renkli olup, biyolojik olarak erseliktir. Çiçek yapısı 5 adet çanak yaprak, 5 adet taç yaprak ve çoğunlukla sarı renkte 5 erkek organdan oluşur. Çanak yapraklar yeşil renkli ve tüylüdür (Güner 2019).

Patlıcan yetiştiriciliği ise genellikle tek veya çift sıralı ekim şeklinde yapılmaktadır. Özellikle sıra arası mesafeler, çeşidin büyüme kuvvetine ve toprağın yapısına göre 70-

100 cm arasında değişir. Sıra üzerindeki bitkiler arasında genellikle 50-60 cm mesafe bırakılır. Örtü altı yetiştiriciliğinde toprak hazırlığı, sıcaklık ve nem kontrolü gibi faktörler büyük önem taşımaktadır (FAO 2021).

Patlıcan bitkisi, sıcak iklimlerde daha verimli olur ve optimum gelişme sıcaklığı 20-30°C'dir. Ayrıca düzenli sulama ve doğru besin takviyesi, bitkinin sağlıklı gelişimi ve verimli meyve vermesi için gerekli olduğu düşünölmektedir.



Resim 2.2 Farklı şekillerde patlıcan çiçekleri.

Patlıcan, oldukça sağlam bir bitki yapısına sahiptir ve genellikle 60 ile 120 cm arasında boylanmaktadır. Özellikle örtü altı üretim koşullarında genel olarak boyu daha da uzama durumu olabilmektedir. Bitkinin kök sistemi iyi gelişmiştir ve bu durum, topraktan besin alımını kolaylaştırır. Yaprakları genellikle büyük, dalgalı kenarlara sahip olup, bitkinin fotosentez kapasitesini artıran geniş bir yüzey alanı sunar (Bayraktar 2020).

Çiçekler bitkinin yaprak koltuklarında oluşur ve mor, açık mor veya beyaz gibi farklı tonlarda gözlemlenebilir. Genellikle bir boğum üzerinde iki ila dört çiçek tomurcuğu bulunur. Ayrıca, yaprak, gövde ve çanak yapraklarda yer yer dikenlere rastlanabilir. Meyve şekli silindirikten oval yapıya kadar değişkenlik gösterirken, meyve rengi parlak koyu mor, beyaz, yeşil, sarımsı veya çizgili gibi çeşitli tonlarda olabilir. Türkiye'de ise genellikle uzun, silindirik ve koyu mor renkli patlıcan çeşitleri tercih edilmektedir (Doğan 2018).

2.4 Kurutma Yöntemlerinin Gıda Endüstrisindeki Rolü

Gıdaların kurutulması, tarih boyunca gıdaları uzun süre saklama ve bozulmalarını önleme amacıyla kullanılan en eski yöntemlerden biridir. Kurutma işleminin, temel olarak gıda

içeriğinde bulunan serbest suyun uzaklaştırılmasıyla mikrobiyal ve kimyasal bozulmaların önüne geçmeyi hedefler. Bu yöntem, düşük maliyetli olması ve uzun süreli muhafaza sağlaması sebebiyle günümüzde de önemini korumaktadır (Tortoe 2010, Mujumdar 2004). Isıl işlem uygulanarak, sebze ve meyvelerin %80–95 düzeyindeki su içeriği, %10–20 seviyelerine düşürülür; böylece mikroorganizmaların gelişimi büyük ölçüde engellenir (Cemeroğlu 2011).

Gıdalardaki su içeriği, mikrobiyal büyümenin ve kimyasal reaksiyonların temel kaynağıdır. Nem oranının azaltılması, yalnızca mikroorganizmaların üremesini durdurmaz, aynı zamanda küf, maya ve bakteri oluşumunu da engeller. Ancak bu işlem sırasında besinlerin içindeki enzimlerin tamamen etkisiz hale getirilmesi mümkün değildir; yalnızca aktiviteleri yavaşlatılır. Bu nedenle, sebzeler gibi bazı gıdalar kurutma öncesinde haşlama gibi ön işlemlerden geçirilerek enzimatik faaliyetler durdurulabilir (Kendall ve Allen 2001).

Mikrobiyal bozulmalar kadar önemli olan bir diğer faktör de kimyasal bozulmalardır. Lipid oksidasyonu ve enzimatik esmerleşme gibi kimyasal reaksiyonlar, gıdanın tat, renk ve dokusunda istenmeyen değişikliklere yol açabilir. Örneğin, elma veya patates gibi bazı gıdalar kesildiğinde hızlı bir şekilde kahverengileşir. Bu durum hem estetik hem de duyuşsal özelliklerin kaybına neden olabilir (Jangam et al. 2010). Aynı şekilde, kurutma işlemi sırasında kullanılan yüksek sıcaklıklar, yanlış uygulandığında kalite kayıplarına yol açabilir. Bunun önlenmesi için kurutma işlemi kontrollü bir şekilde gerçekleştirilmelidir (Reynolds 1993).

Kurutma işleminin başarısı, seçilen ürünlerin olgunluk seviyesi ve doğru hasat zamanıyla doğrudan ilişkilidir. Meyve ve sebzelerin, maksimum lezzet ve besin değerine ulaştıkları dönemlerde toplanması önerilir. Örneğin, fasulye ve bezelye gibi baklagiller etli bir yapıya ulaştığında, yapraklı sebzeler ise henüz tam boyutlarına erişmeden hasat edilmelidir. Mısırın doğal şeker içeriği nişastaya dönüşmeden önce, çilek ve domates gibi meyveler ise tam olgunlaştıktan sonra toplanmalıdır. Şeftali, kayısı ve elma gibi meyvelerin ağaç üzerinde olgunlaşmasına izin verilmesi, daha tatlı ve aromatik bir ürün elde edilmesini sağlar (Phyllis 1994).

Kurutma, yalnızca gıdaların dayanıklılığını artırmakla kalmaz, aynı zamanda maliyet ve depolama açısından da avantaj sağlar. Bu yöntem, dondurma ve konserve gibi diğer muhafaza tekniklerine göre daha az yer kaplayan ve enerji açısından daha verimli bir çözüm sunar (Hawlder et al. 2006). Ayrıca, doğru uygulandığında, gıdaların tat, aroma ve besin değerleri büyük ölçüde korunabilir. Hızlı kurutma, gıdanın kalitesini artırırken, aşırı sıcaklık ve uzun süreli işlemler, besin kayıplarına yol açabilir. Bu nedenle, işlem sırasında optimum koşullar sağlanmalıdır (Rahman 1999, Mujumdar 2004).

Dolayısıyla bu kurutma yöntemleri, doğru teknikler ve uygun gıda seçimiyle hem duysal hem de besinsel açıdan üstün ürünler elde edilmesini sağlamaktadır. Özellikle geçmişten günümüze kadar ki bu yöntemin yaygın olarak kullanılması, onun hem ekonomik hem de pratik bir muhafaza yöntemi olduğunu göstermektedir.

Öte yandan kalite kavramı, “Bir gıdaya tüketici nezdinde değer katan unsurların toplamı” şeklinde tanımlanmaktadır (Rahman 1999). Aynı zamanda kalite, müşterilerin beklentileri veya ürünün özellikleri açısından da ele alınabilir (Abbott 1999). Bu bağlamda kalite, gıda üretiminden tüketimine kadar olan süreçte birçok faktörden etkilenmektedir. Bu bağlamda kaliteyi etkileyen faktörlere baktığımızda ise tarımsal uygulamalar, genetik müdahaleler ve çevresel koşullar (iklim, toprak yapısı, sulama vb.) bu gruba dahil olabilmektedir. Diğer yandan hasat sırasındaki faktörler, ürünün hasat olgunluğu ve kullanılan yöntemler, gıdanın fiziksel ve kimyasal bütünlüğü üzerinde belirleyici rol oynar. Bunun yanı sıra depolama sırasında nem oranı, sıcaklık, atmosferik gaz dengesi, ışık, mekanik hasarlar ve mikroorganizma kaynaklı bozulmalar, gıdanın kalitesini etkileyen unsurlardır.

Dolayısıyla kurutulmuş sebze ve meyvelerin kalitesi ise genellikle fiziksel, kimyasal, mikrobiyal ve besin değerleri gibi ölçütler üzerinden değerlendirilir. Renk, tat, şekil, dokusal özellikler, mikrobiyal yük, rehidrasyon kapasitesi, su aktivitesi ve istenmeyen kokuların bulunmaması gibi kriterler, kurutulmuş gıdaların kalite göstergeleri arasında sayılabilir (Ratti 2009).

Öte yandan kurutma işlemi sırasında ürünlerin başlangıçtaki özelliklerini tamamen koruması genellikle mümkün değildir. Kurutma sırasında suyun uzaklaştırılması, hammadde içindeki bileşenlerin dengelenmesini zorlaştırabilir. Özellikle yüksek sıcaklıklara maruz kalan gıdalarda, pigmentlerin ve diğer değerli bileşenlerin bozulması, hücre yapılarının zarar görmesi ve düşük rehidrasyon kapasitesi gibi fiziksel ve kimyasal değişimler gözlemlenebilir (Timoumi et al. 2007, Santos ve Silva 2008, Miranda et al. 2009). Bu değişimlerin hızı, ürün içindeki oksijen akışı ve çözünebilir bileşenlerin yoğunluğuna bağlı olarak artabilir. Örneğin, yüksek sıcaklıklar, hücresel yapının bozulmasına ve biyolojik bileşenlerin kaybına yol açarak, ürün kalitesini ciddi şekilde etkileyebilir. Bu nedenle, kurutma işlemi sırasında ürün üzerindeki zararlı etkileri en aza indirmek için kritik sıcaklık bilgileri ve süreç kontrolü önemlidir. Aynı zamanda, enzimlerin olumsuz aktivitelerinin engellenmesi de kaliteyi koruma açısından önem taşır (Zhang et al. 2017).

Dolayısıyla bu noktada kurutma işlemi, gıdaların uzun süre saklanabilirliğini artırırken, kalite üzerinde çeşitli etkiler yaratır. Bu sürecin etkilerini anlamak ve kayıpları minimize etmek için ürünün fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine özel bir yaklaşım geliştirilmelidir. Kontrollü bir kurutma süreci hem ürünün besin değerini korumayı hem de tüketicinin kalite beklentilerini karşılamayı sağlar.

Ayrıca Meyve ve sebzelerin kalite özelliklerini değerlendirmek için kullanılan araçsal yöntemler, geçtiğimiz yüzyılda önemli ölçüde ilerleme kaydetmiştir. Özellikle kurutulmuş meyve ve sebzelerde kalite, fiziksel, kimyasal, biyolojik ve besin değerleri gibi çeşitli parametrelerle ölçülmektedir. Fiziksel parametreler arasında renk, doku, büzülme oranı, gözeneklilik, rehidrasyon kapasitesi ve kuruma oranı yer alırken; kimyasal parametreler lezzet, su aktivitesi ve raf ömrü gibi özellikleri içerir. Ayrıca, antioksidan ve besin maddesi içerikleri gibi biyolojik parametreler de bu değerlendirmelerde önem taşır. Bu parametreler, ürün kalitesini belirlemede kritik rol oynar ve genellikle dehidrasyon işlemi sırasında değişiklik gösterebilir (Rahman et al. 2010). Örneğin, bazı araştırmalarda, protein, nişasta, toplam şeker, indirgen şeker, yağ ve enerji değerlerinin kurutma işleminden sadece hafif düzeyde etkilendiği sonucuna varılmıştır. Bu süreçte özellikle kurutulmuş sebzelerde karşılaşılan temel zorluklardan biri, renk esmerleşmesidir. Enzimatik esmerleşme, genellikle haşlama gibi ön işlemlerle

önlenebilir; ancak kurutma sırasında yüksek sıcaklık ve depolama koşullarının uygun olmaması nedeniyle enzimatik olmayan esmerleşme meydana gelebilir (Cemeroğlu 2011). Özellikle düşük sıcaklıklarda yapılan kurutma işlemleri, hücre yapısının korunmasını ve rehidrasyon kapasitesinin artırılmasını sağlamaktadır (Vega-Gálvez et al. 2009). Aromatik bileşiklerin korunması açısından ise işleme düşük sıcaklıklarla başlanması önerilmektedir (Thijssen 1979). Bununla birlikte, kurutmanın son aşamasında Maillard reaksiyonunun minimize edilmesi için sıcaklığın daha da düşürülmesi gereklidir (Miranda et al. 2009).

Bunun yanı sıra sebzelerin kalite özelliklerini değerlendirmede kullanılan araçsal yöntemler, son yüzyılda küresel ölçekte önemli ilerlemeler kaydetmiştir. Özellikle kurutulmuş ürünlerin değerlendirilmesi, fiziksel, kimyasal, biyolojik ve besin değerleri gibi farklı parametrelerin dikkate alınmasıyla gerçekleştirilmektedir. Bu bağlamda, fiziksel parametreler renk, doku, büzülme oranı, gözeneklilik, rehidrasyon kapasitesi ve kuruma oranını içerirken; kimyasal parametreler lezzet, su aktivitesi ve raf ömrü gibi özellikleri kapsamaktadır. Ayrıca, antioksidan içeriği ve diğer besin maddeleri gibi biyolojik özellikler de kalite değerlendirmesi açısından önemlidir. Genel kalite, büzülme oranı, rehidrasyon kapasitesi ve kuruma oranı hesaplanarak ölçülebilir. Bununla birlikte, nişasta, C vitamini, klorofil miktarı, kütle yoğunluğu, proteinler, toplam şeker, indirgen şeker, yağ ve enerji değeri gibi parametreler de kalite değerlendirmesinde dikkate alınmaktadır. Araştırmalar, bu parametrelerin çoğunun dehidrasyon sürecinden yalnızca sınırlı bir şekilde etkilendiğini göstermektedir (Rahman et al. 2010).

2.4.1 Patlıcanın Kurutulmasında Kullanılan Yöntemler

Kurutma, tarımsal ürünlerin uzun süre saklanabilmesi için tarihsel olarak kullanılan en eski yöntemlerden biridir. Geleneksel güneşte kurutma işleminin yanı sıra, modern kurutma yöntemlerinin de devreye girmesiyle bu işlem daha yaygın hale gelmiş ve kurutulmuş ürünler, taze ürünlere etkili bir alternatif olarak kabul edilmiştir (Hastürk 2010). Bu noktada Türkiye’de Ege Bölgesi, özellikle kurutulmuş sebze üretimi açısından yoğunlaşan bir bölge olup, bu ürünler arasında başta domates olmak üzere mantar, bamya, patlıcan, biber, fasulye, kabak, soğan, pırasa ve sarımsak yer almaktadır (Ayan 2010).

Dolayısıyla kurutulmuş sebzeler, yalnızca kurutulmuş olarak tüketilmekle kalmayıp, aynı zamanda hazır çorbalar, soslar, bebek mamaları ve hazır yemekler gibi pek çok farklı ürünün içinde kullanılmaktadır (Ayan 2010).

Bu anlamda kurutma işlemi, sebzelerin depolama sırasında meydana gelebilecek fiziksel ve kimyasal reaksiyonları en aza indirmek, mikrobiyolojik ve enzimatik aktiviteleri azaltmak, su aktivitesini kontrol altında tutmak ve gıda stabilitesini artırmak amacıyla yaygın bir şekilde uygulanmaktadır (Russo, Adiletta ve Matteo 2013). Kurutma yöntemleri genel olarak iki ana gruba ayrılabilir: güneşte kurutma ve yapay kurutma. Güneşte kurutma, güneşin ısısından faydalanarak ürünün su içeriğini azaltmaya yönelik basit bir tekniktir, oysa yapay kurutma, kapalı alanlarda ve kontrol edilebilir koşullarda yapılan bir işlemdir. Yapay kurutma, kurutma ortamına ısı iletim, taşınım ya da radyasyon (elektromanyetik dalgalar) yoluyla ısı taşınarak gerçekleştirilir. Sanayide kullanılan kurutucuların büyük çoğunluğu (%85'ten fazla), sıcak hava ile ısıtma sağlayan konvektif kurutucular veya doğrudan yanan gazları kullanan kurutuculardır (Ayan 2010).

Bu noktada kurutulma yöntemlerinin neler olduğu yönelik ilgili literatüre baktığımızda ise; Ertekin ve Yıldız (2004), laboratuvar tipi kurutucularda patlıcanların kuruma özelliklerini incelemiş ve kurutma sıcaklığı, hava hızı ile dilim kalınlığının etkilerini araştırmışlardır. Farklı kalınlıklardaki örneklerde, 30-70°C sıcaklık aralığında ve 0.5, 1.0 ile 2,0 m/s hava hızlarında yapılan denemelerde, patlıcanın inceliği ve kurutma sıcaklığının arttıkça kuruma süresinin kısaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, dilim kalınlıklarının, kurutulmuş ürünün renginde önemli bir fark yaratmadığı belirlenmiştir. Wu ve ark. (2007), vakumlu kurutucularda patlıcanların kuruma özelliklerini inceleyerek, kurutma sıcaklığının artışıyla kuruma süresinin azaldığını, ancak basınç uygulamasının kuruma süresi üzerinde anlamlı bir etki yaratmadığını saptamışlardır. Puig ve ark. (2012) ise konvektif ve ultrason destekli konvektif kurutma yöntemleriyle patlıcanların kuruma kinetiğini değerlendirmiştir. 2,4 cm çapında ve 2 cm kalınlığındaki silindirik dilimlerle yapılan denemelerde, ultrasonun uygulanması ve güç seviyesinin artırılmasıyla, nem difüzyonunun hızlandığı ve kuruma süresinin kısaldığı gözlemlenmiştir.

Azimi ve ark. (2012), güneş enerjili kurutucular ile doğrudan güneş altında kurutma işlemlerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, güneş enerjili kurutucularda kuruma hızının daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Bu ortamda, ürünün nem difüzyonunun 4.26×10^{-10} ile $1.68 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ arasında değiştiği gözlemlenmiştir.

Benzer şekilde, Russo ve ark. (2013) konvektif kurutma yönteminde, 40°C ile 70°C sıcaklık aralığında kurutulmuş patlıcanların kuruma süresinin arttırılan sıcaklıklarla kısaldığını belirtmişlerdir. Brasiello ve ark. (2013) da sıcak hava ile yapılan kurutma denemelerinde, aynı sıcaklık aralıklarında patlıcan dilimlerinin kuruma sürelerinin azaldığını raporlamışlardır. Bu çalışmalar, patlıcanın kuruma süresinin sıcaklık artışıyla doğrudan ilişkilendirilebileceğini göstermektedir.

Öte yandan Aydın ve ark. (2014) çeşitli kurutma yöntemlerinin patlıcanların gözenek yapısı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Sıcak hava ile kurutma, tepsili kurutucularda 50°C sıcaklık ve $1,5 \text{ m/s}$ hava hızında gerçekleştirilmiştir. Mikrodalga ve infrared enerjilerini birleştiren kurutma yöntemi ise mikrodalga-infrared fırınlarda uygulanmıştır. Bu çalışmada, mikrodalga güç seviyeleri (%30, %40, %50) ile infrared güç seviyelerinin (%10, %20) kombinasyonları denenmiştir. Sonuçlar, sıcak hava ile kurutulmuş patlıcanların, mikrodalga-infrared kombinasyonu ile kurutulanlara kıyasla daha az gözenekli bir yapıya sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca, mikrodalga ve infrared gücünün arttırılmasıyla gözenekli yapıların daha belirgin hale geldiği tespit edilmiştir.

Akpınar ve Biçer (2003), kabak kuruma davranışını siklon tipi bir kurutucuda araştırmışlardır. Deneylerde, 60°C , 70°C ve 80°C sıcaklıklarda ve 1 ile $1,5 \text{ m/s}$ hava hızlarında kurutma yapılmıştır. Sonuçlar, siklon tipi kurutucularda döner akış ortamında kurutulan kabak örneklerinin daha hızlı kuruduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, kuruma hızında hava hızından daha fazla sıcaklık etkisi olduğu bulunmuş, sıcaklık ve hız arttıkça kabak örneklerinin nem içeriğinde belirgin bir azalma ve kuruma hızında artış gözlemlenmiştir.

Doymaz (2007), laboratuvar tipi kurutucuda sıcak hava ile kurutulmuş balkabaklarının kuruma karakteristiklerini incelemiştir. 50°C , 55°C ve 60°C sıcaklıklarında ve $1,0 \text{ m/s}$ sabit hava hızında yapılan incelemeler, nem difüzyonunun 3.88×10^{-10} ile $9.38 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$

arasında değiştiğini ve artan sıcaklıkla birlikte nem difüzyonunun hızlandığını göstermiştir.

Özel ve Darıcı (2010), balkabağının tek tabaka kuruma kinetiğini deneysel olarak araştırmışlardır. Deneyler, Selçuk Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde tasarlanan konveksiyon tipi kurutma seti kullanılarak gerçekteştirilmiştir. Hava sıcaklıkları 50°C, 60°C ve 70°C, hava hızları ise 0.5, 1 ve 2 m/s olarak belirlenmiştir. Sonuçlar, hava sıcaklıklarının ve hızlarının artmasının balkabağının kuruma hızını artırdığını ortaya koymuştur.

Dolayısıyla toparlayacak olursak patlıcan kurutma yöntemleri, farklı yöntemlerle gerçekteştirilen bir süreç olarak öne çıkmakta ve bu yöntemler, genel olarak kurutma hızını, ürünün fiziksel özelliklerini ve kuruma verimliliğini etkilemektedir. Bu noktada öne çıkan kurutma yöntemleri řu şekildedir;

- Sıcak Hava ile Kurutma
- Mikrodalga-Infrared Kombine Kurutma
- Vakum Kurutma
- Konvektif Kurutma
- Ultrason Destekli Konvektif Kurutma.

Dolayısıyla bu kurutma yöntemleri, ürünlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini farklı şekilde etkileyebilmektedir. Bu anlamda modern yöntemler, genellikle daha hızlı kuruma ve daha iyi ürün kalitesi sağlarken, geleneksel yöntemler daha düşük maliyetli bir hizmet sunmaktadır (Hastürk 2010).

2.4.2 Kurutma Sürecinde Kalite Özellikleri

Kurutma sürecinde kalite özellikleri, özellikle kurutma işlemi sırasında meydana gelen fiziksel, kimyasal ve duyuşal değişimlerle ortaya çıkabilmektedir. Bu değişimler genel olarak kararma reaksiyonları olarak bilinen ve genellikle kurutma sırasında oluşan enzimatik ve enzimatik olmayan kararma reaksiyonları (örneğin Maillard reaksiyonları

ve karamelizasyon), ürün renginde, çözünürlüğünde ve besin değerinde olumsuz değişimlere yol açabilmektedir. Bu nedenle reaksiyonlar, özellikle yüksek sıcaklık ve orta seviyeli nem koşullarında hızlanır. Renk değişimlerini minimize etmek için koruyucu maddeler kullanılabilmektedir (Kutlu ve İşçi 2016).

Diğer yandan kurutma işlemlerinde ortaya çıkan bir diğer özellik ise lipid oksidasyonu, genellikle yağ içeriğine sahip ürünlerde oksidasyon, aroma ve tat kaybına neden olmaktadır. Bu durum, nem içeriğinin azaltılması ve oksijen seviyesinin düşürülmesi, oksidasyon hızını önemli ölçüde azaltmaktadır. Ayrıca UV ışığı, sıcaklık ve metaller de oksidasyonu hızlandıran diğer faktörlerdir (Erdoğan 2018).

Bir diğer kalite özelliği olan rehidrasyon yeteneğinde ise kurutulmuş ürünlerin yeniden su alabilme kapasitesi, kurutma sırasında meydana gelen hücresel ve kimyasal değişimlere bağlıdır. Özellikle sıcak hava ile yapılan kurutmalarda rehidrasyon kapasitesinde düşüş gözlemlenmektedir (Sahin 2015).

Çözünebilme kapasitesinde ise ürünün bileşimi, pH değeri ve kurutma sıcaklığı, özellikle süt tozu gibi ürünlerde çözünebilme kapasitesini etkilemektedir. Özellikle yüksek sıcaklıklarda protein denatürasyonu, çözünürlüğü olumsuz etkilemektedir (Kutlu ve İşçi 2016). Bunun yanı sıra aroma ve tat kaybı durumlarına uçucu bileşenlerin buharlaşması, ürünün tat ve aroma özelliklerini kaybetmesine neden olabilir. Bu kayıplar, özellikle yüksek sıcaklık ve uzun süreli kurutma işlemlerinde artar (Erdoğan 2018). Kurutma durumunda C Vitamini kaybı ise C vitamini, yüksek nem ve sıcaklığa duyarlı haldedir. Özellikle kaybı önlemek adına düşük sıcaklıklarla başlayan ve kademeli artırılan kurutma yöntemleri önerilmektedir. Özellikle güneşte kurutma, karoten ve C vitamini kaybını artırır (Aydın 2016).

2.5 Ultrasonik Ön İşlemin Kurutma Sürecine Etkileri

İnsanlık tarihi boyunca insanlar, gıdaları daha uzun süre saklama ve bozulmalarını önleme amacıyla çeşitli yöntemler geliştirdiği görülmüştür. Özellikle fiziksel, kimyasal, biyolojik ve mikrobiyolojik etmenlerin gıdalarda neden olduğu olumsuz etkileri kontrol

altına almayı hedefleyen bu yöntemler, güvenilir, kaliteli ve uzun ömürlü gıda üretiminin temelini oluşturmuştur. Özellikle biyolojik ve kimyasal aktivitelerin kontrolünde yaygın olarak kullanılan ısıt işlemler, etkin bir koruma sağlamaktadır. Ancak, yüksek sıcaklık ve uzun işlem süreleri nedeniyle besin değerlerinde kayıplar ve duyuşal özelliklerde bozulmalar meydana gelmesi, alternatif yöntemlerin araştırılmasını teşvik etmiştir.

Bu anlamda son yıllarda, ısıt olmayan gıda muhafaza teknolojilerine yönelik ilgi giderek artmaktadır. Bu teknolojiler arasında ultrasonik ses dalgaları, yüksek basınç, puls ışık, ultraviyole ışık, mikrofiltrasyon ve salınımlı manyetik alan uygulamaları dikkat çekmektedir. Isıt olmayan bu yöntemler, hem mikroorganizmaların ve istenmeyen enzimlerin inaktivasyonunu sağlamakta hem de düşük sıcaklık ortamında gerçekleştirildikleri için gıdaların tat, doku ve aroma özelliklerini koruma avantajı sunmaktadır.

Ultrasonik ses dalgaları, insan duyma eşliğinin üzerindeki, genellikle 20 kHz ile 10 MHz aralığında bulunan frekanslarla üretilir. Gıda endüstrisinde ultrason kullanımı; pastörizasyon ve sterilizasyon gibi ısıt işlemlerle karşılaştırıldığında, daha az zarar verici olması, ısı transferini hızlandırması ve duyuşal kaliteyi artırması gibi avantajları nedeniyle önem kazanmıştır. Ayrıca, düşük maliyetli ve kolay ulaşılabilir ekipmanlarla uygulanabilir olması, ultrasonik yöntemleri daha cazip hale getirmektedir.

Diğer yandan ultrasonik dalgalar, frekanslarına göre farklı sınıflara ayrılmaktadır. Bu noktada 20 kHz ile 1 MHz arasında yer alanlar, genellikle fiziksel ve kimyasal etkileri nedeniyle endüstriyel süreçlerde kullanılan “yüksek yoğunluklu ultrason” olarak adlandırılırken; 1 MHz ile 10 MHz arasındaki dalgalar ise tıbbi teşhis ve endüstriyel görüntüleme amacıyla kullanılan “teşhis ultrasonu” olarak bilinmektedir (Chin ve ark. 2013).

Ultrasonik dalgalar, ürünler üzerinde sıkışma ve genişleme şeklinde basınç değişimlerine yol açar. Bu etki, sıkılıp bırakılan bir sünger hareketine benzetildiğinden “sünger etkisi” olarak ifade edilmektedir (Fernandes ve ark. 2009). Bu basınç değişimleri, ürün yüzeyinde mikro kanalların oluşmasını sağlayarak hücre içindeki suyun dışarı çıkmasını kolaylaştırır (Garcia-Pérez ve ark. 2010).

2.6 Ultrason ve Konvektif Kurutma Üzerine Yapılan Çalışmalar

Ultrason teknolojisi, ayrıca gıda kurutma süreçlerinde sıklıkla ön işlem olarak kullanılmaktadır. Özellikle saf su ya da hipertonic çözeltilerle birlikte uygulanabilir ya da doğrudan kurutma ekipmanına entegre edilmiş şekilde işlev görmektedir. Bunun yanı sıra, ozmotik kurutma ve dondurarak kurutma sırasında difüzyon hızını artırmak amacıyla da kullanılmaktadır. Bu noktada ilgili literatüre baktığımızda ise Perez ve arkadaşlarının yürüttüğü bir çalışmada, ultrasonik ve konveksiyonel yöntemlerle kurutulan patlıcan dokusundaki nem kinetiği ve yapısal değişiklikler incelenmiştir. 40°C sıcaklıkta, 1 m/s hava akış hızında, 45 W ve 90 W gücünde iki farklı ultrasonik kurutucu ile konveksiyonel bir kurutucu kullanılarak üç ayrı deney gerçekleştirilmiştir. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile yapılan analizler sonucunda, ultrasonik kurutmanın süresinin önemli ölçüde azaldığı görülmüştür. Daha yüksek enerji seviyelerinde kurutmanın daha kısa sürede tamamlandığı belirlenmiştir. Konveksiyonel kurutma yönteminde, daha uzun kurutma süresine bağlı olarak ürün dokusunda daha büyük değişimler meydana gelirken, 45 W gücündeki ultrasonik kurutmanın hem zaman açısından avantajlı olduğu hem de dokuyu mekanik etkilerden daha iyi koruduğu tespit edilmiştir.

Ultrasonik kurutma konusunda yapılan benzeri çalışmalarda genel olarak farklı sebzelerden yapılan deneysel çalışmalara rastlanılmaktadır. Bu noktada yapılan analizde ise ilk olarak Mulet ve arkadaşları (2007), küp şeklinde kesilmiş (18x18x18 mm) havuç örneklerini 40°C’de farklı hava hızlarında (0,6 m/s ile 10 m/s) ultrason destekli kurutma yöntemiyle incelemişlerdir. Ultrasonun (75W, 21,8 kHz) artan hava hızlarında kuruma süresini kısaltmada etkisinin sınırlı olduğu, ancak düşük hava hızlarında daha olumlu sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Garcia-Perez ve arkadaşları (2010) ise portakal kabuğu örneklerini 40°C’de, 1 m/s hava hızıyla ve 90W gücünde ultrason kullanarak kurutmuşlardır. Kontrol grubu ile kıyaslandığında, kuruma süresinde önemli bir azalma ve enerji tüketiminde yaklaşık %30 tasarruf sağlandığı saptanmıştır.

Puig ve arkadaşları (2012), soyularak dilimlenmiş patlıcan örneklerini (2 cm kalınlık, 2,4 cm çap) ultrason destekli bir kurutucu ile kurutmuş, 40°C ve 1 m/s hava hızında yapılan deneylerde ultrason gücünün (45W ve 90W) kuruma süresini sırasıyla %50 ve %75

oranında kısalttığını gözlemlemişlerdir. Schössler ve arkadaşlarının (2012) çalışmasında, 1x1 cm boyutlarındaki kırmızı dolmalık biber örnekleri, ultrason destekli vakumlu liyofilizatör (76W) kullanılarak kurutulmuş; ultrasonun nem oranını (%10) kontrol grubundan daha kısa sürede (16,16 saat) sağladığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, renk, askorbik asit miktarı ve rehidrasyon özellikleri açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Garcia-Perez ve arkadaşlarının (2012) bir diğer çalışmasında, küp şeklinde kesilmiş havuç örnekleri (-10°C, 2 m/s hava hızı, %10 bağıl nem koşullarında) ultrason destekli kurutmaya tabi tutulmuştur. Bu yöntemde, kontrol grubuna kıyasla kuruma süresinde %60 azalma gözlenmiş ve rehidrasyon oranında belirgin bir artış elde edilmiştir. Sertlik açısından ise istatistiksel bir fark bulunmamıştır. Carcel ve arkadaşlarının (2007) elma dilimleri üzerine yaptığı çalışmada, süktroz çözeltisinde (30°Bx, 30°C) ultrason gücünün (57W ve 61W) nem kaybı üzerinde olumlu etkisi olduğu, ancak bu güçler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmediği belirtilmiştir.

Quintero-Ramos ve arkadaşları (2007), kırmızı dolmalık biberi (%13,51 NaCl, %0,84 sitrik asit vb. içeren bir çözeltiyle) farklı sıcaklıklarda (25-55°C) ultrason destekli ozmotik kurutmaya tabi tutmuşlardır. Ultrason kullanımının, kurutma süresini 3 saate indirerek (kontrol grubunda 8 saat), su kaybını artırdığı ve artan sıcaklıklarla daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Opalic ve arkadaşları (2009) ise fenolik içerik ve antioksidan kapasitesine odaklanmış ve 24,5 dakikalık ultrasonik ön işleme ardından 467,51 dakika kurutmanın en iyi sonucu verdiğini belirtmişlerdir.

3. MATERYAL ve METOT

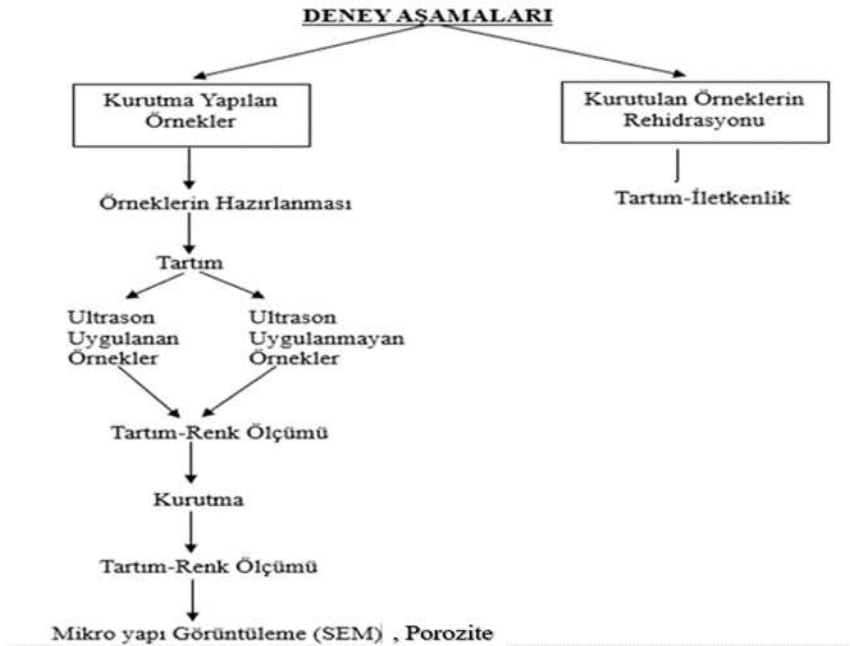
3.1 Materyal

Bu tez çalışmasında kullanılan patlıcanlar (*Solanum melongena* L.) Afyonkarahisar'daki bir manavdan temin edilmiştir. Patlıcanlar seçilirken hepsinin aynı boyda ve kalınlıkta olmasına dikkat edilmiştir. Deney tek seferde yapılamayacağından deney süresi boyunca aynı cins patlıcanlar tükendikçe aynı manavdan alınarak kullanılmıştır.

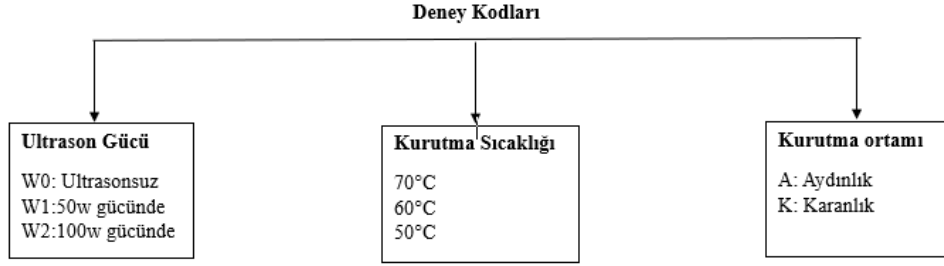
3.2 Metotlar

3.2.1 Deney Aşamaları ve Patlıcan Örneklerinin Hazırlanması

Bu çalışmada, patlıcan dilimlerinin kuruma ve rehidrasyon özelliklerini detaylı bir şekilde ortaya koymak amacıyla belirli deney kodları ve aşamaları oluşturulmuştur. Deney aşamaları Şekil 3.1'de, bu aşamalara karşılık gelen deney kodları ise Şekil 3.2'de sunulmuştur. Deney süreci, sırasıyla ultrason ön işlemi, kurutma ve rehidrasyon adımlarından oluşmaktadır. Bazı patlıcan örneklerine ultrason ön işlemi uygulanmamıştır. Çalışma için hazırlanan patlıcanlar öncelikle yıkanmış ve ardından 1 cm kalınlığında dilimler halinde kesilmiştir. Tüm tartım işlemleri hassas terazi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1 Deney aşamaları.



Şekil 3.2 Deney kodları.

3.2.2 Ultrason Uygulaması

Bu çalışmada, patlıcan örneklerine uygulanan ultrason ön işlemi, bir ultrasonik banyo (WiseClean cihazı, Resim 3.1) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ultrason işleminin patlıcan dilimlerinin özelliklerine etkisini incelemek amacıyla iki farklı güç seviyesi belirlenmiştir:

- W0 kodlu örnekler: Ultrason ön işlemi uygulanmamıştır (kontrol grubu).
- W1 kodlu örnekler: 50W güç seviyesinde ultrason uygulanmıştır.
- W2 kodlu örnekler: 100W güç seviyesinde ultrason uygulanmıştır.

Her bir ultrason ön işlemi uygulamasından önce ve sonra örneklerin renk ölçümleri ve tartımları hassas bir şekilde yapılmıştır.



Resim 3.1 Ultrasonik banyo.

3.2.3 Kurutma

Bu çalışmada kullanılan konveksiyonel kurutma kabini (Defnelab, Türkiye), iki adet paslanmaz çelik kurutma tepsi ile donatılmıştır. Kullanılan kurutma fırınının üst tepsi LED lambanın bulunduğu aydınlık bölgesidir. Alt tepsi siyah hava geçirgen bir file ile ayrılmış karanlık bölgesi şeklinde oluşturulmuştur. Yani işlemlerde farklılıklardan gelen hataları önlemek için aydınlık/karanlık koşulların kontrollü uygulanmasına olanak tanınmıştır. Aydınlık işlemlerinin ve karanlık işlemlerinin kurutma işleri aynı kurutma sıcaklığında birlikte gerçekleştirilmiştir.

LED aydınlatma için tam spektrum 200 LED, 20W, E27 duylu bitki büyütme hidroponik aydınlatma lambası kullanılmıştır. Aydınlatma açısı: 120° buna uygun 100x100 cm² kurutma tepsinin yerleştiği uzaklık 30cm'dir. Bu lamba seçimi, piyasada yaygın bulunabilirliği, düşük maliyeti ve homojen ışık dağılımı sağlama kabiliyeti nedeniyle tercih edilmiştir. Kurutma fırınının resmi Resim 3.2'de verilmiştir.



Resim 3.2 Kurutma kabini.

Kurutma deneyleri, 50°C, 60°C ve 70°C olmak üzere üç farklı sıcaklık derecesinde gerçekleştirilmiştir. Örnekler, önceden belirlenen deney kodlarına (Şekil 3.2) göre kurutma kabininin paslanmaz çelik tepsiyelerine tek sıra halinde yerleştirilmiş ve homojen hava akışı sağlanacak şekilde konumlandırılmıştır. Kurutma öncesi (Resim 3.3) ve

sonrası (Resim 3.4) görsel kayıtlar alınmış olup, her bir örnek için ağırlık değişimi (hassas terazi ± 0.01 g ile zaman bağılı kütle kayıpları) ve renk parametreleri (CIE L*a*b* renk uzayında) ölçülmüş ve nicel değerlendirme yapılmıştır. Analiz bilgileri aşağıda verilmiştir.



Resim 3.3 Kurutma öncesi Patlıcan örnekleri.



Resim 3.4 Kurutma sonrası Patlıcan örnekleri.

3.3 Analizler

3.3.1 Kütle Değişimi Analizleri

Kurutma Sürecinde Kütle Değişimi: 1 cm standart kalınlığında kesilen patlıcan örnekleri, kurutma işlemi öncesinde ± 0.01 g hassasiyetli dijital terazi ile tartılarak başlangıç

ağırlıkları kaydedilmiştir. Örnekler, kurutma kabininin ağırlık sensörü entegre tepsilerine yerleştirilmiş ve 50°C, 60°C ve 70°C sıcaklıklarda sabit ağırlığa (denge nemine) ulaşana kadar kurutulmuştur. Kütle değişimleri, kurutma süresince saatlik aralıklarla otomatik olarak kaydedilmiş ve zaman-ağırlık eğrileri oluşturulmuştur. Sonuçlar boyutsuz nem oranı (Moisture Ratio - MR) olarak verilmiştir.

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} \quad (3.1)$$

Burada M_t : t anındaki nem içeriği, M_0 : başlangıç nem içeriği, M_e : denge nem içeriğidir.

Rehidrasyon Sürecinde Kütle Değişimi: Kurutulmuş örnekler, 25°C'de distile su kullanılarak rehidre edilmiştir. Rehidrasyon işlemi sırasında örnekler 30 dakikalık aralıklarla (± 0.01 g hassasiyetle) tartılarak su alma kapasiteleri izlenmiştir. Her sıcaklık seviyesi (50°C, 60°C, 70°C) için ayrı ayrı gerçekleştirilen bu işlemlerde, kütle artışının zamana bağlı değişimi grafiksel olarak analiz edilmiştir. Bu veriler, farklı işlem koşullarının patlıcan dokusu üzerindeki etkilerinin nicel olarak değerlendirilmesine olanak sağlamıştır.

3.3.2 Elektrik İletkenliği (EC)

Rehidrasyon işlemi sırasında patlıcan dokusundan suya geçen çözünmüş maddelerin (iyonlar, şekerler, organik asitler vb.) miktarını objektif olarak değerlendirmek amacıyla elektriksel iletkenlik ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kalibre edilmiş OHAUS STARTER 300C iletkenlik ölçer ($\pm 1 \mu\text{S}/\text{cm}$ hassasiyetle) kullanılarak, rehidrasyon suyunun iletkenlik değerleri ($\mu\text{S}/\text{cm}$) 30 dakikalık aralıklarla kaydedilmiştir. Ölçümler, 50-60-70°C'de sıcaklık kontrollü su banyosunda (Mettler, Almanya) yapılmış olup, sonuçlar $\mu\text{S}/\text{cm}$ cinsinden raporlanmıştır.

3.3.3 Renk Değişimi

Patlıcan örneklerinin kurutma öncesi ve kurutma sırasında renk ölçümleri PCE COLORIMETER cihazı ile ölçülmüştür. Örneklerin ölçüm öncesi cihazın kalibrasyonu,

cihazın kendine ait kalibrasyon plakası ile sağlanmaktadır. CIE (International Commission on Illumination) renk ölçüm sistemi, renklerin duyusal algısını sayısal bir biçimde ifade etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. L^* , a^* , b^* sistemi, bu tür ölçümler için en bilinen yöntemlerden biridir ve renklerin üç boyutlu bir uzayda temsil edilmesini sağlar (Robertson 1977). Patlıcan örnekleri kurutmadan önce renkleri ölçülerek veriler girilmiştir. Kurutma sırasında 1 saat arayla çıkartılmış hem tartılmış hem de renk değerleri L , a , b , C^* , h ölçülmüştür.

L^* : Aydınlık değeri, 0 (tam siyah) ile 100 (tam beyaz) arasında değişir.

a^* : Kırmızıdan yeşile doğru bir eksenle ölçüm yapar; pozitif değerler kırmızı, negatif değerler yeşil tonları ifade eder.

b^* : Sarıdan maviyi temsil eder; pozitif değerler sarı, negatif değerler mavi tonlarını gösterir.

C^* : Renk değeri (0-60 renk değerinin artışını gösterir)

h° : renk canlılığını gösteren birim derece (0) dır.

3.3.4 SEM Mikroyapı Görüntüleme

Mikroyapı görüntüleme Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi (TUAM)'nde bulunan LEO 1430 VP model W (Tungsten) filament ile çalışan taramalı elektron mikroskobu (SEM) cihazında yapılmıştır. Seçilen 9 örnek (70W0, 70W1, 70W2, 60W0, 60W1, 60W2, 50W0, 50W1, 50W2), çift taraflı yapışkan bantla doğrudan alüminyum stublara monte edilmiş ve ince bir altın tabakasıyla bir sputter coater kaplayıcıda kaplanmıştır. Porları gözlemlemek amacıyla üst yüzey değil yan kesit bakılmıştır. Gözlemler 20 kV hızlandırma voltajında taramalı elektron mikroskobu kullanılarak 250x büyütme oranlarında gerçekleştirilmiştir.

3.3.5 Porozimetre Analizi

Porozimetre analizi Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi (TUAM)'nde bulunan MICROMERITICS marka AUTOPORE IV model Cıva porozimetresi ile yapılmıştır. Cıva porozimetreleri katalizör, seramikler, mineral ve

maden ürünleri, sinterlenmiş materyal, yapı malzemeleri, biyolojik implantlar, membranlar, adsorbanlar, aktif karbon, zeolit, ilaç hammaddeleri, metalurjik tozlar, aşındırıcılar ve polimerler gibi malzemelerin gözeneklilik ve boyutsuz hacim dağılımlarının hesaplanmasında kullanılmaktadır. Ölçüm, civa gibi reaktif ve ıslatıcı olmayan bir sıvının, yeterli basınç uygulanmadığı takdirde ince porlara giremeyeceği prensibi üzerine kuruludur. Seçilen dokuz örnekte (70W0, 70W1, 70W2, 60W0, 60W1, 60W2, 50W0, 50W1, 50W2) uygulanan basınca karşı hücrede azalan civa miktarı, hücre uçları arasındaki kapasitans değişiminden tayin edilmiştir. Por boyutu ise basıncın fonksiyonu olarak hesaplanmaktadır.

3.3.6 Duyusal Analiz

Kurutulmuş numunelerin duyusal değerlendirilmesi, yaşları 30 ila 45 arasında değişen (5 kadın ve 4 erkek) 9 panelistten oluşan eğitimli bir panel tarafından değerlendirilmiştir. Test edilen duyusal parametreler dış görünüş, renk, koku, doku ve genel kabul edilebilirliktir. Bu çalışmada kullanılan duyusal parametreler, Tabloda ayrıntılı olarak belirtildiği gibi 10 cm'lik cetvel skala üzerinde puanlık puantaj formlarına işlenmiştir.

Ek-1'de verilen çizelgedeki parametreler göz önüne alınarak panelistlere patlıcan örneklerinin dış görünüşü, koku, renk, tekstür ve genel kabul edilebilirlik hakkında yorum istenmiştir.

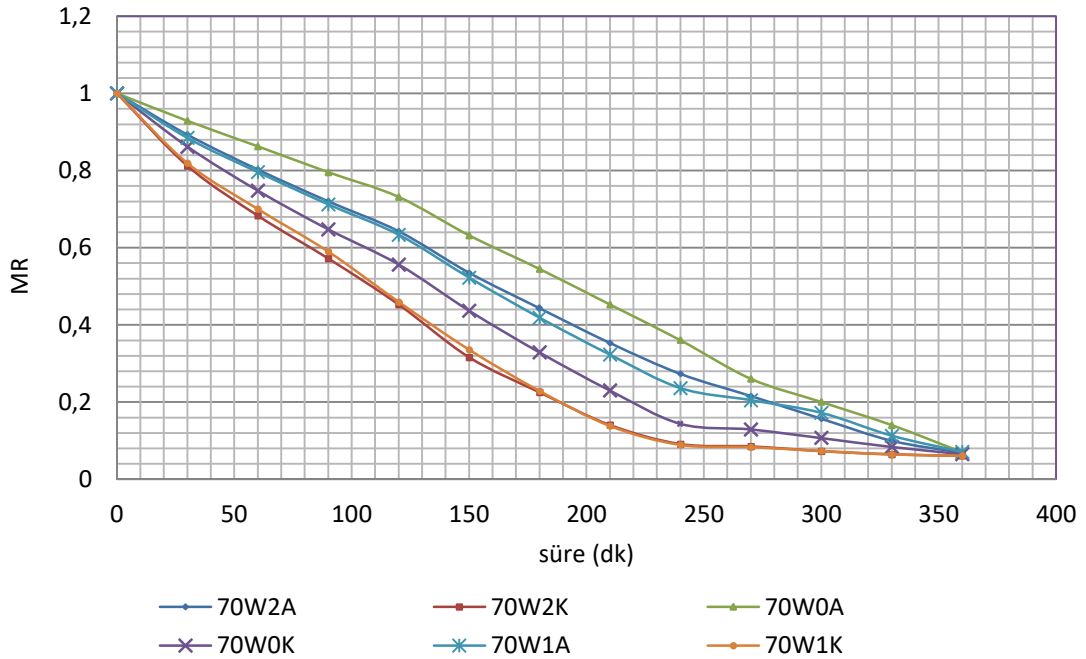
3.3.7 Rehidrasyon Analizleri

Rehidrasyon analizleri, 1 cm kalınlığında ve farklı sıcaklıklarda (50°C, 60°C, 70°C) kurutulmuş patlıcan dilimlerinin su alma kapasitelerini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiş olup, örnekler 200 ml'lik beherlerde distile su içinde tamamen örtülecek şekilde yerleştirilmiş ve kontrollü sıcaklık ortamı sağlamak için su banyosu (Memmert, Almanya) kullanılmıştır. Her yarım saatlik periyot sonunda (ilk üç ölçüm her 10 dk olacak şekilde) örnekler sudan çıkarılarak yüzey suyu alınmış, hassas terazi (± 0.01 g) ile kütle artışları kaydedilmiştir.

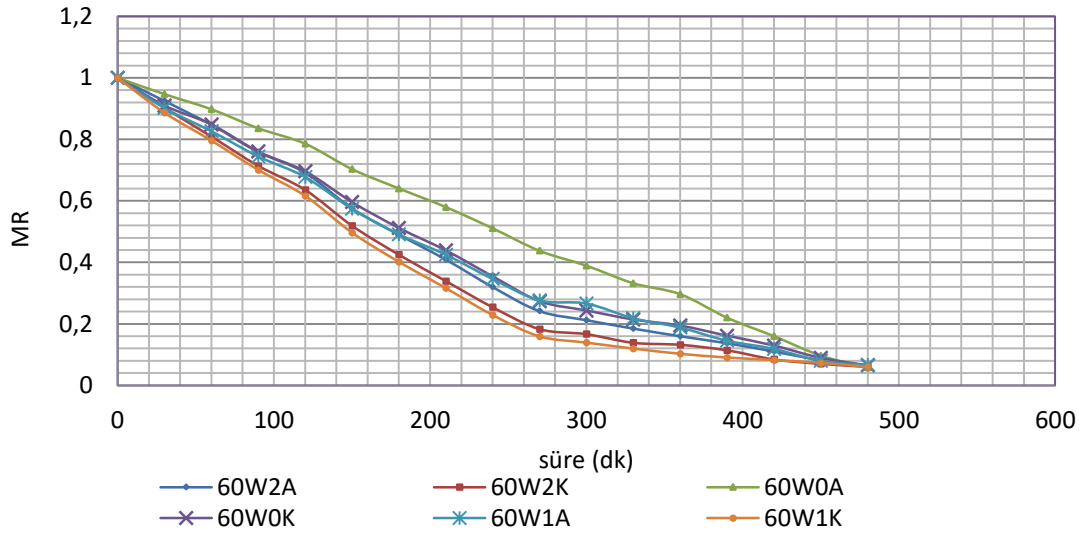
4. BULGULAR

4.1 K t le Değişimi

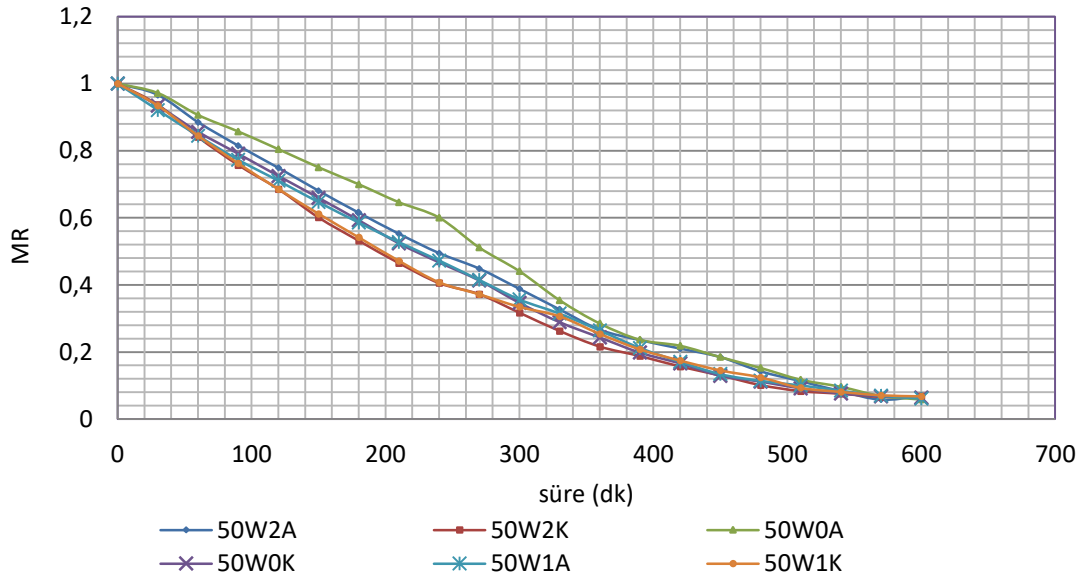
Kurutma prosesinin etkinliği ve ürün üzerindeki nihai etkisi, sıcaklık, hava hızı, bağlı nem gibi çevresel parametrelerin yanı sıra, ürünün türü ve uygulanan ön işlem ler gibi birçok faktöre bağlı olarak değişkenlik gösterir. Sebzelerin kurutulmasında zamana karşı k t le değişimi, ürünün içerdiği nem miktarının zamanla nasıl azaldığını ifade eden temel bir parametredir. Özellikle, farklı kurutma sıcaklıkları (50 C, 60 C, 70 C), ortam ışık koşulları (aydınlık ve karanlık) ve çeşitli ultrason ön işlem şiddetlerinin patlıcan örneklerinin nem oranı (MR) değişimleri ve dolayısıyla kurutma süreleri üzerindeki etkileri detaylı olarak incelenmiştir. Kurutma sırasında MR cinsinden k t le değişim grafiği 70 C sıcaklık için şekil 4.1, 60 C sıcaklık için şekil 4.2’de ve 50 C’deki sıcaklık için şekil 4.3’de verilmiştir.



şekil 4.1 70 C kurutmada k t le değişim grafiği.



Şekil 4.2 60°C kurutmada kütle değişim grafiği.



Şekil 4.3 50°C kurutmada kütle değişim grafiği.

Farklı sıcaklıklarda gerçekleştirilen kurutma deneylerinde, tüm örneklerde zamanla MR değerlerinin düzenli şekilde azaldığı gözlemlenmiştir. Ultrason uygulanmayan örnekler (W0) en yavaş kuruma eğilimi gösterirken (örn. 50W0A, 300. dakikada $MR=0.440$), yüksek ultrason şiddeti (W2) uygulanan örnekler (örn. 50W2A, 300. dakikada $MR=0.356$) en hızlı kuruma performansını sergilemiştir. Kuruma eğrileri, özellikle 450-600 dakika aralığında bazı örneklerde hafif dalgalanmalar göstermiştir. Benzer bulgular

60 ve 70°C'de yapılan deneyler için de bulunmuştur. Sıcaklık artışı kurutma hızını belirgin bir şekilde arttırıp kurutma süresini azaltmaktadır. Her üç sıcaklıkta da ultrason ve karanlığın kurumayı hızlandırdığı ana eğilim korunmuştur.

4.2 Renk Değişimi

Kurutma işlemi, sebzelerin renk değerleri üzerinde önemli değişikliklere neden olan bir süreçtir. Renk, kurutulmuş ürünler için önemli bir kalite kriteridir. Genellikle, kurutma sırasında meydana gelen fiziksel, kimyasal ve biyolojik reaksiyonlar ürünün rengini etkiler. Bu değişimler, CIE (International Commission on Illumination) Lab* renk ölçüm sistemi kullanılarak nicel olarak değerlendirilebilir.

4.2.1 L Değeri

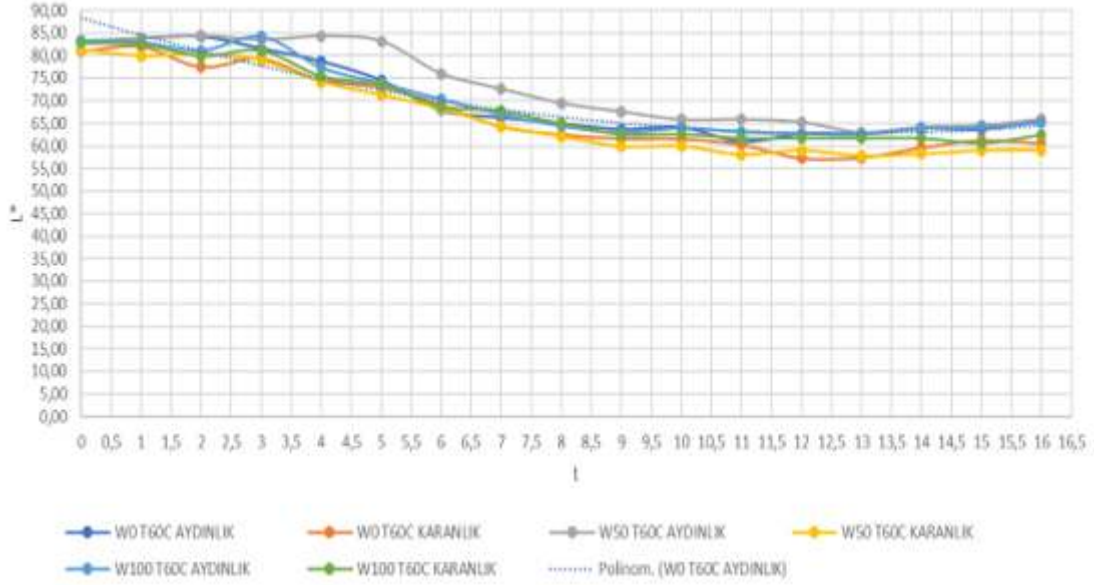
CIE L* değeri, bir renk ölçüm sisteminde aydınlık değerini temsil eder. Bu sistem, insan gözünün renk algısını daha iyi ifade etmek için kullanılır. "L" değeri, 0 ile 100 arasında değişir; 0 en karanlık, 100 ise en aydınlık rengi ifade eder.

Şekil 4.4'de 70°C'de kurutulan patlıcan örneklerinin kurutma işlemi boyunca ölçülen L* değerinin değişimi verilmiştir.



Şekil 4.4 70°C'de kurutulan patlıcan örneklerinin kuruma sırasında L* değerinin değişimi.

Şekil 4.5’de 60°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kurutma işlemi boyunca ölçülen L^* değerinin değişimi verilmiştir.



Şekil 4.5 60°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kuruma sırasında L^* değerinin değişimi.

Şekil 4.6’da 50°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kurutma işlemi boyunca ölçülen L^* değerinin değişimi verilmiştir.

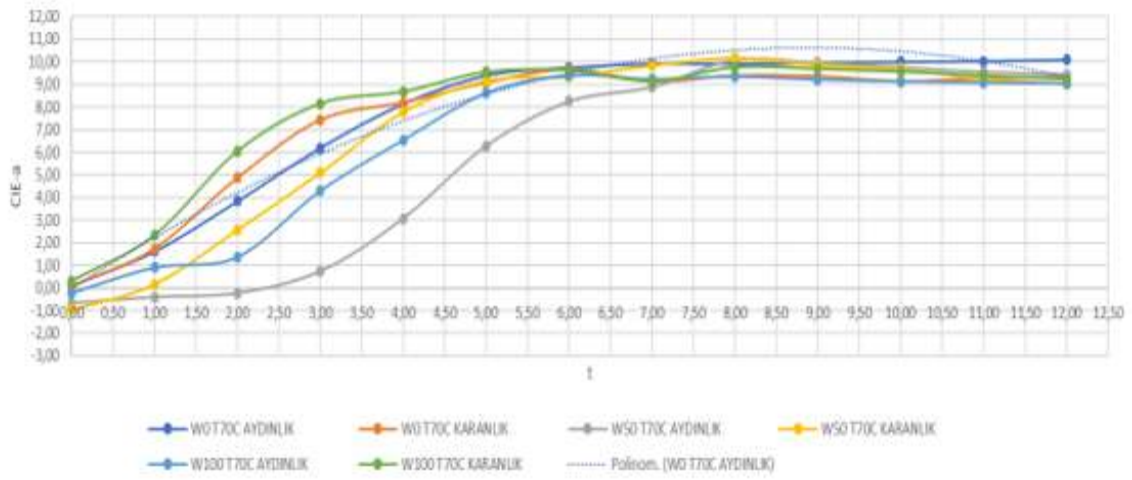


Şekil 4.6 50°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kuruma sırasında L^* değerinin değişimi.

4.2.2 a* Değerleri

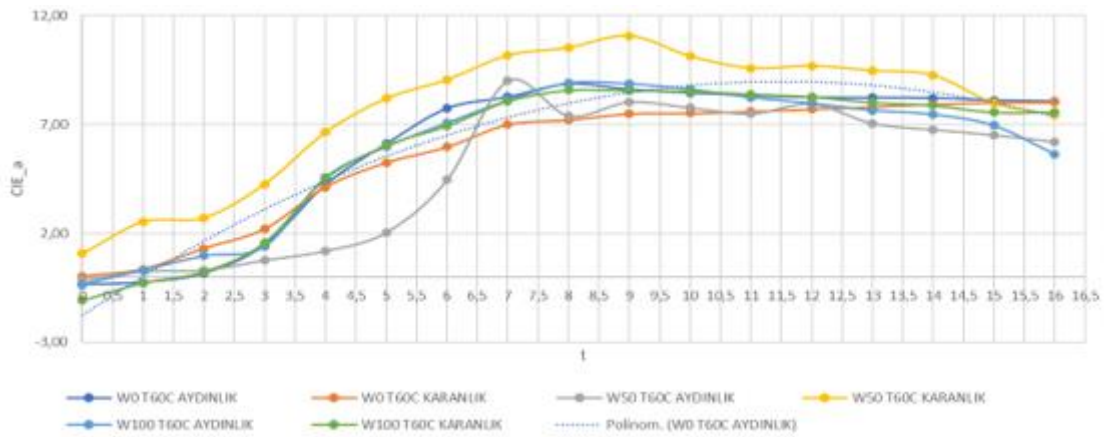
a renk değeri, CIE renk modelinde kullanılan bir bileşendir ve kırmızı-yeşil koordinatını temsil eder. a* değerinin pozitif olması kırmızı renk tonlarını, negatif olması ise yeşil tonlarını gösterir. Nötr değer 0'dır.

70°C'de kurutulan patlıcan örneklerinin kurutma işlemi boyunca ölçülen a* değerinin değişimi Şekil 4.7'de verilmiştir.



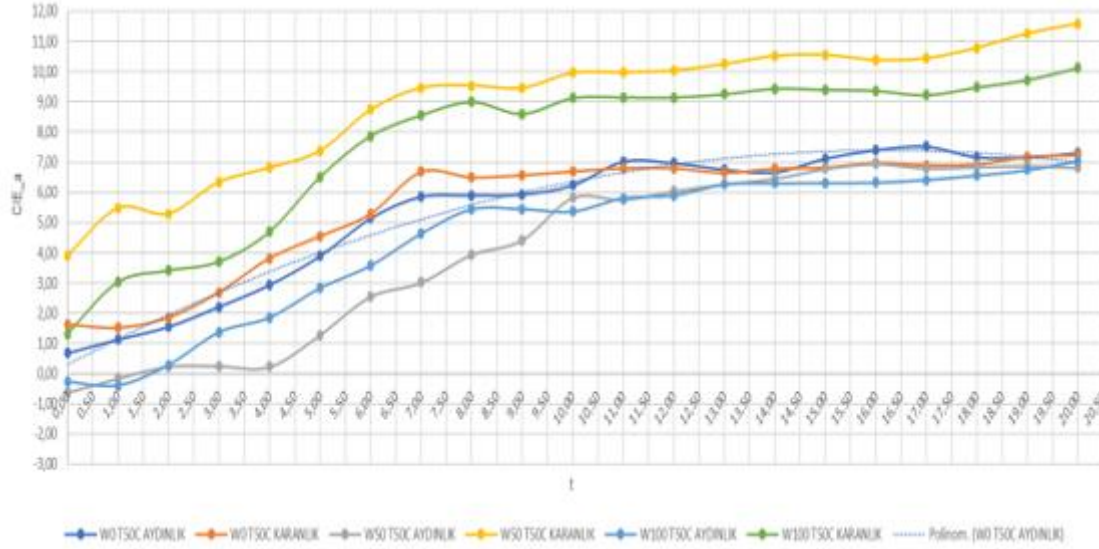
Şekil 4.7 70°C'de kurutulan patlıcan örneklerinin kuruma sırasında a* değerinin değişimi.

60°C'de kurutulan patlıcan örneklerinin kurutma işlemi boyunca ölçülen a* değerinin değişimi Şekil 4.8'de verilmiştir.



Şekil 4.8 60°C'de kurutulan patlıcan örneklerinin kuruma sırasında a* değerinin değişimi.

50°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kurutma işlemi boyunca ölçülen a^* değerinin değişimi Şekil 4.9’da verilmiştir.

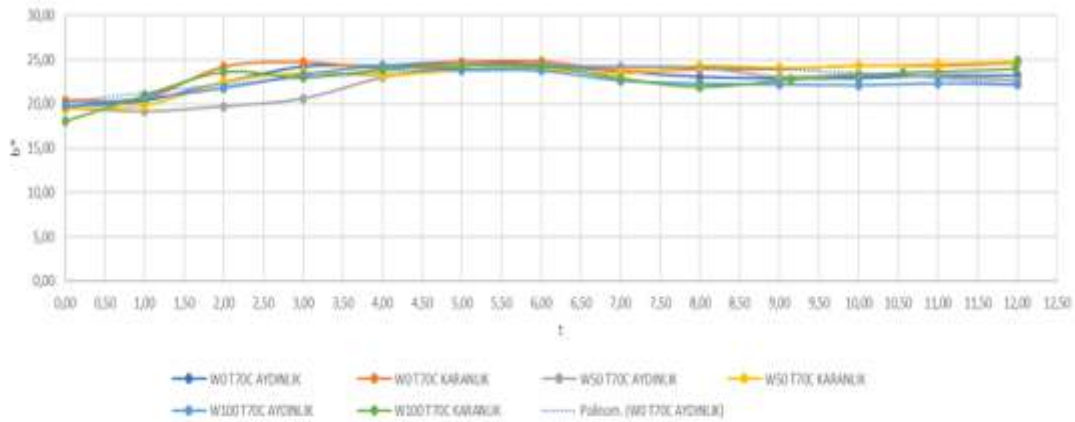


Şekil 4.9 50°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kuruma sırasında a^* değerinin değişimi.

4.2.3 b^* Değerleri

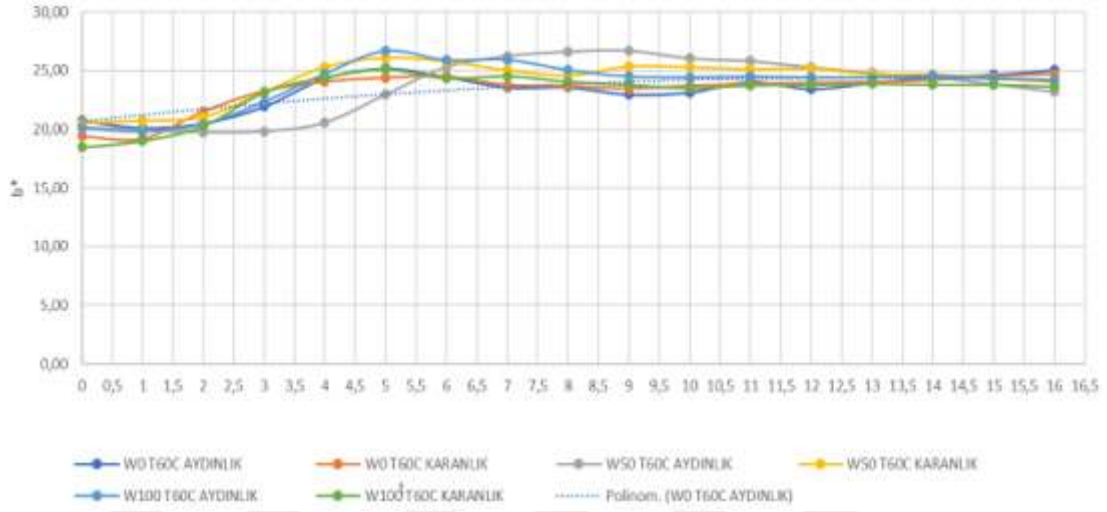
b^* rengin sarı-maviliğini ifade eder. b^* ’nin pozitif değerleri sarı, negatif değerleri ise mavidir. 0 nötrdür.

70°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kurutma işlemi boyunca ölçülen b^* değerinin değişimi Şekil 4.10’da verilmiştir.



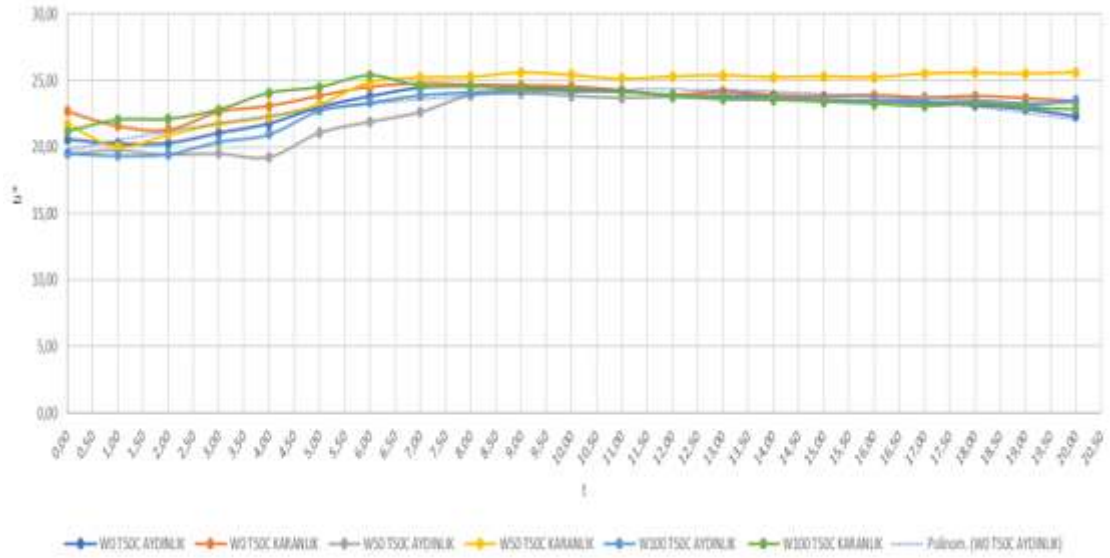
Şekil 4.10 70°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kuruma sırasında b^* değerinin değişimi.

60°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kurutma işlemi boyunca ölçülen b^* değerinin değişimi Şekil 4.11’de verilmiştir.



Şekil 4.11 60°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kuruma sırasında b^* değerinin değişimi.

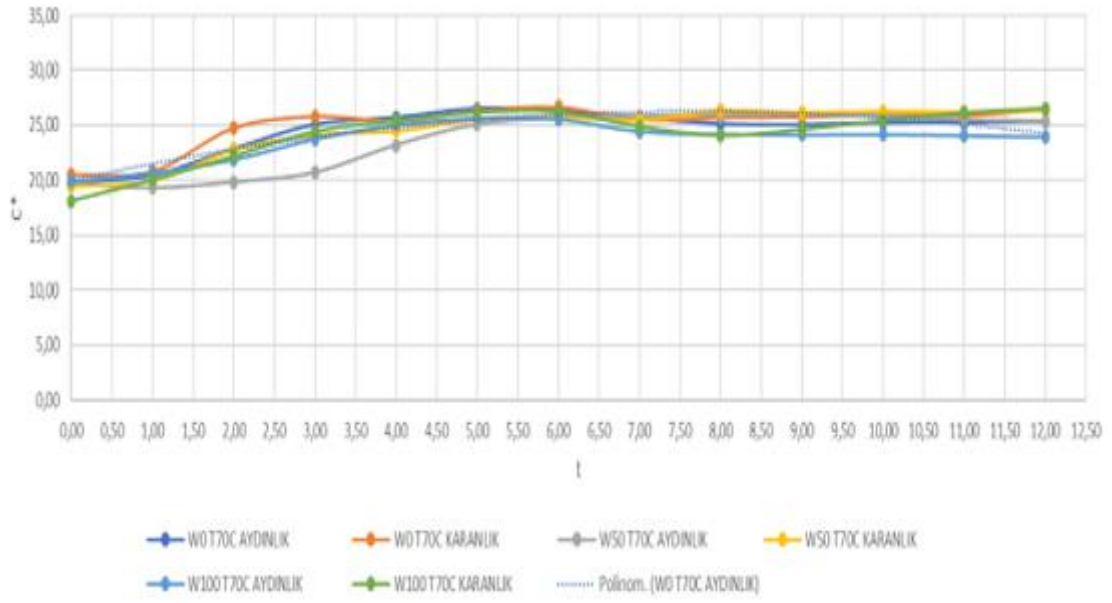
50°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kurutma işlemi boyunca ölçülen b^* değerinin değişimi Şekil 4.12’de verilmiştir.



Şekil 4.12 50°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kuruma sırasında b^* değerinin değişimi.

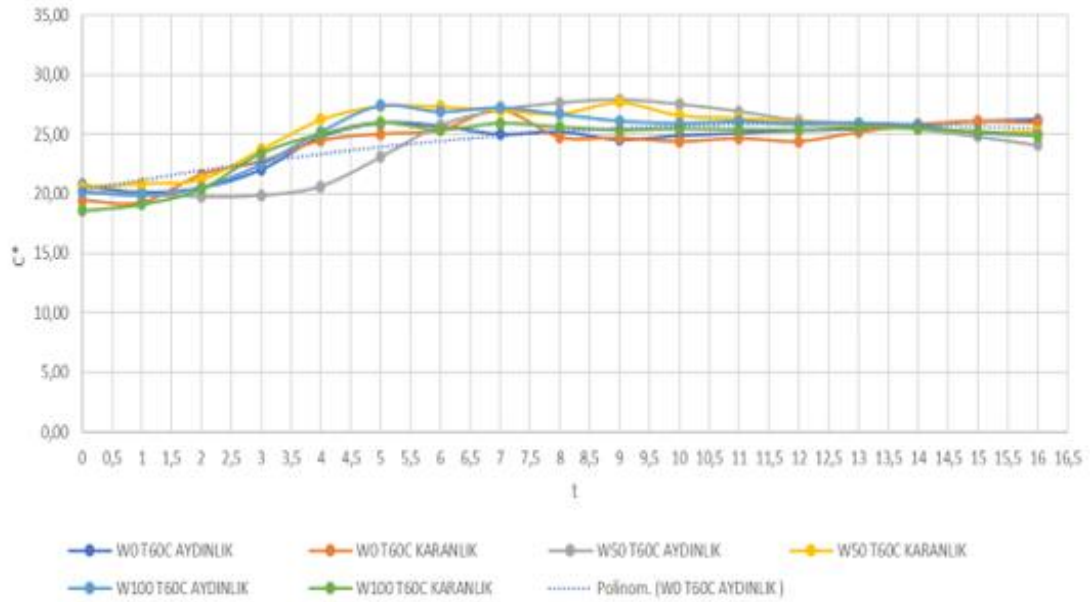
4.2.4 C* Değerleri

70°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kurutma işlemi boyunca ölçülen C^* değerinin değişimi Şekil 4.13’de verilmiştir.



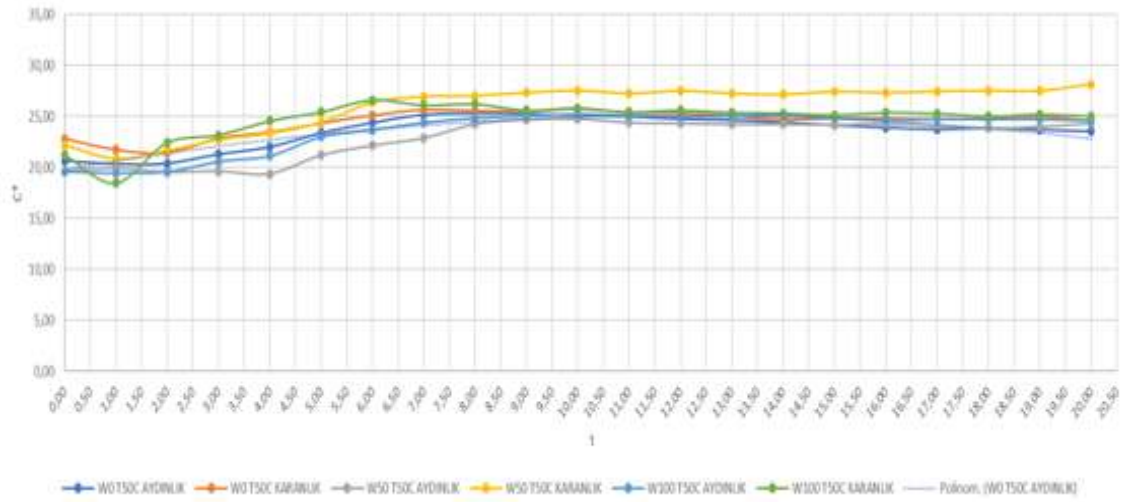
Şekil 4.13 70°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kuruma sırasında C* değerinin değişimi.

60°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kurutma işlemi boyunca ölçülen C* değerinin değişimi Şekil 4.14’de verilmiştir.



Şekil 4.14 60°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kuruma sırasında C* değerinin değişimi.

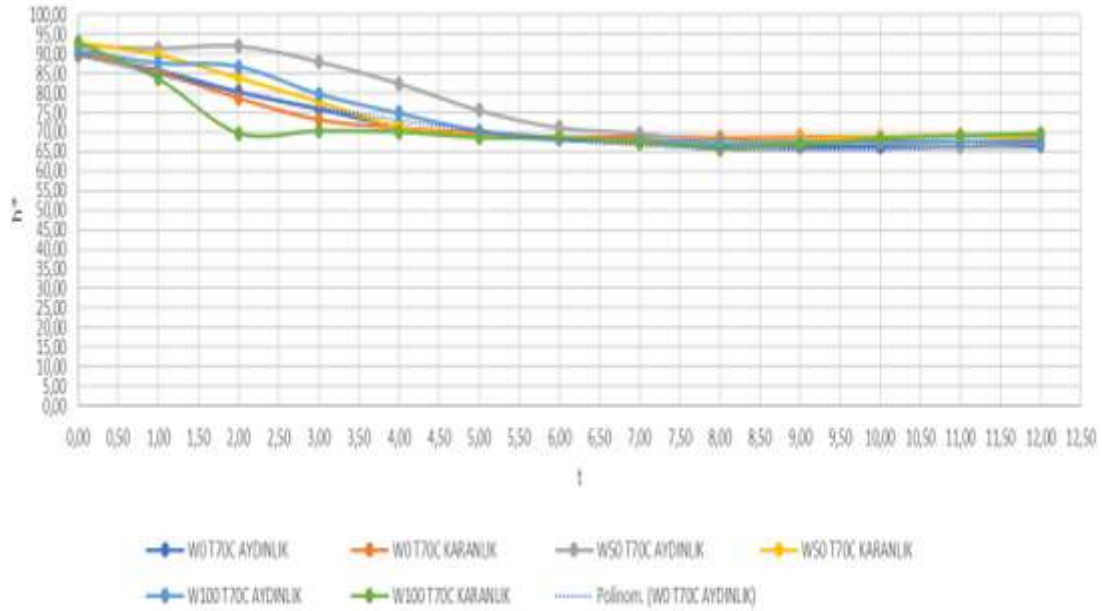
50°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kurutma işlemi boyunca ölçülen C* değerinin değişimi Şekil 4.15’de verilmiştir.



Şekil 4.15 50°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kuruma sırasında C* değerinin değişimi.

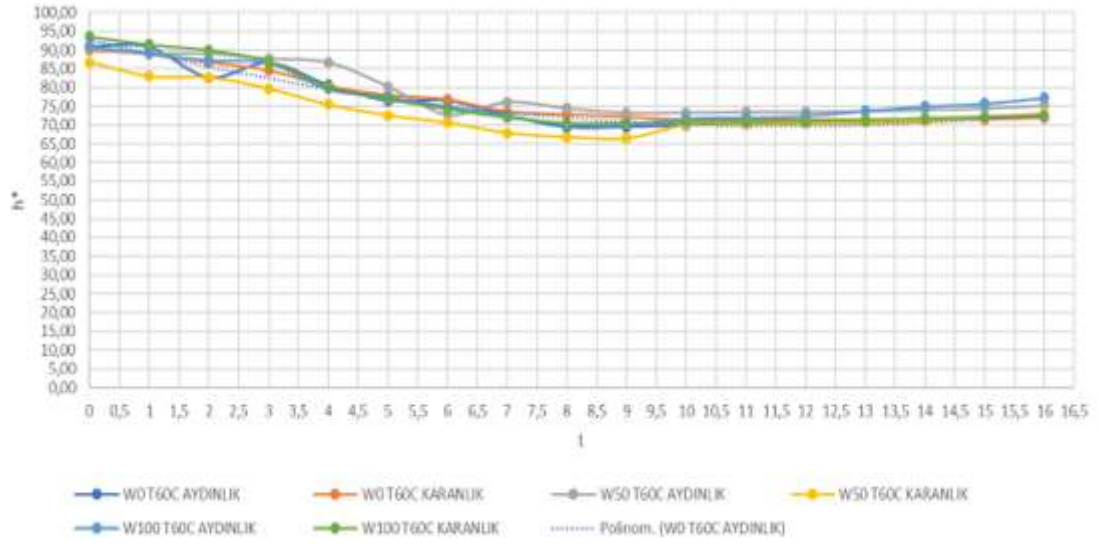
4.2.5 h* Değerleri

70°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kurutma işlemi boyunca ölçülen h* değerinin değişimi Şekil 4.16’da verilmiştir.



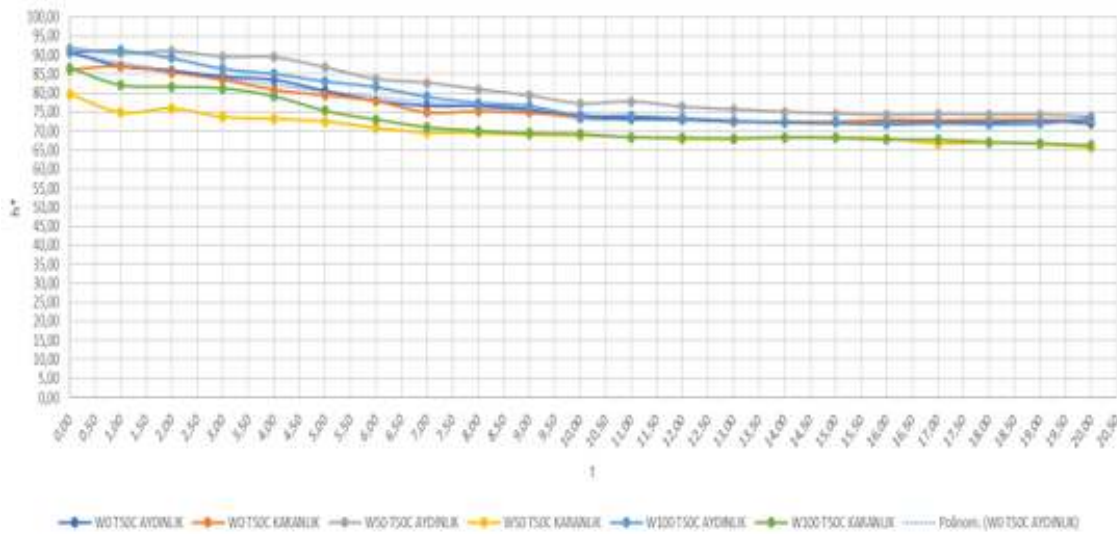
Şekil 4.16 70°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kuruma sırasında h* değerinin değişimi.

60°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kurutma işlemi boyunca ölçülen h* değerinin değişimi Şekil 4.17’de verilmiştir.



Şekil 4.17 60°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kuruma sırasında h^* değerinin değişimi.

50°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kurutma işlemi boyunca ölçülen h^* değerinin değişimi Şekil 4.18’de verilmiştir.



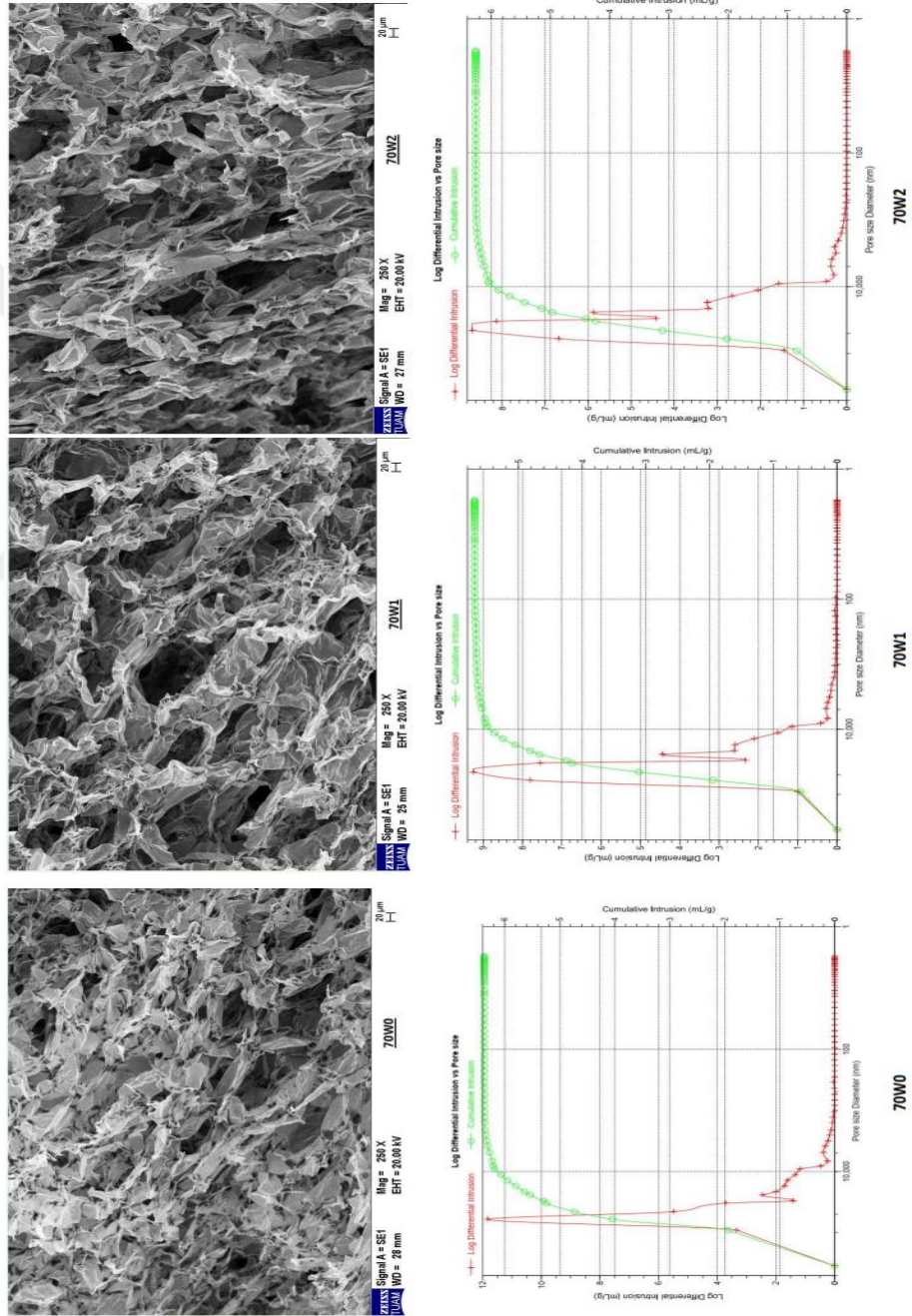
Şekil 4.18 50°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin kuruma sırasında h^* değerinin değişimi.

4.3 Mikroyapı Görüntüleme ve Porozite

Farklı ön işleme koşullarına tabi tutulan patlıcan dilimlerinin porozite analizine ilişkin bir dizi grafik ve SEM görüntüsü Şekil 4.19-4.21’de verilmiştir. Grafiklerde x-ekseni (Por size diameter) logaritmik skalada por büyüklüğü çapını göstermektedir. Daha küçük değerler daha ince gözenekleri göstermektedir. y-ekseni (sol): (Log differential intrusion)

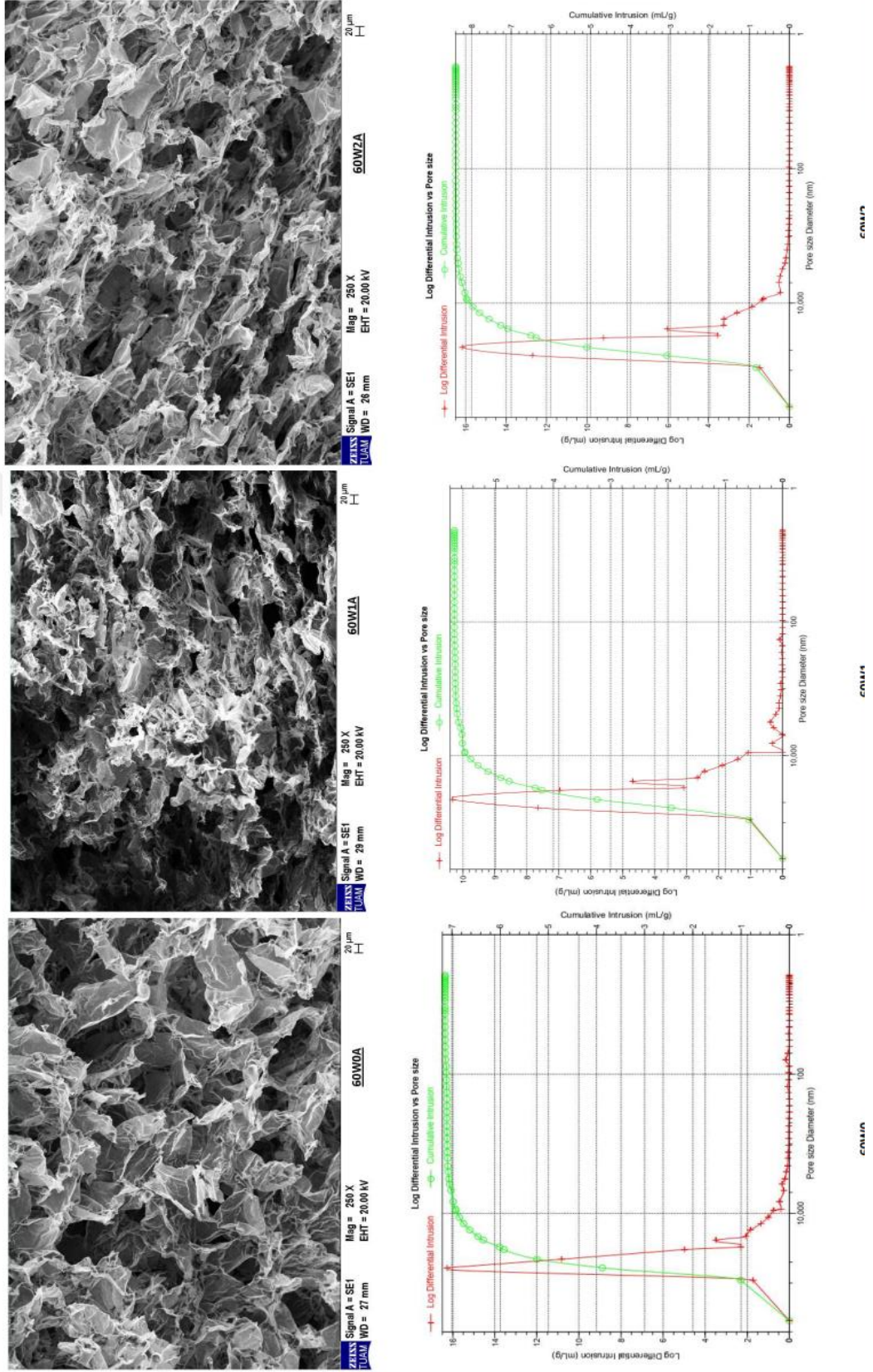
por boyutu dağılımının yoğunluğunu gösterir. Pikler, baskın por boyutlarını ifade etmektedir. Y-ekseni (sağ): Cumulative intrusion) – toplam por hacmini yansıtmaktadır. Grafiklerde diferansiyel eğri por boyutu dağılımını gösterir. Dar ve yüksek pikler, homojen por yapısına işaret etmektedir. Kümülatif eğri ise Numunenin toplam por hacmini ve porozitesini yansıtır. Daha dik eğri, daha fazla makro por (büyük gözenek) varlığını göstermektedir.

70°C’de kurutulan örnekler



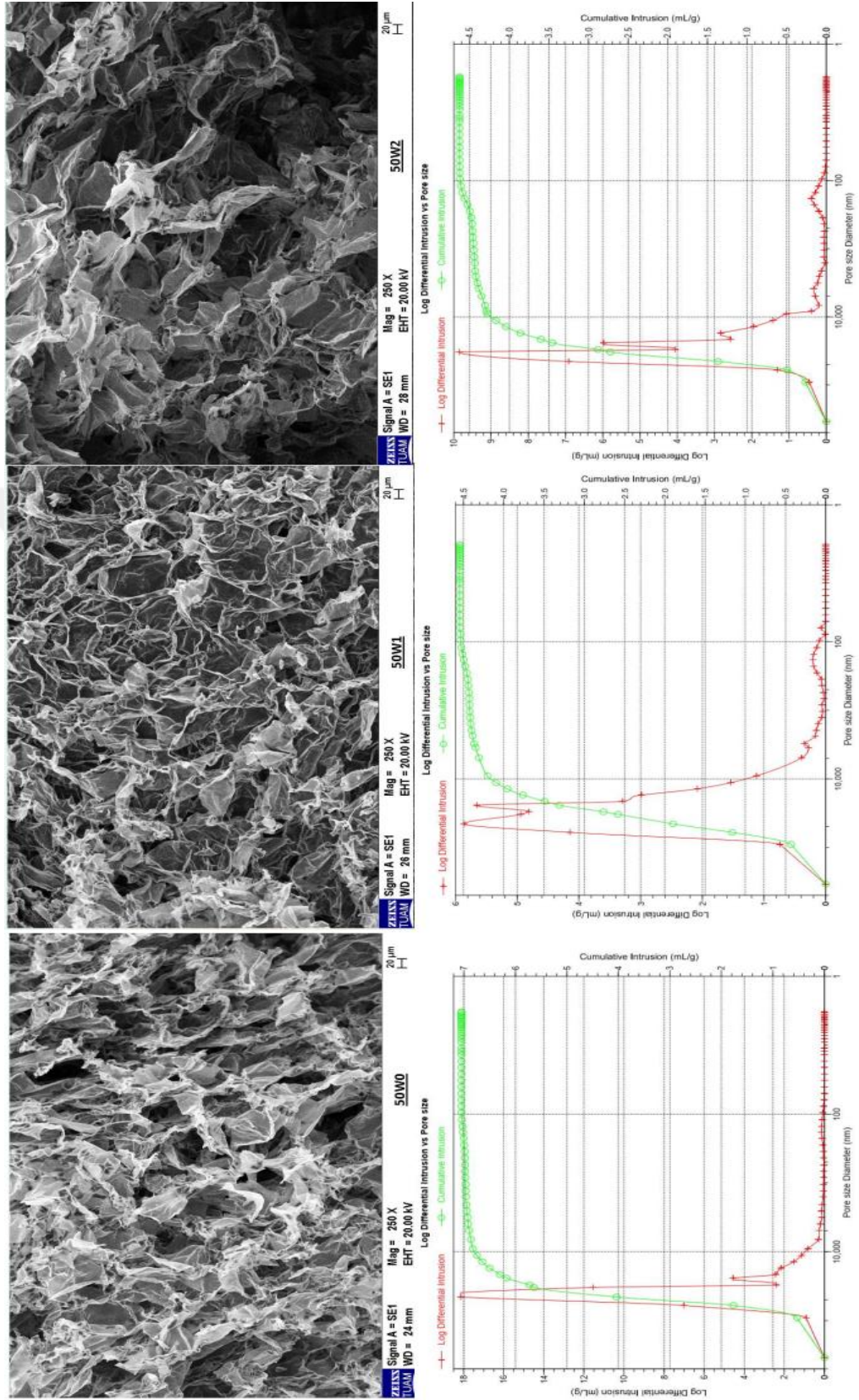
Şekil 4.19 70 °C’de kurutulan patlıcan örneklerinin mikroyapı sonuçları.

60°C’de kurutulmuş örnekler



Şekil 4.20 60 °C’de kurutulmuş patlıcan örneklerinin mikroyapı sonuçları.

50°C’de kurutulmuş örneklerin mikroyapı sonuçları



Şekil 4.21 50 °C’de kurutulmuş patlıcan örneklerinin mikroyapı sonuçları.

SEM görüntüleri incelendiğinde tüm görüntülerde patlıcan dilimlerinin süngerimsi, gözenekli bir yapıya sahip olduğu açıkça görülmektedir. Ultrason ön işlemi açısından W0'da büyük, düzensiz gözenekler; W2'de daha ince ve homojen gözenekler mevcuttur. Ultrason şiddeti arttıkça gözeneklerin boyutunun azaldığını, yapının daha sıkı ve parçalanmış hale geldiğini görülmektedir. W0 (ön işlemsiz) örneklerde, SEM'de gözeneklerin genellikle daha geniş ve düzensiz olduğu net biçimde gözlemlenmektedir. W1 örneklerinde, gözeneklerin boyutu küçülmüş, daha düzenli ve homojen bir yapı görülmektedir. Bu da rehidrasyon için ideal yapı olarak yorumlanabilir. Görüntüler de bunu desteklemektedir. W2'de, gözenekler oldukça küçük ve sıkışık görünmektedir. SEM görüntüsü, nanometre ölçeğinde daha yoğun gözenek yapısını doğrulamaktadır. Bazı yerlerde yapının parçalanmaya başladığı ya da yoğun hasar olduğu da SEM görüntüsünden fark edilebilir.

Kurutma sıcaklığı etkisi açısından 50°C örneklerde, gözenek yapısı SEM'de daha korunmuş ve küçüktür. 70°C'de yüksek sıcaklığın etkisiyle özellikle ön işlemsiz numunelerde (W0) dokuda yapısal bozulma daha belirgin görülmektedir. Ayrıca porozite dağılımındaki heterojenlik grafiklerle uyumludur. Bu sebeple yükselen sıcaklığın etkisiyle gözenekler genişlediği görülmekle birlikte kırılabilirliğin arttığı söylenebilir.

Porozite grafikleri incelendiğinde X eksenini nanometre cinsinden gözenek boyutunu vermektedir. Soldaki y eksenini gözenek boyutlarının dağılımını veren logaritmik diferansiyel intrüzyonu; sağdaki y eksenini, gözeneklerin toplam hacmini belirten kümülatif intrüzyonu göstermektedir.

Logaritmik diferansiyel intrüzyon eğrisindeki pik noktaları baskın gözenek boyutlarını temsil etmektedir. W0 örnekleri geniş ve düşük frekanslı tepelere sahiptirler. Pikler daha geniş ve saçılmış, yani gözenek boyutu dağılımı heterojen görülmektedir. W1'de pikler daha keskin ve belirgin, homojen gözenek yapısını yansıtmaktadır. W2'de çok dar ve yüksek pikler görülmektedir. Yani W1 ve W2'de tepe daha keskin ve yüksek, yani gözenek boyutları küçülüp daha tekdüze olmuş denilebilir.

Kümülatif intrüzyon eğrisi hemen hemen her örnekte yaklaşık %100 kümülatif hacme ulaşmıştır. Bu, numunenin porozitesinin tam ölçüldüğü anlamına gelmektedir.

Kümülatif eğriler arasında farklılıklar görülmektedir. W2 örneklerinde kümülatif intrüzyon eğrisi biraz daha yavaş artış eğilimindedir. Bu durum küçük gözeneklerin baskın olduğunu göstermektedir. Sonuçta kümülatif intrüzyon eğrileri ise gözenek toplam hacimlerini destekler şekilde benzer kalıplar göstermektedir.

4.4 Duyusal Analiz

Patlıcan örneklerinin duysal analizi için 9 kişilik panelist seçilmiş olup görünüşü, kokusu, dokusu ve genel intibas Ek 1’deki duysal panel formuna uygun olarak incelenmiştir. Patlıcan örneklerinin taze, kurutulmuş ve rehidre halleri resim 4.1, resim 4.2 ve resim 4.3 de verilmiştir.



Resim 4.1 50°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin taze, kurutulmuş ve rehidre görselleri.

Taze, kurutulmuş ve rehidre edilmiş patlıcan dilimlerinin görselleri incelendiğinde, işlemlerin yapısal ve morfolojik değişimleri açıkça gözlemlenebilmektedir. Taze patlıcan dilimleri canlı mor renk tonu, pürüzsüz yüzey ve diri bir doku sergilerken, kurutulmuş örneklerde belirgin bir hacim kaybı, renk koyulaşması (L^* değerinde azalma ile renk analizi verilerinde belirtilmiştir) ve yüzeyde büzüşme dikkat çekmektedir. Rehidrasyon sonrası görseller ise su alımına bağlı olarak kısmi hacim kazanımını ve yumuşak bir tekstür oluşumunu yansıtmaktadır. Renk parametrelerindeki değişimler (a^* ve b^* değerlerindeki artış) görsellerdeki sarımsı-kahverengi tonlarla uyumlu olup, bu bulgular SEM görüntülerinde tespit edilen mikro yapısal değişiklikleri desteklemektedir.



Resim 4.2 60°C'de kurutulan patlıcan örneklerinin taze, kurutulmuş ve rehidre görselleri



Resim 4.3 70°C'de kurutulan patlıcan örneklerinin taze, kurutulmuş ve rehidre görselleri

Duyusal analiz, gıda ürünlerinin tüketici tarafından kabul edilebilirliğini doğrudan ölçen en kritik kalite değerlendirme yöntemidir. Çünkü teknik parametrelerle (nem, renk, tekstür vb.) ölçülen özelliklerin nihai tüketici deneyimine nasıl yansıdığını ancak duyusal testler ortaya koyabilir. Özellikle kurutulmuş sebzeler gibi işlem görmüş ürünlerde, dış görünüşteki değişimler, renk kaybı veya aroma farklılıkları tüketici tercihlerini doğrudan etkiler. Bu çalışmada patlıcan dilimlerinin farklı kurutma koşulları sonrası duyusal özelliklerinin değerlendirilmesi, hem ürün kalitesinin korunup korunmadığını anlamak hem de işlem parametrelerinin (sıcaklık, ön işlem, aydınlatma) tüketici beğenisi üzerindeki etkisini objektif verilerle belgelemek açısından hayati önem taşımaktadır. Duyusal analiz sonuçları, aynı zamanda ürün geliştirme süreçlerinde iyileştirme alanlarının tespiti ve pazarlama stratejilerinin şekillendirilmesi için de temel veri sağlar.

Kurutulmuş patlıcan örneklerinin duyu analizi sonuçlarının ortalaması ve standart sapması çizelge 4.1, çizelge 4.2 ve çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 50°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin duyu analizi sonuçlarının ortalaması ve standart sapması

Duyu Kriter	T50W0A	T50W0K	T50W50A	T50W50K	T50W100A	T50W100K
Dış görünüş	51,78 ± 11,31	67,22 ± 5,40	64,44 ± 3,17	57,22 ± 4,02	53,78 ± 6,20	51,89 ± 4,28
Renk	56,56 ± 7,45	68,78 ± 16,60	65,67 ± 4,85	26,78 ± 2,81	54,11 ± 12,94	32,11 ± 13,56
Koku	81,67 ± 8,77	80,00 ± 8,20	68,44 ± 5,77	87,33 ± 5,52	65,78 ± 3,31	83,33 ± 4,18
Tekstür	84,00 ± 3,94	80,00 ± 2,70	80,00 ± 5,30	80,00 ± 4,69	80,00 ± 4,63	80,00 ± 5,39
Genel kabul edilebilirlik	80,44 ± 3,00	85,00 ± 3,24	66,78 ± 2,63	57,44 ± 2,79	56,44 ± 2,46	64,44 ± 2,40

Çizelge 4.2 60°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin duyu analizi sonuçlarının ortalaması ve standart sapması

Duyu Kriter	T60W0A	T60W0K	T60W50A	T60W50K	T60W100A	T60W100K
Dış görünüş	81,44 ± 5,59	56,44 ± 3,57	56,00 ± 3,50	55,89 ± 10,13	63,89 ± 5,04	66,67 ± 6,78
Renk	81,44 ± 3,20	47,56 ± 4,22	49,44 ± 6,71	41,33 ± 6,22	57,00 ± 4,59	69,89 ± 10,42
Koku	66,89 ± 4,01	79,78 ± 4,68	70,33 ± 3,39	82,44 ± 5,41	81,22 ± 5,49	78,22 ± 3,87
Tekstür	80,00 ± 5,24	80,00 ± 2,82	80,00 ± 6,57	80,00 ± 3,18	80,00 ± 4,63	80,00 ± 2,19
Genel kabul edilebilirlik	80,11 ± 1,76	55,67 ± 3,84	67,89 ± 2,03	58,22 ± 5,14	65,44 ± 3,32	77,67 ± 3,87

Çizelge 4.3 70°C’de kurutulan patlıcan örneklerinin duyu analizi sonuçlarının ortalaması ve standart sapması

Duyu Kriter	T70W0A	T70W0K	T70W50A	T70W50K	T70W100A	T70W100K
Dış görünüş	66,56 ± 9,38	67,78 ± 5,24	76,89 ± 4,70	83,44 ± 5,03	68,78 ± 7,38	73,56 ± 6,21
Renk	59,33 ± 13,06	69,56 ± 6,42	66,00 ± 11,09	54,44 ± 5,48	70,44 ± 9,75	66,22 ± 5,24
Koku	77,56 ± 4,56	78,89 ± 2,37	84,67 ± 2,74	76,67 ± 2,12	82,22 ± 4,21	69,67 ± 5,34
Tekstür	80,00 ± 6,71	80,00 ± 4,76	80,00 ± 10,33	80,00 ± 8,99	80,00 ± 5,89	80,00 ± 3,68
Genel kabul edilebilirlik	82,78 ± 5,33	72,00 ± 2,65	79,11 ± 5,71	78,22 ± 3,31	73,89 ± 8,52	81,11 ± 1,90

Elde edilen bulgulara göre 60°C'de aydınlık ortamda kurutulan ve orta düzey ultrason (W50) uygulanan patlıcan dilimleri, en yüksek genel kabul skoru ($80,11 \pm 1,76$) ve renk stabilitesi ($81,44 \pm 3,20$) ile öne çıkmıştır. 70°C'de yapısal hasar artarken, özellikle karanlık ortamda kurutulan örnekler tekstürde ($80,00 \pm 4,76$) daha stabil kalmıştır. Ultrason şiddetinin artması (W100) renk bozulmasını ($32,11 \pm 13,56$) şiddetlendirmiş, 60°C+W50 kombinasyonu ise hem görsel hem fonksiyonel kaliteyi optimize eden en dengeli işlem parametresi olarak belirlenmiştir.

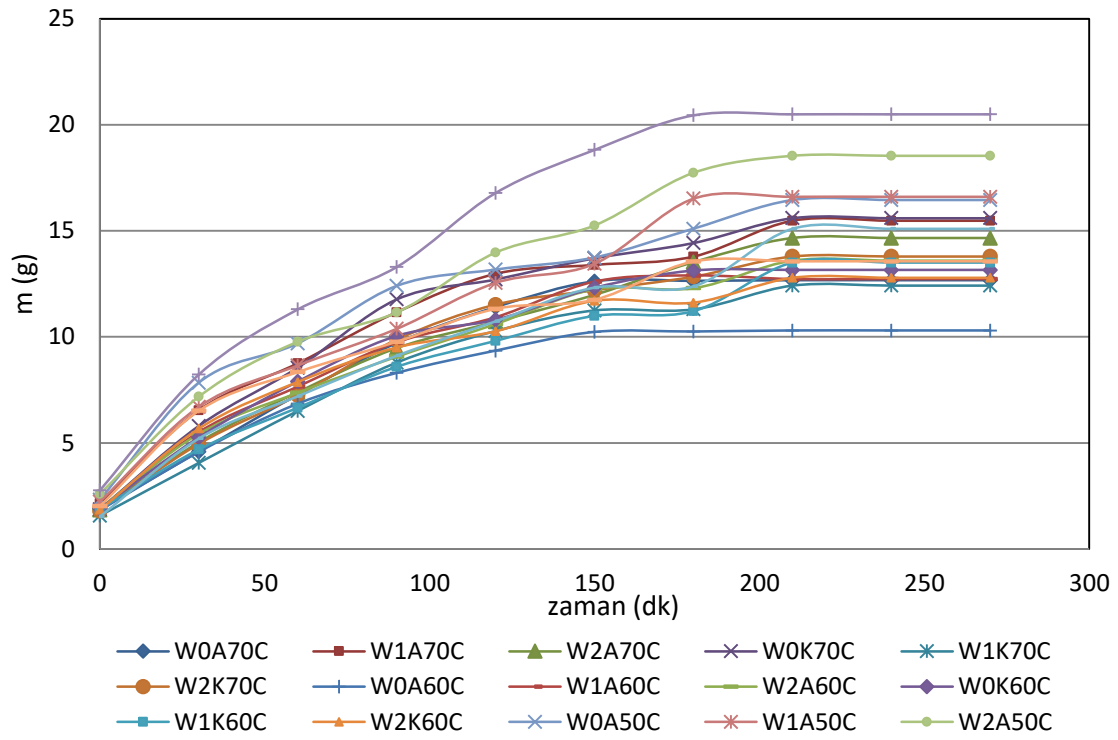
4.5 Rehidrasyon

Rehidrasyon kapasitesi, kurutulmuş bir ürünün suda ıslatıldığında, taze halinde içerdiği su miktarına en yakın oranda su alarak eski haline ve şekline dönebilmesidir. Rehidrasyon sırasında kütle değişimi, kurutulmuş ürünlerin suyu geri alabilme kapasitesini ve yapısal bütünlüğünü değerlendirmek için kritik bir parametredir. Bu değişim, ürünün gözenek yapısı, hücre duvarı hasarı ve kurutma koşullarının etkisiyle şekillenir. Rehidrasyon kapasitesi, kurutma işlemi ve koşulları ile ilişkilidir ve kuruma sırasında materyalde meydana gelen kimyasal, fizikokimyasal ve fiziksel değişikliklerden etkilenmektedir. Ayrıca, rehidrasyon sırasında kullanılan suyun sıcaklığı ve süresi de rehidrasyon kapasite üzerinde etkilidir.

4.5.1 Rehidrasyon Sırasındaki Kütle değişimi

Farklı rehidrasyon sıcaklıklarına ait patlıcan örneklerine ait veriler Şekil 4.22-4.24'de verilmiştir. Yüksek kütle artışı, ürünün suyu hızla emerek orijinal formuna yakın bir yapı kazandığını gösterirken, düşük artış ise yapısal bozulmalara (gözenek çökmesi, protein denatürasyonu vb.) işaret eder. Rehidrasyon kinetiği, özellikle gıdanın pişirme performansı, tekstür ve besin tutumu açısından pratik öneme sahiptir.

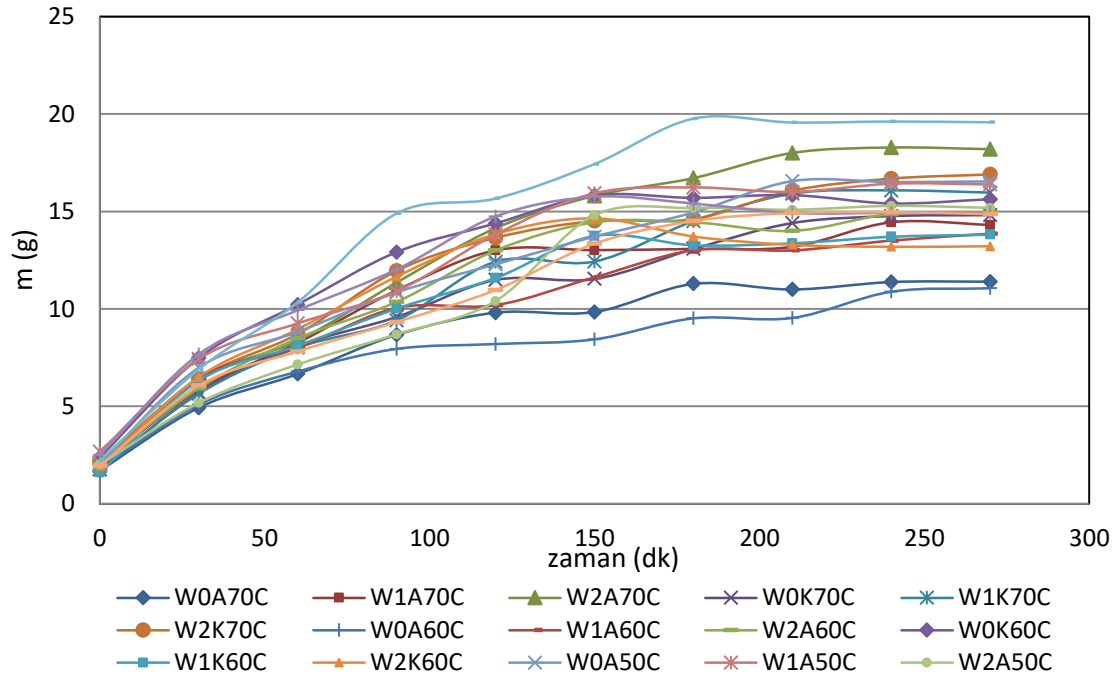
Şekil 4.22'de 70 °C'de rehidrasyon uygulanan örneklerin zaman içerisindeki kütle artışını göstermektedir. Genel olarak, tüm örneklerin kütlelerinde zamanla belirgin bir artış gözlemlenmektedir.



Şekil 4.22 Kurutulan patlıcanların 70°C sıcaklıkta rehidrasyon sırasında kütle değişimi.

W1 ve W2 örnekleri, özellikle W2A70C, zaman ilerledikçe keskin bir artış sergilemektedir. Bu, bu gruptaki örneklerin rehidrasyon sürecinde daha etkin bir su alım kapasitesine sahip olduğunu düşündürmektedir. Karanlık ortam örnekleri, kütle artışında daha yavaş bir ivme göstermektedir. Ancak zaman geçtikçe bu örneklerin de kütle kazanımları belirgin hale gelir.

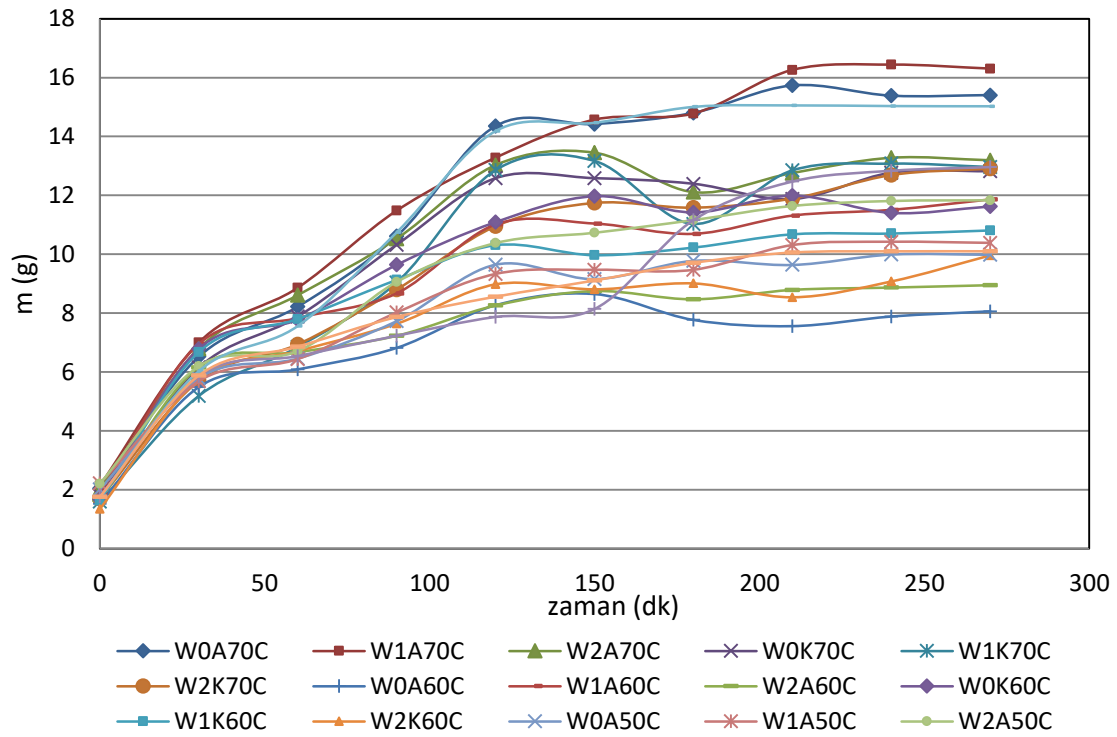
Bazı örneklerde belirgin dalgalanmalar gözlenebilir. Bu durum, muhtemelen çevresel faktörlerin (sıcaklık, nem vb.) veya örneklerin farklı özelliklerinin etkisiyle oluşmaktadır. 70 °C'de uygulanan rehidrasyon işlemlerinin sonuçları, diğer sıcaklık değerleriyle kıyaslandığında farklılıklar gösterebilir. Yüksek sıcaklık, rehidrasyon hızını artırabilirken, belirli örneklerin daha fazla su almasıyla sonuçlanabilir.



Şekil 4.23 Kurutulan patlıcanların 60°C sıcaklıkta rehidrasyon sırasında kütle değişimi.

Şekil 4.23’de 60 °C’de rehidrasyon uygulanan örneklerin zaman içerisindeki kütle artışını göstermektedir. W1K70C ve W2K70C örnekleri, diğer gruplara göre daha hızlı bir kütle artışı göstermektedir. Bu, bu örneklerin 60 °C’deki su alım kapasitesinin yüksek olduğunu düşündürmektedir. W0 serisi örnekleri, özellikle W0A60C örneği de etkileyici bir artış göstermektedir, ancak zaman ilerledikçe artış hızı diğerlerine göre daha yatay bir eğilim izlemektedir. İlk 3 saatte hızlı bir kütle artışı gözlemlenirken, sonraki sürelerde bu artışın yavaşlayarak daha stabil bir seyre girdiği dikkate değerdir. Bu, suyun örnekler tarafından emiliminin zamanla doyum hale geldiğini gösterebilir. Zaman ilerledikçe bazı örneklerde kütle artışının yavaşladığı fakat genel olarak pozitif bir eğilim sürdüğü gözlemlenmektedir.

Grafik, 60 °C’de rehidrasyon uygulanan örneklerin zamanla kütle değişimini sunmaktadır. Elde edilen veriler, sıcaklığın rehidrasyon sürecindeki önemini vurgulamakta ve bu uygulamanın örneklerin su içeriği üzerindeki etkisini net bir şekilde ortaya koymaktadır. Araştırmalar, farklı sıcaklık ve sürelerin kombinasyonunun, rehidrasyon süreçlerini optimize etmek açısından dikkate alınması gereken önemli faktörler olduğunu göstermektedir.



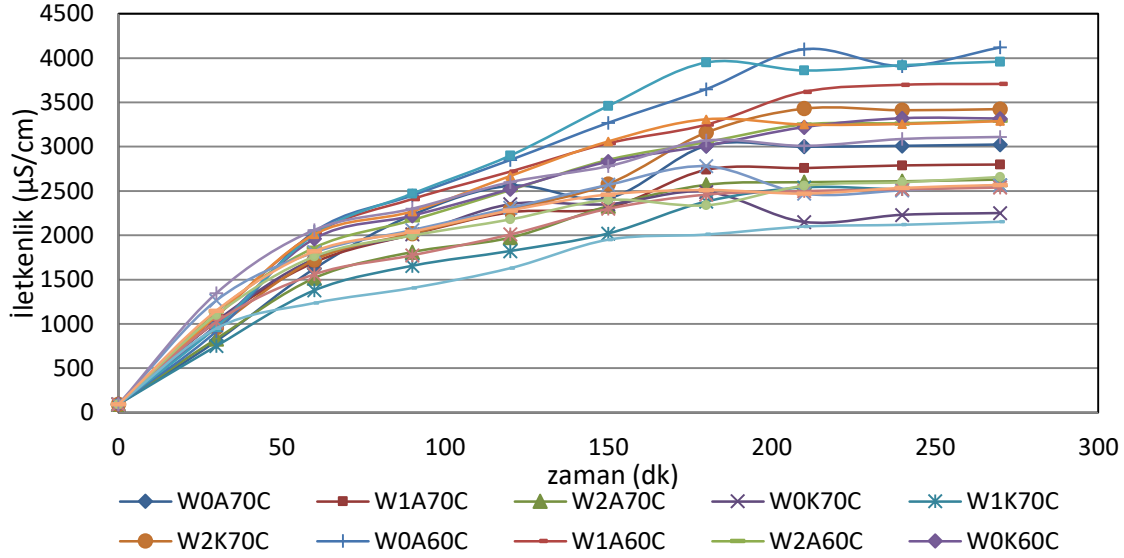
Şekil 4.24 Kurutulan patlıcanların 50°C sıcaklıkta rehidrasyon sırasında kütle değişimi.

Şekil 4.24’de 50 °C’de rehidrasyon uygulanan örneklerin zaman içerisindeki kütle artışını göstermektedir. 50°C’deki deneyler genellikle başlangıçta belirli bir kütleye sahiptir. İlk birkaç ölçümde bu kütlede büyüme gözlemlenebilir. 50°C’deki rehidrasyon sürecinde, zaman ilerledikçe kütlede belirgin bir artış gözlemlenmiştir.

İlk 2-3 saat içinde hızlı bir kütle artışı yaşanmaktadır. Bu hızlı artış, su alımının en etkin olduğu dönemi temsil eder. Zaman ilerledikçe, belirli bir noktada kütle artışında yavaşlama görünmektedir. Bu, örneğin su içeriğinin dengeye ulaştığını veya doyduğunu gösterir. 50°C’deki rehidrasyon, daha düşük sıcaklıklarla karşılaştırıldığında farklı davranış sergileyebilir. Bu sıcaklık, hücre zarı geçirgenliğini artırır ve su alımını hızlandırabilir, fakat aşırı ısı, bazı materyallerin yapısal bütünlüğünü etkileyebilir. 50°C’deki rehidrasyon sürecinde, başlangıçta hızlı bir kütle artışı, ama zamanla belirgin bir platoya ulaşma trendi görülmektedir. Deneyin amacı ve türü göz önüne alındığında, bu veriler, su alımının etkili olduğu süreçler hakkında bilgi verirken, bu sıcaklığın rehidrasyon verimliliği üzerindeki etkilerini de ortaya koymaktadır.

4.5.2 Elektrik İletkenliği (EC) Değişimi

Rehidrasyon sırasında sıvı ortamda ölçülen iletkenlik değerleri Şekil 4.25-4.27’de verilmiştir. Rehidrasyon sırasında sıvıdaki elektrik iletkenliğinin artarak dengelenmesi, kurutulmuş ürünün yapısından çözünen iyonik bileşenlerin (mineraller, şekerler, organik asitler vb.) kademeli olarak sıvıya geçtiğini ve bir denge noktasına ulaştığını gösterir.



Şekil 4.25 Kurutulmuş patlıcanların 70°C sıcaklık rehidrasyon sırasında elektrik iletkenliği değişimi

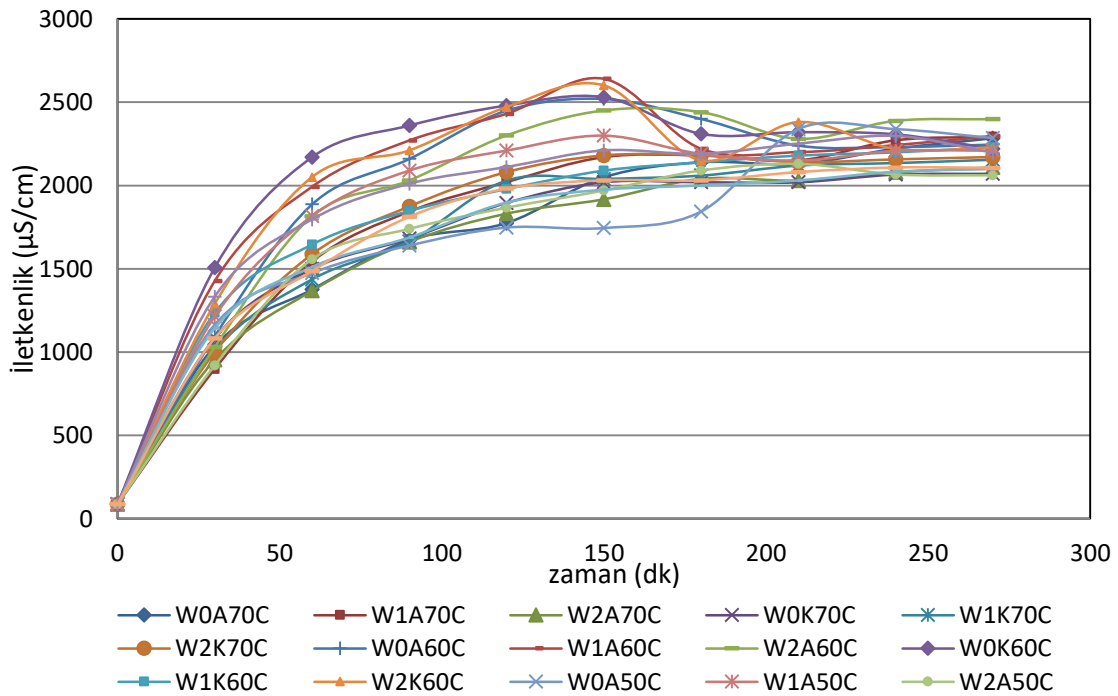
İletkenlikteki başlangıçtaki hızlı artış, ürün yüzeyindeki suda çözünür maddelerin kolayca salındığını; ardından yavaşlayarak dengelenme eğilimi ise hücre içi bileşenlerin difüzyonla kontrollü şekilde serbest kaldığını ifade eder. Bu davranış, ürünün mikro yapısal bütünlüğü (gözenek dağılımı, hücre duvarı hasarı) ve kurutma koşullarının (sıcaklık, ön işlemler) etkisiyle şekillenir. Örneğin, yüksek sıcaklıkta kurutulmuş ürünlerde iletkenliğin hızla maksimuma ulaşması, yapısal hasar nedeniyle iyon salınımının arttığını, düşük sıcaklıkta ise kademeli artışın daha sağlam bir dokuya işaret ettiğini yansıtabilir. Dengelenme, çözünür bileşenlerin tamamen salındığı veya osmotik dengenin sağlandığı noktayı temsil eder.

Çoğu örnekte, rehidrasyon süresi ilerledikçe iletkenlik değerlerinde belirgin bir artış gözlemlenmektedir. Bu, su alımının ve dolayısıyla örneklerin su içeriğinin zamanla arttığını göstermektedir. W0A70C, W1A70C ve W2A70C gibi 70 °C’de rehidrasyona maruz bırakılan örnekler, yüksek iletkenlik değerleri gösterirken, diğer sıcaklıklarda

uygulanan örnekler (W0A50C, W1A50C vb.) daha düşük değerlerde kalmaktadır. Bu durum, yüksek sıcaklığın rehidrasyon verimliliğini artırdığına işaret etmektedir.

Bazı örneklerin belirli zaman aralıklarında yavaşladığı ya da hızlandığı gözlemlenebilir. Örneğin, W1A70C örneği, ilk 3 saatte hızlı bir artış gösterirken, sonraki zaman dilimlerinde bu artışın yavaşladığı dikkat çekmektedir. Rehidrasyon süresi uzadıkça, örneklerin iletkenlik değerinde gözle görülür bir artış meydana gelmektedir. Bu durum, suyun örnek içindeki iyon konsantrasyonu üzerindeki etkilerini de göstermektedir. İletkenliğin artışı, örneklerin iç yapısındaki değişikliklerin bir yansıması olarak değerlendirilebilir.

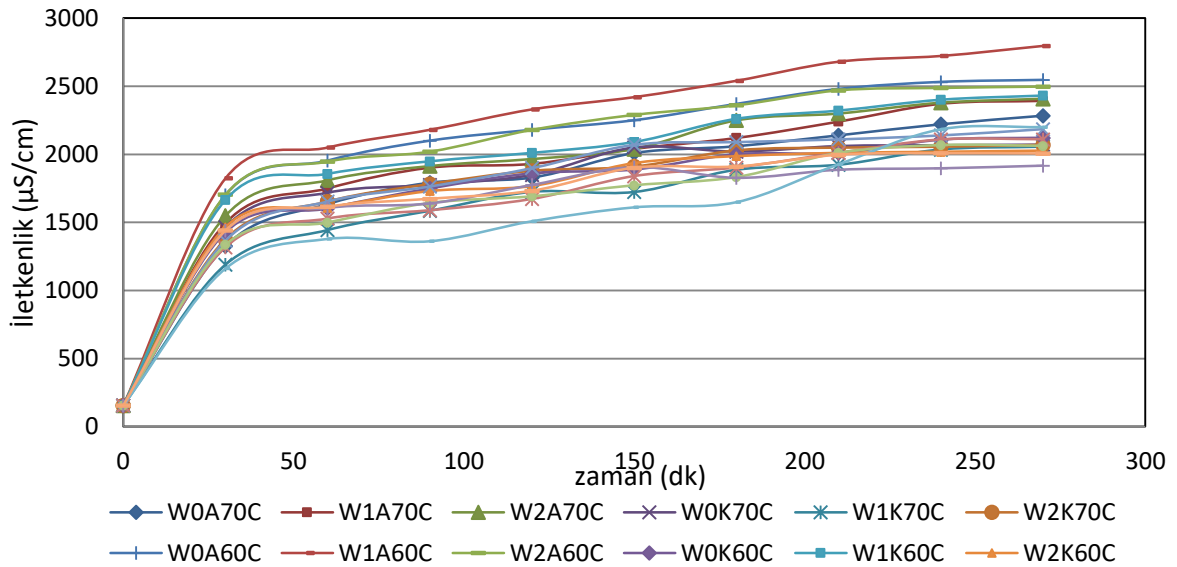
Örneğin, W2A70C örneği, yüksek iletkenlik değeri ile dikkat çekmektedir ve bu durum, bu örneğin rehidrasyon sürecinden en fazla fayda sağladığını düşündürmektedir. Grafik, 70 °C’de rehidrasyon uygulanan örneklerin iletkenlik değişimlerini net bir şekilde ortaya koymaktadır. Elde edilen veriler, rehidrasyon sıcaklığının ve süresinin, örneklerin fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerindeki etkilerini anlamada önemli bir göstergedir.



Şekil 4.26 Kurutulan patlıcanların 60°C sıcaklık rehidrasyon sırasında elektrik iletkenliği değişimi

İletkenlik değerlerinde zaman ilerledikçe artış görüldüğünü ortaya koymaktadır. Bu, rehidrasyon işleminin başarılı olduğunu ve örneklerin su içeriklerinin zamanla arttığını göstermektedir. Örnekler arasında W0A60C, W1A60C ve W2A60C gibi gruplar etkileyici bir iletkenlik artışı göstermektedir. Örneğin, W1A60C örneği, 60 °C sıcaklığında en yüksek iletkenlik seviyesine ulaşanlardan biridir. W0K60C ve W1K60C örnekleri, belirgin bir artış gösterirken, zaman ilerledikçe iletkenlik değerlerinin stabil hale geldiği gözlemlenmiştir.

İlk 3 saatlik dönemde her grupta belirgin bir artış görülmektedir. Bu dönemde, suyun emiliminin etkisiyle iletkenlik değerleri önemli ölçüde yükselmektedir. Sonraki saatlerde ise artış hızında bir yavaşlama gözlemlenerek, örneklerin doymun hale geldiği düşünülmektedir. 60 °C sıcaklığında gerçekleştirilen rehidrasyon işlemleri, daha düşük sıcaklıklarda uygulanan işlemlerle kıyaslandığında genellikle daha yüksek iletkenlik değerleri elde edilmesini sağlamıştır. Bu durum, sıcaklığın rehidrasyon yeteneği üzerindeki olumlu etkisini vurgulamaktadır. Elde edilen iletkenlik verileri, rehidrasyon süresince örneklerin su alım kapasitesi ile doğru orantılıdır. Yüksek iletkenlik, suyun daha fazla iyon içeriği demektir ve bu da örneklerin rehidrasyon etkisini reflekte eder. Grafik, 60 °C’de rehidrasyon uygulanan örneklerin elektrik iletkenliğinde zaman içerisindeki değişimi net bir şekilde ortaya koymaktadır.



Şekil 4.27 Kurutulan patlıcanların 50°C sıcaklık rehidrasyon sırasında elektrik iletkenliği değişimi

Analizin başlangıcında, belirli bir iletkenlik değeri gözlemlenmektedir. Bu değer, başlangıçta kullanılan materyalin su içeriği ile doğrudan ilişkilidir. İlk saatler içinde elektrik iletkenliğinde hızlı bir artış gözlemlenmektedir. Bu durum, suyun maddelerin içerisindeki iyonları aktive etmesiyle, çözünme ve iyon hareketinin artmasından kaynaklanır. Özellikle 50°C’de, iyon hareketliliği daha aktif hale gelir. Zaman ilerledikçe, iletkenlikte bir doygunluk noktası oluşturulmuştur. Bu nokta, su alımının ve iyon çözünüm oranının dengelendiği yerdir. Ek olarak, iletkenlikteki artışın yavaşladığı veya sabit kaldığı bir dönem de görülebilir. Genellikle, daha yüksek sıcaklıklar, iyon hareketliliği ve dolayısıyla iletkenlik üzerinde olumlu bir etki yaratabilir. Elektrik iletkenliği, çözünmüş iyonların yoğunluğuna bağlıdır. 50°C’de rehidrasyon sürecinde suyun çözme kabiliyeti, materyalin içerisindeki iyonların suyla etkileşimde bulunmasını artırdığı için iletkenlikteki bu artış gözlemlenmektedir.

Grafikteki veriler, 50°C sıcaklıkta rehidrasyon sırasında elektrik iletkenliğinin başlangıçta hızlı bir artış gösterdiğini ve zamanla doygunluk noktasına ulaştığını açıkça göstermektedir. Bu bulgular, rehidrasyon süreçlerinde sıcaklık ve zaman yönetiminin önemini vurgulamaktadır. Ayrıca, düşük ısıda gerçekleştirilen uygulamalarda daha yavaş bir çözünme süreci ve düşük iletkenlik gözlemlenebileceği için, sıcaklık optimizasyonu, ürünün rehidrasyon kalitesini artırmak adına kritik bir faktördür.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada farklı sıcaklık (50°C, 60°C, 70°C), ultrason ön işlem (W0, W50, W100) ve aydınlık/karanlık ortam kombinasyonlarının, patlıcan dilimlerinin kurutma kinetiği, renk stabilitesi (CIE L*a*b*), rehidrasyon kabiliyeti, mikro yapı (yüzey morfolojisi ve porozitesi) ve duysal özellikleri gibi kalite özellikleri üzerine etkileri detaylı olarak incelenmiştir.

Elde edilen kurutma sürecindeki kütle değişimi verilerine göre tüm grafiklerde, artan sıcaklığın kurutma süresince kütle kaybını önemli derecede etkilediği belirgin bir şekilde görülmüştür. Bu tür veriler, ürünlerin kurutulması gibi uygulamalarda sürecin verimliliğini artırmak için kritik öneme sahiptir. Konvansiyonel kurutma, temel olarak sıcak hava ile suyun buharlaştırılması prensibine dayanır. Normal oda aydınlatması veya tipik yapay ışık kaynakları (LED, floresan lambalar) genellikle kurutulacak ürüne kayda değer bir ısı transferi sağlayacak kadar yoğun enerji yaymaz. Bu nedenle, bu tür ışık kaynaklarının kuruma hızını doğrudan ve anlamlı bir şekilde etkilemesi beklenmez. Kurutma sırasında ortamın aydınlık veya karanlık olması, sebzelerin ne kadar su kaybettiğini ve bu kaybın hızını kısmen etkileyebilir. Işık altında kurutma yapıldığında, eğer ışık kaynağı ek ısı sağlıyorsa sebzelerin yüzey sıcaklığı daha yüksek olabilir. Bu durum, kurutmanın ilk aşamalarında kütle kaybı hızını artırabilir. Ancak ilerleyen saatlerde, ışığın sebep olduğu kimyasal reaksiyonlar (fotokimyasal degradasyon) sebzelerin yüzeyinde sertleşmeye yol açabilir. Bu sertleşme, suyun sebzenin içinden dışarı çıkışını (su difüzyon katsayısı) zorlaştırarak, karanlık ortama göre kuruma hızını dengeleyebilir veya hatta yavaşlatabilir. Karanlık ortamda kurutma ise daha istikrarlı bir su kaybı eğilimi gösterir. Çünkü bu durumda ısı transferi sadece hava akımı (konveksiyon) ve temas (iletim) yoluyla gerçekleşir. Elde edilen verilere göre farklı sıcaklıktaki kurutma işlemleri sıcaklık derecesi arttıkça kuruma süresinin azaldığını tespit edilmiştir (Şekil 4.1-4.3). Sıcaklık arttıkça kuruma süresinin azalmasının temel nedeni, daha yüksek sıcaklıkların suyun buharlaşma hızını artırmasıdır. Yüksek sıcaklıklar, ürün içindeki su moleküllerine daha fazla enerji sağlar, bu da moleküllerin kinetik enerjisini artırmakta ve böylece sıvı fazdan gaz fazına geçişleri hızlanmaktadır. Yani, su molekülleri yüzeyden daha çabuk ayrılarak havaya karışır. Bu durum, patlıcan

örneklerinin içindeki nemin daha hızlı bir şekilde dışarı atılmasını ve dolayısıyla kuruma süresinin kısalmasını sağlamaktadır. Ultrason uygulaması ve sıcaklık artışının patlıcan kuruma kinetiği üzerinde sinerjistik etkileri olduğu gözlemlenmiştir. Ultrason ön işlemi, hücre duvarında oluşturduğu mikro kanallar sayesinde su difüzyonunu hızlandırarak tüm sıcaklıklarda (50-70°C) kuruma süresini kısaltmıştır. Ancak yüksek ultrason şiddetinin (W2) 70°C gibi yüksek sıcaklıklarda dokuda yapısal hasarı artırma riski bulunmaktadır.

Sıcaklığın kurutma kinetiği üzerindeki etkisi incelendiğinde artan sıcaklığın kurutma hızı üzerindeki etkisi tüm deney gruplarında belirgin bir şekilde gözlemlenmiştir. Sıcaklık 50°C'den 70°C'ye çıkarıldığında, materyalin nem oranının (MR) son değerine ulaşma süresinin yaklaşık olarak üç kat kısaldığı tespit edilmiştir. Bu durum, termal enerjinin su moleküllerinin buharlaşmasını hızlandırıcı etkisiyle uyumludur ve yüksek sıcaklıkların kurutma verimliliğini artırmadaki rolünü desteklemektedir. Çalışma, karanlık ortamın aydınlık ortama kıyasla daha hızlı kuruma sağladığını ortaya koymuştur. Özellikle 70°C'deki deneylerde, karanlık ortamdaki kurutma (W2K) aydınlık ortamdaki kurutmaya (W2A) göre üç kat daha hızlı gerçekleşmiştir. Bu bulgu, bazı materyallerin ışığa maruz kalmasının kurutma dinamiklerini olumsuz etkileyebileceğine işaret etmektedir. Ultrason uygulamasının (W2) kontrol grubuna (W0) kıyasla kurutma süresini %25 ila %50 oranında azalttığı belirlenmiştir. Ultrasonik dalgaların materyal içerisindeki suyun hareketini kolaylaştırarak veya iç difüzyonu artırarak kurutmayı hızlandırdığı düşünülmektedir. Bu sonuç, ultrason teknolojisinin kurutma süreçlerinde potansiyel bir enerji verimliliği aracı olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Elde edilen veriler ışığında, en optimal kurutma kombinasyonunun yüksek sıcaklık (70°C), karanlık ortam ve yüksek ultrason (W2) uygulaması olduğu saptanmıştır. Ancak, enerji verimliliği açısından 60°C'nin daha uygun bir sıcaklık seviyesi olabileceği gözlemlenmiştir. Bu durum, kurutma süreçlerinde hem hız hem de enerji tüketimi arasında bir denge kurulmasının önemini vurgulamaktadır.

Patlıcanın kurutulması sırasında rengin korunması, son ürün kalitesi ve tüketici tercihi üzerinde önemli bir etkiye sahip en kritik faktörlerden biridir. Renk değişimleri, ürünün yüzeyindeki biyokimyasal ve kimyasal reaksiyonlar, özellikle de enzimatik olmayan esmerleşme (Maillard reaksiyonu gibi) ve pigment yıkımı sonucunda meydana gelir

(Salehi vd. 2024). Bu reaksiyonların hızı, uygulanan kurutma parametrelerine ve kurutma yöntemlerine bağlıdır. Renk ölçümleri genellikle CIE L*a*b* sistemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Kurutma sürecinde, ürünlerin renk kalitesi ve görünürlüğü üzerinde önemli etkiye sahip olan L değeri, görsel algı açısından kritik bir parametre olarak değerlendirilmiştir. L değeri, renklerin aydınlık seviyesini göstermek için kullanılmıştır. Yüksek değerler daha açık renkleri, düşük değerler ise daha koyu renkleri temsil etmektedir.

Grafiklerde 50°C’de kurutulan ürünlerin L değeri, başlangıçta yüksek bir değerle başlamış ve zamanla birlikte kısmi bir düşüş göstermiştir. Literatürde de benzer şekilde patlıcan dilimlerinin kurutulması sonrasında L* değerinin genellikle azaldığı, yani ürünün koyulaştığı belirlenmiştir (Jafari vd. 2020). Zaman ilerledikçe, L değerlerinin 75-85 aralığında olduğu gözlemlenmiştir. Aydınlik koşulundaki ürünlerin L değeri (W0 T50°C Aydınlik), karanlık koşulundaki ürünlere (W0 T50°C Karanlık) kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Bu durum, aydınlık ortamlarda yapılan kurutmanın renk kalitesini koruma açısından daha etkili olduğunu ortaya koymuştur. 60°C’deki grafiklerde benzer bir eğilim gözlemlenmiş, ancak belirgin bir düşüş daha hızlı gerçekleşmiştir. L değerleri, yaklaşık 70-80 arasında değişiklik göstermiş ve bu değerler 50°C’ye nazaran daha düşük kalmıştır. Yine, aydınlık koşullar (W0 T60°C Aydınlik) altında elde edilen L değeri, karanlıkta (W0 T60°C Karanlık) elde edilen değerlere göre belirgin bir şekilde yüksek bulunmuştur. Bu durum, daha yüksek sıcaklıkların renk koruma üzerinde olumsuz etkisinin olduğunu göstermiştir. Ayrıca, 60°C sıcaklığındaki rehidrasyon sürecinin, kurutulmuş ürünler üzerinde daha fazla etki yarattığı ve dolayısıyla L değerlerinde düşüş sağladığı gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada, 70°C’de kurutulan ürünlerin grafiklerinde L değerlerinin en düşük seviyelere ulaştığı ve genel olarak 60-75 aralığında değiştiği gözlemlenmiştir. Bu durum, yüksek sıcaklığın kurutma işlemi sırasında renk kalitesini daha fazla etkilediğini göstermektedir. Aydınlikta gerçekleştirilen işlemlerde (W0 T70°C Aydınlik) L değerleri, karanlık koşullardaki değerlerden daha yüksek seyretmiş, ancak her iki koşulda da genel olarak bir düşüş meydana gelmiştir. Yüksek sıcaklık etkisiyle doygunluk noktasına ulaşmak için geçici bir süre gözlemlenmiştir. Yüksek sıcaklıkların renk özellikleri

üzerindeki olumsuz etkileri, özellikle aydınlık koşullarda 70°C’de daha belirgin hale gelmiştir. Grafikler, kurutma sıcaklığı ile L değeri arasındaki negatif korelasyonu açıkça göstermiştir. Sıcaklık arttıkça, L değerlerinde belirgin bir düşüş gözlemlenmiştir. Yüksek sıcaklık, renk değişimlerini artırmakta ve ürünlerin kalitesini düşürmektedir. Her sıcaklık için aydınlık ortamlar, renk koruma açısından karanlık ortamlara göre daha iyi performans göstermiştir. Bu, ürünlerin kalitesinin korunmasında ışık koşullarının önemli bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır.

Kurutma süreçlerinde renk değişimi, ürün kalitesinin belirleyici bir göstergesi olarak a* değeri ile ölçülmüştür. a* değeri, kırmızıdan yeşile (pozitif değerler kırmızı, negatif değerler yeşil) olan renk tonunu temsil etmektedir. 50°C’deki grafik, a* değerinin başlangıçta 0 civarından başlayarak zamanla artış gösterdiğini ortaya koymuş ve bu değer 10. dakikada 7-8 seviyelerine ulaştığını göstermiştir. Literatürde benzer şekilde patlıcan dilimlerinde kurutma sonrası a* değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir (Jafari vd. 2020). Aydınlık koşullar (W0 T50°C Aydınlık), karanlığa (W0 T50°C Karanlık) göre daha yüksek a* değerleri göstermiştir. Bu durum, aydınlık ortamda yapılan kurutmanın, ürünlerin renk canlılığını daha iyi koruduğunu ifade etmektedir. 60°C’de grafikler, başlangıçta daha hızlı bir artış sergilemiş ve a* değerleri 2-9 aralığında; ancak diğer sıcaklıklara göre daha yüksek seviyelerde kalmıştır. Aydınlık koşulundaki a* değerleri (W0 T60°C Aydınlık), karanlık koşuluna (W0 T60°C Karanlık) göre yine belirgin bir şekilde yüksek çıkmış, ancak aradaki farkın 50°C’ye göre daha az belirgin olduğu gözlemlenmiştir. Bu farklılık, 60°C’deki kurutma sürecinin, ürünlerin renk kalitesi ve değeri üzerinde daha fazla etki yarattığını göstermiştir. 70°C’de yapılan kurutma işlemleri, a* değerlerinin en yüksek seviyelere ulaştığı grafikler göstermiştir. Bu değerler genel olarak 9-11 aralığında değişmiştir. Yine, aydınlık koşulları (W0 T70°C Aydınlık), karanlık koşullar (W0 T70°C Karanlık) ile kıyaslandığında daha yüksek a* değerleri göstermiştir. Özellikle yüksek sıcaklıklarda aydınlık etkisi daha belirgin hale gelmiştir. 70°C’deki yüksek sıcaklık, ürünlerdeki rengin canlılığını artırarak daha fazla kırmızı tonlar elde edilmesine olanak tanımıştır. Bu durum, lezzet ve tüketici algısı açısından önemli bir faktör olarak ortaya çıkmıştır.

b* değeri, bir ürünün sarıdan maviye (pozitif değerler sarı, negatif değerler mavi) olan renk tonunu ifade etmektedir. 50°C grafiğinde, b* değerleri başlangıçta yaklaşık 20-22

arasında yer almakta ve zamanla stabil bir şekilde artarak 25 civarına ulaşmıştır. Bu, kurutma süresinin ilerledikçe sarı tonların arttığını göstermiştir. Aydınlik koşullar (W0 T50°C Aydınlik) altında, b* değerleri karanlık koşullara (W0 T50°C Karanlık) göre daha yüksek bulunmuştur. Aydınlik koşullar, ürünlerin sarı renk tonunu koruma ve artırma konusunda daha etkili olduğunu göstermiştir. Grafik boyunca b* değerlerinin zamanla stabil hale gelmesi, kurutma işleminin sonrası ürünlerin renk kalitesinin korunduğunu ifade etmiştir. 60°C grafiğinde, başlangıçta b* değerleri daha yüksek bir seviyeden başlamış ve 25-28 değerlerine ulaşmıştır. Bu durum, sarı tonların arttığını ve ürünün renk kalitesinin değiştiğini göstermiştir. Aydınlik koşulundaki (W0 T60°C Aydınlik) b* değerleri, karanlık koşulundaki (W0 T60°C Karanlık) değerlerden daha yüksek gözlemlenmiş; ancak aradaki fark, 50°C'ye göre daha az belirgin hale gelmiştir. Bu durum, daha yüksek sıcaklığın renk değişimini artırdığına işaret etmiştir. 60°C'deki ürünlerde b* değerleri, diğer sıcaklıklar arasında en hızlı stabilizasyona ulaşmış, bu da ürünün kurutma sürecinin etkili olduğunu göstermiştir. 70°C grafiğinde, b* değerleri 28-30 aralığına kadar yükselmiştir. Bu, yüksek sıcaklığın sarı tonlarının belirgin bir şekilde arttığını ifade etmiştir. 70°C'deki yüksek sıcaklık, renk değişimlerini önemli ölçüde artırmış ve en yüksek b* değerlerine ulaşmasına neden olmuştur. Grafikler, sıcaklık arttıkça b* değerlerinin de arttığını net bir şekilde göstermiştir. En yüksek değerler, 70°C sıcaklığında gözlemlenmiş ve bu, sarı renklerin belirginleştiğini ortaya koymuştur. Aydınlik koşullar, sarı renk tonlarının artışında etkili olmuş; bu durum, ürün görünürlüğü ve kalitesi üzerinde olumlu etkiler sağlamıştır.

C* değeri, ürünlerin canlılık ve doygunluk seviyesini temsil eden bir renk parametresidir. Genel olarak, daha yüksek C* değerleri, daha canlı ve doygun renklere işaret etmektedir. 50°C grafiğinde C* değerleri başlangıçta 20 civarında başlamış ve zamanla stabil bir artış göstermiştir. Uzun süreli kurutma sonucunda, değerler 25 civarına ulaşmıştır. Aydınlik koşullardaki (W0 T50°C Aydınlik) C* değerleri, karanlık koşullar (W0 T50°C Karanlık) altında daha yüksek bulunmuştur. Bu durum, aydınlık koşulların ürünlerin renk doygunluğunu artırma konusunda etkili olduğunu göstermiştir. Zaman geçtikçe C* değerlerindeki stabilizasyon, 50°C'nin ürün kalitesini düzgün bir şekilde koruduğunu ve belirli bir doygunluğa ulaştığını ortaya koymuştur. 60°C'deki C* değerleri başlangıçta 22 civarından başlayarak, zamanla 27-30 aralığına ulaşmıştır. Bu, sıcaklığın artışıyla birlikte

renk doygunluğunun belirgin şekilde artırıldığını göstermiştir. Aydınlik koşulundaki (W0 T60°C Aydınlik) C* değerleri, karanlık koşuluna (W0 T60°C Karanlık) göre yine belirgin bir şekilde daha yüksek çıkmıştır. Bu durum, yüksek sıcaklık kombinasyonunun renk doygunluğu üzerinde olumlu etkiler yarattığını ortaya koymuştur. 60°C yönteminde C* değerleri, diğer sıcaklıklara oranla daha hızlı bir stabilizasyona ulaşmıştır. Bu, kurutma sürecinin etkinliğini artırdığına işaret etmiştir. 70°C grafiğinde C* değerleri, yüksek sıcaklığa bağlı olarak 30-32 aralığında seyretmiştir. Bu hem sıcaklığın hem de aydınlık koşulların etkisiyle belirgin şekilde artırılan renk doygunluğunu göstermiştir. Yüksek sıcaklık, özellikle 70°C'deki kurutma işlemlerinde C* değerinin arttığını vurgulamıştır; bu durum tüketici algısı ve ürün kalitesi açısından kritik öneme sahiptir. Grafikler, sıcaklık arttıkça C* değerinin de arttığını açıkça göstermiştir. Yüksek sıcaklık uygulamaları, dolayısıyla daha doygun ve canlı renk elde edilmesini sağlamıştır. Aydınlik koşullarda yapılan kurutma, ürünlerin renk doygunluğunu artırma açısından belirgin bir avantaja sahip olmuştur. Bu durum hem görsel kaliteyi hem de genel pazarlanabilirliği artırmıştır.

h* değeri, bir ürünün renk tonunu ifade eden bir parametre olup, genellikle hue veya renk tonu olarak adlandırılmaktadır. 50°C kurutma yapılan ürünlerin h* değerlerinin başlangıçta 90 civarında olduğu ve zamanla hafif bir dalgalanma göstererek 85-87 aralığında stabilize olduğu gözlemlenmiştir. Aydınlik koşulları (W0 T50°C Aydınlik) altında h* değerleri genel olarak daha yüksek seviyeler sergilemiş; bu durum, ürünlerin aydınlık ortamda yapılan kurutmanın açık renk tonlarını daha iyi koruyabildiğini göstermiştir. Karanlık koşullarda (W0 T50°C Karanlık) h* değerleri biraz daha düşük çıkmış, bu da renklerin daha fazla koyulaştığını ifade etmiştir. Zamanla h* değerlerinde aşamalı bir azalma gözlemlenmiş ve bu durum, sıcaklığın etkisiyle ürün renginin değiştiğini ortaya koymuştur. 60°C grafiğinde, başlangıçta h* değerlerinin 90 civarında başladığı, ancak daha sonra belirgin bir azalma ile 80-82 seviyelerine kadar gerilediğı tespit edilmiştir. 60°C'de h* değerindeki bu düşüş, sıcaklığın artışının renk değişimlerini hızlandırdığını göstermektedir. 70°C sıcaklıkta yapılan kurutmalarda, h* değerlerinin 70-75 aralığına düştüğü görülmüştür. Bu, en belirgin renk değişimini ortaya koymaktadır. Yüksek sıcaklığın, ürünlerin renk tonlarında belirgin bir değişime yol açtığı ve bu durumun tüketici algısını etkileyebileceğı açıktır. Grafikler, sıcaklık arttıkça h* değerinin

belirgin bir şekilde düştüğünü göstermiştir. 70°C'de en fazla renk kaybı gözlemlenmiş ve bu durum ürünlerin görünümünü olumsuz etkilemiştir.

Genel olarak renk verileri incelendiğinde artan sıcaklıkla birlikte L* değerinde (açıklık) belirgin bir düşüş gözlemlenirken, a* (kırmızılık), b* (sarılık) ve C* (canlılık) değerleri artmıştır. Her sıcaklık seviyesinde aydınlık koşullar, karanlık koşullara kıyasla daha iyi renk korunumu ve canlılık sağlamıştır. En düşük L* ve en yüksek a*, b* ve C* değerleri 70°C'de elde edilmiştir. Bu bulgular, kurutma sıcaklığının ve ışık koşullarının patlıcan dilimlerinin renk kalitesi üzerinde önemli etkileri olduğunu ve ürünlerin görsel kabul edilebilirliği açısından optimize edilmesi gerektiğini göstermektedir. Kurutma öncesi uygulanan ultrasonikasyon ve aydınlık-karanlık ortam koşulları, patlıcan dilimlerinin renk parametreleri (CIE L*a*b) üzerinde sıcaklığa bağlı değişimlere yol açmaktadır. Deneysel veriler, yüksek ultrason şiddetinin (W100) hücre duvarı hasarını artırarak L değerinde düşüşe (koyulaşma) neden olduğunu, buna karşın orta düzey ultrasonun (W50) homojen kuruma sağladığını göstermiştir. Aydınlık ortamda kurutma, tüm sıcaklık seviyelerinde (50-70°C) L* değerlerinin korunmasında karanlığa göre belirgin avantaj sağlamıştır. Özellikle 70°C'de aydınlık koşullar, a* değerindeki artışı (kırmızı ton) desteklerken, b* değerindeki (sarı ton) yükselişi kontrol altında tutmuştur. Karanlık ortam ise yavaş kurumanın yol açtığı esmerleşme reaksiyonları nedeniyle renk tonunda (h*) kayıplara sebep olmuştur. Sonuç olarak, 60°C'de aydınlık ortam ve orta düzey ultrason (W50) kombinasyonu, hem renk parlaklığını (L) hem de doygunluğu (C) optimize ederek literatürle uyumlu (Jafari vd. 2020) en dengeli sonuçları vermiştir. Yüksek sıcaklık (70°C) ve karanlık ortamda daha uzun sürelerde gerçekleşen kurutma, pigment stabilitesini artırabilecek bir risk olarak görülebilir.

Kurutulmuş gıdaların mikro yapısal özellikleri, ürün kalitesi ve fonksiyonel davranış üzerinde belirleyici bir role sahiptir. Bu çalışmada, farklı ön işlem uygulamalarının patlıcan dilimlerinin porozite (gözeneklilik) yapısına etkisi, SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) görüntüleri ve porozimetri analizleri ile detaylı olarak incelenmiştir. Porozite dağılımı, kurutma sürecinde suyun uzaklaştırılma verimliliği, tekstür ve rehidrasyon özellikleri gibi kritik parametrelerle doğrudan ilişkilidir. Elde edilen veriler,

gözenek boyutu dağılımının homojenliği ve toplam por hacmi açısından önemli farklılıklar ortaya koymaktadır.

SEM görüntüleri ve porozimetri analizleri, ultrason ön işleminin patlıcan dilimlerinin mikro yapısını önemli ölçüde değiştirdiğini ortaya koymaktadır. Ön işlemsiz (W0) örneklerde geniş, düzensiz gözenekler gözlenirken, ultrason uygulanan örneklerde (W1 ve W2) gözenek boyutlarının küçüldüğü ve yapının daha homojen hale geldiği tespit edilmiştir. Özellikle W1 örneklerinde gözeneklerin ideal boyut ve dağılımı, rehidrasyon kapasitesini artırabilecek bir yapı sergilemiştir. Buna karşılık, yüksek ultrason şiddeti (W2) uygulanan örneklerde gözeneklerin aşırı küçülmesi ve yapısal hasar oluşumu, aşırı işlemin olumsuz etkilerini göstermektedir.

Kurutma sıcaklığının etkisi incelendiğinde, 50°C'de kurutulan örneklerde gözenek yapısının daha korunmuş olduğu, buna karşın 70°C'de özellikle W0 örneklerinde yapısal bozulmaların belirginleştiği görülmüştür. Porozite grafiklerinde W0 örneklerinin geniş ve heterojen pikler sergilemesi, gözenek dağılımındaki düzensizliği doğrulamaktadır. W1 ve W2 örneklerinde ise dar ve yüksek pikler, homojen bir gözenek yapısına işaret etmektedir. Kümülatif intrüzyon eğrileri, tüm örneklerde porozitenin tam olarak ölçüldüğünü göstermekle birlikte, W2 örneklerinde eğrinin daha yavaş artışı, küçük gözeneklerin baskınlığını desteklemektedir.

Sonuç olarak mikroyapı analizleri, ultrason ön işlemi ve kurutma sıcaklığının patlıcan dilimlerinin porozite yapısı üzerinde önemli etkileri olduğu belirlenmiştir. W1 örneklerinde gözlenen homojen ve orta boy gözenek yapısı hem kurutma verimliliği hem de rehidrasyon özellikleri açısından en uygun sonuçları sağlamıştır. Ancak yüksek ultrason şiddeti (W2) ve yüksek sıcaklık (70°C) gibi aşırı işlem koşullarının yapısal hasara yol açabileceği dikkate alınmalıdır. Bu bulgular, gıda kurutma proseslerinde mikro yapısal özelliklerin kontrolünün ürün kalitesi için ne kadar kritik olduğunu vurgulamaktadır.

Bu çalışmada, farklı sıcaklıklarda (50°C, 60°C, 70°C) kurutulan patlıcan dilimlerinin rehidrasyon davranışları sistematik olarak incelenmiştir. Elde edilen grafikler, her bir

sıcaklık koşulunun su alma kapasitesi ve zaman içindeki kütle artışı göstermiştir. 50°C’de rehidrasyon işleminde, zamanla birlikte kütlerde belirgin bir artış gözlemlenmiş, ancak bu artış daha düşük seviyelerde kalmıştır. İlk dakikalarda kütle hızlı bir artış göstermiş, ardından zamanla doymuluk noktasına ulaşmıştır. Kütle yaklaşık 15 g civarında dengelenmiştir. Elde edilen bulgular, 60°C’de yapılan rehidrasyon işleminin, 50°C’ye kıyasla daha yüksek kütle kazanımı gösterdiğini ortaya koymuştur. Zamanla birlikte kütle artışı daha belirgin ve hızlı hale gelmiş, bu süreçte kütle artışı 20 g’ye kadar ulaşmıştır. Ayrıca, doymuluk noktasına ulaşma süresi daha kısa olmuştur. Bu durum, rehidrasyon sürecinin etkinliğini artırmış ve ürün kalitesini iyileştirmiştir. Öte yandan, 70°C’de rehidrasyon şartlarında kütle artışı en hızlı ve en yüksek değerleri göstermiştir. Zamanla birlikte kütle 20 g’ı geçmiştir ve bu sıcaklıkta kütlerdeki artış daha kısa bir zaman diliminde gerçekleşmiştir. 30 dakikalık dilimler içinde bile belirgin farklılıklar gözlemlenmiştir. 70°C’nin sağladığı enerji, suyun daha hızlı emilmesini sağlamış ve rehidrasyon etkisini maksimum seviyeye ulaştırmıştır.

Sonuç olarak, rehidrasyon denemelerinde yüksek sıcaklık (70°C) rehidrasyon sürecini hızlandırmış ve kütle kazanımını artırmış, bu da rehidre edilmiş ürünlerin daha kısa sürede istenen özelliklere ulaşmasına olanak tanımıştır. Diğer yandan, 50°C’de kaliteyi koruma açısından daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Ancak, 70°C’de daha fazla su alımı ve daha hızlı rehidrasyon gözlemlenmiştir. Bu bulgular, her sıcaklık koşulunun kurutulmuş ürünlerin rehidrasyon kapasitelerini etkilediğini ve bu farkların ürün kalitesine ve kullanılabilirliğine katkıda bulunduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada, 50°C, 60°C ve 70°C’de rehidrasyon işlemi sırasında ölçülen elektrik iletkenliği değerleri grafikler aracılığıyla sunulmuştur. Elektrik iletkenliği, su ve çözünmüş iyonların varlığı hakkında bilgi vermekte ve rehidrasyon süreçlerinin etkinliğini göstermektedir. 50°C’de elektrik iletkenliği, kimyasal çözünürlük ve iyon hareketliliği açısından başlangıçta düşük seviyelerde başlamış, zamanla önemli bir artış gözlemlenmiştir. Ancak, bu artış hızı diğer sıcaklıklara kıyasla daha düşük kalmıştır. Grafiklerdeki değerler genellikle 1500-2000 $\mu\text{S/cm}$ aralığında gözlemlenmiştir. Belirli bir süre sonunda, iletkenlik değerleri biraz sabit kalmış, bu da ürünlerin su alma potansiyelinin sınırlı olduğunu göstermiştir.

60°C sıcaklığında gerçekleştirilen rehidrasyon işlemi, 50°C'ye göre daha belirgin bir elektrik iletkenliği artışı ortaya koymuştur. Başlangıçta iletkenlik, daha yüksek değerlerden başlayarak 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'i aşmış, zamanla birlikte iletkenlik değerleri daha hızlı bir şekilde artmış ve 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ civarında daha stabil hale gelmiştir. Bu durum, 60°C'de yapılan rehidrasyonun daha etkin olduğunu göstermektedir. İletkenlik artışındaki bu hız, ürünlerin su alma kapasitesinin 60°C'de daha yüksek olduğunu ve bu sıcaklığın rehidrasyon için daha uygun olduğunu vurgulamıştır. 70°C'de rehidrasyon sürecinde, elektrik iletkenliği en yüksek seviyelere ulaşmış ve 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'in üzerine çıkmıştır. Bu yükseklik, dokudaki iyonik çözünürlüğü artırmış ve dolayısıyla iletkenliği yükseltmiştir. Zaman içinde gösterilen artış, ilk birkaç dakika içerisinde oldukça hızlı gerçekleşmiş ve ardından daha dengeli bir seviyeye ulaşmıştır. Dikkate değer bir şekilde, 70°C'de hızla doygunluk noktasına ulaşılmıştır. Sıcaklık artışı ile birlikte, elektrik iletkenliğinde belirgin bir artış gözlemlenmiştir. 50°C, en düşük iletkenlik değerlerini sunarken, 70°C en yüksek değerleri göstermiştir. Rehidrasyon sıcaklığının 50°C'den 70°C'ye çıkmasıyla elektrik iletkenliğinin 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'den 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'in üzerine yükselmesi, yüksek sıcaklığın ürün dokusundan daha fazla iyonik bileşenin salınmasını sağladığını gösterir. Bu artış, iki temel mekanizmayla açıklanabilir: (1) Yüksek sıcaklık, hücre zarı ve duvarındaki yapısal bileşenlerin (proteinler, polisakkaritler) denatürasyonu veya gevşemesi sonucu iyon geçirgenliğini artırır; (2) Moleküllerin kinetik enerjisinin artması, çözünme ve difüzyon hızını hızlandırarak mineral, şeker ve organik asitler gibi iletkenliği sağlayan bileşenlerin sıvıya daha fazla geçişine olanak tanır. Bu durum, 70°C'de rehidre edilen ürünlerde 50 dereceye nazaran daha yoğun bir yapısal bozulma olduğuna işaret edebilmektedir. Dolayısıyla yüksek sıcaklıklardaki rehidrasyon işlemleri, ürünlerin su alma kapasitesinin artmasına olanak tanımış ve dolayısıyla ürün kalitesini artırmaya yardımcı olmuştur. Fakat patlıcan örnekleri için yüksek sıcaklıklarda yapılacak rehidrasyonlar proseslerinde yapısal bozulmalar dikkate alınmalıdır. Rehidrasyon koşullarının optimizasyonu hem ürün kalitesini hem de üretim verimliliğini artırmada kritik bir rol oynayacaktır.

Duyusal analizlerde farklı kurutma sıcaklıkları ve aydınlık koşullarındaki ürünlerin duyusal özellikleri incelenmiştir. Duyusal analiz, toplamda dış görünüş, renk, koku, tekstür ve genel kabul gibi beş önemli parametre üzerinden gerçekleştirilmiştir. Dış

görünüş değerleri, 50°C, 60°C ve 70°C sıcaklıkları altında farklı aydınlık koşulları sunmuş ve 70°C'deki üründe (70W0A) en yüksek ortalama değer 66,56 olarak saptanmıştır. 60°C'deki ürünlerde ise (60W0A) dış görünüş ortalaması 81.44 ile dikkat çekmiştir.

Renk değerleri, 60W0A sıcaklık ve aydınlık koşulunda 81.44 ile en yüksek değeri gösterirken, 70°C'nin aydınlık koşulundaki renk ortalaması 66'dır. Genel olarak, 60°C'deki ürünlerin daha canlı ve göz alıcı renkler sergilediği dikkat çekmiştir. 70W50K'da 5.48 gibi bir standart sapma, renk değişkenliğini göstermekte; buna karşın, 60W0K'daki 3.20 gibi daha düşük bir standart sapma, renk doygunluğunun daha tutarlı olduğunu belirtmektedir.

Koku değerlendirmelerinde, 70W0A koşulunda en yüksek ortalama 77.56 ile belirlenmiştir. Bunun yanında, 60W0A koşulunda da 66.88 gibi oldukça kabul edilebilir bir koku değeri ortaya çıkmıştır. 70W0A'daki 4.55 gibi bir standart sapma, koku algısında daha fazla çeşitliliği gösterirken, 60W0A'daki 2.03 ile düşük bir standart sapma, daha homojen bir koku algısı oluşturmuştur.

Tekstür için, 50°C ve 70°C'deki tüm koşullarda ortalama değer 80 civarında seyretmiştir; bu, ürünlerin dokusunun genel olarak tatmin edici olduğunu göstermektedir. Tüm koşullarda standart sapmalar düşük seviyelerde seyretmekte olup, bu da ürünlerin dokusal özelliklerinin tutarlı olduğunu ve beğenildiğini ortaya koymaktadır.

Duyusal analiz sonuçları genel olarak değerlendirilecek olunursa kurutma sıcaklığı ve ön işlem kombinasyonlarının patlıcan dilimlerinin kalite özellikleri üzerinde belirgin etkileri olduğunu ortaya koymuştur. 50°C'de kurutulan örneklerde özellikle T50W0K numunesi dış görünüş ($67,22 \pm 5,40$) ve genel kabul ($85,00 \pm 3,24$) açısından en yüksek puanları alırken, 70°C'de T70W50K numunesi dış görünüş ($83,44 \pm 5,03$) ve tekstür ($80,00 \pm 8,99$) parametrelerinde öne çıkmıştır. Renk stabilitesi açısından 60°C'deki T60W0A numunesi ($81,44 \pm 3,20$) en iyi performansı gösterirken, yüksek sıcaklık (70°C) ve karanlık ortam kombinasyonu (T70W0K) renk değerlerinde ($69,56 \pm 6,42$) daha dengeli sonuçlar vermiştir. Duyusal veriler, 60°C'de orta düzey ultrason (W50) uygulanarak aydınlık

ortamda kurutulan patlıcan dilimlerinin hem görsel kalite (renk, dış görünüş) hem de tekstürel özellikler açısından en dengeli performansı sergilediğini göstermektedir. Yüksek sıcaklık (70°C) ve aşırı ultrason uygulamaları ise renk bozulması ve yapısal hasar riskini artırmaktadır. Bu bulgular, endüstriyel kurutma proseslerinde tüketici memnuniyetini maksimize etmek için sıcaklık ve ön işlem optimizasyonunun kritik olduğunu vurgulamaktadır.

Sonuç olarak gerçekleştirilen bu çalışmada, farklı sıcaklık (50°C, 60°C ve 70°C), ultrason ön işlemi ve aydınlık/karanlık koşullarında kurutulan patlıcan dilimlerinin kurutma kinetiği, renk parametreleri, mikro yapısal özellikler, rehidrasyon davranışı ve duyu kalite özellikleri kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Yapılan araştırmada, patlıcan kurutma işleminde 60°C sıcaklık ve orta düzey ultrason (W1) uygulamasının en iyi sonuçları verdiği belirlenmiştir. Bu koşullarda; renk özellikleri (L^* ve a^* değerleri) en iyi şekilde korunmuş, homojen bir gözenek yapısı oluşmuş, su alma kapasitesi yüksek seviyelerde gerçekleşmiş ve duyu değerlendirilmede en yüksek puan (81.11) alınmıştır. Buna karşılık, 70°C'de yapılan kurutmada renk bozulmaları (h^* değerinde düşüş), yapısal hasarlar ve elektrik iletkenliğinde istenmeyen artışlar (3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ üzeri) gözlemlenmiştir. Bu bulgular ışığında, endüstriyel uygulamalarda 60°C sıcaklıkta ve aydınlık ortamda orta şiddette ultrason uygulanarak kurutma yapılması önerilmektedir. Ayrıca, proses verimliliği ile ürün kalitesinin dengelenmesi için kurutma süresi ve sıcaklık optimizasyonu üzerine çalışmalar yapılmalıdır.

6. KAYNAKLAR

- Abbott J A, 1999, Quality measurement of fruits and vegetables, *Postharvest Biology and Technology*, 15, 207–225.
- Akpınar, E. K., Bicer, Y., & Cetinkaya, F. (2003). Modelling of thin layer drying of parsley leaves in a convective dryer and under open sun. *Journal of Food Engineering*, 59(1), 99-104.
- Ali, M. and Fujieda, K. 1990. Cross compatibility between eggplant (*Solanum melongena* L.) and wild relatives. *Journal Japanese Society for Horticultural Science*, 58(4): 977-984.
- Anonim 2012. Celal Bayer Üniversitesi ders notları. 2011. <http://zkkm.net/index.php?&direction=0&order=nom&directory=Bitki Erişim Tarihi: 15.03.2012>
- Anonim, 2022, Eggplant, https://en.wikipedia.org/wiki/Eggplant#cite_note-oed-brinjal-26 (Erişim tarihi: 24 Ağustos 2022).
- Arias, I.C. 2009. Selection of new eggplant (*Solanum melongena* L.) lines. Doktora Tez, Humboldt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Humboldt.
- Ayan, H. Güneşte ve Yapay Kurutucuda Kurutulmuş Domates (*Lycopersitcum esculentum*) Üretimi ve Proses Sırasındaki Değişimlerin Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 2010, 109s. (Yüksek Lisans Tezi).
- Aydın, N. (2016). Farklı Kurutma Yöntemlerinin Besin Kalitesi Üzerine Etkisi. Ankara Üniversitesi, Tarım Bilimleri Fakültesi.
- Aydoğdu, A., Sumnu, G., Şahin, S. Pore size distribution of eggplants dried by different drying methods. *Foodbalt*. 2014, 202-205.
- Azimi, A., Tavakoli, T., Beheshti, H. K., Rahimia, A. Experimental Study on Eggplant Drying by an Indirect Solar Dryer and Open Sun Drying. *Iranica Journal of Energy & Environment*. 2012, 3(4), 348-354.
- Bayraktar, E. (2020). *Sebze Yetiştiriciliği*. Ankara: Tarım ve Orman Bakanlığı Yayınları.

- Bletsos, F., Roupakias, D.G., Tsakstsira, M.L., Scalttsoyannes, A.B. and Thanassouloupoulos, C.C. 1998. Interspecific hybrid between three eggplant (*Solanum melongena* L.) cultivars and two species (*Solanum torvum* Sw. and *Solanum Sisymbriifolium* Lam.). *Plant Breeding*, 117(2): 159-164.
- Brasiello, A., Adiletta G., Russo, P., Crescitelli, S., Albanese, D., Di Matteo, M. Mathematical modeling of eggplant drying: Shrinkage effect. *Journal of Food Engineering*. 2013, 114, 99–105.
- Cemeroğlu B, 2011, *Kurutma teknolojisi, Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi* ciltII, Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti, 479-620s, Ankara.
- Chemat, F., Rombaut, N., Sicaire, A. G., Meullemiestre, A., Fabiano-Tixier, A. S., & Abert-Vian, M. (2017). Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 34, 540-560.
- Chin, N.L., Yusof, Y.A. and Kek, S.P., 2013, Direct and indirect power ultrasound assisted pre-osmotic treatments in convective drying of guava slices, *Food and Bioproducts Processing*, In press.
- Collonnier, C., Fock, I., Kashyap, V., Rotino, G. L., Daunay, M. C., Lian, Y., ... & Sihachakr, D. (2001). Applications of biotechnology in eggplant. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 65(2), 91-107.
- Çürük, S. 2010. Patlıcanda türlerarası melez tohumların in vitro çimlendirilmesi. VIII. Sebze Tarımı Sempozyumu, 564-568, Van.
- Das, M. 2013. Pharmacological activities of *Solanum melongena* Linn. (Brinjal plant). *International Journal of Green Pharmacy*, 274-277.
- Daunay, M.C., Lester, R.N., Gebhardt, C., Hennart, J.W., Jahn, M., Frary, A., Doganlar, S. 2001b. Genetic resources of eggplant (*Solanum melongena*) and allied species: a new challenge for molecular geneticists and eggplant breeders. In Van Den Berg R.G, Barendse, G.M & Miriani (ed.) *Solanaceae*, 5, 251-274. Nijmegen University press, Nijmegen Netherlands.
- Doğan, M. (2018). “Patlıcan Yetiştiriciliği ve Önemi”. *Tarım Teknolojileri Dergisi*, 5(3), 123-129.

- Doğanlar, S. 2018. Health Benefits and Bioactive Compounds of Eggplant. Food Chemistry, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.093>.
- Doymaz, İ. The kinetics of forced convective air-drying of pumpkin slices. *Journal of Food Engineering*, 2007, 79(1), 243-248.
- Erdoğan, F. (2018). Kurutma Sürecinde Besin ve Fiziksel Özellik Değişimleri. *Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi*, 23(3), 12-19.
- Ertekin, C., & Yaldiz, O. (2004). Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. *Journal of Food Engineering*, 63(3), 349-359.
- Furini, A. and Wunder J. 2004. Analysis of eggplant (*Solanum melongena* L.) related germplasm: Morphological and AFLP data contribute to phylogenetic interpretations and germplasm utilization, *Theor. Appl. Genet.*, 108: 197-208.
- Garcia-Perez, J. V., Ortuno, C., Perez-Munuera, I., Puig, A. and Riera, E., 2010, Influence of power ultrasound application on mass transport and microstructure of orange peel during hot air drying, *Physics Procedia*, 3: 153-159pp.
- Gisbert, C., Prohens, J., Nuez, F. (2011). Eggplant as a model for plant breeding and biodiversity. *Plant Breeding Reviews*, 35, 59-90.
- Grubben, G. J. H. (1977). Tropical vegetables and their genetic resources. International Board for Plant Genetic Resources, Rome.
- Güner, A. (2019). *Türkiye Florası*. İstanbul: Flora Yayınları.
- Hastürk-Şahin, F. Domates Kurutmada Farklı Yöntemlerin Karşılaştırılması. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Tekirdağ, 2010, 154s. (Doktora tezi).
- Hussain, S., Khan, A., & Khan, M. A. (2015). Eggplant (*Solanum melongena* L.): a potential source of antioxidants and bioactive compounds. *Pakistan Journal of Botany*, 47(1), 339-347.
- Jafari, F., Movagharnejad, K., & Sadeghi, E. (2020). Infrared drying effects on the quality of eggplant slices and process optimization using response surface methodology. *Food Chemistry*, 333, 127423.

- Jangam S V, Law C L, Mujumdar A S, 2010, Drying of Foods, *Vegetables and Fruits*, Vol 1, 1–30, Singapore.
- Kassi, A.K., Javed, H. and Mukhtar, T. 2019. Screening of different aubergine cultivars against infestation of brinjal fruit and shoot borer (*Leucinodes orbonalis* Guenee). *Pakistan J. Zool.*, 51(2): 603-609.
- King, S. R., Davis, A. R., Liu, W., & Levi, A. (2010). Grafting for disease resistance. *HortScience*, 45(11), 1670-1674.
- Kutlu, T., & İşçi, A. (2016). Gıda Kurutma Teknolojileri ve Kurutulmuş Ürünlerin Kalite Özellikleri. *Gıda Teknolojileri Dergisi*, 11(2), 25-36.
- Lee, J. M. (1994). Cultivation of grafted vegetables I. Current status, grafting methods, and benefits. *Horticultural Science*, 29(4), 235-239.
- Lewicki, P. P. (2006). Design of hot air drying for better foods. *Trends in Food Science & Technology*, 17(4), 153-163.
- Magioli, C. ve Mansur, E. 2005. Eggplant (*Solanum melongena* L.): tissue culture, genetic transformation and use as an alternative model plant. *Acta. Bot. Bras.*, 19, 139–148.
- Matsubara, T., Kaneyuki, T., Ohkubo, T., Tominaga, S., & Nakamura, H. (2005). Cancer prevention effects of dietary phytochemicals based on inhibition of carcinogenesis pathways. *BioFactors*, 23(4), 283-289.
- Miranda M, Maureira H, Rodríguez K, Vega-Gálvez A, 2009, Influence of temperature on the drying kinetics, physicochemical properties, and anti-oxidant capacity of Aloe Vera (*Aloe Barbadensis* Miller) gel, *Journal of Food Engineering*, 91, 297–304.
- Mulet, A., Garcia-Perez, J. V. , Carcel, J. A. and Benedito J., 2007, Power ultrasound mass transfer enhancement in food drying, *Food and Bioprocess Processing*, Vol 85 (C3):247–254pp.
- Naujeer, H.B. 2009. Morphological diversity in eggplant (*Solanum melongena* L.), their related species and wild types conserved at the National gene bank in Mauritius.

Yüksek Lisans Tezi. International Master Programm at the Swedish Biodiversity Center, No:57, Uppsala.

Netscher, C. and Sikora, R.A. 1990. Nematode parasites of vegetables. In: Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture. Luc, M.; Sikora, R.A. and Bridge (eds.). CAB International, 237-283.

Ozuna, C., Castro, W., Reyes, J. E., & Segura, J. A. (2014). Influence of ultrasonic pre-treatment and temperature on drying kinetics of strawberries. *Journal of Food Engineering*, 119(3), 129-134.

Öçal, S., Özalp, T., and Devran, Z. 2018. Reaction of wild eggplant *Solanum torvum* to different species of root-knot nematodes from Turkey, *Journal of Plant Diseases and Protection*, 125: 577-580.

Özel, Ö. F. Balkabağının Farklı Kurutma Şartlarındaki Kuruma Karakteristiklerinin Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 2010, 96s. (Yüksek Lisans Tezi).

Padma M.N. 2012. In vitro regeneration of *Solanum melongena* L. and genetic transformation towards reduction of enzymatic browning. Phd Thesis. University of Mysore, Central Food Technological Research Institute, Plant Cell Biotechnology Department.

Puig, A., Perez-Munuera, I., Carcel, J. A., Hernando, I., Garcia-Perez, J.V., Moisture loss kinetics and microstructural changes in eggplant (*Solanum melongena* L.) during conventional and ultrasonically assisted convective drying. *Food and Bioprocess Technology*. 2012, 90, 624–632.

Phyllis H, 1994, Making & Using Dried Foods, *Storey publishing LLC*.

Quintero-Ramos, A., Gabaldo'n-Leyva, C. A., Barnard, J., Balandra'n- Quintana, R. R., Talama's-Abbud, R. and Jimenez-Castro, J., 2007, Effect of ultrasound on the mass transfer and physical changes in brine bell pepper at different temperatures, *Journal of Food Engineering*, 81:374– 379pp.

Rahman M M, Kibria G, Karim Q R, Khanom S A, Islam L, Islam M F, Begum M, 2010, Retention of nutritional quality of solar dried carrot during storage, *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*, 45, 359–362.

- Ratti C, 2009, *Advances in Food Dehydration*, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Robertson A, 1977, The CIE 1976 Color-Difference Formulae, Color Research & Application.
- Roberts, P. A. (2002). Concepts and consequences of resistance. In Plant resistance to parasitic nematodes (pp. 23-41). CABI Publishing.
- Rotino, G. L., Sala, T., and Toppino, L. (2014). "Eggplant," in Alien Gene Transfer in Crop Plants, Vol. 2, eds A. Pratap and J. Kumar (New York, NY: Springer), 381–409.
- Russo, P., Adiletta, G., Di Matteo, M. The influence of drying air temperature on the physical properties of dried and rehydrated eggplant. *Food and Bioproduct Processing*. 2013, 91, 249-256.
- Sahin, S. (2015). Patlıcanın Kurutma ve Rehidrasyon Karakteristiklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Salehi, F., Goharpour, K., & Razavi Kamran, H. (2024). Effects of different pretreatment techniques on the color indexes, drying characteristics and rehydration ratio of eggplant slices. *Results in Engineering*, 21, 101690.
- Santos P H S, Silva M A, 2008, Retention of vitamin C in drying processes of fruits and vegetables: A review, *Drying Technology*, 26, 1421–1437.
- Sasser, J. N. 1977. Worldwide dissemination and importance of the rootknot nematode, *Meloidogyne* spp. *Journal of Nematology*. 22:585-589.
- Sekara, A., Cebula, S. ve Kunicki, E. 2007. Cultivated eggplants – origin, breeding objectives and genetic resources, a review. *Fol. Hort.*, 19 (1): 97- 114.
- Sihachakr, D., Haicour, R., Chaput, M. H., Barrientos, E., Allot, M., Ducreux, G., & Rossignol, L. (1993). Regeneration of plants from protoplasts of eggplant (*Solanum melongena* L.). *Plant Science*, 94(2), 181-190.
- Taher, D., Solberg, S., Prohens, J., Chou, Y., Rakha, M. ve Wu, T. 2017. world vegetable center eggplant collection: Origin, composition, seed dissemination and utilization in breeding. *World Vegetable Center Eggplant Collection*, 8, Article 1484.

- Thijssen H A C, 1979, Optimization of process conditions during drying with regards to quality factors. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 12, 308–317.
- Timoumi S, Mihoubi D, Zagrouba F, 2007, Shrinkage, vitamin C degradation and aroma losses during infra-red drying of apple slices, *LWT-Food Science and Technology*, 40, 1648–1654.
- Tortoe C, 2010, A review of osmodehydration for food industry, *African Journal of Food Science*, 4, 303–324.
- Uehara, T., Tateishi, Y., Kadota, Y. and Iwahori, H. 2017. Differences in parasitism of *Meloidogyne incognita* and two genotypes of *M. arenaria* on *Solanum torvum* in Japan. *Journal of Phytopathology*, 165(9): 575-579.
- Wu L., Orikasa T., Ogawa Y., Tagawa A. Vacuum drying characteristics of eggplants. *Journal of Food Engineering*. 2007, 83, 422-429.
- Vega-Gálvez A, Di Scala K, Rodríguez K, Lemus-Mondaca R, Miranda M, López J, Perez-Won M, 2009, Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper *Food Chemistry*, 117, 647–653.
- Yousafi, Q., Afzal, M., Aslam, M., Razaq, M. ve Shahid, M. 2013. Screening of brinjal (*Solanum melongena* L.) varieties sown in autumn for resistance to cotton jassid, *amrasca bigutulla bigutulla* (Ishida), Pakistan J. Zool., 45(4), 897-902.
- Zhang, M., Bhandari, B., & Fang, Z. (2017). Handbook of drying of vegetables and vegetable products. CRC Press.
- Zhuang, Y., Zhang, M., & Sun, X. (2012). Antioxidant properties and identification of phenolic compounds in eggplant. *Food Chemistry*, 134(4), 1549-1556.

İnternet Kaynakları

- FAO (2021). “*Eggplant Production Statistics*”. Retrieved from www.fao.org.
- TÜİK, 2020. Türkiye Patlıcan Üretim İstatistikleri. <https://www.tuik.gov.tr/>.

EKLER

EK 1. Duyusal analiz çizelgesi.

KURUTULMUŞ PATLİCAN DUYUSAL ANALİZ FORMU

Örnek kodu: _____

Tarih: _____

Panelist: _____

Aşağıda tanımları verilmiş olan parametreler açısından size verilen kodlu örnekleri değerlendiriniz.

Değerlendirmenizi 10 cm lik skala üzerinde üzerine çarpı koyarak işaretleyiniz.

Değerlendirmeye soldaki örnekten başlayınız. Her örnek arasında 1 yudum su ile ağzınızı temizleyiniz.

	0	30	60	100
Dış görünüş:	I-----I-----I-----I			
Renk:	I-----I-----I-----I			
Koku:	I-----I-----I-----I			
Tekstür:	I-----I-----I-----I			
Genel kabul edilebilirlik:	I-----I-----I-----I			

Duyusal parametreler	Tanım	Puan aralığı
Dış görünüş	Kabul edilemez şekil, büzülme	0–30
	Kabul edilebilir şekil, hafif büzülme	31–60
	Belirgin bir büzülme olmadan kabul edilebilir şekil	61–100
Renk	Kahverengi renk	0–30
	Soluk renk	31–60
	Sarı-beyaz renk	61–100
Koku	Karamel kokusu yok	0–30
	Biraz karamel kokusu	31–60
	Karamel kokusu	61–100
Tekstür	Çıtır değil dağılan ya da kauçuk gibi	0–30
	Daha çıtır	31–60
	En gevrek	61–100
Genel kabul edilebilirlik	Kabul edilemez görünüm, doku, renk ve koku	0–30
	Kabul edilebilir görünüm, doku, renk ve koku	31–60
	En iyi görünüm, doku, renk ve koku	61–100