



**TOKAT İLİNDE DOMATES KURUTMADA
FARKLI KURUTMA KOŞULLARININ
KURUMA ÖZELLİKLERİ VE
KALİTE ÜZERİNE ETKİSİ**

YILMAZ SARIGÖK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
Prof. Dr. Gazanfer ERGÜNEŞ
Temmuz - 2019
Her hakkı saklıdır**

T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TOKAT İLİNDE DOMATES KURUTMADA
FARKLI KURUTMA KOŞULLARININ
KURUMA ÖZELLİKLERİ VE
KALİTE ÜZERİNE ETKİSİ**

YILMAZ SARIGÖK

TOKAT
Temmuz - 2019

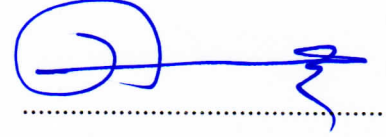
Her hakkı saklıdır

Yılmaz SARIGÖK tarafından hazırlanan “**Tokat ilinde Domates Kurutmada Farklı Kurutma Koşullarının Kuruma Özellikleri ve Kalite Üzerine Etkisi**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 23 Temmuz 2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

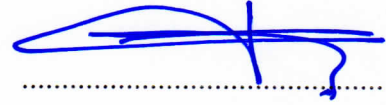
Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Prof. Dr. Gazanfer ERGÜNEŞ
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi



Üye
Doç. Dr. Tanzer ERYILMAZ
Yozgat Bozok Üniversitesi



Üye
Dr. Öğr. Üyesi Hakan POLATCI
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi



ONAY



Prof. Dr. Çetin ÇEKİÇ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

24-07/2019

TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdđi yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

YILMAZ SARIGÖK

23 Temmuz 2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOKAT İLİNDE DOMATES KURUTMADA FARKLI KURUTMA KOŞULLARININ KURUMA ÖZELLİKLERİ VE KALİTE ÜZERİNE ETKİSİ

YILMAZ SARIGÖK

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. GAZANFER ERGÜNEŞ)

Bu çalışmada, kurutma materyali olarak Tokat yöresinde yetiştirilen Cxd 222 F₁, Cxd 142 F₁, Dinç F₁, Toro F₁, M 1103 F₁, Arte F₁ kurutmalık domates çeşitleri kullanılmıştır. Domates örnekleri açıkta, serada ve laboratuvar tipi kurutucuda kurutulmuştur. Kontrol amaçlı açıkta ve serada yapılan kurutma işlemlerinde 6 farklı genotip domates örnekleri kullanılmıştır. Laboratuvar tipi kurutucuda ise kurutma materyali olarak Cxd 222 F₁ genotip domatesi kullanılmıştır. Laboratuvar tipi kurutucuda yapılan kurutma işlemi 50-60 ve 70°C hava sıcaklıklarında gerçekleştirilmiştir. Domatesler dört eşit parçaya dilimlenerek belirlenen nem seviyesine ulaşmaya kadar kurutma işlemine devam edilmiştir. Laboratuvar tipi kurutucuda üç farklı sıcaklık kademesi için gerçekleştirilen kurutma denemelerinde kuruma süreleri, kuruma eğrileri, kurumayı en iyi tahmin eden kurutma modeli ve renk değişimleri belirlenmiştir. Açıkta kurutma yönteminde ürünler 234 saatte, serada kurutma yönteminde 197 saatte, 50°C’ de 22 saatte, 60°C’ de 18 saatte ve 70°C’ de 14 saatte belirlenen nem seviyesine ulaşmıştır. Kuruma eğrilerini tanımlamak için ANOVA değerleri kullanılmış ve kurutma modelleri; Page, Modified-Page, Midilli Küçük, Lewis, Jena-Das, Diffusion-Aproach, Yağcıoğlu ve Wang-Sing arasından kurumayı en iyi tahmin eden model belirlenmiştir. En uygun modelin Diffusion-Aproach, Yağcıoğlu ve Midilli Küçük modeli olduğu anlaşılmıştır. Renk değeri bakımından taze ürüne en yakın değer 50°C’ de laboratuvar tipi kurutucuda yapılan kurutma işleminde belirlenmiştir.

2019, 52 SAYFA

ANAHTAR KELİMELER: Kurutma, kuruma kinetiği, matematiksel modelleme, renk analizi,

ABSTRACT

MASTER THESIS

TITLE OF THE THESIS

THE EFFECTS OF DIFFERENT DRYING CONDITIONS

ON THE INSTALLATION AND QUALITY OF

TOMATO DRYING IN TOKAT

YILMAZ SARIGÖK

TOKAT GAZIOSMANPASA UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

DEPARTMENT OF BIOSYSTEMS ENGINEERING

SUPERVISOR: PROF. DR. GAZANFER ERGÜNEŞ

In this study, the dried tomato varieties grown in Tokat region, Cxd 222 F₁, C x d 142 F₁, Vigorous F₁, Toro F₁, M 1103 F₁, Arte F₁ varieties were used. Tomatoes were dried in open, greenhouse and laboratory type precision dryer. The process of drying in the greenhouse by means of outdoor drying was performed using 6 different kinds of tomato samples. Cxd 222 F₁ tomato type was used as drying material in laboratory type precision dryer. The drying process in the laboratory type precision dryer was carried out at 50-60 and 70 °C temperatures. Drying was continued until the samples of tomato sliced into four equalparts at three temperature level sreached equilibrium moisture. Drying time, drying curves, drying patternand color changes that bestes timate drying are determined in drying experiments for three different temperature levels in the precision dryer. In the out door drying process, the products reached the equilibrium humidity at 234 hours, in the greenhouse drying method at 197 hours, at 50°C at 22 hours, at 60°C for 18 hours and at 70°C for 14 hours. ANO values were used to define drying curves and drying models were used; Page, Modified-Page, Mytilene Small, Lewis, Jena-Das, Diffusion-Aproach, Yağcıoğlu and Wang-Sing, the best predetermined model for drying were determined. The mostsuitable model was Diffusion-Aproach, Yağcıoğlu and Midilli Küçük model. The color values closest to the fresh tomato were determined in the drying process at the precision dryer at 50°C.

2019, 52 PAGE

KEYWORDS: Drying, drying kinetics, mathematical modeling, color analysis

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimime başladığım günden bugüne kadar bilgisi, görgüsü ve ışığıyla bana yol gösteren danışman hocam Prof. Dr. Gazanfer ERGÜNEŞ' e teşekkürü bir borç bilirim. Çalışmalarımda bana yardımcı olan Dr. Öğr. Üyesi Hakan POLATCI ve Arş. Gör. Muhammed TAŞOVA' ya teşekkür ederim. Tez çalışmam boyunca bana destek olan değerli eşim ve beni bugünlere getiren anne ve babama sonsuz teşekkür ve sevgilerimi sunuyorum.

YILMAZ SARIGÖK

23 Temmuz 2019

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİSİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM	19
3.1. Materyal	19
3.1.1. Kurutulacak Ürün	19
3.1.2. Kurutma Ortamı	19
3.1.2.1. Labaratuvar Tipi Kurutucu	20
3.1.2.2. Dış Ortamda Açıkta Kurutma	21
3.1.2.3. Serada Kurutma	22
3.2. Yöntem.....	22
3.2.1. Kurutma Yöntemi	22
3.2.2. Kurutma Öncesi Uygulanan İşlemler	23
3.2.3. Nem Tayini	23
3.2.4. Sıcaklık ve Bağıl Nem Ölçümü	24
3.2.5. Kuruma Sırasında Ağırlık Değişiminin Belirlenmesi	24
3.2.6. Boyut Özelliklerinin Belirlenmesi.....	25
3.2.7. Renk Değerlerinin Belirlenmesi.....	25
3.2.8. Kuruma Verilerinin Matematiksel Modellenmesi.....	27
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	29
4.1. Sıcak Hava İle Kurutmada Domatesin Kuruma Özellikleri	29

4.2. Kuruma Verilerinin Matematiksel Modellenmesi	31
4.3. Renk Analizi Sonuçları	42
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	47
6. KAYNAKLAR	49
7. ÖZGEÇMİŞ	52



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler	Açıklama
a	Kırmızılık/Yeşillik
b	Sarılık/Mavilik
cm	Santimetre
C	Kroma değeri
D_{eff}	Efektif nem yayılım değeri
ΔE	Toplam renk değışimi
h°	Hue açısı
h	Eşitlik katsayısı
j	Eşitlik Katsayısı
k	Eşitlik Katsayısı
kb	Kuru baz
kW	Kilowatt
L	Parlaklık renk değeri
m	Eşitlik Katsayısı
M	Kurutulan materyalin herhangi bir andaki nemi
M_e	Kurutulan materyalin verilen durumdaki denge nemi
M_0	Kurutulan materyalin ilk nem içeriği
N_y	Yaş baza göre nem oranı
R^2	Belirtme katsayısı
s	Saniye
y_b	Yaş baz
W	Watt
W_i	İlk ağırlık
W_s	Son ağırlık

Kısaltmalar

AK

ANO

SK

FAO

TÜİK

Açıklama

Açıkta kurutma

Alınabilir nem oranı

Serada kurutma

Gıda ve Tarım Örgütü

Türkiye İstatistik Kurumu



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Türkiye’de domates ekim alanları dağılımı.....	2
Şekil 1.2. Türkiye domates üretiminin dağılımı	3
Şekil 3.1. Laboratuvar tipi kurutucunun genel görünümü	20
Şekil 3.2. Laboratuvar tipi kurutucunun şematik görünümü	21
Şekil 3.3. Kurutucuda kurutma kanalları, ürün kabı, fan ve ısıtıcı	21
Şekil 3.4. Dış ortamda açıkta kurutulan domates örnekleri	22
Şekil 3.5. Sera içerisinde kurutulan domates örnekleri	22
Şekil 3.6. Nem tayininde kullanılan etüv ve hassas terazi	23
Şekil 3.7. Sıcaklık ölçüm noktaları, kontrol ünitesi, sıcaklık-bağıl nem kaydedici	24
Şekil 3.8. Dijital kumpas ile boyut ölçümü	25
Şekil 3.9. Renk değerlerinin belirlenmesinde kullanılan renk ölçer	26
Şekil 4.1. Laboratuvar tipi kurutucuda sıcaklığa bağlı örneklerin % ağırlık değişimi	29
Şekil 4.2. Laboratuvar tipi kurutucuda alınabilir nem oranı-kuruma süresi değişimi	31
Şekil 4.3. 50°C’ de kuruma eğrilerine ait Page Modeli	34
Şekil 4.4. 60°C’ de kuruma eğrilerine ait Page Modeli	34
Şekil 4.5. 70°C’ de kuruma eğrilerine ait Page Modeli	34
Şekil 4.6. 50°C’ de kuruma eğrilerine ait Modified Page Modeli	35
Şekil 4.7. 60°C’ de kuruma eğrilerine ait Modified Page Modeli	35
Şekil 4.8. 70°C’ de kuruma eğrilerine ait Modified Page Modeli	35
Şekil 4.9. 50°C’ de kuruma eğrilerine ait Midilli-Küçük Modeli.....	36
Şekil 4.10. 60°C’ de kuruma eğrilerine ait Midilli-Küçük Modeli.....	36
Şekil 4.11. 70°C’ de kuruma eğrilerine ait Midilli-Küçük Modeli.....	36
Şekil 4.12. 50°C’ de kuruma eğrilerine ait Lewis Modeli	37
Şekil 4.13. 60°C’ de kuruma eğrilerine ait Lewis Modeli	37
Şekil 4.14. 70°C’ de kuruma eğrilerine ait Lewis Modeli	37
Şekil 4.15. 50°C’ de kuruma eğrilerine ait Jena-Das Modeli	38
Şekil 4.16. 60°C’ de kuruma eğrilerine ait Jena-Das Modeli	38
Şekil 4.17. 70°C’ de kuruma eğrilerine ait Jena-Das Modeli	38
Şekil 4.18. 50°C’ de kuruma eğrilerine ait Diffusion-Approach Modeli.....	39

Şekil 4.19. 60°C’ de kuruma eğrilerine ait Diffusion-Approach Modeli.....	39
Şekil 4.20. 70°C’ de kuruma eğrilerine ait Diffusion-Approach Modeli.....	39
Şekil 4.21. 50°C’ de kuruma eğrilerine ait Yağcıoğlu Modeli.....	40
Şekil 4.22. 60°C’ de kuruma eğrilerine ait Yağcıoğlu Modeli.....	40
Şekil 4.23. 70°C’ de kuruma eğrilerine ait Yağcıoğlu Modeli.....	40
Şekil 4.24. 50°C’ de kuruma eğrilerine ait Wang-Sing Modeli.....	41
Şekil 4.25. 60°C’ de kuruma eğrilerine ait Wang-Sing Modeli.....	41
Şekil 4.26. 70°C’ de kuruma eğrilerine ait Wang-Sing Modeli.....	41
Şekil 4.27. Taze ve labaratuvar tipi kurutucuda kurutulan örneklere ait renk değerleri...44	
Şekil 4.28. Taze ve açıkta-serada kurutulan örneklere ait L renk değerleri.....45	
Şekil 4.29. Taze ve açıkta-serada kurutulan örneklere ait a renk değerleri.....45	
Şekil 4.30. Taze ve açıkta-serada kurutulan örneklere ait b renk değerleri.....46	

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1. Dünyada domates üreten başlıca ülkeler ve üretim değerleri.....	2
Çizelge 3.1. Denemelerde kullanılan taze domateslere ait bazı değerler	19
Çizelge 3.2. Kurutma Modelleri	27
Çizelge 4.1. Labaratuvar tipi kurutucuda % ağırlık değişimine ait varyans analizi sonuçları	30
Çizelge 4.2. Labaratuvar tipi kurutucuda % ağırlık değişimi Duncan test sonuçları	30
Çizelge 4.3. Matematiksel modeller, eşitlikleri ve katsayı değerleri.....	32
Çizelge 4.4. Model eşitliklerine ait güvenilirlik ve kararlılık değerleri.....	33
Çizelge 4.5. Kurutma yöntemlerine göre kurutulmuş domateslerde renk değerleri.....	42
Çizelge 4.6. Kurutma yöntemlerine göre hesaplanan renk değerleri.....	43
Çizelge 4.7. Taze ve kurutulmuş domateslerde renk değerleri varyans analizi.....	44
Çizelge 4.8. Taze ve kurutulmuş domateslerde renk değerleri ve Duncan test sonuçları..	44

1. GİRİŞ

Domates (*Lycopersicon esculantum* L.), patlıcangiller (*Solanaceae*) ailesinden gelen bir yıllık otsu bitki türüdür. Domates kelimesi Güney Amerika kökenli olup Azteklerin “xitomate” veya “zitomate” kelimelerinden türetilmiştir. İlk yazılı kayıtlar 1544 yılında İtalya’da görülmüş ve Avrupa’ya 16. yüzyılın başlarında gelmiştir. Ekonomiye büyük katkıları olan domatesin ülkemizde tanınması ise 1. Dünya Savaşı yıllarına rastlamaktadır (Uylaşer 1996).

Genellikle kırmızı renkli olan yenilebilen meyvesi yabani bitkilerde 1 - 2 cm çapında değişirken, kültür bitkilerinde daha da büyüktür. Birçok vitamini bünyesinde bulunduran domates sebzesinin kanseri önleyici özelliği olduğu bilinmektedir. Bu vitamin değerlerinin yanı sıra kanseri önleyici özelliği, bağışıklık sistemini güçlendirdiği, beyin hücrelerinin yaşlanmasını geciktirdiği kalp hastalıklarına karşı koruyucu etkisi olduğu bilinmektedir.

Domates ucuz olmasının yanı sıra vitamin kaynağı, besleyici olması ve lezzet açısından rağbet görmesinden dolayı dünyanın birçok ülkesinde üretilen sebzelerin başında gelir. İçerisinde A, B6, B, B1, C vitaminleri protein, yağ, karbonhidrat ve likopen bulunmaktadır. (Anonim, 2008).

Dünyada yoğun olarak üretimi yapılan domates taze olarak tüketilmesinin yanında, dondurulmuş, sos, ketçap, salça, turşu, soyulmuş domates, domates püresi, domates suyu, dilimlenmiş ve küp şeklinde doğranmış domates, domates konservesi ve kurutulmuş domates şeklinde de tüketilmektedir. Özellikle gıda sanayinde geniş kullanım alanına sahip olması domatesin önemini arttırmaktadır (Uylaşer, 1996, Keskin ve Gül, 2004).

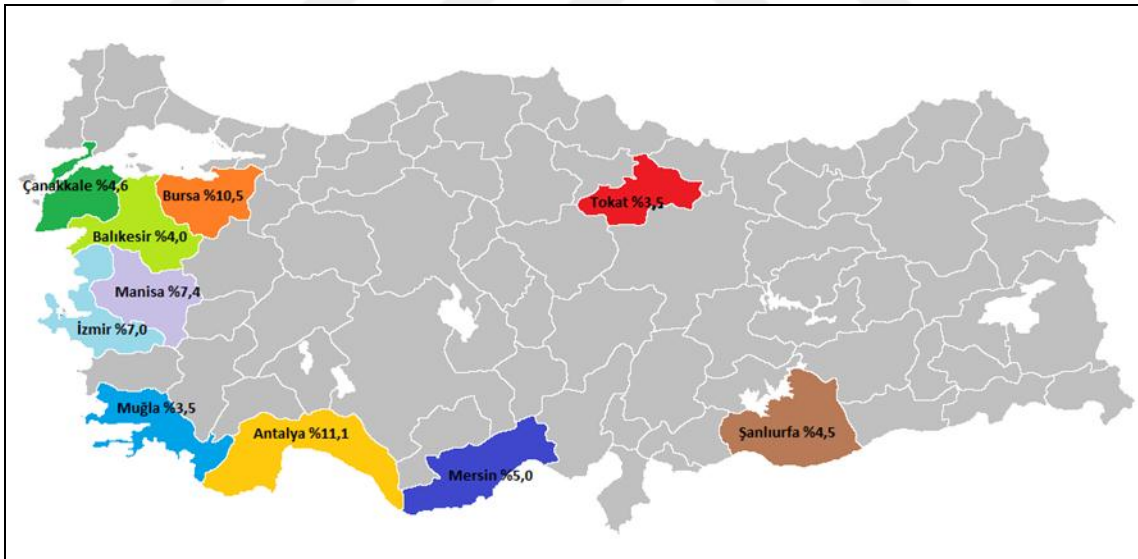
Aşağıda verilen Çizelge 1.1 incelendiğinde Dünyada domates üretimi yapan ülkelerin yıllara göre domates üretim miktarları ve Türkiye’nin domates üretiminde Dünya sıralamasındaki yeri görülmektedir.

Çizelge 1.1. Dünyada domates üreten başlıca ülkeler ve üretim değerleri (ton)

	2013	2014	2015	2016	2017
Çin	50 694 136	52 613 996	55 891 807	57 582 954	59 626 900
Hindistan	18 227 000	18 735 910	16 385 000	18 732 000	20 708 000
TÜRKİYE	11 820 000	11 850 000	12 615 000	12 600 000	12 750 000
ABD	13 828 580	15 875 000	14 580 440	12 936 420	10 910 990
Mısır	8 290 551	8 288 043	7 737 827	7 320 714	7 297 108
İran	5 757 447	6 362 902	6 013 142	5 828 557	6 177 290
İtalya	5 321 249	5 624 245	6 410 249	6 437 572	6 015 868
İspanya	3 776 800	4 888 880	4 832 700	5 233 542	5 163 466
Meksika	3 282 583	3 536 305	3 782 314	4 047 171	4 243 058
Brezilya	4 187 646	4 302 777	4 187 729	4 167 629	4 230 150

Kaynak : FAO

Dünya domates üretiminde Türkiye, 2017 yılında 12 750 000 ton üretimle Çin ve Hindistan'dan sonra 3. Sırada yer almaktadır Dünya domates üretimine baktığımızda ise 2013 yılında 163 719 000 ton olan üretim 2017 yılında 182 301 395 tona ulaşmıştır (Çizelge 1.1).



Şekil 1.1. Türkiye’de domates ekim alanları dağılımı (Anonim, 2018).

Türkiye domates ekim alanları 2016 yılı verileri ışığında hazırlanmış Şekil 1.1’ de görülmektedir. Domates ekim alanlarında % 11.1’ lik orana sahip olan Antalya 201 bin da ile ilk sırada yer alırken, Bursa % 10.5’ lik payla 190 bin da ile ikinci, Manisa % 7.4’ lük payıyla 134 bin da ile üçüncü sırada yer almaktadır. Tokat ise % 3.5 oranında bir paya sahiptir. Ülke genelinde domates ekim alanları 2016 yılında 2012 yılına kıyasla % 5 düşmüş ve 180 bin ha alanda tarımı yapılmıştır, 2017 yılına gelindiğinde ise domates

ekim alanları 178 bin ha alana düşmüştür. Türkiye domates üretim alanları 2016 yılı verilerine göre; Antalya % 19.1 (2.4 milyon ton) domates üretimi ile ilk sırada yer almaktadır. Bursa % 12.5 (1.6 milyon ton) ile ikinci, Manisa ise % 7.7 (975 bin ton) ile üçüncü sırada yer almaktadır (Şekil 1.2). Türkiye domates üretiminde Tokat ili % 3.8'lik paya sahiptir (Anonim, 2018).



Şekil 1.2. Türkiye domates üretiminin dağılımı (Anonim, 2018).

2017 yılı TÜİK verilerine göre 3.960.281 tonu salçalık ve 8.789.719 tonu sofralık olmak üzere toplam 12.750.000 ton domates üretilmektedir. (Anonim, 2017a).

Türkiye’de domates üretiminde en önemli üretici bölgeler Akdeniz, Ege ve Doğu Marmara’dır. Bu üç bölge toplam üretimin % 69’unu karşılamaktadır. Ülkemiz domates üretiminin yıllara göre değişmekle birlikte 435.308 tonu sofralık ve 21.070 tonu sanayilik olmak üzere 456.378 tonu Tokat yöresinde yetiştirilmektedir (Anonim, 2017b).

Domates başta olmak üzere sebze ve meyveler yapılarında ortalama % 95 oranında su içerir. Meyve ve sebzeler içerdikleri yüksek su oranı nedeni ile çabuk bozulabildiğinden, hasattan tüketim aşamasına kadar geçen süreçte bozulmadan muhafaza edilmesi gerekir. Ürün yapısında bozulmaya neden olan faktörler yüksek su oranı içerisinde gerçekleşen mikrobiyolojik ve biyokimyasal faaliyetlerdir. Bozulmayı önlemek için üründeki yüksek su oranının kurutma, dondurma vb. yöntemlerle uzaklaştırılarak azaltılması gerekir. Domatesin bozulmadan uzun süre saklanabilmesi

için özellikle kurutma yöntemi son yıllarda yaygın biçimde uygulanmaktadır (Demiray ve Tülek, 2008).

Tarım ürünleri, hasattan itibaren kısa süreliğine taze olarak tüketilebilmekte olup, hasattan tüketime kadar geçen süreçte depolamaya ihtiyaç duymaktadır. Hasat sonrası belirli bir süre daha bünyelerindeki besin maddelerinden sağladıkları enerji ile canlılıklarını sürdürürler ve bu nedenle besin değerleri düşer, ayrıca tohumdan hasat edildikleri ana kadar geçen süreçte çevreden üzerlerine bulaşan asalak canlıların faaliyetleri sonucu bozulmalar gerçekleşir. İnsanlar depolama sırasında ürünlerin maruz kaldığı olumsuz etkileri önlemek için birçok yöntem bulmuştur. Tarım ürünlerinin bozulmadan uzun süre muhafaza edilmesi için bünyelerindeki suyun azaltılması bilinen en eski uygulamalardan biridir (Yağcıoğlu, 1999).

Tarımsal ürünlerin soğutularak, dondurularak, kimyasal maddelerle işlemlerden geçirilerek, oksijensiz ortamda depolanarak, ultraviyole ve radyoaktif ışıklardan yararlanarak da uzun süre saklanması mümkün olmakla birlikte bu uygulamalar içerisinde kendine en geniş uygulama alanı bulan yöntem kurutma yöntemidir (Yağcıoğlu, 1996).

Tarımsal ürünleri uzun süre niteliklerini yitirmeden muhafaza etmenin en eski yöntemlerinden biri kurutmadır. Son yıllarda tüketicilerde doğal yollarla elde edilen ürünleri tüketme alışkanlığı oluşmuş bu da dönemde doğal yetiştirilerek kurutulan ürünlere olan talebi arttırmıştır.

Türkiye’ de kurutulmuş domates üretimi 1980’li yılların başında küçük ölçekli üretim şeklinde ortaya çıkmıştır. Son yıllarda kurutulmuş ürünler dünyanın büyük marketlerinde raflardaki yerini almış ve bununla birlikte kurutulmuş domates üretimi artmıştır. Kuru domatesin en çok ihraç edildiği ülkelerin başında İtalya ve Amerika Birleşik Devletleri gelmekte olup, bununla birlikte Almanya, İngiltere, Hollanda, Danimarka, Norveç, İsveç gibi Avrupa ülkelerine de ihraç edilmektedir (Günhan ve Yağcıoğlu, 2016).

Tarımsal ürün kurutma işlemi özellikle gıda sanayinde ve farklı sektörlerde geniş kullanım alanı bulmaktadır. Meyve ve sebzeler kurutma işlemi sayesinde daha uzun raf

ömrüne sahip olmakta, kütle azalışı nedeniyle depolama ve sevkiyatta avantaj sağlamakta ve besin değeri yüksek ürünler elde edilmektedir. Tarımsal ürünlerde kurutma denildiğinde geleneksel yöntemler akla gelmekte ve bunların içinde güneşte kurutma ve sıcaklık uygulamaları ön plana çıkmaktadır. Ancak geleneksel yöntemlerin aksine ürünler kontrollü ortamlarda kurutulduklarında kuruma süresi kısaltmakta, vitamin ve mineral değerleri yüksek oranda korunmaktadır ayrıca çevresel etmenlerin (toz, böcek, kuş, yağmur vb.) olumsuz etkilerinden korunmuş olur. Geleneksel kurutma yöntemlerinin yerine tercih edilen; güneşli kurutucular, hava üflemeli kurutucular, vakum kurutucular, mikrodalga kurutucular, dondurarak kurutma yapan ve kombine kurutucu sistemler sayesinde pazara yüksek kaliteli ve homojen ürünler sunulmaktadır. Kurutma yöntemlerinin seçiminde kurutulacak ürünün, kimyasal ve fiziksel yapısı, nem alış veriş ilişkileri, ürünün ilk ve son nem içerikleri belirleyici olmaktadır (Erbay ve Küçüköner, 2008).

Çalışmanın amacı, Tokat yöresinde yetiştirilen kurutmalık domates çeşitlerinin farklı yöntemlerle kurutulmasında kuruma özelliklerinin ve kurutma sonucunda elde edilen ürünün renk değişimlerinin belirlenmesidir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

En eski ve en yaygın muhafaza yöntemi olan kurutma işlemi, ürün kalitesinde bazı olumsuz etkilere neden olmakla birlikte, ürünlerin güvenilir depolama süresinin artırılması, yeni tat ve aromaya sahip ürünlerin elde edilmesi ve ambalajlama maliyetlerinin azaltılması gibi bazı avantajlarından dolayı vazgeçilmez bir ürün işleme yöntemidir. Bu yöntem, domatestede de yaygın olarak uygulanan bir işlemdir. Ancak, kurutulmuş ürün kalitesinde genellikle azalma olmaktadır. Bu aşamada en sık rastlanan problemler ürün yapısının, dokusunun ve renginin bozulmasına yöneliktir (Heredia ve ark. 2007). Özellikle sıcak havalı kurutmada uygulanan yüksek sıcaklıklar ve uzun süreli kurutma işlemleri ürünün besin değerinde olumsuz etkiler meydana getirmektedir (Marfil ve ark. 2008). Bunların en yaygın olanları, özellikle domatese kırmızı rengi de veren likopen gibi karotenoidlerin zarar görmesi, kahverengileşme ve askorbik asit oksidasyonudur (Barreiro ve ark. 1997). Bu sebeplerle, özellikle sebze ve meyvelerin kurutulmalarında uygulanan yöntemler ve kurutma sistemleri büyük öneme sahiptir.

Hawlander ve ark., (1991), yaptıkları çalışmada, domatesin kuruma karakteristiklerini belirlemek için, Malaysian çeşidi domates kullanmışlardır. Yaklaşık 5 mm kalınlığında dilimledikleri domatesleri tel örgü tepsilere yerleştirdikten sonra kurutma denemelerini yapmışlardır. Kurutma çalışmalarını 12 kW ısıtıcı gücüne, bir fana ve sıcaklık kontrol sistemine sahip olan kabin tipi bir kurutucuda gerçekleştirmişlerdir. Kurutma denemeleri sırasında tepsiler düzenli aralıklarla kurutucudan çıkarılarak tartılmış ve tekrar kurutucuya yerleştirilmiştir. Kurutma işlemine örneklerin ağırlığı başlangıç ağırlıklarının % 10'una ulaştığında son verilmiştir. Kurutma denemeleri 5 ayrı kurutma havası sıcaklığında (40-50-60-70 ve 80°C) yapılmıştır. Kurutma havası sıcaklığı 40-50-70 ve 80°C için kullanılan hava hızları 0.4-1.0 ve 1.8 m/s iken, 60°C kurutma havası sıcaklığı için 0.4-0.7-1.0-1.4 ve 1.8 m/s hava hızı değerleri kullanılmıştır. Denemelerden sonra örnekleri, 105°C fırında 24 saat muhafaza ettikten sonra nem tayini yapmışlardır. Denemelerde, sabit hava hızı koşullarında kurutma sıcaklığının artması ile kurutma potansiyelinin arttığını belirlemişlerdir. Sabit kurutma havası sıcaklığında ise kurutma havası hızının artması ile kurutma potansiyelinin arttığı belirlenmiştir. Denemelerde kullanılan 5 farklı kurutma havası sıcaklığı ve 0.4-0.7-1.0, 1.4 ve 1.8 m/s hava hızı koşullarında örneklerin sabit hızda kuruma evresi göstermediklerini belirlemişlerdir.

Günhan (2005), yapılan çalışmada kurutma materyali olarak Rio Grande çeşidi domates kullanılmıştır. Çalışmada domateslerin farklı kurutma havası sıcaklığı, hava hızı ve ön işlem koşullarında göstereceği kuruma karakteristikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Denemelerde kurutma havası sıcaklığı olarak 50-60-70 ve 80°C hava sıcaklıkları, % 7.5 kurutma havası bağıl nemi ve 0.6-0.9 ve 1.2 m/s hava hızları kullanılmıştır. Örnekler kurutma denemelerine başlamadan önce uzun eksenleri boyunca iki parçaya bölünmüş, tuzlama ve kükürtleme ön işlemlerine tabi tutulduktan sonra tepsilere dizilmiş ve kurutma ortamı şartlarında kurutulmuştur. Denemelerde sıcak havalı kurutma yöntemi ile kıyaslamak amacıyla güneşte kurutma yöntemi, gölgede kurutma yöntemi ve serada kurutma yöntemini kullanmışlardır. Denemelerde, kuruma verilerini modellemede kullanılacak eşitlikler geliştirilmiş, kurutulan domateslerin renk, kükürt kalıntısı ve rehidrasyon gibi kalite kriterleri değerlendirilmiştir. Örneklerin, 50-60-70 ve 80°C hava sıcaklığı ve 0.6-0.9 ve 1.2 m/s hava hızları kullanılarak gerçekleştirilen kurutma denemelerinde, kuruma kinetiğini en doğru şekilde belirleyen, kükürtlenmiş örnekler için Midilli ve Küçük kuruma modeli olurken, tuzlanmış örneklerde Logaritmik kuruma modelinin olduğunu belirlemişlerdir. Denemelerde kükürtlenerek kurutulan örneklerin rehidrasyon oranları, tuzlanarak kurutulan örneklere göre daha yüksek bulunmuştur. Rehidrasyon açısından en uygun hava sıcaklığının 50 ve 60°C sıcaklık değerlerinin olduğu belirlenmiştir. Denemelerde kurutulan örnekler renk bakımından incelendiğinde en uygun renk değerlerinin 50 ve 60°C sıcaklık ve 1.2 m/s hava hızı şartlarında kurutulan örnekler olduğu belirlenmiştir. Sıcak hava ile yapılan kurutma denemelerinde kurutulmuş ürünler üzerinde kükürt kalıntı miktarının arttığı belirlenmiştir.

Mutlu ve Ergüneş, (2008), yaptıkları çalışmada, Tokat koşullarında güneş enerjili raflı tip kurutucu ile Yüksel (Y-67-F1) çeşidi domatesin kurutma koşullarını belirlemişlerdir. Güneş enerjili raflı kurutucu, hava akışlı güneş kollektörü ve 10 adet rafa sahip kurutma kabininden oluşmuştur. Ayrıca kontrol amaçlı dış ortamda açıkta kurutma yapılmıştır. Denemelerde kullanılan domatesler uzun eksenleri boyunca iki eşit parçaya bölünmüş ve tuzlama işlemine tabi tutulmuştur. Dört ayrı kurutma denemesi yapılmıştır. Birinci kurutma denemesi sonucunda raflı tip kurutucunun en alt rafında örnekler 120 saatte kurumuşlardır. Örnekler için hue açısı ve kroma değerleri sırasıyla 54.43 ve 22.52 olarak belirlenmiştir. Kroma değerinin taze örnekler göre % 45 oranında azaldığı belirlenmiştir. İkinci deneme sonucunda raflı tip kurutucunun en alt rafında örnekler 168 saatte kurumuşlardır. Örnekler için hue açısı ve kroma değerleri sırasıyla 55.78 ve

17.69 olarak belirlenmiştir. Kroma değerinin taze örneklere göre % 54 oranında azaldığı belirlenmiştir. Üçüncü deneme sonucunda raflı tip kurutucunun en alt rafında örnekler 216 saatte kurumuşlardır. Örneklere ait hue açısı ve kroma değerleri sırasıyla 55.63 ve 24.18 olarak belirlenmiştir. Kroma değerinin taze örneklere göre % 39 oranında azaldığı belirlenmiştir. Dördüncü deneme sonucunda raflı tip kurutucunun en alt rafında örnekler 144 saatte kurumuşlardır. Örneklere ait hue açısı ve kroma değerleri sırasıyla 50.48 ve 26.77 olarak belirlenmiştir. Kroma değerinin taze örneklere göre % 31 oranında azaldığı belirlenmiştir. Kurutma dönemine bağlı olarak kurutma havasının sıcaklığı değişmiş, sıcaklığın azalması örneklerin kuruma süresinin uzamasına ve renk değişiminin artmasına neden olduğu belirlenmiştir. Raflı tip kurutucuda kurutulan örneklerin, açıkta kurutmaya oranla daha temiz olduğu gözlenmiştir. Raflı tip kurutucunun üst raflarında örneklerin alt raflara oranla daha uzun sürede kuruduğu gözlemlenmiş ve bunun neticesi olarak ürün renk değerlerinde daha fazla değişimler olduğu belirlenmiştir.

Doymaz ve Aktaş (2018), yaptıkları çalışmada patlıcan dilimlerinin kurutma karakteristiğini kabin kurutucu kullanarak belirlemişlerdir. Çalışmada materyal olarak Kemer patlıcanı kullanmışlardır. Homojen büyüklükte seçilen patlıcanların kabukları soyulmuş ve 0.9 cm kalınlığında ve yaklaşık 4.3 cm çapında dilimlenmiştir. Dilimlenen patlıcanlar 3 gruba ayrılmış, ilk grup örnekler % 0.5' lik sitrik asit çözeltisi ile muamele edilmiş, ikinci grup örnekler 80°C sıcaklığındaki suda 1 dakika bekletilmiştir. Üçüncü grup örnekler ise hiçbir ön işlem uygulanmadan kurutmaya başlanmıştır. Örnekler kabin tipi kurutucuda 40-50-60 ve 70°C sıcaklıklarda ve 2 m/s hava hızı koşullarında nem oranı % 10' a düşünceye kadar kurutulmuştur. En kısa sürede kurumunun, 70°C sıcaklıkta sitrik asit ile muamele edilmiş örneklerde 90 dakikada gerçekleştiği belirlenmiştir. En uzun kuruma ise, 40°C sıcaklıkta hiçbir ön işlem uygulanmayan örneklerde 435 dakikada gerçekleşmiştir. Kurutma öncesi uygulanan ön işlemler içerisinde sitrik asit ile muamelenin patlıcan kurutmada avantaj sağladığını belirlemişlerdir. Kurutma havası sıcaklığının artması ile kuruma süresinin kısaldığı görülmüş, bu etkinin sıcaklık artışı ile havanın bağıl neminin düşmesi sonucu meydana geldiği belirtilmiştir. Renk ve görünüm açısından incelendiğinde sitrik asit ile muamele edilmiş ve 70°C sıcaklıkta kurutulmuş örneklerin hiçbir ön işlem uygulanmayan örneklere göre daha açık renkli olduğu belirlenmiştir.

Özen ve Kar (2018), yaptıkları çalışmada, kurutma materyali olarak Rio Grande çeşidi domates kullanmışlardır. Domates örnekleri; tepsili kurutucu, infrared kurutucu ve püskürtmeli kurutucu olmak üzere üç farklı kurutma tekniği ile kurutulmuştur. Tepsili kurutucuda kurutma yöntemi 30°C, 40°C, 50°C ve 60°C sıcaklık ve 1.5 m/s ve 3 m/s hava hızı değerlerinde yapılmıştır. Kurutma süresine kurutma havası sıcaklığı ve hava hızı etki ettiği gibi kurutulacak ürünün sıcak hava ile temas eden yüzey alanında etkili olduğunu belirterek örnekleri 1 cm kalınlığında dilimlemiştir. İnfrared kurutma yönteminde domates örnekleri 105°C ve 160°C sıcaklık değerlerinde kurutulmuştur. Püskürtmeli kurutucuda ise örnekler 100°C sıcaklık değerinde kurutulmuştur. Çalışmada Modified-Page, Page, Henderson ve Pabis, Lewis ve Logaritmik model olmak üzere 5 ayrı matematiksel eşitlik kullanılmıştır. Elde edilen deneysel veriler eşitliklere uygulanmış ve 30-60°C sıcaklık ve 1.5-3 m/s hava hızı değerlerinde kurumayı en iyi temsil eden modelin Modified-Page modeli olduğu belirlenmiştir. Denemelerde kullanılan üç farklı kurutma yöntemi içerisinde en hızlı kurumanın püskürtmeli kurutucuda gerçekleştiğini belirlemiştir. İnfrared kurutma yönteminde örnekler uzun sürede kurumuş, örneklerin renkleri kararmış ve askorbik asit değeri sıfır çıkmıştır. Taze domates örneklerinin askorbik asit değeri 493.49 mg/100 g bulunurken, 60°C sıcaklık ve 1.5 m/s hava hızı değerinde % 58.71 oranında azalma meydana geldiği belirlenmiştir. Tepsili kurutucuda kurutma yöntemi ile kurutulan domates örneklerinin kurutma sıcaklığı arttıkça likopen değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Taze domates örneklerinin likopen içeriği 45.25 mg/100 g iken tepsilikurutucuda 60°C sıcaklık 1.5 m/s ve 3 m/s hava hızı değerlerinde likopen kaybı sırasıyla % 24 ve % 11 olurken, püskürtmeli kurutucuda domates tozunun likopen içeriğinin 30.21 mg/100 olduğu belirlenmiştir.

Kutlu ve İşçi (2016), yaptıkları çalışmada, kurutma materyali olarak kiraz domates çeşidini kullanmışlardır. Çalışmada, tepsili kurutucu ve mikrodalga kurutma olmak üzere iki farklı yöntem kullanmışlardır. Tepsili kurutucuda, örnekler 60-70 ve 80°C sıcaklık değerlerinde ve 2 m/s hava hızı değerinde denge nemine gelinceye kadar kurutulmuştur. Mikrodalga kurutmada ise, örnekler önce tepsili kurutucuda 80°C sıcaklık ve 2 m/s hava hızı değerinde nem miktarı % 65 (yb) oluncaya kadar ön işleme tabi tutulmuş daha sonra mikrodalga fırında 140, 210 ve 280 W güç değerlerinde kurutulmuştur. Örnekler tepsili kurutucuda 60, 70 ve 80°C' de sırasıyla 1050, 660 ve 600 dakikada kurumuştur. Elde edilen deneysel veriler ışığında 60 ve 70°C' de yapılan

kurutma için en uygun modelin Logaritmik model olduğu belirlenirken, 80°C için en uygun modelin Wang-Sing olduğu belirtilmiştir. Renk değeri belirlenirken, kontrol amaçlı ölçülen değerler ile kurutulmuş örneklerin değerleri kıyaslanmış, L* renk değeri 60°C için önemsiz iken sıcaklık arttıkça azalmış, a* değeri her üç sıcaklık değeri için fark yaratmamış, a*/b* değeri sıcaklıkla birlikte artmış kontrole en yakın a*/b* değeri 60°C’ de kurutulan örneklerde belirlenmiştir. En yüksek rehidrasyon oranı 60°C’de gerçekleşmiştir. Mikrodalga kurutmada örnekler sırasıyla 1020, 720 ve 420 saniyede kurumuştur. Mikrodalga yöntemi tepsili kurutucuya göre kuruma süresini % 37-39 oranında azalttığı belirlenmiştir. Mikrodalga ile kurutulan domates örnekleri için kurumayı en iyi tahmin eden modelin Midilli olduğu belirlenmiştir. Renk değerleri açısından incelendiğinde mikrodalga kurutma ile kurumuş ürünlerin L* ve a* değerleri önemli bir değişim göstermemiş a*/b* oranı ise düşük çıkmıştır. Mikrodalga ile kurutulan örneklerin renk değerlerinin tepsili kurutucuya oranla daha iyi olduğu belirlenmiştir. Kurutulan örneklerin rehidrasyon oranları kıyaslandığında ise tepsili kurutucunun avantajlı olduğu belirlenmiştir.

Şahin ve ark. (2012), çalışmalarında kurutma materyali olarak 8354 domates çeşidi kullanmışlar ve ön işlemlerin ve farklı kurutma havası sıcaklıklarının, renk, kuru madde, indirgen şeker, toplam şeker, pH, titrasyon asitliği, askorbik asit, likopen, sodyum ve potasyum içeriğine etkilerini belirlemişlerdir. Kurutma denemesi vakumlu kurutucuda 65°C ve 75°C kurutma havası sıcaklığı ve 10 kPa basınç altında yapılmıştır. Ön işlem uygulaması olarak örnekler bütün halde ve 15 mm dilimlenmiş halde kullanılmıştır. Bütün haldeki örnekler 1 dakika boyunca (% 2 etil oleat + % 4 potasyum karbonat) çözeltisinde bekletilmiş, daha sonra 15 mm kalınlığında dilimlenen örneklerin bir kısmı 2 dakika boyunca (% 1 sitrik asit + % 1 askorbik asit) karışımında (EPSA), diğer kısmı ise 2 dakika boyunca % 2 sodyum metabisülfid karışımında (EPSM) bekletilmiştir. Örneklere yapılan tüm ön işlem uygulamalarının renk değerleri ve kuruma süresi açısından olumlu sonuçlar doğurduğu belirlenmiştir. Denemelerde 75°C’ de yapılan kurutmanın daha kısa sürdüğü belirlenmiştir. Denemelerde 75°C’ de ön işlem uygulanmayan örneklerin kuruması 47.5 saat sürerken, EPSM uygulanmış örneklerde 45 saat, EPSA uygulanmış örneklerde ise 38 saat olarak belirlenmiştir. Renk değerleri bakımından incelendiğinde domateslere ön işlem uygulamanın olumlu sonuçlar verdiği belirtilmiştir. En yüksek L*, a*, b* değerlerinin 75°C’de EPSA uygulamasında olduğunu belirlemişlerdir. Likopen değerinin 65°C sıcaklık ve her iki ön işlem

uygulanan örneklerde diğer örneklere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. En yüksek soydum değeri sodyum metabisülfite çözeltisine daldırılan, en yüksek askorbik asit değeri ise sitrik asit + askorbik asit çözeltisine daldırılan kurutulmuş örneklerde bulunmuştur. Ayrıca ön işlem uygulanan örneklerin şeker içeriklerinin ön işlemsiz örneklerle kıyasla düşük çıktığı belirlenirken, kuru madde oranı açısından en düşük değer 75°C EPSA uygulamasında en yüksek değer ise 65°C'de ön işlemsiz kurutma denemesinde belirlenmiştir.

Purkayastha ve ark. (2013), beyazlatılmış domates (*Lycopersicon esculantum* L.) dilimlerini konvektif kurutma yöntemi ile 4 farklı kurutma havası sıcaklığı (50-60-65 ve 70°C) ve 1.1 m/s hava hızı koşullarında kurutmuşlardır. Denemelerde farklı kurutma havası sıcaklıklarının kuruma üzerine etkisi araştırılmıştır. Denemeler sonucu kurumayı en iyi tahmin eden kuruma modelini belirlemek için Henderson ve Pabis, Page, Diamante et al., Wang-Sing, Logaritmik ve Newton modeli olmak üzere 6 farklı model eşitliği kullanılmıştır. Deneysel veriler sonucunda kurumayı en iyi tahmin eden modelin Logaritmik model olduğu ve Henderson ve Pabis modelinin de iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Domates dilimlerindeki nemin üründen uzaklaştırılması için 61.004 kJ/mol aktivasyon enerjisinin gerekli olduğu belirlenmiştir. Kuruma hızı bakımından en hızlı kurumanın 70°C' de olması beklenirken 65°C' de en hızlı kurumanın gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Askorbik asit miktarı incelendiğinde taze örneklerle kıyasla en fazla kayıp % 86.15 ile 70°C' de, en düşük kayıp ise % 35.56 ile 50 °C' de yapılan denemelerde belirlenmiştir. 60 °C'de kurutulmuş domates dilimlerinin likopen miktarının taze örneklerden 18.9 kat fazla olduğu görülmüş olup sıcaklık arttıkça likopen içeriğinin azaldığı belirtilmiştir. Çalışmada 50 ve 60°C sıcaklık değerinde yapılan kurutmanın renk değerleri ve besin değerleri bakımından avantaj sağladığı, sıcaklık arttıkça söz konusu değerlerin düştüğü belirlenmiştir.

Lewicki ve ark. (2002), yaptıkları çalışmada Lima ve Revernum çeşidi domatesleri kullanmışlardır. Domates örnekleri suyla yıkandıktan sonra 10 s boyunca kaynar suda bekletilmiş, kabukları soyulmuş ve dört eşit parçaya bölünmüştür. Revernum çeşidi domates örneklerinin tohum ve plasenta kısımları çıkarılmış, Lima çeşidi domates örnekleri ise tohumları ayıklanmadan kullanılmıştır. Denemelerde 3 farklı ön işlem uygulanmıştır. Birincide, Revernum çeşidi domates örnekleri 20°C' de % 2' lik CaCl₂ çözeltisinde 24 saat muhafaza edilmiştir. İkinci ön işlem uygulamasında ise birinci ön

işlem uygulamasına tabi tutulan domates örneklerini 30 °C sıcaklığında malzeme/çözelti oranı 1/4 olan % 61.5' lik sakkaroz çözeltisinde 180 dakika bekletmişlerdir. Çözeltiden çıkarılan örneklere 30 saniye boyunca durulama suyu püskürtülmüş ve örnekler daha sonra filtre kağıdı ile kurutulmuştur. Üçüncü ön işlem uygulamasında her iki çeşit domates örnekleri 30°C' de % 2' lik CaCl₂ içeren % 61.5' lik sakkaroz çözeltisinde 3 saat boyunca ozmotik dehidrasyona tabi tutulmuştur. Ön işlem uygulamalarından sonra örnekler laboratuvar tipi kurutucuda 60°C sıcaklık ve 2 m/s hava hızında kurutmaya tabi tutulmuş ve örneklere uygulanan ön işlemlerin etkisi ile kurumanın 7-10 saat sürdüğü belirlenmiştir. Ön işlem uygulanmamış örneklerin, CaCl₂ ön işlemine tabi tutulan örneklere kıyasla zaman açısından % 20 oranında geç kuruduğu belirtilmiştir. Lima çeşidi domates Ravermun çeşidine göre daha hızlı kurumuştur. Bu durumun Lima çeşidi domateslerin, kurutmadan önce uygulanan tohum ve plasenta kısımlarının çıkarılması işlemlerinden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Suyun plasentanın gevşek yapısından dolayı buharlaşmasının kolay olduğunu ancak perikarp dokusunun nemin uzaklaşması sırasında direnç oluşturduğunu belirtmişlerdir. Biyopolimerler ile etkileşime giren kalsiyum iyonlarının örneklerin mekanik direncini arttırdığını belirtmişlerdir. Osmotik dehidrasyon uygulanan örneklerin 0.266 g/g (kb) nem değerine ulaşması 600 dakika sürerken, yalnızca CaCl₂ ön işlemine tabi tutulan örneklerin aynı nem değerine ulaşması 485 dakika sürmüştür. Sıcak hava ile kurutmanın dehidrasyona kıyasla kuruma avantajı sağladığı belirtilmiştir. Ön işlem uygulanmayan örnekler ilk su ağırlıklarının % 30' unu, CaCl₂ ön işlemine tabi tutulanlar % 20' sini, CaCl₂ + osmotik dehidrasyon uygulananlar ise % 15' ini almışlardır.

Olorunda ve ark. (1990), yaptıkları çalışmada, ön işlem uygulamalarının ve kurutma yöntemlerinin, kurutulmuş ürünün kalitesi üzerine etkisini araştırmış, kurutma materyali olarak domates kullanmışlardır. Denemelerde kabin tipi kurutucu kullanılmıştır. Kabin tipi kurutucuda doğru ve ters akımlı hava ile 3 farklı kurutma havası sıcaklığı (60-70 ve 80°C) ve sabit 1.75 m/s hava hızı koşullarında kurutma denemeleri yapılmıştır. Denemelerde doğru akımlı kurutma sisteminin ters akımlı sisteme göre kurutma hızı avantajı sağladığı belirtilmiştir. Çalışma sonucunda kurutma öncesi kükürt ve tuz ile muamele edilen kurutulmuş örneklerin duyuşal açıdan kabul edilebilir olduğu belirtilmiştir.

Gaware ve ark. (2010), yaptıkları çalışmada kurutma materyali olarak domates kullanmışlardır. Ortalama çapı 60 mm olan domatesler musluk suyu ile yıkanmış ve 6 mm'lik dilimler halinde kesilmiştir. Dilimlenmiş domates örneklerini güneş kabinli kurutma, dondurarak kurutma, sıcak havalı kurutma, ısı pompalı kurutma ve mikrodalga vakum kurutma olmak üzere 5 farklı kurutma yöntemi ile kurutmuşlardır. Mikrodalga vakum kurutma yöntemi ile dondurarak kurutma yönteminde, hem azalan hızla kuruma evresi hem de sabit hızla kuruma evresi gözlenirken, diğer yöntemlerde ise sadece azalan hızda kuruma evresi gözlemlenmiştir. Çalışmada mikrodalga vakum kurutmanın en hızlı kurutma yöntemi olduğu, dondurarak kurutmanın ise en yavaş kurutma yöntemi olduğu belirtilmiştir. Mikrodalga vakum kurutma yönteminde örneklerin, ilk nem seviyesi olan % 94.2' den % 5' e 36 dakikada ulaştığı belirlenmiştir. Güneş kabinli kurutma, sıcak havalı kurutma, ısı pompalı kurutma ve dondurarak kurutma yönteminde ise % 5 nem seviyesine ulaşmak için geçen süre sırasıyla, 180, 200, 200 ve 500 dakika olarak belirlenmiştir.

Or (2010), yaptığı çalışmada infrared enerji - sıcak hava kombinasyonu ile domatesin kurutulmasını incelemiştir. Kurutma materyali olarak Süper Red F₁ çeşidi domates kullanılmıştır. Çalışmada, domatesin kuruma eğrileri, kuruma hızı, kuruma süresi, özgül enerji tüketimi, kurutulmuş domatesin büzülme ve renk değerleri üzerine giriş havası sıcaklığı, infrared radyasyon yoğunluğu ve hava hızı değişkenlerinin etkilerini belirlemeyi amaçlamıştır. Denemelerde 30°C ve 45°C olmak üzere iki giriş havası sıcaklığı, 1080, 1506 ve 1715 W/m² olmak üzere üç farklı infrared radyasyon yoğunluğu, 1.0, 1.5 ve 2 m/s olmak üzere üç farklı hava hızı kullanılmıştır. Giriş havası sıcaklığı 30°C ve 1.0, 1.5 ve 2 m/s hava hızı koşullarında, 1080 W/m² radyasyon yoğunluğunda kuruma süresi 363 - 530 dakika, 1506 W/m² değerinde 261 - 291 dakika, 1715 W/m² değerinde ise 195 - 273 dakika arasında değiştiği belirlenmiştir. Aynı şekilde 45°C ve 1.0, 1.5 ve 2 m/s hava hızı koşullarında, 1080 W/m² radyasyon yoğunluğunda kuruma süresi 186 - 192 dakika, 1506 W/m² değerinde 141 - 53 dakika, 1715 W/m² değerinde 133 - 162 dakika arasında değiştiği belirlenmiştir. Çalışmada giriş havası sıcaklığı ve infrared radyasyon yoğunluğunun artması ile domateslerin kuruma sürelerinin kısaldığı ancak hava hızı artışı ile kuruma süresinin arttığı belirlenmiştir. Hava hızı artışıyla özgül enerji tüketiminin arttığı, infrared radyasyon yoğunluğunun artmasıyla da azaldığı belirlenmiş olup, ayrıca giriş havası sıcaklığındaki artışın 30°C duruma kıyasla özgül enerji tüketimini arttırdığı belirlenmiştir. Renk

değerleri bakımından incelendiğinde ise kurutulmuş örneklerin L^* değerinin taze örneklerle yakın olduğu, kurutulmuş örneklerin a^* ve b^* değerlerinin ise taze örneklerle göre artış gösterdiği belirlenmiştir. Kurutulmuş domates örneklerinde en düşük ΔE değeri 9.58 ile 45°C sıcaklık, 1080 W/m² radyasyon yoğunluğu ve 1.5 m/s hava hızı koşullarında belirlenirken, en yüksek ΔE değeri 19.73 ile 30°C sıcaklık, 1080 W/m² radyasyon yoğunluğu ve 1.5 m/s hava hızı koşullarında belirlenmiştir.

Sacilik ve ark. (2006), yaptıkları çalışmada Ankara iklim koşullarında güneş enerjili tünel kurutucuda organik domatesleri kurutmuşlar ve ince tabaka kuruma karakteristiklerini incelemişlerdir. Çalışmada kontrol amaçlı açıkta kurutma yapılmıştır. Domates örneklerinin ilk nem içeriklerini % 93.35 olarak belirlemişlerdir. Domates örnekleri güneş enerjili tünel tip kurutucuda, açıkta kurutmaya kıyasla daha kısa sürede kurumuş, renk ve hijyen bakımından üstünlük sağladığı belirlenmiştir. Domates örnekleri güneş enerjili tünel kurutucuda % 11 (yb) değerine 80-96 saatte ulaşırken, açıkta kurutmada aynı son nem seviyesine 106-120 saat arasında ulaştığı belirlenmiştir. Çalışmada kurutma denemelerinin hepsinde azalan hızda kuruma periyodu gözlenmiştir. Kuruma olayını incelemek için önceki çalışmalarda kullanılan 10 tane matematiksel modeli, deneysel verilere uygulamışlardır. Çalışma sonucunda Difüzyon yaklaşım modelinin deneysel veriler ile uyum sağladığı belirlenirken, Wang-Sing modelinin uyumunu ise diğer modellere kıyasla düşük bulmuşlardır.

Demiray, (2009), kurutma işleminde Rio Grande çeşidi domatesin β -karoten, askorbik asit ve renk değişim kinetiğinin belirlenmesini amaçlamıştır. Domates örnekleri dörde bölünmüş ve tepe silindirik kurutucu kabinde 60-70-80-90 ve 100°C sıcaklık, 0.2 m/s sabit hava hızı ve % 20 sabit bağıl nem koşullarında kurutulmuştur. Örnekler istenilen nem seviyesine (% 10) 60°C' de 20 saatte, 90°C'de 10 saatte ve 100°C' de 8 saatte ulaşmışlardır. Çalışmada kurutma verilerini modellemek için Modifiye-Page, Page, Henderson ve Pabis, Lewis ve Logaritmik model olmak üzere 5 farklı matematiksel model kullanılmış ve kurumayı en iyi tahmin eden modelin Modifiye-Page olduğu belirlenmiştir. Kurutma havası sıcaklığı arttıkça ürün renginde kahverengileşme meydana geldiği belirlenmiştir. L^* , a^* ve b^* renk değerlerinin sıcaklık arttıkça zamanla azaldığı belirlenmiştir. Kurutmanın likopen miktarına etkisi incelendiğinde 60°C' de yapılan kurutmada likopen miktarı 913.86 mg/100g kuru madde değerinden 222.69 mg/100g kuru madde değerine düşmüş, 100°C' de yapılan kurutmada ise 913.86

mg/100g kuru madde değerinden 20.02 mg/100g kuru madde miktarına düştüğü belirlenmiştir. Taze domates örneklerinin β -karoten miktarı 305.24 mg/100g kuru madde iken kurutma sıcaklığı arttıkça bu değer düşüğü belirlenmiştir. Denemelerde askorbik asitin yüksek sıcaklıklarda önemli oranda azaldığı, 90°C' de yapılan kurutma denemesinde 9. saatten sonra örneklerde askorbik asit tespit edilmediği belirtilmiştir. Çalışma sonucunda 80°C ve üzerindeki kurutma havası sıcaklığının domates kurutma için uygun olmadığı önemli bileşiklerin kayba uğradığı belirlenmiştir.

İzli ve Işık (2013). Yaptıkları çalışmada domates örneklerini konvektif, mikrodalga ve mikrodalga-konvektif kombinasyonları yöntemleriyle kurutmuş ve kurumayı en iyi tahmin eden ince tabaka kurutma modelini belirlemiştir. Çalışmada kurutma materyali olarak kiraz domatesi kullanılmış ve domates örnekleri ikiye bölünmüştür. Kurutma denemeleri, konvektif kurutmada 50 ve 75°C, mikrodalga kurutmada 90-160-350 ve 500 W güç değerlerinde, mikrodalga-konvektif kurutmada 90 W-50 °C, 90 W-75 °C, 160 W-50 °C, 160 W-75°C mikrodalga güçleri ve sıcaklıkları ve sıcak hava hızı 1 m/s koşullarında gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonunda elde edilen veriler literatürde bulunan 9 farklı matematiksel modele uyarlanmış ve analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda kurumayı en iyi tahmin eden modelin Midilli ve ark. Modeli olduğu belirlenmiştir.

Gamlı, (2011), çalışmasında domates dilimlerinin farklı sıcaklık koşullarında kurutma karakteristiklerini incelemiştir. Kurutma denemelerine başlamadan önce domatesler yıkama, ayıklama ve dilimleme işlemlerinden geçirilmiş ve ilk nem içeriği % 94.38 olarak bulunmuştur. Çalışmada örnekler laboratuvar ortamında 65-70-75 ve 80°C sıcaklık değerlerinde son nem içeriği % 2-3 olana kadar kurutulmuştur. Deneyler sonucu elde edilen veriler Page, Henderson ve Pabis, Logaritmik, Wang-Sing ve Polinom modellerine uyarlanmıştır. Denemelerde kurumayı en iyi tahmin eden modelin Polinom modeli olduğu belirlenmiştir. Çalışmada domates örneklerinin efektif nem yayılım değerlerinin ise $5.86 \cdot 10^{-9}$ ile $2.505 \cdot 10^{-8}$ m²/s değiştiği ve kurutma sıcaklığının artmasıyla efektif nem yayılım değerinin (D_{eff}) arttığı belirlenmiştir.

Ertekin ve Yıldız (2004), laboratuvar tipi kurutucuda patlıcanın kuruma davranışları incelenmiştir. Çalışma 30 ila 70°C kurutma havası sıcaklığı ve 0.5 ile 2.0 m/s hava hızı koşullarında gerçekleştirilmiş, kurutma hava sıcaklığı ve hava hızının kurumaya etkisinin yanı sıra, ön işlem uygulamalarının, örneklerin dilim kalınlığının örneklerin

kuruma süresi ve kuru ürün kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmada deneysel veriler Newton, Page, Modified-Page, Henderson and Pabis, Logaritmic, İki terimli, Two-term exponential, Wang-Sing, Thompson, Diffusion yaklaşımı, Verma ve ark., Modified, Henderson-Pabis, Midilli ve ark., matematiksel modellerine uygulanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen deneysel veriler ince tabaka kurutma modellerine uyarlanmış ve kurumayı en iyi tahmin eden modelin Midilli ve ark. modeli olduğu belirlenmiştir. Patlıcan kurutmada ön işlem uygulamalarının ve ince dilimlerin kuruma süresini kısalttığı belirlenmiştir. Kalın patlıcan dilimleri kuruma süresini yükseltirken renk üzerine dilim kalınlığının önemli bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. Renk değerleri açısından incelendiğinde kurutma havası sıcaklığındaki artışın ürün parlaklığını azalttığı ve doymunluğu arttığı, artan hava hızının ise parlaklığı arttırdığı ve doymunluğu düşürdüğü belirlenmiştir.

Çelen ve Kahveci (2013), mikrodalga ile 5 mm kalınlığında dilimlenen Rio Grande çeşidi domatesleri kurutmuşlardır. Çalışmada mikrodalga gücünün kuruma hızına, kurutulmuş ürünün renk değerlerine etkisi incelenmiş ve kurumayı tanımlamak için teorik bir model önerilmiştir. Kurutma denemeleri 90, 180, 360 ve 600 W güç değerlerinde yapılmıştır. Kurutma işlemi, örneklerin ilk nem değeri olan % 96 (yb)' dan son nem değeri % 12 oluncaya kadar devam etmiştir. Çalışmada mikrodalga gücündeki artışla kuruma hızı ve enerji tüketiminin azaldığı belirlenmiştir. Renk değerleri açısından incelendiğinde mikrodalga gücü arttıkça renk kalitesinin bozulduğu belirlenmiştir.

Yusufe ve ark. (2017), kurutma sıcaklığının ve süresinin kurutulmuş Cochoro çeşidi domateslerin kalite özellikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Çalışma, sıcak hava fırınında 70-80 ve 90 °C kurutma sıcaklıklarında, 7 ve 8 saat kurutma süresi seviyesinde gerçekleştirilmiştir. Domates örnekleri 8 mm kalınlığında dilimlenerek tepsilere dizilmiş ve kurutulmuştur. Çalışmada 90 °C sıcaklıkta örnekler 8 saat boyunca kurutulmuş ve en iyi pH, titre edilebilir asitlik, su emme kapasitesi ile su aktivitesi değerleri belirlenmiş olup bunu 80°C' de 8 saat kurutma süresi koşullarında gerçekleştirilen deneme takip etmiştir. Çalışmada kurutulmuş örneklerin renk, tat, lezzet ve görünüm gibi özelliklerini ifade eden duymusal kabul edilebilirlik seviyesi en iyi oranda 70 °C' de 7 saat boyunca yapılan kurutmada belirlenmiştir.

Hossain ve ark. (2008), domates kurutma için kollektör, yardımcı ısıtma ünitesi, ısı depolama ünitesi ve kurutma ünitesi bileşenlerinden oluşan hibrit güneş kurutucusu prototipi geliştirmişlerdir. Kurutucunun performansını belirlemek için kontrol amaçlı güneşte kurutma yapılmıştır. Taze örnekler; asetik asit (4 mg/l - 6 mg/l), sitrik asit (3-6 g/l), askorbik asit (3 - 6 g/l), UV radyasyonu (750 W/m - 1500 W/m), sodyum klorür (10 g/l) ve sodyum metabisülfid (2 g/l - 8 g/l) ön işlemleri ile muamele edilmiştir. Kurutma işleminin örneklerin renk, askorbik asit, likopen ve flavonoid değerlerini düşürdüğü belirlenmiştir. Kurutmada ön işlem ile muamele edilen örneklerin ön işlemsiz örneklere göre renk değerlerinin daha olumlu sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Renk değerleri bakımından incelendiğinde nem oranı % 95 (yb) olan taze örneklerde hue açısı 39.09 iken hibrit kurutucuda sırasıyla % 15 nem içeriğinde 18.26, % 25 nem içeriğinde 15.53, % 30 nem içeriğinde 14.29 olurken güneşte kurutmada % 30 nem içeriğinde 25.02 olmuştur. Güneşte kurutulmuş örneklerin hue açısı hibrit güneş kurutucuda kurutulan örneklere oranla yüksek çıkmış bunun sebebinin açıkta kurutmada örneklerin toz, kir, mikroorganizma ve doğrudan güneş ışığına maruz kalmasından kaynaklanmış olabileceği belirtilmiştir.

İsmail ve ark. (2016), kiraz domates çeşidi örneklerini ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak güneşte kurutmuşlardır. Domates örneklerinin ilk nem içeriği % 93.4 (yb) olarak belirlenmiştir. Ön işlem uygulaması olarak domates örnekleri % 2 oleik asit ve % 2 potasyum karbonat çözeltisine daldırılmıştır. Çalışmada ön işlem gören örneklerin kuruma süresi 22 saat, ön işlemsiz örneklerin kuruma süresi ise 26 saat olarak belirlenmiştir. Ön işlem uygulamasının kurutulmuş örneklerin renk değerlerine olumlu etkisi olduğu belirlenmiştir. Renk parametrelerinden C* değeri taze örnekler için 50.79 iken, ön işlemlili örneklerde 29.85, ön işlemsiz örneklerde ise 25.92 olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen deneysel veriler Newton, Henderson-Pabis, Logaritmik, Aghbashlo ve ark, Wangand Singh, Verma ve ark ve Alibaş olmak üzere 7 farklı matematiksel modele uygulanmış ve kurumayı en iyi tahmin eden modelin Verma ve ark. modeli olduğu belirlenmiştir.

Obadina ve ark. (2018), erik ve kiraz domates çeşitlerini sıcak hava ile kurutup toz haline getirerek kurutma sıcaklığı ve depolama süresinin ürün kalitesi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Kurutmadan önce örnekler iyice yıkanmış ve 10 mm kalınlığında dilimlenerek kurutmaya alınmıştır. Sıcak hava fırınında 60, 65 ve 70°C sıcaklıklarda 18

saat boyunca kurutulan örnekler daha sonra blender yardımı ile öğütülerek toz haline getirilmiştir. Toz haline getirilen kurutulmuş örnekler 8 hafta boyunca depo edilmiştir. Renk değerleri bakımından kroma değeri ve a* değeri azalırken, kurutma sıcaklığı arttıkça L* ve b* renk değerinin arttığı belirlenmiştir. Örnekler 8 hafta depo edilme süresinden sonra askorbik asit, likopen içeriği, nem içeriği, a* ve b* renk değerleri, titre edilebilir asit değerleri bakımından incelendiğinde asgari etkiyi 60°C’ de kurutulan erik domates çeşidinin verdiği belirlenmiştir.

Gürlek ve ark. (2009), tünel tipi güneşli kurutucu tasarlamışlar ve imal etmişlerdir. Çalışmada kurutma materyali olarak Rio Grande domates çeşidini kullanmışlardır. Kurutma işlemine geçmeden önce örnekler yıkanmış, ikiye kesilmiş ve 5 dakika boyunca kalsiyum klorür çözeltisine daldırılmıştır. Çalışmada ortam havası sıcaklığı ve kurutma havası sıcaklığı sırasıyla, 22 - 36°C ve 32 - 59°C arasında belirlenmiştir. Ortam havası ve kurutma havası bağıl neminin sırasıyla, % 30 - % 40 ve % 10 - % 20 olduğu belirtilmiştir. Örneklerin % 5 nem seviyesine 96 saatte ulaştığı belirlenmiştir. Deneysel veriler Newton, Page, Henderson-Pabis, Logaritmik, Two-Term, Wang-Singh, Two-Term Exponential, Modified Page, Verma et al., Diffusion approximation, Modified Page ve Authors approximation olmak üzere oniki matematiksel modele uyarlanmıştır. Tünel tipi güneşli kurutucuda Rio Grande çeşidi domateste kurumayı en iyi tahmin eden modelin Two-Term modeli olduğu belirlenmiştir.

Moreno ve Diaz-Moreno (2017), Chonto çeşidi domatesleri kurutmuşlar ve kurutmanın antioksidan, fiziko-kimyasal ve mikroyapısal özelliklere etkisini araştırmışlardır. Çapı yaklaşık olarak 6 cm olan örnekleri 3 mm kalınlığında dilimlemişler ve kurutma odası içerisinde 50-60 ve 70°C kurutma sıcaklığı ve 4 m/s hava hızı koşullarında kurutmuşlardır. Çalışmada karotenoid değerlerinin kurutma ile arttığı fakat fenol değerlerinin ise azaldığı belirlenmiştir. Antioksidan değerlerinin kurutmadan etkilenmediği belirlenmiştir. Karotenoid değeri taze üründe 30.07 iken, 50, 60 ve 70°C sıcaklık değerinde kurutulan ürünlerde sırasıyla, 45.20, 45.67 ve 46.65 olmuştur. Toplam fenol içeriği ise taze üründe 82.04 iken 50, 60 ve 70 °C sıcaklıklar için sırasıyla 76.53, 69.90 ve 65.03 olarak belirlenmiştir. 50 ve 60°C sıcaklıklarda yapılan kurutmada en uygun renk değerleri elde edilmiştir. Hue açısı sıcaklık arttıkça düşmüş ve 50, 60 ve 70°C sıcaklıklar için sırasıyla 51.57, 34.38, 1.72 olduğu belirlenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Kurutulacak Ürün

Kurutma materyali olarak, Tokat yöresinde yetiştirilen 6 adet kurutmalık domates çeşidi (Cxd 222 F₁, Cxd 142 F₁, Dinç F₁, Toro F₁, M 1103 F₁, Arte F₁) kullanılmıştır. Kurutma denemelerinde kullanılan domates çeşitleri toprak ve ekolojik farklılıkları gidermek amacıyla piyasadan temin edilmemiş tamamı Gaziosmanpaşa Üniversitesi kampüsü içerisindeki Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü deneme alanında yetiştirilmiştir.

Denemelerde kullanılan altı çeşit taze domates örneklerinin boyut özellikleri, L, a, b renk değerleri ile başlangıç nem içerikleri Çizelge 3.1’de görülmektedir.

Çizelge 3.1. Denemelerde kullanılan taze domateslere ait bazı değerler

Meyve Özellikleri*	Domates Çeşitleri					
	Cxd 222 F ₁	Cxd 142 F ₁	Dinç F ₁	Tora F ₁	M1103 F ₁	Arte F ₁
Meyve boyu (mm)	66.464	63.792	51.742	63.488	61.282	60.760
Meyve eni (mm)	50.736	48.736	43.352	54.750	46.368	50.742
Meyve yüksekliği (mm)	43.076	39.298	32.788	46.736	39.322	42.864
Meyve ağırlığı (g)	97.214	85.284	52.728	102.258	76.640	86.718
L değeri	40.878	42.637	40.440	43.184	40.752	40.630
a değeri	33.796	27.959	32.722	33.113	30.427	30.856
b değeri	29.853	33.144	29.632	33.609	29.825	29.766
Nem İçeriği (% yb)	% 92.88	% 93.54	% 92.88	% 93.15	% 93.56	% 93.49

*Ortalama değerlerdir

Boyut özellikleri bakımından en büyük domates çeşidi ortalama 102.58 g ağırlığıyla Tora F₁ çeşidi onu 97.214 g ağırlığı ile Cxd 222 F₁ çeşidi izlemiştir. Ortalama nem içeriğine bakıldığında ise en yüksek nem içeriğine % 93.56 ile M 1103 F₁ çeşidi sahip iken, en düşük nem içeriğine ise % 92.88 ile Cxd 222 F₁ çeşidi sahiptir.

3.1.2. Kurutma Ortamı

Kurutulacak olan domates çeşitleri üç farklı kurutma ortamında kurutulmuştur.

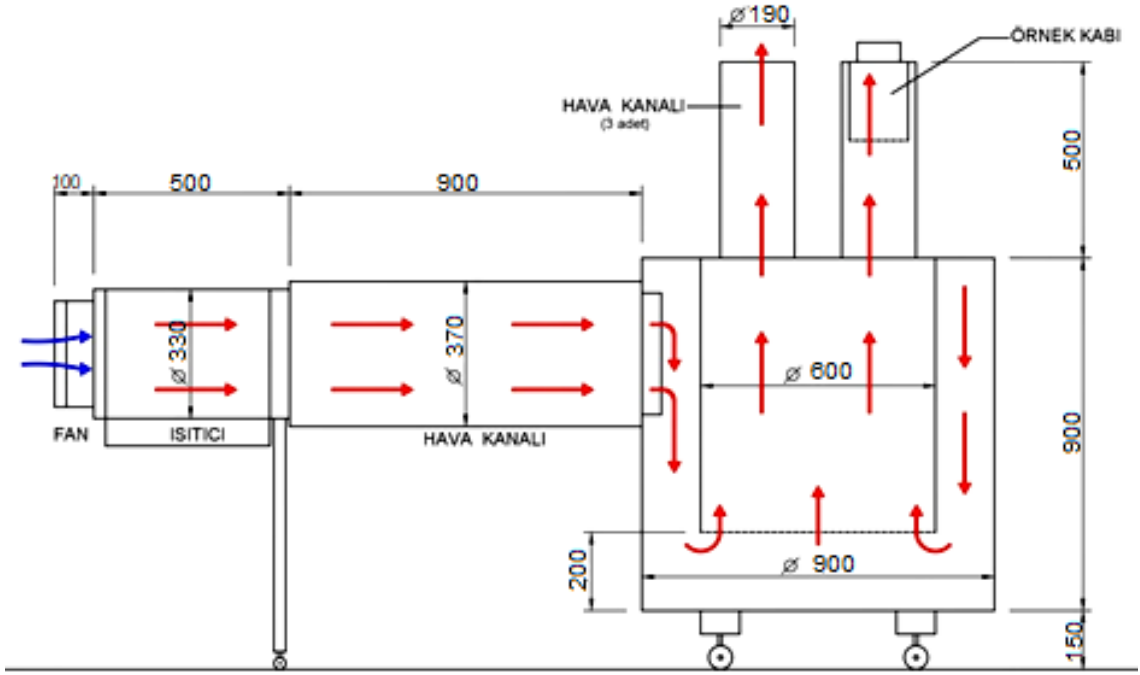
- Laboratuvar tipi kurutucu
- Dış ortamda açıkta kurutma
- Serada kurutma

3.1.2.1. Laboratuvar Tipi Kurutucu

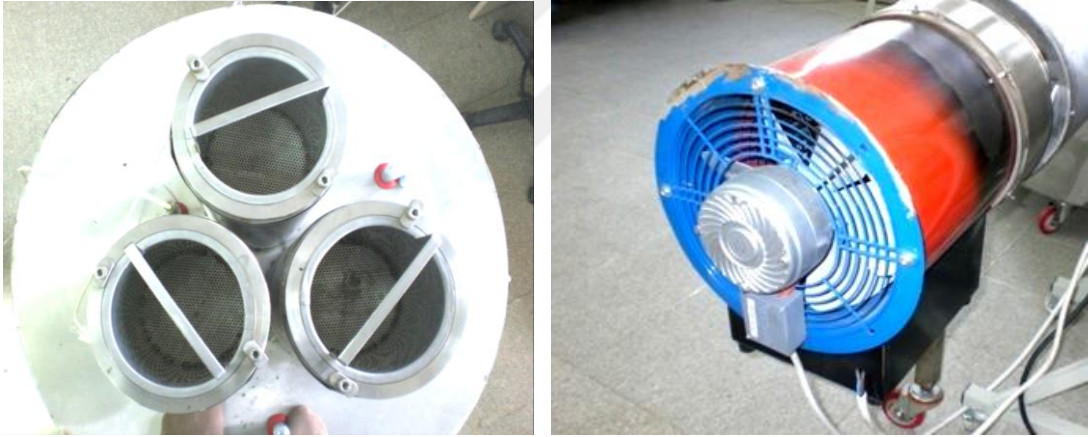
Kurutma denemelerinde Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Kurutma laboratuvarında bulunan ve deneysel amaçlı olarak tasarlanıp imal edilmiş laboratuvar tipi kurutucu kullanılmıştır (Şekil 3.1 ve 3.2). Kurutucuda hava sıcaklığı ve debisi kontrol edilebilmekte, kurutma sırasında gerekli ölçümler yapılabilmektedir. Laboratuvar tipi kurutucuda 6 kW gücünde bir ısıtıcı kullanılmıştır. Kurutucuda fan tarafından emilen çevre havası, elektrikli bir ısıtıcıdan geçirilip istenilen sıcaklığa ayarlanabilmektedir. Sıcak hava, kurutucu içerisinde iç içe geçmiş iki silindir bulunan kurutma odasına gönderilmektedir. Sıcak hava buradan sonra ürünlerin yerleştirildiği kurutma kanallarına sevk edilmektedir (Şekil 3.3). Kurutucu üzerinde üç adet kurutma kanalı bulunmakta ve her kurutma kanalına ait birer adet kurutma bölmesi bulunmaktadır. Ürünleri koymak için kurutma bölmelerinde bulunan silindirik kaplar altları delikli saçla kaplanmıştır. Kurutma kapları kanallara sıkıca yerleştirilmiştir. Ayrıca, hava kayıplarının engellenmesi için kapların üst kenarlarına sabit flanşlar yerleştirilmiş ve kanalların içine tam oturması sağlanmıştır. İç silindirdeki hava sıcaklığını ölçmek amacıyla bir adet Pt100 sıcaklık sensörü yerleştirilmiş olup, sensörden gelen sinyaller universal kontrol ünitesi (Elimko 210, Türkiye) tarafından değerlendirilerek ısıtıcıya gelen akım miktarı ayarlanabilmektedir.



Şekil 3.1. Laboratuvar tipi kurutucunun genel görünümü



Şekil 3.2. Laboratuvar tipi kurutucunun şematik görünümü



Şekil 3.3. Kurutucuda kurutma kanalları, ürün kabı, fan ve ısıtıcı

3.1.2.2. Dış Ortamda Açıkta Kurutma

Kurutma denemeleri dış ortamda-açıkta gerçekleştirilmiştir. Kurutulacak domates örneklerinin yerleştirildiği raflar 60x60 cm ebatlarında ahşap malzemeden imal edilmiştir. Mentşeli rafların üzeri böcek, kuş, vb dış etkenlerden ürünü korumak için ve hava geçişini de engellemeyecek ölçülerde plastik tel elek ile örtülmüştür. Ayrıca ürünlerin dilimlenip sehpalarm içerisinde yerleştirilmek amacıyla köpük malzemeden imal edilmiş on sekiz adet tabak kullanılmıştır. Şekil 3.4' de kurutma düzeneği görülmektedir.



Şekil 3.4. Dış ortamda açıkta kurutulan domates örnekleri

3.1.2.3. Serada Kurutma

Açıkta yapılan kurutma denemelerine paralel olarak, Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümüne ait sera içerisinde de kurutma gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.5’ de sera içerisindeki kurutma düzeneği görülmektedir.



Şekil 3.5. Sera içerisindeki kurutulan domates örnekleri

3.2. Yöntem

3.2.1. Kurutma Yöntemi

Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü deneme alanında yetiştirilen domates çeşitleri açıkta, sera ortamında ve laboratuvar tipi kurutucuda kurutulmuştur. Açıkta ve sera ortamında yapılan denemelerinde (Cxd 222 F₁, Cxd 142 F₁, Dinç F₁, Toro F₁, M 1103 F₁, Arte F₁) kurutmalık domates çeşitleri kullanılmıştır. Laboratuvar tipi kurutucuda ise Cxd 222 F₁ kurutmalık domates çeşidi kullanılmıştır. Laboratuvar tipi kurutucuda sabit hava debisinde ve 50°C, 60°C, 70°C kurutma havası sıcaklıklarında denemeler gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar tipi kurutucunun silindirik biçimindeki kurutma bölmesinden geçen hava hızı 1.2 m/s olarak alınmıştır.

3.2.2. Kurutma Öncesi Uygulanan İşlemler

Denemelerde kullanılan domates çeşitleri aynı olgunluk ve özelliklere sahip olan ürünler arasından seçilerek hasat edilmiştir. Hasat işleminden sonra yıkama, seçme, ayıklama ve dilimleme gibi bazı ön hazırlıklar yapılmıştır. Homojen büyüklükte seçilen domates çeşitleri uzun eksenleri boyunca dört eş parçaya ayrılacak şekilde dilimlenmiştir. Daha sonra domates dilimlerinin kesik yüzleri üzerine ince tuz tabakası oluşana kadar sanayi tuzu serpilmiştir ve örneklerin kesik yüzleri üste gelecek şekilde kurutma ortamlarına yerleştirilmiştir.

3.2.3. Nem Tayini

Domates örneklerinin nemini belirlemek için Nüve marka ST-055 tipi kurutma dolabı (etüv) kullanılmıştır. Denemede kullanılan altı çeşite ait domates örnekleri alüminyum kaplara konulmuştur. Örneklerin ilk ağırlığını belirlemek için 0.01 g hassasiyetinde dijital terazi (Sartorius, Type:3100P, Almanya) kullanılmıştır (Şekil 3.6).

Etüv sıcaklığı 70°C'ye ayarlanmış ve örnekler sabit ağırlığa gelene kadar etüvde bekletilmiştir. Nem tayininde aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Yağcıoğlu 1999).

$$N_y = \frac{W_i - W_s}{W_i} \times 100 \quad (3.1)$$

N_y = Yaş baza göre nem oranı (%)

W_i = Ürünün ilk ağırlığı (g)

W_s = Ürünün son ağırlığı (g)



Şekil 3.6. Nem tayininde kullanılan etüv ve hassas terazi

3.2.4. Sıcaklık ve Bağıl Nem Ölçümü

Laboratuvar tipi kurutucuda hava sıcaklığını ölçmek ve denetlemek amacıyla bir adet Pt100 sıcaklık algılayıcısı kurutucuya yerleştirilmiş olup, algılayıcısından gelen sinyaller üniversal kontrol ünitesi tarafından değerlendirilerek ısıtıcıya gelen akım miktarı ayarlanabilmektedir (Şekil 3.7).

Kurutma ortamlarının sıcaklık ve bağıl nem değerlerini kaydetmek için ölçme ve depolama işlemini birlikte yapan kaydediciler (HOBO RH/Temp, Type: HO8-003-02, A.B.D) kullanılmıştır (Şekil 3.7). Bu kaydediciler, 0.6°C sıcaklık ve % 0.5 bağıl nem hassasiyetinde olup, Box Car Pro 3.5 programıyla çalıştırılmış ve kaydediciden elde edilen veriler deneme sonunda bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Sıcaklık ve bağıl nem değerleri 15 dakika aralıklarla kaydedilmiştir.



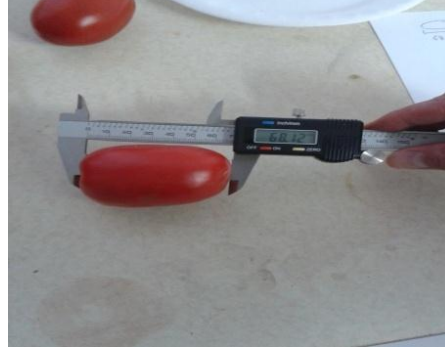
Şekil 3.7. Sıcaklık ölçüm noktaları, kontrol ünitesi, sıcaklık ve bağıl nem kaydedici

3.2.5. Kuruma Sırasında Ağırlık Değişiminin Belirlenmesi

Bu çalışmada, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü Kurutma Laboratuvarı'nda Labaratuvar tipi kurutucu ile yürütülen denemelerde, kuruma süresince üründe meydana gelen ağırlık kayıpları periyodik olarak belirlenmiştir. Bu amaçla, 0.01 g hassasiyetinde dijital terazi (Sartorius, Type:3100P, Almanya) kullanılmıştır (Şekil 3.6). Denemeler üç tekerrür halinde yürütülmüştür. Kurutma sonucunda elde edilen ürün örnekleri +4°C'de buzdolabında saklanmıştır.

3.2.6. Boyut Özelliklerinin Belirlenmesi

Ortalama meyve boyu, meyve eni ve meyve yüksekliği değerleri Şekil 3.8’de görüldüğü gibi dijital kumpas yardımı ile ölçülmüştür.



Şekil 3.8. Dijital kumpas ile boyut ölçümü

3.2.7. Renk Değerlerinin Belirlenmesi

Kurutulmuş ürünün rengi önemli bir kalite unsurudur. Ticari değer bakımından mümkün olduğunca kurutulmuş ürün renginin taze ürün rengine yakın olması istenir. Denemede kullanılan taze domates çeşitlerinin her birinden tüm ürünleri temsil edecek homojen görünümlü taze domates örnekleri seçilerek renk ölçümleri yapılmıştır.

Taze ve kurutulmuş örneklerin rengi Şekil 3.9’da görülen Minolta (CR-400, Japonya) Renk ölçer (Chromameter) kullanılarak analiz edilmiştir. Denemede, açıkta - serada - laboratuvar tipi kurutucuda kullanılan örneklerin kurutma işlemleri tamamlandıktan sonra tekrar renk ölçümleri yapılmıştır.

Denemelerde kullanılan her bir çeşitten 11 adet renk ölçümü yapılmıştır. Renk ölçüm cihazı her okumada üç farklı renk skalasına (L, a, b) ait sayısal değerler vermektedir. Renk değerlerinden L değeri parlaklığı, a değeri kırmızılığı, b değeri sarılığı ifade etmektedir.

L renk skalası parlaklığı temsil etmektedir ve 0 ile 100 arasında değerler almaktadır. Parlaklığı ifade eden L değeri, yansıma olmadığında siyah renkte 0 değerini alırken, yansımanın tam olduğu beyaz renkte ise 100 değerini almaktadır.



Şekil 3.9. Renk değerlerinin belirlenmesinde kullanılan renk ölçer

Kırmızılık değeri a ile ifade edilmekte ve ürün renginin kırmızı ile yeşil renk skalası arasındaki yerini belirtmektedir. Kırmızılığı ifade eden a değeri (+) ise kırmızılık, (-) ise yeşillik renk değerini belirtmektedir.

Sarılık değeri b ile ifade edilmekte ve ürün renginin sarı ile mavi renk skalası arasındaki yerini belirtmektedir. Sarılığını ifade eden b değeri (+) ise sarılık, (-) ise mavilik değerini belirtmektedir. Kırmızılık ve sarılık renk değerini ifade eden a ve b değerleri yansımanın olmadığı durumlarda $a = 0$ ve $b = 0$ olduğunda ürün renginin gri olduğu anlaşılır.

L, a ve b değerleri kullanılarak insanların renk algısına hitap eden hue açısı ve kroma değerleri belirlenmektedir. Hue açısı bir renk dairesi olarak tanımlanmaktadır. Kırmızı-mor renkleri 0° ve 360° açı değerlerinde, sarı rengi 90° açı değerinde, mavimsi yeşil rengi ise 180° ve 270° açı değerlerinde almaktadır. Kroma değeri, rengin doygunluğu göstermektedir. Kroma değeri, donuk renklerde düşerken canlı renklerde ise yükselmektedir. Hue açısı ve kroma değeri aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmaktadır (McGuire, 1992).

Hue açısı :

$$h^0 = \tan^{-1} \left(\frac{b}{a} \right) \quad (3.2)$$

Kroma değeri :

$$C = \sqrt{(a^2 + b^2)} \quad (3.3)$$

Toplam renk değişimi

Kurutma işlemi sonunda, kurumuş domates örneklerinde meydana gelen kurumanın neden olduğu renk değişimi aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$\Delta E = \sqrt{(L^*_t - L^*_k)^2 + (a^*_t - a^*_k)^2 + (b^*_t - b^*_k)^2} \quad (3.4)$$

ΔE : Toplam renk değişimi

t : Taze rneklerle ait renk değerleri

k : Kurutulmuş rneklerle ait renk değerlerini temsil etmektedir.

3.2.8. Kuruma Verilerinin Matematiksel Modellenmesi

Araştırma materyali olarak kullanılan domateslerin kurutma işlemi esnasında zamana bağlı olarak üründen uzaklaştırılan nemi belirlemek için aşağıda verilen eşitlik kullanılmıştır.

$$ANO = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} \quad (3.5)$$

ANO : Alınabilir nem oranı

M : Kurutulan materyalin herhangi bir andaki nem içeriği

M_e : Kurutulan materyalin verilen durumdaki denge nemi

M_0 : Kurutulan materyalin ilk nem içeriği

Kurutma işleminin nem değişimini modellemek için izelge 3.2'de eşitlikleri verilen ince tabaka kurutma modelleri kullanılmıştır

Çizelge 3.2. Kurutma Modelleri

Kurutma Modeli	Model Eşitliği
Page	$f = \exp(-k*(t^2 h))$
Modified Page	$f = \exp((-k*t)^2 h)$
Midilli - Küçük	$f = h*\exp(-j*(t^2 k)) + (m*t)$
Lewis	$f = \exp(-k*t)$
Jena-Das	$f = k*\exp(-h*t + j*(t^2/2) + m)$
Diffusion-Approach	$f = k*\exp(-h*t) + (1-k)*\exp(-h*j*t)$
Yağcıoğlu	$f = k*\exp(-h*t) + j$
Wang-Sing	$f = 1 + k*t + h*t^2$

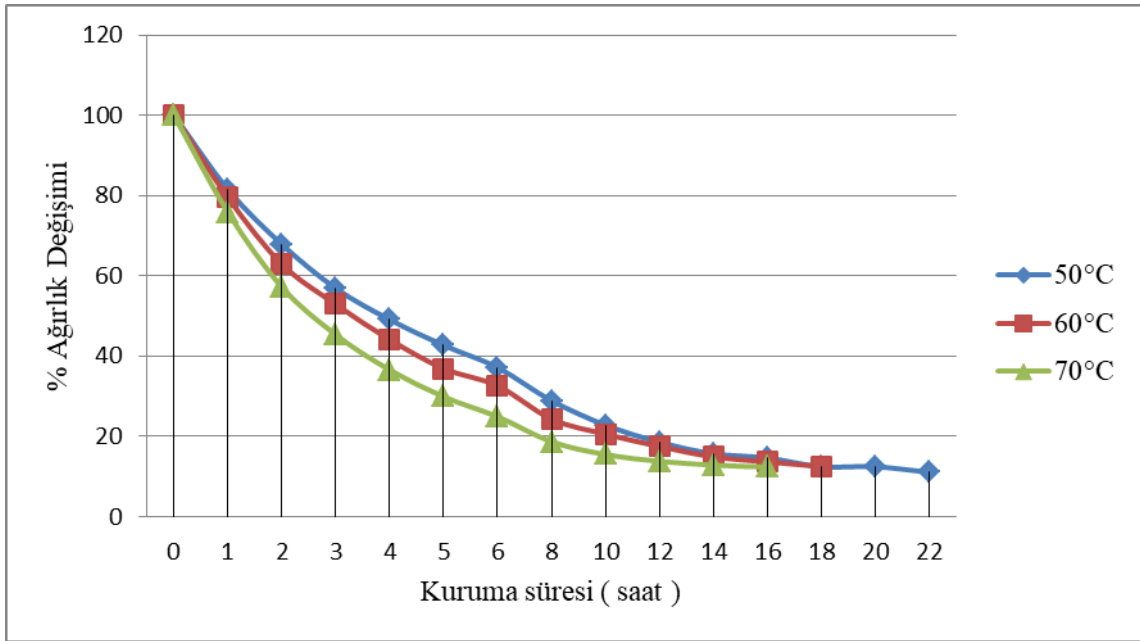
Kuruma eğrilerinin tanımlanmasında kullanılan, matematiksel ince tabaka kuruma modellerine ait parametrelerin sayısal değerlerinin belirlenmesi için SigmaPlot programı kullanılarak verilere modeller uydurulmuştur. Denemelerde her bir kurutma yöntemi için hesaplanan ANOVA değerleri kullanılarak varyans analizleri ve Duncan testleri yapılmıştır. Bu amaçla SPSS istatistik paket programından yararlanılmıştır.



4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Sıcak Hava ile Kurutmada Domatesin Kuruma Özellikleri

Laboratuvar tipi kurutucuda yapılan denemelerde Cxd 222 F₁ çeşidi domates örnekleri 50°C, 60°C ve 70°C hava sıcaklıklarında kurutma işlemine tabi tutulmuş ve kuruma özellikleri belirlenmiştir. Bu denemelere ait zamana bağlı % ağırlık değişimi Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Laboratuvar tipi kurutucuda sıcaklığa bağlı örneklerin % ağırlık değişimi

Şekil 4.1’de görüldüğü üzere, kurutma havası sıcaklığının kuruma üzerine etkili olduğu ve sıcaklık arttıkça kuruma hızı artmakta ve kuruma süresi kısalmaktadır. Sıcaklıktaki artışın kuruma hızı üzerine etkisi, özellikle azalan hızla kuruma evresinde daha belirgin hale gelmektedir. Denemede ilk 3 saatte hızlı bir nem kaybı olmuş ve örnekler ağırlıklarının ortalama % 48.3’ ünü kaybetmişlerdir. Denemede 3. saate kadar en fazla ağırlık değişimleri 70°C’ de yapılan denemede gerçekleşmiş olup, onu sırasıyla 60°C ve 50°C takip etmiştir.

Denemede, belirli sürelerde meydana gelen % ağırlık kaybı verilerinin üzerine yapılan Varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’ de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Laboratuvar tipi kurutucuda % ağırlık değişimine ait varyans analizi sonuçları

V.K	2. saat		5. saat		6 saat		8. saat		10. saat		12. saat	
	SD	F	SD	f	SD	f	SD	f	SD	f	SD	f
50°C 60°C 70°C	2	51.71**	2	51.35**	2	196.5**	2	261.1**	2	124.6**	2	76.7**
Hata	6		6		6		6		6		6	
Genel	8		8		8		8		8		8	

** : P<0.01

Laboratuvar tipi kurutucu ile gerçekleştirilen denemelerde, Çizelge 4.1’de de görüldüğü gibi, kurutma sürecinde farklı saatlerde örneklerin % ağırlık kaybı üzerine hava sıcaklığının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

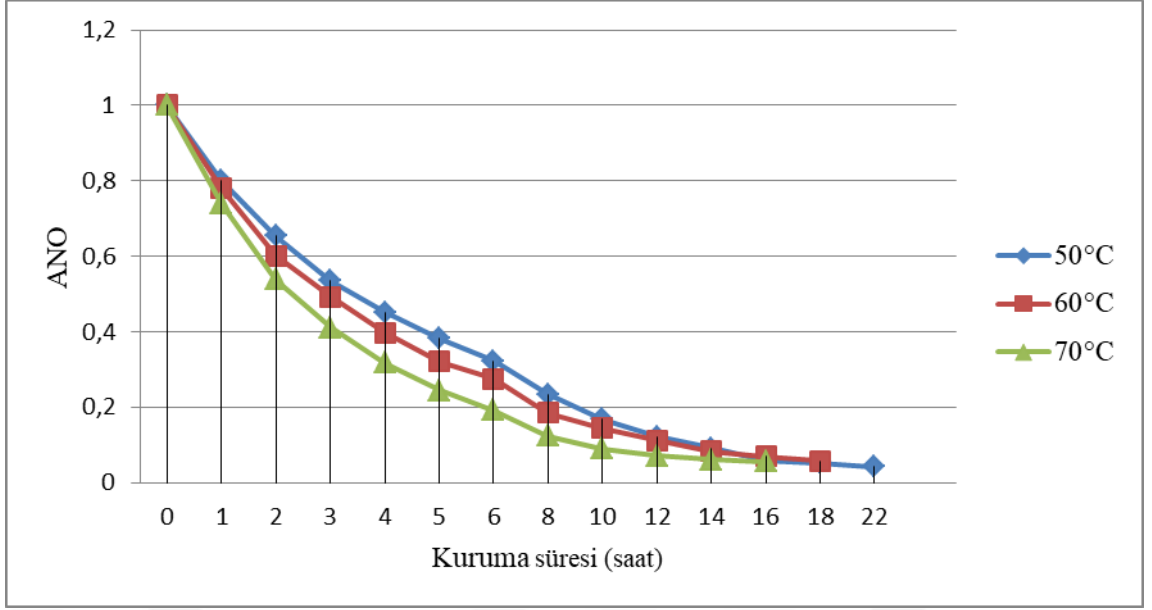
Çizelge 4.2. Laboratuvar tipi kurutucuda % ağırlık değişimi Duncan test sonuçları

Sıcaklık (°C)	Zaman (t)					
	2. saat	5. saat	6. saat	8. saat	10. saat	12. saat
50°C	67.827 ^c	42.679 ^c	37.132 ^c	28.852 ^c	22.791 ^c	18.491 ^c
60°C	62.913 ^b	36.870 ^b	32.586 ^b	24.301 ^b	20.552 ^b	17.492 ^b
70°C	57.187 ^a	29.858 ^a	24.877 ^a	18.649 ^a	15.463 ^a	13.778 ^a

(P< 0.01) Farklı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar önemlidir.

Laboratuvar tipi kurutucuda 2. saat sonunda en hızlı ağırlık kaybı 70°C hava sıcaklığında gerçekleşmiştir. Domates örnekleri bu sürede ağırlığının % 42.81’ini kaybetmiştir. Aynı sürede 60°C’de % 37.08’ini, 50°C’de ise % 32.17’sini kaybetmiştir. Domates örnekleri 8. Saat sonunda 50°C’de ağırlığının % 71.14’ünü, 60°C’de % 75.69’unu, 70°C’ de ise % 81.35’ini kaybetmişlerdir. 12. saatin sonunda en fazla ağırlık kaybı % 86.22 ile 70°C kurutma havası sıcaklığında yapılan denemede elde edilmiştir (Çizelge 4.2).

Şekil 4.2’de laboratuvar tipi kurutucu ile 50°C, 60°C ve 70°C hava sıcaklıklarında yapılan kurutma denemelerinde zamana bağlı olarak alınabilir nem oranı (ANO) değerleri verilmiştir.



Şekil 4.2. Labaratuvar tipi kurutucuda alınabilir nem oranı - kuruma süresi değişimi

Şekil 4.2' de görüldüğü gibi, en yavaş kuruma 50°C hava sıcaklığında, en hızlı kuruma ise 70°C hava sıcaklığında gerçekleşmiştir. 50°C, 60°C ve 70°C hava sıcaklıkları için kuruma süreleri sırasıyla 22 saat, 18 saat ve 14 saat olmuştur.

4.2. Kuruma Verilerinin Matematiksel Modellenmesi

Kurutma işlemi, kurutma havasının nemli ürüne ısı vermesi ve ısı etkisiyle ürün içindeki nemin yüzeye doğru hareketi ile buharlaşarak çevredeki hava içerisine difüzyonu işlemidir. Kurutma kısaca bir ısı ve kütle iletimi olayıdır (Yağcıoğlu, 1999). Modelleme, deneysel olarak gerçekleşen bir işlemin matematiksel olarak tanımlanması ve matematiksel eşitliklerin kurulması işlemidir. Kurulan matematiksel modelin güvenilirliği, fiziksel olarak gerçekleştirilen işlemin değişkenlerinin doğru olarak bilinmesi ile mümkün olmaktadır (Kose, 2018).

Kuruma eğrileri, zamana bağlı olarak nem oranındaki değişimleri ifade etmektedir. Alınabilir Nem oranı (ANO) değerleri kullanılarak, ürünlerin ilk nem değerleri arasındaki farklılıklar ortadan kaldırılmıştır. Kuruma eğrisi, 1' den başlar. 1 değeri alınabilir nemin tamamının üründe bulunduğunu, 0 değeri ise materyalde alınabilir serbest nemin kalmadığını ifade etmektedir.

Çalışmada ürünün kuruma eğrilerini matematiksel olarak ifade etmek için ince tabaka kurutma modelleri kullanılmıştır. Çalışmada elde edilen kuruma verileri, 8 farklı

modele uygulanmış ve modellerin parametre değerleri belirlenmiştir. Farklı sıcaklıklar için çalışmada kullanılan eşitliklere ait katsayı değerleri Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Matematiksel modeller, eşitlikleri ve katsayı değerleri

Matematiksel Modeller	Katsayı	Kurutma Sıcaklığı		
		50°C	60°C	70°C
Page $f=\exp(-k*(t^2h))$	k	0.2305	0.2821	0.3383
	h	0.8883	0.8405	0.8638
Modified Page $f=\exp((-k*t)^2h)$	k	0.1917	0.2219	0.2851
	h	0.8883	0.8405	0.8638
Midilli-Küçük $f=h*\exp(-j*(t^2k))+m*t$	k	0.9027	0.9016	0.9529
	h	1.0005	1.0029	1.0018
	j	0.2279	0.2699	0.3185
	m	0.0005	0.0021	0.0030
Lewis $f=\exp(-k*t)$	k	0.1911	0.2201	0.2819
Jena-Das $f=k*\exp(-h*t+j*(t^2/2))+m$	k	0.9834	0.9796	0.9846
	h	0.4959	0.5090	0.5412
	j	0.6237	0.5975	0.5332
	m	-0.0132	-0.0159	-0.0069
Diffusion Approach $f=k*\exp(-h*t)+(1-k)*\exp(-h*j*t)$	k	0.2089	0.6775	0.9236
	h	0.5352	0.3353	0.3328
	j	0.2883	0.2956	0.0794
Yağcıoğlu $f=k*\exp(-h*t)+j$	k	0.9476	0.9301	0.9459
	h	0.2042	0.2538	0.3224
	j	0.0363	0.0599	0.0524
Wang-Sing $f=1+k*t+h*t^2$	k	-0.1278	-0.1529	-0.1836
	h	0.0040	0.0059	0.0082

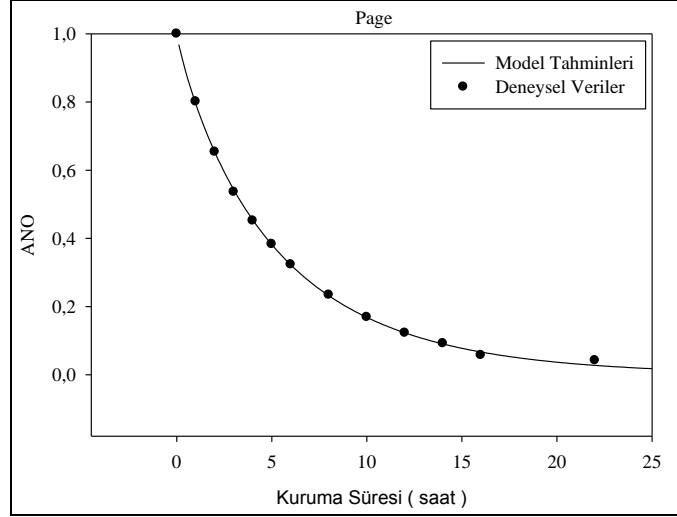
Laboratuvar tipi kurutucu ile yapılan denemelerde 50, 60 ve 70°C hava sıcaklıkları için model eşitliklerine ait p ve R² değerleri Çizelge 4.4 ’de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Model eşitliklerine ait güvenilirlik ve kararlılık değerleri

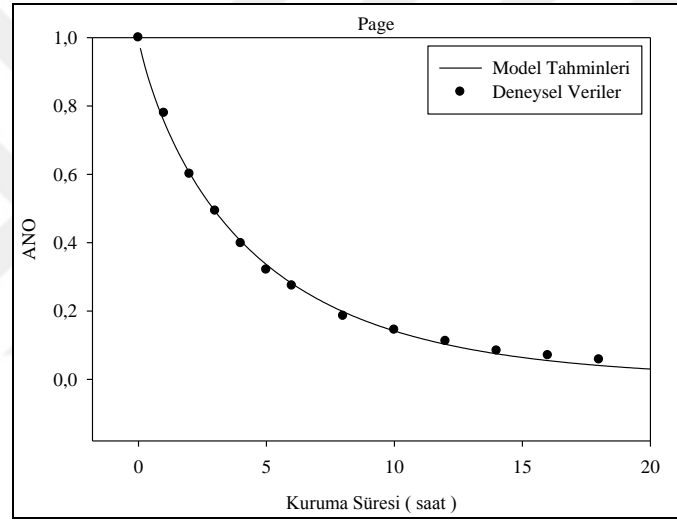
Matematiksel Modeller	Belirtme katsayısı	Kurutma Sıcaklığı		
		50°C	60°C	70°C
Page $f=\exp(-k*(t^2h))$	p	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	R ²	0.9996	0.9983	0.9969
Modified-Page $f=\exp((-k*t)^2h)$	p	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	R ²	0.9996	0.9983	0.9969
Midilli Küçük $f=h*\exp(-j*(t^2k))+m*t$	p	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	R ²	0.9997	0.9996	0.9998
Lewis $f=\exp(-k*t)$	p	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	R ²	0.9954	0.9896	0.9920
Jena-Das $f=k*\exp(-h*t+j*(t^2/2))+m$	p	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	R ²	0.9968	0.9915	0.9926
Diffusion-Approach $f=k*\exp(-h*t)+(1-k)*\exp(-h*j*t)$	p	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	R ²	0.9997	0.9997	0.9999
Yağcıoğlu $f=k*\exp(-h*t)+j$	p	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	R ²	0.9988	0.9991	0.9999
Wang-Sing $f=1+k*t+h*t^2$	p	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	R ²	0.9267	0.9284	0.9202

Çalışma sonucunda en yüksek R² değeri Diffusion-Approach eşitliğinde 70°C’ de elde edilmiş ve 0.9999 olarak bulunmuştur. En düşük R² değeri ise Wang-Sing eşitliğinde elde edilmiş ve 0.9202 olarak bulunmuştur.

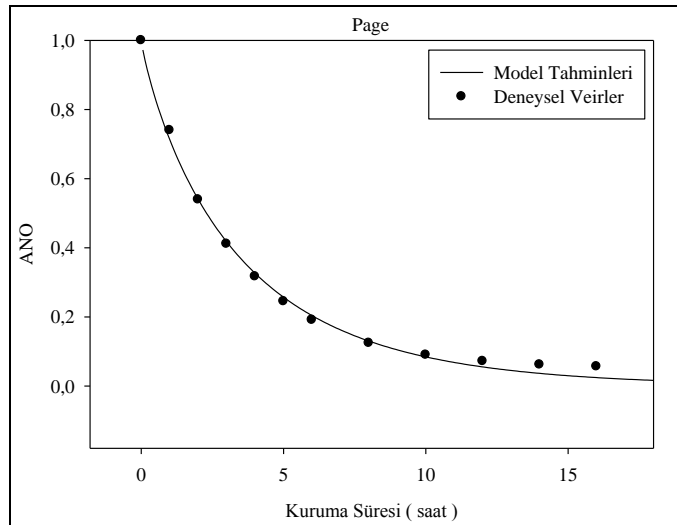
Domates örneklerinin kurutulmasında, 50, 60 ve 70°C hava sıcaklığında yapılan denemelere ait deneysel veriler ile matematiksel modellere ait tahmini verilerin uyumunu gösteren eğriler aşağıdaki şekillerde sırasıyla verilmiştir.



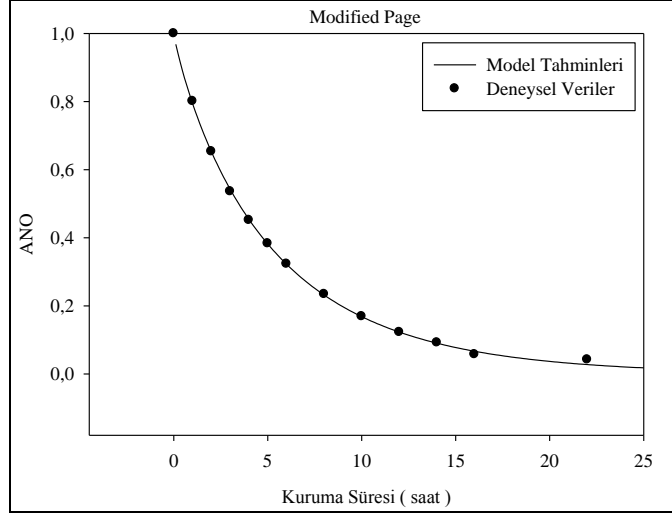
Şekil 4.3. 50°C' de kuruma eğrilerine ait Page Modeli



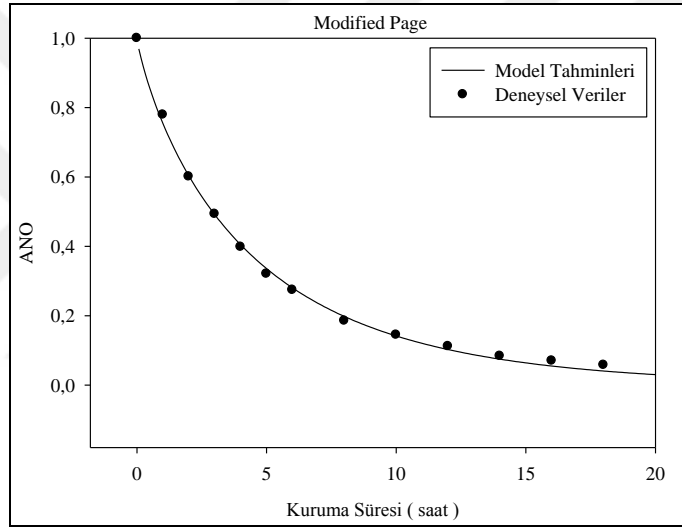
Şekil 4.4. 60°C' de kuruma eğrilerine ait Page Modeli



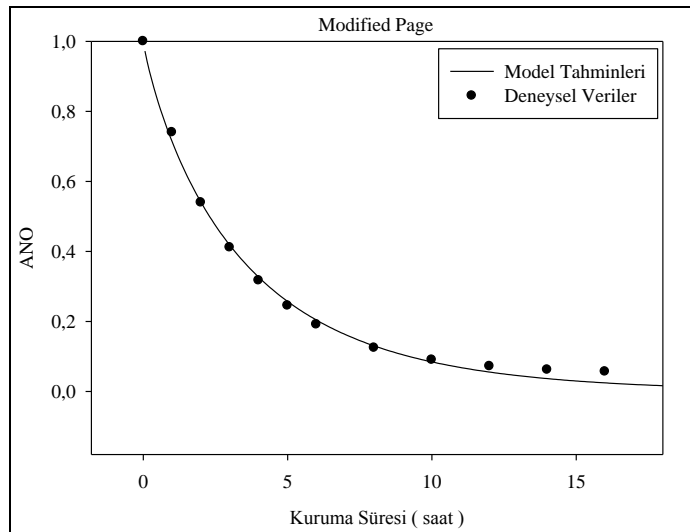
Şekil 4.5. 70°C' de kuruma eğrilerine ait Page Modeli



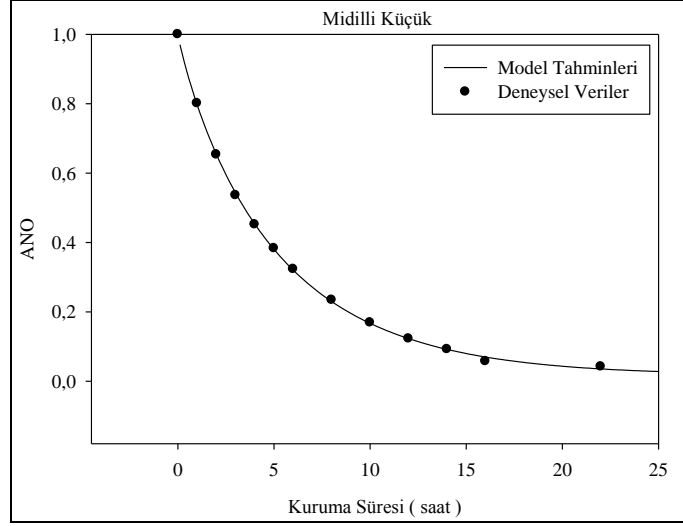
Şekil 4.6. 50°C' de kuruma eğrilerine ait Modified Page Modeli



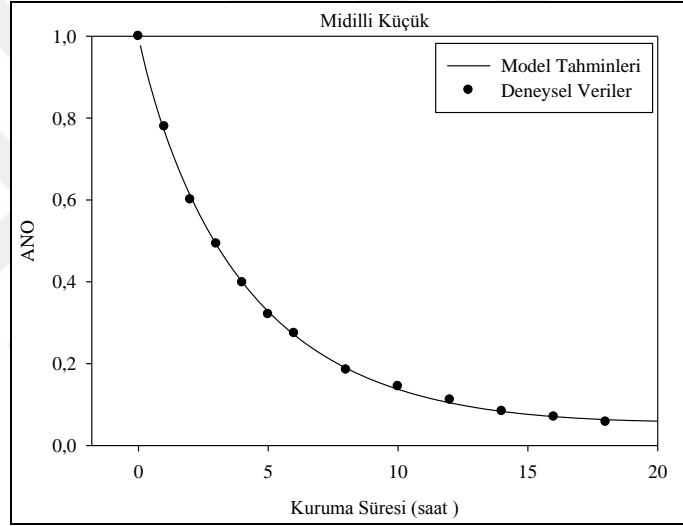
Şekil 4.7. 60°C' de kuruma eğrilerine ait Modified Page Modeli



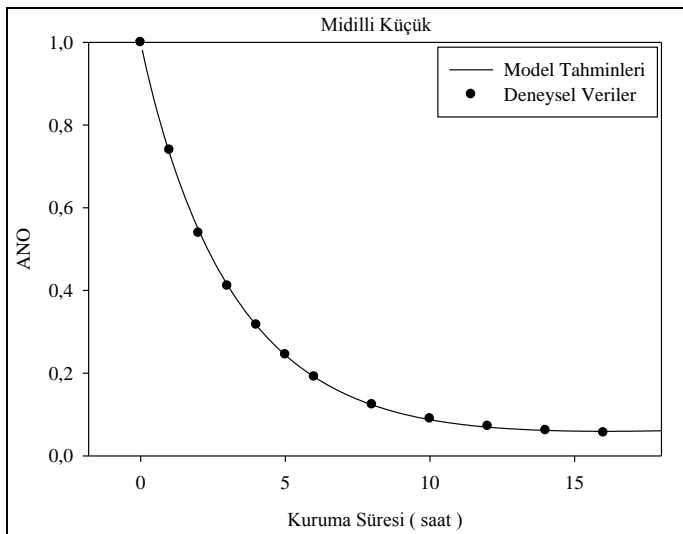
Şekil 4.8. 70°C' de kuruma eğrilerine ait Modified Page Modeli



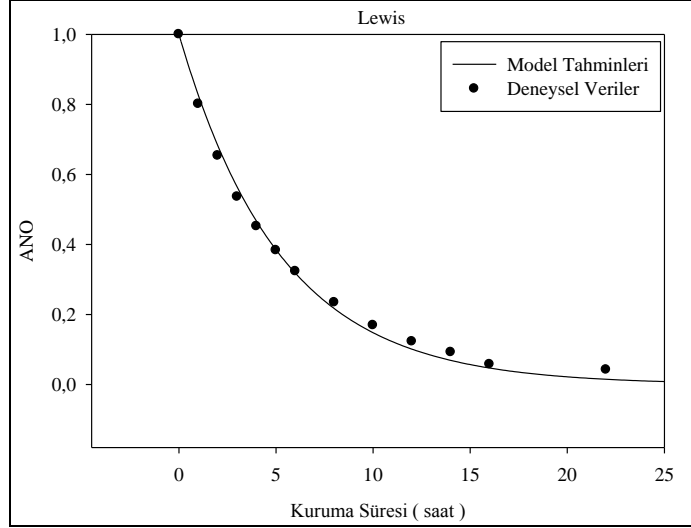
Şekil 4.9. 50°C' de kuruma eğrilerine ait Midilli-Küçük Modeli



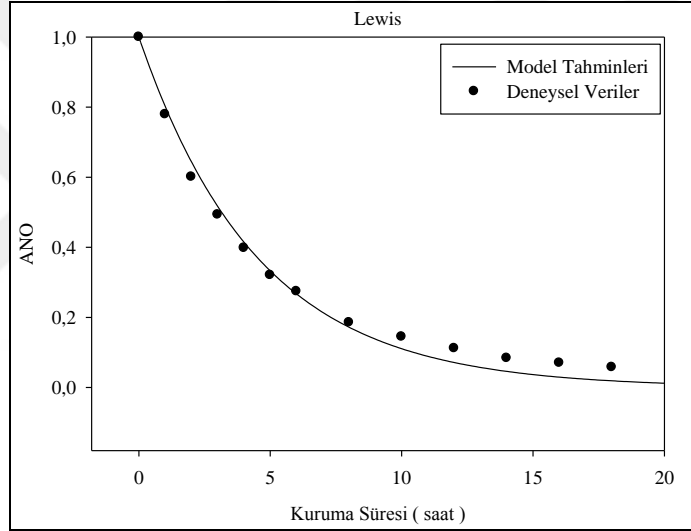
Şekil 4.10. 60°C' de kuruma eğrilerine ait Midilli-Küçük Modeli



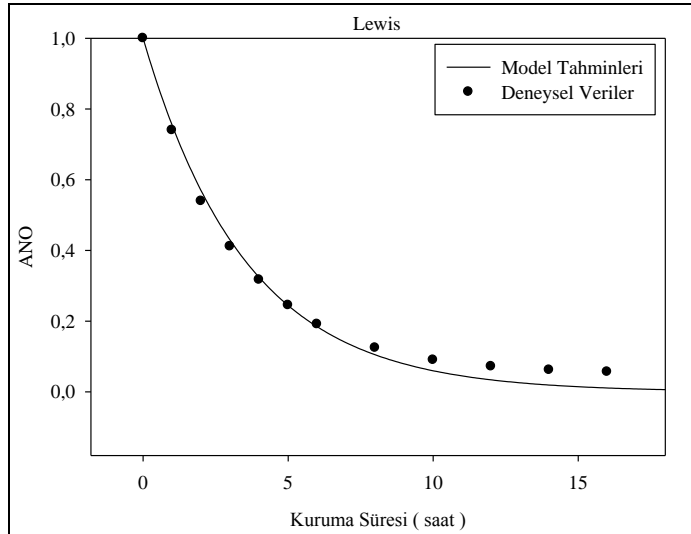
Şekil 4.11. 70°C' de kuruma eğrilerine ait Midilli-Küçük Modeli



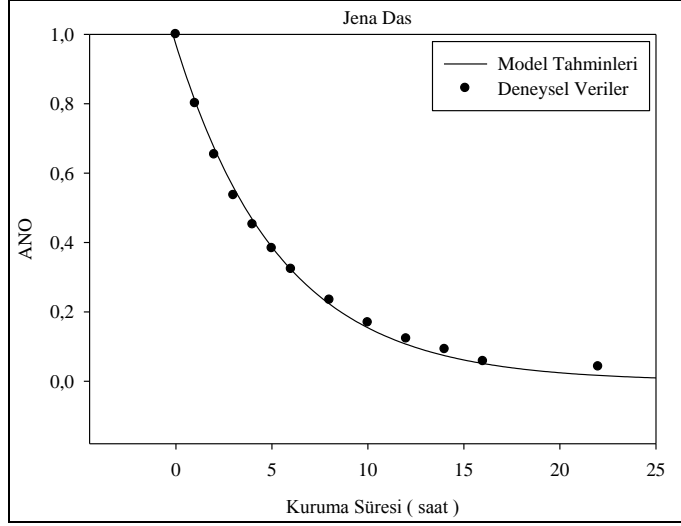
Şekil 4.12. 50°C' de kuruma eğrilerine ait Lewis Modeli



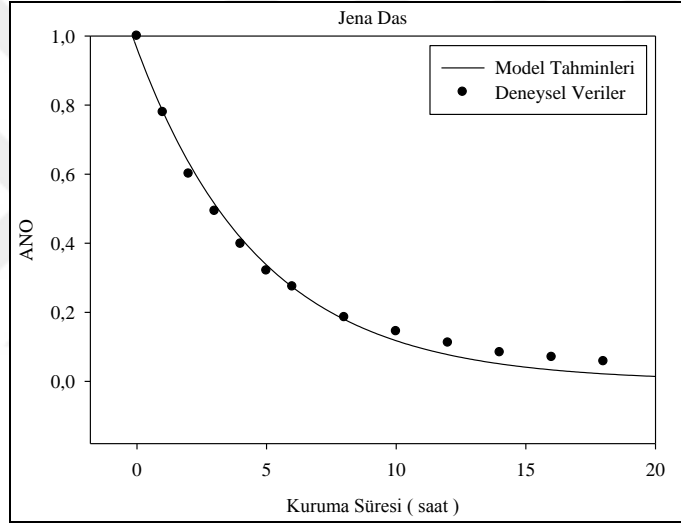
Şekil 4.13. 60°C' de kuruma eğrilerine ait Lewis Modeli



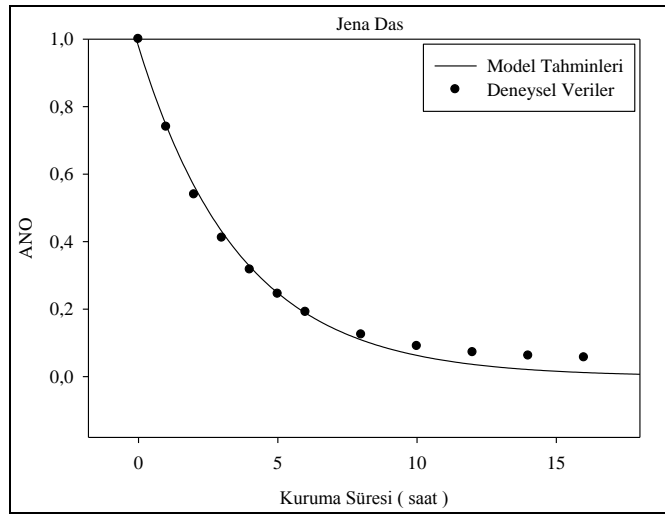
Şekil 4.14. 70°C' de kuruma eğrilerine ait Lewis Modeli



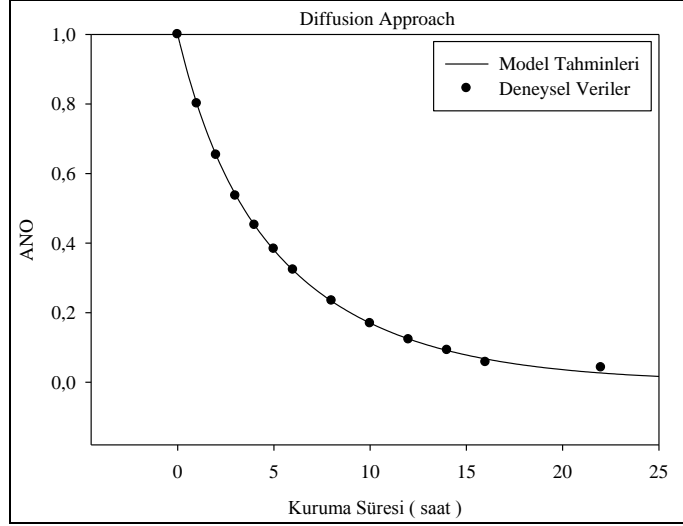
Şekil 4.15. 50°C' de kuruma eğrilerine ait Jena-Das Modeli



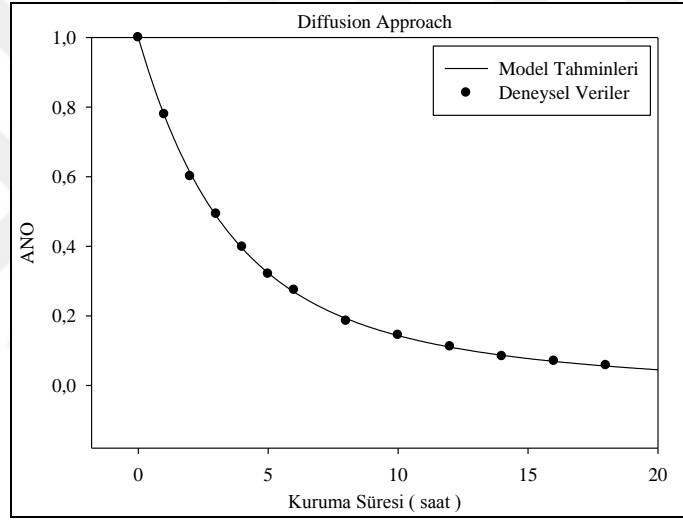
Şekil 4.16. 60°C' de kuruma eğrilerine ait Jena-Das Modeli



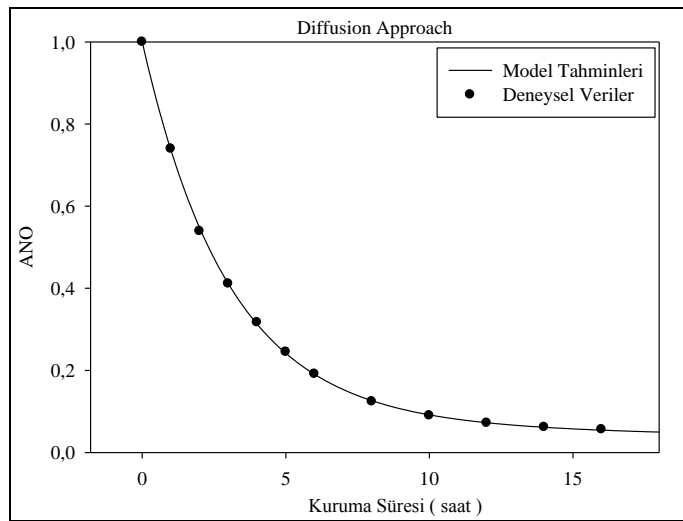
Şekil 4.17. 70°C' de kuruma eğrilerine ait Jena-Das Modeli



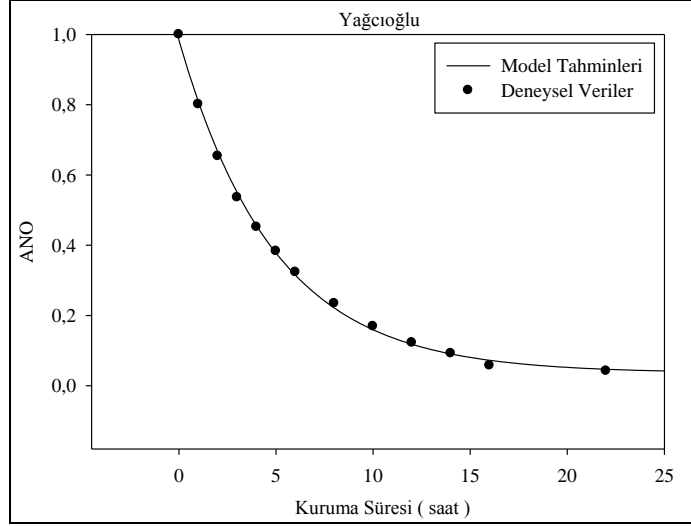
Şekil 4.18. 50°C' de kuruma eğrilerine ait Diffusion-Approach Modeli



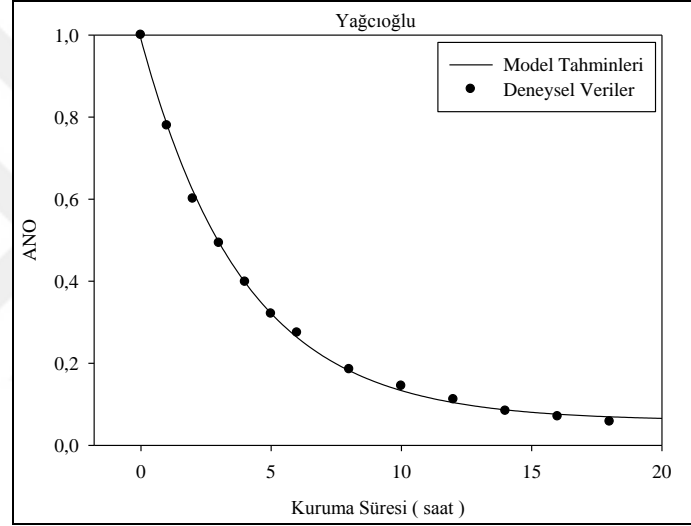
Şekil 4.19. 60°C' de kuruma eğrilerine ait Diffusion-Approach Modeli



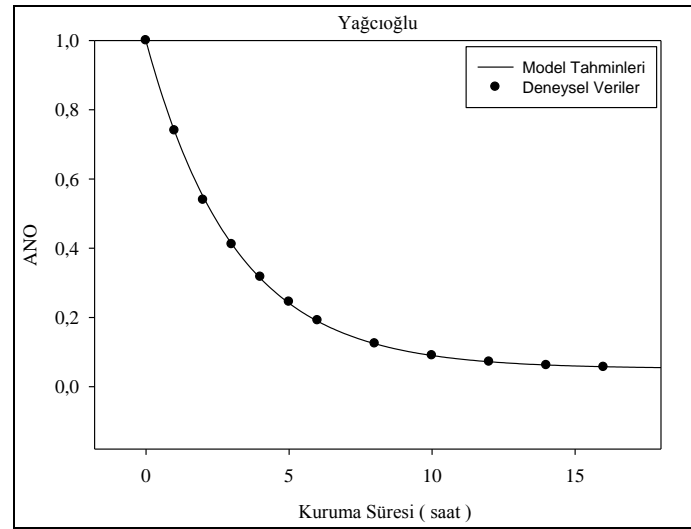
Şekil 4.20. 70°C' de kuruma eğrilerine ait Diffusion-Approach Modeli



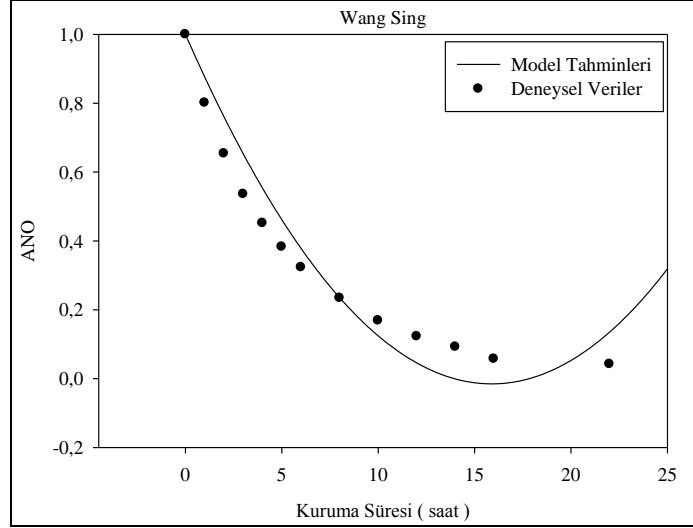
Şekil 4.21. 50°C' de kuruma eğrilerine ait Yağcılığı Modeli



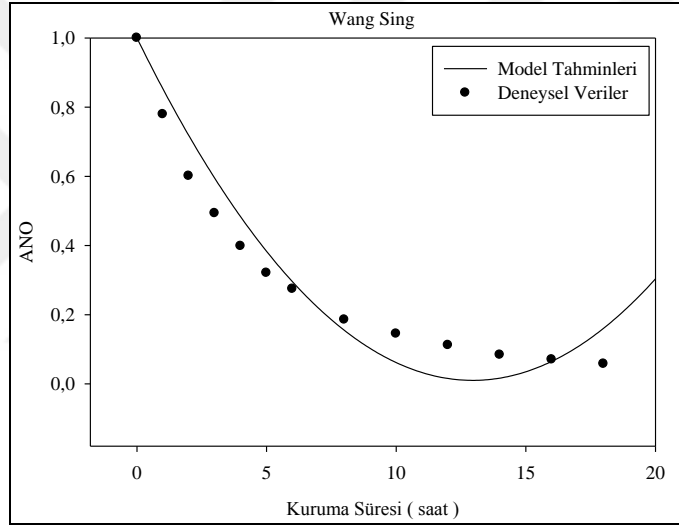
Şekil 4.22. 60°C' de kuruma eğrilerine ait Yağcılığı Modeli



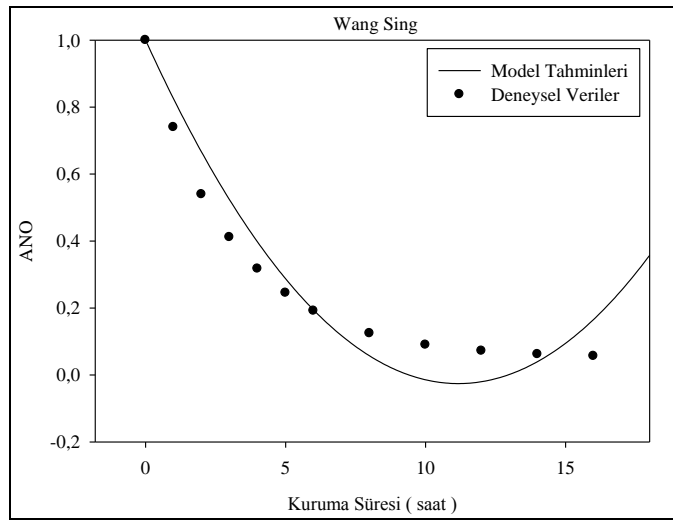
Şekil 4.23. 70°C' de kuruma eğrilerine ait Yağcılığı Modeli



Şekil 4.24. 50°C' de kuruma eğrilerine ait Wang-Sing Modeli



Şekil 4.25. 60°C' de kuruma eğrilerine ait Wang-Sing Modeli



Şekil 4.26. 70°C' de kuruma eğrilerine ait Wang-Sing Modeli

4.3. Renk Analizi Sonuçları

Tarımsal ürünlerin kurutma işlemlerinde renk kriteri en önemli kalite özelliklerinden biridir. Kurutma işlemlerinde belirlenen kuru ürün renginin mümkün olduğunca taze ürün rengine yakın olması arzu edilir.

Kurutma yöntemlerine göre elde edilen kurutulmuş domates örneklere ait ölçülen renk değerleri Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Kurutma yöntemlerine göre kurutulmuş domateslerde renk değerleri

Kurutma Yöntemleri		Renk Değerleri		
		L	a	b
Laboratuvar Tipi Kurutucuda Kurutma	50°C	34.53	32.17	22.86
	60°C	33.33	30.76	23.26
	70°C	34.89	26.56	23.00
Açıkta Kurutma	Cxd222 F ₁	28.59	21.04	14.57
	Cxd142 F ₁	31.49	26.83	21.59
	Dinç F ₁	27.98	21.92	16.97
	Tora F ₁	32.92	26.04	24.40
	M 1103 F ₁	31.81	25.18	19.88
	Arte F ₁	30.02	25.47	18.60
Serada Kurutma	Cxd 222 F ₁	27.16	18.57	15.96
	Cxd 142 F ₁	29.87	21.79	17.28
	Dinç F ₁	28.22	19.68	17.19
	Tora F ₁	32.19	23.08	20.74
	M 1103 F ₁	29.27	19.62	15.42
	Arte F ₁	27.92	18.35	13.45
Taze Domates	Cxd 222 F ₁	40.56	33.70	29.52
	Cxd 142 F ₁	42.63	27.95	33.14
	Dinç F ₁	40.44	32.72	29.63
	Tora F ₁	43.18	33.11	33.60
	M 1103 F ₁	40.75	30.42	29.82
	Arte F ₁	40.63	30.85	29.76

Kurutulmuş ürünlere ait L, a, b renk değerleri incelendiğinde genel olarak L ve a renk değerleri bakımından açıkta kurutma yöntemi, serada kurutma yöntemine kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Buna rağmen serada kurutma yöntemi sonucunda elde edilen b renk değeri açıkta kurutma yönteminde elde edilen b renk değerine kıyasla daha üstün çıkmıştır. Laboratuvar tipi kurutucu ile yapılan denemelerde elde edilen L, a,

b renk değerleri, açıkta ve serada kurutma yöntemlerinde elde edilen değerlere göre taze ürüne daha yakın olduğu görülmüştür (izelge 4.5).

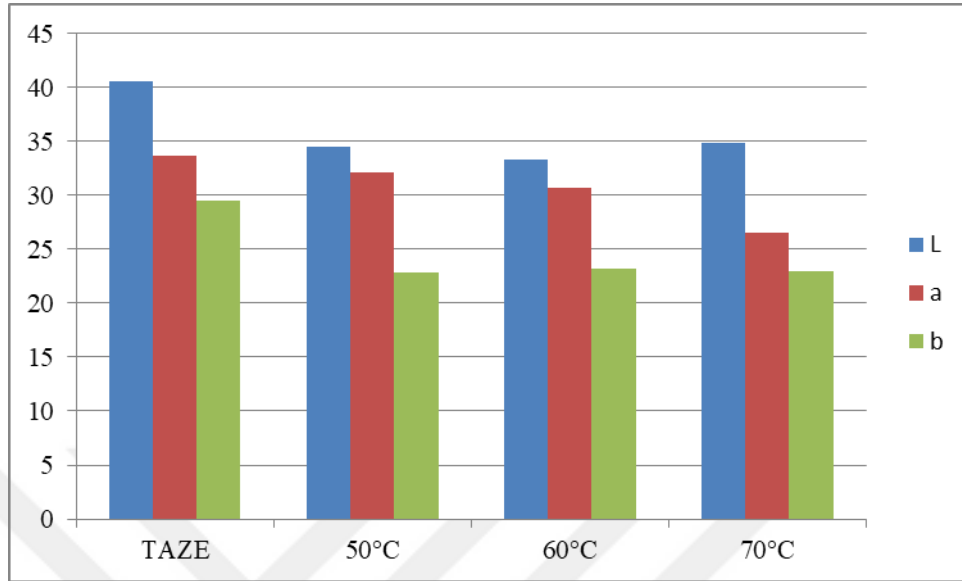
Renk kriterlerinden, L, a, b değerleri kullanılarak hesaplanan a/b, kroma (C), hue açısı (h°) ve toplam renk değişimi değerleri (ΔE) izelge 4.6' da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Kurutma yöntemlerine göre hesaplanan renk değerleri

	L	a	b	a/b	C	h°	ΔE
50°C	34.53	32.17	22.86	1.40	39.46	35.35	9.12
60°C	33.33	30.76	23.26	1.32	38.55	37.07	10.27
70°C	34.89	26.56	23.00	1.15	35.13	40.85	11.22
Kontrol	28.59	21.04	14.57	1.44	25.59	34.66	22.96
Taze	40.57	33.71	29.52	1.14	44.80	41.13	

Renk parlaklığını ifade eden L değerinin taze ürünün L değerine en yakın olduğu değer 34.89 ile laboratuvar tipi kurutucuda 70°C sıcaklıkta yapılan denemede elde edilmiştir. Laboratuvar tipi kurutucuda 50°C'de elde edilen L değeri 34.53 olurken 60°C' de 33.33 olmuştur. Rengin kırmızılığını ifade eden a değeri 50°C sıcaklıkta 32.17 olarak llmş olup taze ürün a değerine en yakın değer olduğu belirlenmiştir. 60°C' de a değeri 30.76 olarak llrken, 70°C' de 26.56 olarak llmştir. Sarılık değerini ifade eden b değeri incelendiğinde her üç kurutma sıcaklığında da değerlerin birbirine yakın olduğu görülmekte ve en yüksek b değeri 23.26 ile 60°C' de yapılan denemelerde elde edilmiştir. 50°C' de b değeri 22.86 iken 70°C' de b değeri 23.00 olmuştur. Kroma değerinin en yüksek olduğu 39.46 değeri, 50°C'de yapılan denemede elde edilirken, sırasıyla; 60°C' de 38.55 ve 70°C' de 35.13 olarak elde edilmiştir. Kroma değeri açısından taze örneklere en yakın değer 50°C' de yapılan denemede elde edilmiştir. Hue açısı bakımından en yüksek değer 40.85 ile 70°C' de belirlenirken, sırasıyla 60°C' de 37.07 ve 50°C' de 35.35 değerleri elde edilmiştir. Renk değişimini ifade eden ΔE değeri ise 50, 60 ve 70°C sıcaklıklar için sırasıyla 9.12, 10.27 ve 11.22 olarak belirlenmiştir (izelge 4.6).

Şekil 4.27’de taze örneklerle ve laboratuvar tipi kurutucuda üç farklı hava sıcaklığında kurutulmuş domates örneklerine ait L, a, b renk değerleri görülmektedir.



Şekil 4.27. Taze ve laboratuvar tipi kurutucuda kurutulmuş örneklerin renk değerleri

Çizelge 4.7. Taze ve kurutulmuş domateslerde renk değerleri varyans analizi

Varyans Kaynakları	L		a		b	
	SD	f	SD	f	SD	f
50-60-70°C						
Kontrol	4	38.582**	4	30.272**	4	27.269**
Taze						
Hata	50		50		50	
Genel	54		54		54	

** : p<0,01 düzeyinde önemli

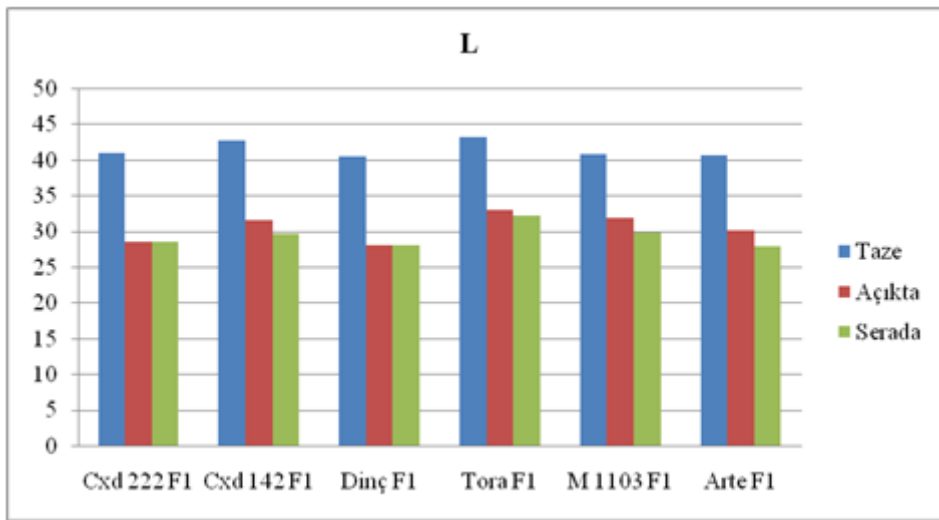
Çizelge 4.8. Taze ve kurutulmuş domateslerde renk değerleri Duncan test sonuçları

	Renk Değerleri		
	L	a	b
50°C	34.53 ^b	32.17 ^{cd}	22.86 ^b
60°C	33.33 ^b	30.75 ^c	23.26 ^b
70°C	34.89 ^b	26.56 ^b	23.00 ^b
Kontrol	28.59 ^a	21.04 ^a	14.57 ^a
Taze	40.57 ^c	33.71 ^d	29.52 ^c

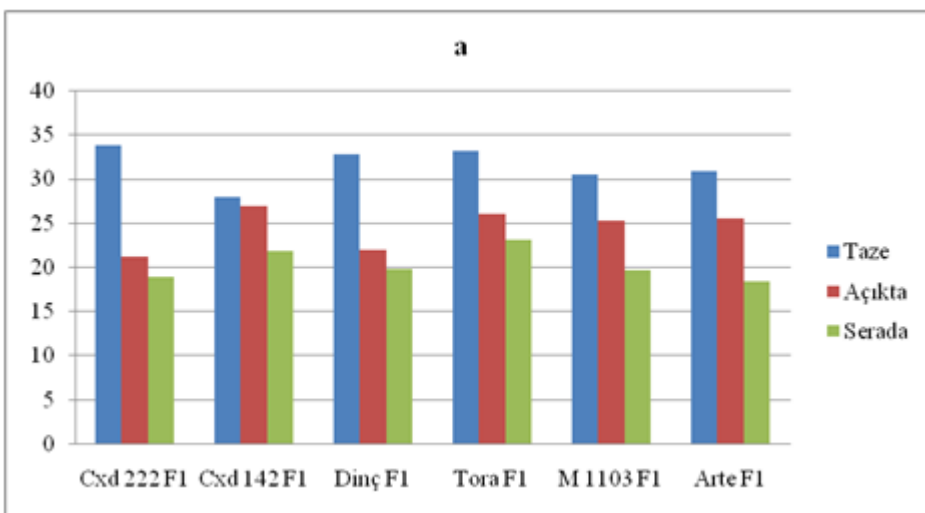
Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8’ e göre varyans analizinde elde edilen L, a ve b değerlerine ait p değerleri 0.01’ den küçük olduğu ve grup ortalamaları arasında istatistiksel açıdan farklılık olduğu görülmüştür. Bununla beraber Duncan testi uygulanan L, a ve b renk

değerleri istatistiki açıdan birbirleri arasında farklılık olduğu bulunmuştur. Taze ürüne en yakın L değeri 70°C sıcaklıkta yapılan kurutma işleminde 34.89 ile elde edilmiş olmakla birlikte, 50 ve 60°C hava sıcaklıklarında kurutulan örneklerle arasında istatistiki olarak bir fark görülmemektedir. Taze ürüne en yakın a değeri 50°C sıcaklıkta elde edilmiştir. Farklı sıcaklıklarda kurutulan örneklerin b değerleri taze ürüne göre azalma göstermiş ancak, sıcaklıklar arasındaki fark önemsiz çıkmıştır.

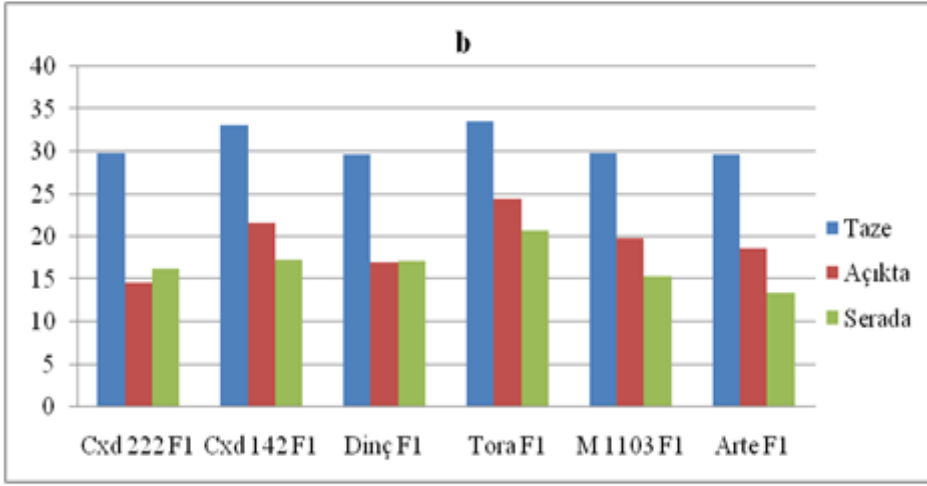
Taze örnekler ile farklı çeşitler için açıkta ve serada kurutulan domates örneklerine ait L, a ve b renk değerleri Şekil 4.28-4.29 ve 4.30'da verilmiştir.



Şekil 4.28. Taze ve açıkta - serada kurutulan örneklere ait L renk değerleri



Şekil 4.29. Taze ve açıkta - serada kurutulan örneklere ait a renk değerleri



Şekil 4.30. Taze ve açıkta - serada kurutulmuş örneklerin b renk değerleri



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada, açıkta kurutulan domates örnekleri ortalama 234 saatte belirlenen nem seviyesine ulaşırken sera ortamında yapılan denemelerde ise 197 saatte belirlenen nem seviyesine ulaşılmıştır. Laboratuvarında sıcaklık ve debi kontrollü labaratuvar tipi kurutucuda yapılan denemelerde ise üç farklı sıcaklık (50-60-70°C) değerlerinde sadece Cxd 222 F₁ çeşidi kurutulmuş, labaratuvar tipi kurutucunun diğer kurutma yöntemlerine göre kurutma süresi ve renk değerleri açısından daha uygun olduğu belirlenmiştir. 50°C hava sıcaklığında yapılan kurutma işleminde domates örnekleri 22 saatte, 60°C' de 18 saatte ve 70°C' de ise 14 saatte belirlenen nem seviyesine ulaşmıştır.

Labaratuvar tipi kurutucu ile yapılan denemelere yönelik yapılan modelleme çalışmalarında Wang-Sing modeli dışında tüm modellerin kullanılabilir olduğu görülmüştür. Yapılan modelleme çalışmalarında en iyi sonucu Midilli Küçük, Yağcıoğlu ve Diffusion- Approach modelleri vermiş olup model tahminleri ile deneysel verilerimiz diğer modellere göre daha başarılı sonuçlar vermiştir. Matematiksel modelleme çalışmalarında kullanılan tüm modellerde p değeri 0.05' den küçük çıkmış ve istatistiki açıdan önem arz etmiştir. Belirtme katsayısını ifade eden R² değeri en düşük 0.9202, en yüksek ise 0.9999 değerlerini almıştır.

Renk değerleri bakımından incelendiğinde, L değeri taze örneklere en yakın olan örnekler 70°C' de yapılan kurutma denemesinde elde edilmiştir. Taze domates örneklerine en yakın a renk değerini, 50°C' de yapılan denemelerde elde edilen kurutulmuş domates örnekleri vermiştir. Taze domates örneklerine en yakın b renk değerini 60°C' de yapılan kurutma sonucu elde edilen domates örneklerinin verdiği görülmüştür. Labaratuvar tipi kurutucuda 50°C sıcaklıkta yapılan denemelerde elde edilen ürünlere ait renk değerleri 60°C ve 70°C' de yapılan denemelerde elde edilenlere oranla daha olumlu sonuçlar vermiştir. Labaratuvar tipi kurutucuda 50°C' de yapılan denemede kroma değeri 39.64 belirlenirken bu değer 60°C' de 38.55, 70°C' de ise 35.13 olmuştur. Toplam renk değişimini ifade eden ΔE değeri en düşük değer olan 9.12 ile 50°C' de yapılan denemede meydana gelmiştir.

Laboratuvar tipi kurutucu ile yapılan domates kurutma denemelerinde açıkta kurutma ve serada kurutma denemelerine kıyasla son derece olumlu sonuçlar alınmıştır. Laboratuvar tipi kurutucuda elde edilen kurutulmuş domates örnekleri açıkta ve serada kurutmaya göre daha kısa sürede, rengini koruyarak ve kurumanın yanında çevresel etkilerden (toz, yağmur, kuş, böcek vb) uzak kalarak daha temiz ürün edilmesine olanak sağlamıştır.

Sıcak hava ile kontrollü Őartlarda kurutma işleminin belirtilen olumlu tarafları yanında, enerji maliyeti ve ilk yatırım masrafı olumsuz tarafı olarak öne çıkmaktadır. Bu nedenle, tarımsal ürünleri kurutma döneminde güneş enerjisi potansiyelinin de yüksek olması dikkate alınarak özellikle yöresel ölçekli kurutma sistemlerinde güneş enerjili ya da güneş enerjisi destekli kurutucu sistemlerin devreye sokulması uygun olacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Anonim, 2008. Domates Yetiştiriciliği. Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (MEGEP), Ankara, hbogm.meb.gov.tr (05.04.2019).
- Anonim, 2017a. TÜİK Bitkisel Üretim İstatistikleri, Ankara Erişim Tarihi: 01.01.2019.
- Anonim, 2017b. Tokat il tarım ve orman Müdürlüğü, Bitkisel Üretim İstatistikleri. Tokat.
- Anonim, 2018. Domates. Tarımsal Ekonomi Ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE), Ankara,
- Anonim, 2019. Bitkisel üretim istatistikleri, Meyvesi için yetiştirilen sebzeler. http://tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001 - (16.03.2019).
- Barreiro J.A, Milano M, Sandoval A.J. 1997. Kinetics of colour change of double concentrated tomato paste during thermal treatment. *Journal of Food Engineering*, 33: 359–371.
- Bulut, H., Boloğur, H., Beyazıt, N.İ., Demirtaş, Y., İşiker, Y., 2017. Design and experimental analysis of a solar hybrid type drying system. *International Advanced Researches-Engineering Congress*, 16-18 November 2017, Osmaniye.
- Çelen, S., Kahveci, K., 2013. Microwave Drying Behaviour of Tomato Slices. *Czech Journal of Food Sciences*, 31 (2), 132-138.
- Demiray, E., Tülek, Y., 2008. Domates kurutma teknolojisi ve kurutma işleminin domatesteki bazı antioksidan bileşiklere etkisi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2008 (3), 9-20.
- Demiray, E., 2009. Kurutma işleminde domatesin likopen, β -karoten, askorbik asit ve renk değişim kinetiğinin belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.
- Doymaz, İ., Aktaş, C., 2018. Patlıcan dilimlerinin kurutma ve rehidrayon karakteristiklerinin belirlenmesi. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 33(3), 833-841.
- Erbay, B., Küçüköner, E., 2008. Gıda Endüstrisinde Kullanılan Farklı Kurutma Sistemleri. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*; 21-23 Mayıs 2008, Erzurum.
- Ertekin, C., Yıldız, O., 2004. Drying of egg plant and selection of a suitable thin layer drying model. *Journal Of Food Engineering*, 63(3), 349-359.
- FAO, 2019. FAOSTAT Agricultural Database Web Page.
- Gamlı, Ö.F., 2011. Effective Moisture Diffusivity And Drying Characteristics Of Tomato Slices During Convective Drying. *Gıda Teknolojileri Dergisi*, 36 (4), 201-208.
- Gaware, T.J., Sutar, N., Thorat, B.N., 2010. Drying of tomato using different methods: Comparison of dehydration and rehydration kinetics. *Drying Technology*, 28 (5), 651-658.
- Günhan, T., 2005, Farklı kurutma havası şartlarının Rio Grande çeşidi domatesin kuruma karakteristiklerine etkilerinin belirlenmesi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Doktora Tezi, İzmir.
- Günhan, T., Yağcıoğlu, A., 2016. Farklı kurutma havası şartlarının Rio Grande çeşidi domatesin kuruma karakteristiklerine etkilerinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 12(4), 255-266.
- Hastürk Şahin, F., Ülger, P., Aktaş, T., ve Orak, H., 2012. Farklı Ön işlemlerin Ve Vakum Kurutma Yönteminin Domatesin Kuruma Karakteristikleri ve Kalite Kriterleri Üzerine Etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9 (1), 15-25.

- Hawllader, M.N.A., Uddin, M.S., HO, J.C., Teng, A.B.W., 1991. Drying Characteristics of Tomatoes. *Journal of Food Engineering*, 14 (4), 259-268.
- Heredia A, Barrera C, Andres A., 2007. Drying of cherry tomato by a combination of different dehydration techniques. Comparison of kinetics and other related properties. *Journal of Food Engineering*, 80 (1), 111-118.
- Hossain, M.A., Amer, B.M.A., Gottschalk, K., 2008. Hybrid Solar Dryer for Quality Dried Tomato. *Drying Technology An International Journal*, 26(12), 1591-1601.
- İsmail, O., Akyol, E., 2016. Open-Air Sun Drying : The Effect Of Pretreatment On Drying Kinetic Of Cherry Tomato. *Sigma Journal Engineering and Natural Sciences*, 34 (2), 141-151.
- İzli, N., Işık, E., 2013. Domates örneklerinin farklı yöntemlerle kurutulmasında en uygun ince tabaka kurutma modelinin belirlenmesi. 28. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi, 4-6 Eylül, Konya.
- Keskin, G., Gül, U., 2004. Domates Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü, T.E.A.E-Bakış, 5 (13), Ankara.
- Kose, Y.E., 2018. Usage Possibilities of Mathematical Modelling in Drying Technology. *Int. Journal of Scientific and Technological Research*, 4 (6), 1-8.
- Kutlu, N., İşçi, A., 2016. Kurutma yöntemlerinin kiraz domatesin kurutma karakteristikleri üzerine etkisi ve matematiksel modellenmesi. *Gıda*, 41, 197-204.
- Lewicki, P.P., Le, H.V., ve Pomaranka-Lazuka, W., 2002. Effect of pre-treatment on convective drying of tomatoes. *Journal of Food Engineering* 54(2002), 141-146.
- Marfil, P.H.M, Santos, E.M, Nicoletti, V.R., 2008. Ascorbic acid degradation kinetics in tomatoes at different drying conditions. *Food Science and Technolgy*. 41(9): 1642-1647.
- McGuire, R.G., 1992. Reporting of Objective Color Measurements. *Hort Science*, 27 (12), 1254-1255.
- Moreno, G.D.C., Diaz-Moreno, A.C., 2017. Effect of air drying process on the physico chemical, antioxidant and microstructural characteristics of tomato cv. Chonto. *Agronomia Colombiana*, 35 (1), 100-106.
- Mutlu, A., Ergüneş, G., 2008. Tokat'ta Güneş Enerjili Raflı Kurutucu ile Domates Kurutma Koşullarının Belirlenmesi. *TABAD-Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, Cilt: 1, Sayı: 1, s. 61-68.
- Olorunda, A.O., Aworh, O.C., Onuoha, C.N., 1990. Upgrading Quality Of Dried Tomato : Effects of Drying Methods, Conditions and Pre-Drying Treatments. *Science of Food and Agriculture*, 52 (4), 447-454.
- Or, D., 2010, İnfrared enerji ve infrared enerji – sıcak hava kombinasyonu ile domatesin kurutulması, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Entitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale.
- Özen, E., Kar, F., 2018. Farklı teknikler kullanılarak domatesin kurutulması. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 30 (1),47-57.
- Purkayastha, M., Nath, A., Deka, B.C., ve Mahanta, C.L., 2013. Thin layer drying of tomato slices. *Journal Food Science Tehnology*, 50(4), 642-653.
- Saçılık, K., Keskin, R., Eliçin, A.K., 2006. Mathematical modelling of solar tunnel drying of thin layer organic tomato. *Journal of Food Engineering* ,73 (3), 231-238.

- Uylaşer, V., 1996, Salça Üretim Aşamalarına Göre Bakteri ve Maya Florasındaki Değişim ve Bozulmadaki Etkileri Üzerine Araştırmalar, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmamış), Bursa.
- Yağcıoğlu, A., 1999, Tarım Ürünleri Kurutma Tekniği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:536, 348 s., Bornova-İzmir.
- Yağcıoğlu, A., 1996. Ürün İşleme Tekniği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:536, 348 s. Bornova-İzmir.
- Yusufe, M., Mohammed, A., Satheesh, N., 2017. Effect Of Duration and Drying Temperature on Characteristics of Dried Tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) Cochoro Variety. *Acta Universitatis Cibiniensis Series E: Food Technology*, 21(1), 41-50.



7. ÖZGEÇMİŞ

İzmir’de 1983 yılında doğdu. İlkokulu Meşkure Şamlı İlkokulunda, ortaokulu Buca Ortaokulunda, Liseyi Buca Betontaş Lisesinde tamamladı. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünden 2008 yılında mezun oldu. 2013 yılında Tarım ve Orman Bakanlığına Ziraat Mühendisi olarak atandı ve Tokat İlinde göreve başladı. 2014 yılında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. Eskişehir Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Adalet bölümü mezunudur. Halen Manisa İlinde Tarım ve Orman Müdürlüğünde Ziraat Mühendisi olarak görev yapmaktadır.

