



**ÇİLEK MEYVESİNİN KURUTULMASINDA FARKLI KURUTMA
YÖNTEMLERİNİN KURUMA PERFORMANSI VE KALİTE ÜZERİNE
ETKİLERİ**

NESLİHAN ÇAKMAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Dr. Öğr. Üyesi Hakan POLATCI

2019

Her hakkı saklıdır

**T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ÇİLEK MEYVESİNİN KURUTULMASINDA FARKLI KURUTMA
YÖNTEMLERİNİN KURUMA PERFORMANSI VE KALİTE ÜZERİNE
ETKİLERİ**

NESLİHAN ÇAKMAK

**TOKAT
2019**

Her hakkı saklıdır

Neslihan ÇAKMAK tarafından hazırlanan "Çilek Meyvesinin Kurutulmasında Farklı Kurutma Yöntemlerinin Kuruma Performansı ve Kalite Üzerine Etkileri" adlı tez çalışmasının savunma sınavı 1 AĞUSTOS 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.

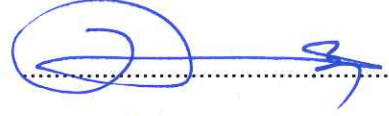
Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Hakan POLATCI
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi



Üye
Prof. Dr. Gazanfer ERGÜNEŞ
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi



Üye
Doç. Dr. Fatih KALKAN
Ardahan Üniversitesi





Prof. Dr. Çetin ÇEKİÇ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

06/08/2019

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 içerdiği 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.

NESLİHAN ÇAKMAK

1 Ağustos 2019

N. Çakmak

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇİLEK MEYVESİNİN KURUTULMASINDA FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİNİN KURUMA PERFORMANSI VE KALİTE ÜZERİNE ETKİLERİ

NESLİHAN ÇAKMAK

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ HAKAN POLATCI)

Kurutma işlemi gıdalardaki nemin uzaklaştırılması anlamına gelmektedir. Bu çalışmada, Albion çeşidi çilek meyvesi farklı kurutma yöntemlerinde ve sıcaklıklarında kurutularak kuruma performansları ve kalite değerleri için en uygun kurutma yöntemi belirlenmiştir. Çalışmada altı farklı kurutma yöntemi kullanılmıştır. Bunlar; etüvde, vakumlu etüvde, laboratuvar tipi konvektif kurutucuda, sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucuda, güneşte ve gölgede kurutma yöntemleridir. Sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucuda 45 °C, 50 °C ve 55 °C sıcaklıklarda, diğer kurutma yöntemlerinde ise 50 °C, 60 °C ve 70 °C sıcaklıklarda kurutma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında, kurutma performans değerleri, matematiksel modelleme, renk analizi ve kimyasal analizi (SÇKM, pH, TA) yapılmıştır. Kurutma yöntemlerinde kullanılan kurutucular kendi aralarında karşılaştırıldığında en hızlı kurutma 4.5 saat ile laboratuvar tipi konvektif kurutucuda 70 °C'de, en yavaş kurutma ise 52 saat ile güneşte kurutma yönteminde elde edilmiştir. Çalışmada, matematiksel modellemeden kuruma eğrisini tanımlamak için beş eşitlik kullanılmıştır. Bunlar; Page, Jena Das, Midilli-Küçük, Lewis ve Yağcıoğlu eşitlikleridir. "a" kırmızılık değerleri incelendiğinde taze ürüne göre en iyi muhafaza eden kurutma yöntemleri laboratuvar tipi konvektif kurutucuda 60 °C, 70 °C ile sıcaklık kontrollü mikrodalga 55 °C sıcaklıkta hesaplanmıştır. Bulunan değerler sırasıyla 17.08, 17.31 ve 16.06'dır. Kimyasal analizler sonucunda ise pH değeri açısından bakıldığında, taze ürüne en yakın pH değeri etüv 60°C kurutmada bulunmuştur. Tüm veriler incelendiğinde Albion çeşidi çilek kurutulmasında renk analizi için laboratuvar tipi konvektif kurutucuda kurutma yönteminin en uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

2019, 49 SAYFA

ANAHTAR KELİMELER: Kurutma, Çilek, Modelleme, Renk, Kimyasal analizler

ABSTRACT

MASTER THESIS

EFFECTS OF DIFFERENT DRYING METHODS ON DRYING PERFORMANCE AND QUALITY IN STRAWBERRY FRUIT DRYING

NESLIHAN ÇAKMAK

**TOKAT GAZIOSMANPASA UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

DEPARTMENT OF BIOSYSTEMS ENGINEERING

(SUPERVISOR: ASST. PROF. DR. HAKAN POLATCI)

Drying process means removing moisture from food. In this study, the most appropriate drying method was determined for drying performances and quality values by drying different drying methods and temperatures of Albion type strawberry fruit. Six different drying methods were used in the study. These; drying in oven, vacuum oven, laboratory type convective dryer, temperature controlled microwave dryer, sun and shade. Temperature controlled on microwave drying in 45 ° C, 50 ° C and 55 ° C temperatures, and on other drying methods in 50 ° C, 60 ° C and 70 ° C temperatures. In the study, drying performance values, mathematical modeling, color analysis and chemical analysis (SSC, pH, TA) were conducted. The driers used in drying methods were compared among themselves with the fastest drying with 4.5 hours in the laboratory type convective dryer at 70 ° C, while the slowest drying was achieved with 52 hours in the sun drying method. In the study, five equations were used to identify the drying curve from mathematical modeling. These; Page, Jena Das, Midilli-Küçük, Lewis and Yağcıoğlu equations. When the "a" examined drying methods which are best kept fresh product are calculated with laboratory type convective dryer 60 ° C, 70 ° C and temperature controlled microwave 55 ° C. The values found are 17.08, 17.31 and 16.06 respectively. As a result of the chemical analyzes, when the pH value is examined, the nearest pH value to the fresh product is 60 ° C drying oven. When all the data were examined, it was concluded that the method of drying in the laboratory type convective dryer was best suitable for color analysis in the drying of Albion variety berries.

2019, 49 PAGE

KEYWORDS: Drying, Strawberry, Modelling, Colour, Chemical analysis

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimime başladığım günden bugüne, bilgi, tecrübesi ve sabrı ile bana yol gösteren benim ile beraber büyük özveri ile çalışan hiçbir konuda benden yardımını esirgemeyen değerli danışman hocam Dr. Öğr. üyesi Hakan POLATCI'ya, çalışmam boyunca desteklerini ve bilgisini benden esirgemeyen Sayın Arş. Gör. Muhammed TAŞOVA'ya, tezimin laboratuvar çalışmaları boyunca laboratuvar imkanlarından yararlanmamı sağlayan Doç. Dr. Onur SARAÇOĞLU'na, lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca yönlendiren bilgi, destek ve yardımlarını hiç bir zaman esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Engin ÖZGÖZ'e, her aşamada bana destek ve yol arkadaşı olan Sema Nur YILMAZ'a sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatımın her döneminde maddi manevi destekleri ile bugünlere geldiğim, her anımda güç ve huzur bulduğum, iyi ki bu aileye sahibim diye hep şükrettiğim, canım Annem'e, canım Babam'a ve can parçam Kardeşim'e teşekkürlerimi ve sonsuz sevgilerimi sunarım.

NESLİHAN ÇAKMAK

1 Ağustos 2019

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	13
3.1. Materyal.....	13
3.2. Yöntem.....	14
3.2.1. Nem tayini.....	14
3.2.2. Etüvde kurutma.....	15
3.2.3. Vakumlu etüvde kurutma	16
3.2.4. Laboratuvar tipi konvektif kurutucuda kurutma.....	17
3.2.5. Sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucuda kurutma.....	18
3.2.6. Güneşte ve gölgede kurutma	19
3.3. Matematiksel Modelleme	20
3.4. Renk Analizi.....	22
3.5. Kimyasal Analiz.....	24
3.5.1. SÇKM (Suda çözünür kuru madde oranı).....	24
3.5.2. pH.....	24
3.5.3. TA(Titre edilebilir asitlik).....	25
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	26
4.1. Kurutma Performans Değerleri.....	26
4.2. Matematiksel Modelleme.....	29
4.3. Renk Analizi.....	37
4.4. Kimyasal Analiz.....	41
5. SONUÇ.....	44

6. KAYNAKLAR.....	46
7. ÖZGEÇMİŞ.....	49



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler	Açıklama
a	Kırmızılık değeri
b	Sarılık değeri
BI	Kahverengilik değeri
C	Kroma değeri
°C	Santigrat derece
dk	Dakika
g	Gram
h°	Hue açısı
h	Model eşitliği katsayısı
j	Model eşitliği katsayısı
k	Model eşitliği katsayısı
Kg	Kilogram
L	Parlaklık değeri
lt	Litre
m	Model eşitliği katsayısı
mm	Milimetre
ml	Mililitre
m ²	Metre kare
R ²	Kararlılık değeri
s	Saniye
W	Watt
%	Yüzde
yb	Yaş baz
ΔE	Renk değişiklikleri

Kısaltmalar	Açıklama
A	Antosiyanin
AA	Antioksidan aktivitesi
BBD	Box-Behnken tasarımı
CWD	Yıkama/ Difüzyon
DE	Toplam renk değişimi
DIC	Kontrollü Basınç Düşümü
FAD	Dondurarak sıcak hava kurutma
FD	Dondurarak kurutma
FIR	Uzak kızılötesi radyasyon
ANO	Ayrılabilir nem oranı
LM	Levenberg - Marquardt
MAPE	Ortalama Mutlak Yüzde Hatası
MC	Nem içeriği
MR	Nem oranı
OD	Ozmotik dehidrasyon
SÇKM	Suda çözünebilir kuru madde miktarı
RMSE	Tahmini standart hata
RSS	Kalanların kareleri toplamı
R ²	Determinasyon katsayısı
SEE	Tahmini standart hatası
SEM	Taramalı elektron mikroskobu
SG	Katı kazanç
UOD	Ultrasonik ozmotik dehidrasyon
VMD	Vakumlu - mikrodalga kurutma
TPC	Toplam fenolik bileşik içeriği
TÜİK	Türkiye istatistik kurumu
TA	Titrasyon asitliği
WL	Su kaybı
WR	Ağırlık azaltma

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. Kurutma denemelerinde kullanılan çilek.....	13
Şekil 3.2. Hassas terazi.....	14
Şekil 3.3. Etüv.....	15
Şekil 3.4. Etüv kurutma için hazırlanan örnekler.....	15
Şekil 3.5. Vakumlu etüv.....	16
Şekil 3.6. Vakum kurutma için hazırlanan örnekler.....	16
Şekil 3.7. Laboratuvar tipi konvektif kurutucu.....	17
Şekil 3.8. Laboratuvar tipi konvektif kurutucu için hazırlanan örnekler.....	18
Şekil 3.9. Sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucu.....	18
Şekil 3.10. Sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucuda kurutulan örnekler.....	19
Şekil 3.11. Kurutma kafesi.....	20
Şekil 3.12. Güneşte ve gölgede kurutma için hazırlanan örnekler.....	20
Şekil 3.13. Refractometre.....	24
Şekil 3.14. Süzülen çilek pulpları.....	24
Şekil 3.15. Hazırlanan karışım (100 g).....	24
Şekil 3.16. pH metre.....	25
Şekil 3.17. Titrasyon asitliği.....	25
Şekil 4.1. Page eşitliği Laboratuvar tipi konvektif kurutucuda 60 °C'deki nem oranları ve kuruma süresi.....	31
Şekil 4.1.a. Jena Das eşitliği Laboratuvar tipi konvektif kurutucuda 60 °C'deki nem oranları ve süresi.....	31
Şekil 4.1.b. Midilli-Küçük eşitliği Sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucuda 55 °C 'deki nem oranları ve kuruma süresi.....	32
Şekil 4.1.c. Lewis eşitliği Laboratuvar tipi konvektif kurutucuda 60 °C 'de nem oranları ve kuruma süreleri.....	32
Şekil 4.1.d. Yağcıoğlu eşitliği Hassas kurutucuda 70 °C 'de nem oranları ve kuruma süresi.....	33

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1. Türkiye Çilek Üretimi (ton)	2
Çizelge 3.1. Denemelerde kullanılan taze çileklere ait bazı değerler	13
Çizelge 4.1. Kurutulan çileğin ortalama son nem oranları (% yb) ve ortalama kuruma süreleri.....	26
Çizelge 4.2. Page eşitliği parametrelerinin sayısal değerleri ve modele ait "R ² " değerleri.....	30
Çizelge 4.3. Jena Das eşitliği parametrelerinin sayısal değerleri ve modele ait "R ² " değerleri.....	33
Çizelge 4.4. Midilli-Küçük eşitliği parametrelerinin sayısal değerleri ve modele ait "R ² " değerleri.....	34
Çizelge 4.5. Lewis eşitliği parametrelerinin sayısal değerleri ve modele ait "R ² " değerleri.....	35
Çizelge 4.6. Yağcıoğlu eşitliği parametrelerinin sayısal değerleri ve modele ait "R ² " değerleri.....	36
Çizelge 4.7. Renk analizinin ölçülen değerleri.....	37
Çizelge 4.8. Renk analizinin hesaplanan değerleri.....	40
Çizelge 4.9. Kimyasal analiz değerleri.....	42

1. GİRİŞ

Ülkemiz, coğrafi konumu bakımından, tarımsal üretim için verimli tarım alanlarına sahiptir. Çeşitli bölgelerde ekolojik farklılıklardan dolayı meyve ve sebzelerin kaliteli ve uygun koşullarda yetişebildiği ülkelerden birisidir. Ülkemizde iklim başta olmak üzere diğer faktörlerin de etkisiyle hemen hemen tüm bölgelerimizde meyve ve sebze üretimi gerçekleştirilmektedir (Kılıç, 2014).

Üretimi bol miktarda yapılan meyve ve sebzeleri muhafaza edebilmek için güneşte kurutma ve yapay kurutma yöntemleri kullanılarak kurutma işlemleri gerçekleştirilmektedir. Fakat güneşte kurutma işlemi kuruma süresi uzun olması ve kurutulan ürünün hijyenik olmamasından dolayı çok fazla önerilmemektedir. Bundan dolayı da birçok yapay kurutma yöntemleri geliştirilmiştir (Kocayığıt, 2010).

Kurutma işlemi gıdalardaki nemin uzaklaştırılması anlamına gelmektedir. Böylelikle, ürünlerdeki nem seviyesi mikroorganizma gelişimini engelleyecek düzeye düşürülmektedir. Bu avantajları açısından kurutma, çeşitli ürünler için en kolay ve en genel muhafaza yöntemidir (Erbay ve Küçüköner, 2008).

Bununla beraber kurutma işlemi ile ürünlerin vitamin değerleri mümkün olduğunca korunmakta, ürünün tadı ve görüntüsü bozulmadan muhafaza edilmekte, depolama ve nakliye işlemlerinde ise az yer kaplamasından dolayı uygun bir muhafaza yöntemi olarak tercih edilmektedir.

Meyve ve sebzeler taze olarak veya uygun bir yöntem ile kurutulduktan sonra tüketilmektedir (Yoğurtçu, 2014).

Meyve, sebze ve bünyesinde su içeren diğer gıdalar fazla nemden dolayı uzun süre bozulmadan korunamazlar. Çünkü bünyelerindeki fazla su, gıdaları bozan mikroorganizmaların üremesi için elverişli bir ortam oluşturmaktadır. Meyve, sebze ve diğer gıdaların bileşimlerindeki fazla suyu uzaklaştırarak yani gıdaları kurutarak olumsuz koşullardan muhafaza edilebilir (Çelen, 2010).

Dünya'da ve ülkemizde yaygın olarak üretimi ve tüketimi yapılan meyvelerden biride çilektir.

Bilimsel adıyla **Fragaria** olarak bilinen çilek, Rosaceae yani **Gülgiller** familyasında yer alan bir meyvedir. Kırmızı renkte meyvesi olup üzerinde sarı renkte noktacıkları vardır. Kendilerine özgü aromaları ve zengin vitamin içeriklerinden dolayı en çok tercih edilen meyvelerden biri olup, dünyanın hemen hemen her yerinde (Kuzey Kutbundan Tropiklere kadar) yetiştirilebilmektedir (Anonim, 2019).

Çilek, insan sağlığı açısından oldukça önemli bir meyvedir. A, B, C vitaminleri ile kalsiyum, demir ve fosfor gibi mineral maddeleri açısından zengindir. (Maas ve ark., 1996).

Özellikle son yıllarda hem insan sağlığı açısından hem de bahçe ve seraya yapılan maliyetlerin kısa sürede geri kazanımından dolayı çok daha fazla tercih edilmeye başlanmıştır. Bununla beraber diğer meyvelerin pazara gelme sürecine kadar çileğin yüksek fiyatta alıcı bulması ile çilek yetiştiriciliği popüler hale gelmiştir (Türemiş ve ark., 2000).

Çizelge 1. Türkiye Çilek Üretimi (Ton)

ÜRÜN	2014	2015	2016	2017	2018
ÇİLEK (ton)	376.070	375.800	415.150	400.167	440.968

Kaynak: Türkiye İstatistik Kurumu (Anonim, 2018)

Çizelge 1'den de görüldüğü üzere, Türkiye de çilek üretimi 2017 yılı hariç artış göstermektedir. 2014 yılında 376.070 ton olan çilek üretimi 2018 yılına gelindiğinde 440.968 ton'a ulaşmıştır.

Çileğin son yıllarda hem dünyada hem de ülkemizde gittikçe önem kazanmasındaki en önemli faktörlerden biri de farklı iklim ve toprak koşullarında yetiştirilebilir olmasıdır.

Olgunlaştığı dönemde diğer meyvelerin piyasada bulunur olmaması ekonomik açıdan iyi bir avantaj sağlamaktadır. Vitamine zengin bir meyve olan çilek hem taze olarak hem de işlenerek bir çok şekilde tüketilebilmektedir (Nacar, 2012).

Kurutma, sebze ve meyvelerin bünyesinde içerdikleri % 80-95 oranındaki yüksek su oranının % 10-20 seviyelerine düşürülmesi işlemidir.

Çilek gibi taze meyveler, yüksek nem içeriği nedeniyle düşük mikrobiyal stabiliteye sahip ürünlerden birisidir. Kurutmaya beraber, bu durum bozulma ve çürüme gibi olayları önlemek için uygulanmaktadır (Szandzinska ve ark., 2016).

Kurutulmuş çileğin kullanım alanları olarak, diyet ürünü, dondurmaların üzeri, atıştırmalık, lokum kaplama, aroma, renk veya koku vermede, müsli, tahıl gevreği, kahvaltılık ürünlerin karışımında, tatlı, puding ve çikolata içerisinde, bisküvi, kek gibi ürünlerin içerisinde genellikle katkı maddesi şeklinde kullanılmaktadır (Anonim, 2018).

Bu araştırmada amaç; Albion çeşidi çilek meyvesinin etüvde, vakumlu etüvde, laboratuvar tipi konvektif kurutucuda, sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucuda, güneşte ve gölgede kurutma yöntemleri ile kurutularak farklı sıcaklık ve belirlenen son nem değerlerindeki kuruma davranışını belirlemek, renk ve kimyasal gibi özelliklerinin zarar görmemesi için, gereken optimum sıcaklık değerini ve kurutma yöntemini belirlemektir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Evans (2002), yaptığı araştırmada, hava kurutma veya ozmotik dehidrasyon sırasında su kayıplarını tahmin etmek için geliştirilmiş modeller kullanmış, suyun hareketliliği ve nem verilerini elde etmiştir. Tek boyutlu manyetik rezonans görüntüleme protokolü, T_2 profilleri yoluyla su hareketliliğinde zamansal ve uzamsal değişiklikleri, M_0 profilleri yoluyla su içeriğini ve 2 saat boyunca 600 g/kg sulu sakroz ile ozmotik dehidrasyon sırasında çilek dilimlerinin yapısal büzülmesini takip etmiştir. Bu ölçümler ayrıca, 20 °C, 30 °C, 45 °C ve 60 °C de normal ve ozmotik olarak kurutulmuş, dilimlerin havayla kurutulması ise 1 saat boyunca yapılmıştır. 20 °C'nin üstündeki hava kurutma çilek matrix' inde değişikliklere neden olmuştur. Kurutma boyunca çilek dokusu ve suyun nüfuz ettiği bölge ile etkileşimini içeren bir modele ihtiyaç duyulduğunu tespit etmiştir.

Shishegarha ve ark. (2002) bütün ve dilimlenmiş çilekleri çeşitli sıcaklıklarda (30 °C, 40 °C, 50 °C, 60 °C ve 70 °C) dondurarak kuruttuktan sonra renk ve hacim değişiminin yanı sıra kurutma kinetiğini de araştırmışlardır. Kurutma süresi, ürünün kalınlığına orantılı olarak artmış ve ısıtma plakası sıcaklığı belirgin bir şekilde azalmıştır. 70 °C'ye kadar dondurarak kurutma sıcaklığının önemli bir etkisinin olmadığını, hue açısından ise % 22.5 ve % 42.4 oranında bir düşüş olduğunu gözlemlemişlerdir. Çileklerin dondurularak kurutulmasından sonra, % 8 (bütün) ve % 2 (dilimlenmiş) hacim azalması olduğunu gözlemlemişlerdir. Bununla birlikte, çökmüş çileklerin yüzdesi işlem sıcaklığıyla artmıştır. 50 °C'den yüksek ısıtma sıcaklıklarında, çilek kuru tabaka sıcaklığını, kurutulmuş meyvenin tahmini cam geçiş sıcaklığından daha yüksek bulmuşlar ve bunun da çökme riskini arttırdığını belirtmişlerdir.

Delgado ve Rubiolo (2005), çalışmalarında dondurulduktan ve çözündürme işlemlerinden sonra çilekteki mikroyapısal değişiklikleri incelemişlerdir. Taze çileği ve ozmotik olarak kurutulmuş çilek örneklerini, hava hızı, sıcaklığın farklı kombinasyonunu kullanarak dondurmuşlar ve eritmişlerdir. Hücreler arası alandan hücre içi bölgelere değişen derecelerde kütle taşıma ile sonuçlanan farklı donma ve çözme hızları kullanmışlardır. Görüntüleme elektromikroskopunu (SEM) kristal boyutu ve su hareketine bağlı olarak ortaya çıkan yapısal hasarların derecesini görselleştirmek için

kullanmışlardır. SEM'de yüksek donma veya çözülme oranları kullanılarak yapının daha iyi korunduğunu görmüşlerdir. Çözdürme için yüksek sıcaklıklar kullanıldığında, doku hasarının daha büyük olduğunu bulmuşlardır. Sükroz ile yaptıkları ön işlemde, ozmotik olarak kurutulmuş örneklerde toplam örnek kütlelerini yaklaşık 2.5 g/100g'ye düşürdüğünü, ancak doku bütünlüğünü etkilemediğini gözlemlemişlerdir. Gözlemlenen değişikliklerin nedeninin donma-çözülme koşullarının olduğu sonucuna varmışlardır.

Yanyang ve ark. (2006), yaptıkları araştırmada vakum dondurarak kurutma (FD) ve sıcak hava kurutma (AD) ile oluşan iki aşamalı bir karma yöntem kapsamında düşük maliyetli ve yüksek kalitede kurutulmuş çilekler elde etmişlerdir. FAD ürününün enerji tüketimi ve fizikokimyasal özelliklerini tek aşamalı AD ve tek aşamalı FD ile karşılaştırmışlardır. Ürünlerin kalite parametrelerini de incelemişlerdir. Kombine FAD kurutulmuş ürünlerin kalitesinin tek aşamalı FD'ye benzediğini bulmuşlardır. Bu nedenle, iki aşamalı kombinasyon kurutma yöntemini, tek başına vakumlu dondurma kurutma ile kıyasladıklarında daha düşük maliyette ve yüksek kaliteli ürün elde ettikleri için önermişlerdir.

Doymaz (2008), yaptığı araştırmada çileğin kurutma kinetiğini laboratuvar tipi kurutucuda incelemiştir. Ön işlem ile alkali etilen oleat çözelti ve işlenmemiş çilekleri 1.2 m/s sabit hava hızında ve 50 °C, 55 °C ve 65 °C sıcaklıklarda kurutmuştur. Kurutma hızı eğrilerini tanımlamak için 5 model kullanmıştır. Bunlar Lewis, Henderson ve Pabis, Logaritmik, Page, Wang ve Singh dir. 50 °C ve 55 °C sıcaklıkların her ikisi içinde çileğin özelliklerini tanımlamak için en iyi modelin Logaritmik model olduğunu bulmuştur. Wang ve Singh den elde edilen değerler diğer modellere göre 65 °C sıcaklık için daha uygun bulunmuştur.

Huang ve ark. (2008), yaptıkları araştırmada dondurularak kurutulmuş çilek parçalarının kaplanmasının ve kaplama sonrası kurutma yönteminin etkilerini incelemişlerdir. Kaplama çözeltisi için; % 10 peynir altı suyu proteini, % 3 gliserol, % 10 laktoz kullanmışlardır. Çilek parçalarının rengi, kaplama çözeltisine Na⁺ ve b-Cyclodextrin (b-CD) eklenerek bir dereceye kadar korunabilmiştir. En iyi Na⁺ ve b-CD oranları sırasıyla

3 mg/ml ve 0.5 mg/ml olmuştur. Kaplamalı dondurularak kurutulmuş çilek parçaları püskürtmeli bir zeminde kurutulmuştur. Kaplanan çilek parçalarının rehidrasyon özelliklerinin, kullanılan kurutma koşullarının yanı sıra kaplama süresinden de etkilendiğini bulmuşlardır.

Menlik ve ark. (2009), dondurarak kurutma işlemi; kurutma süresi, basınç, örnek kalınlığı, oda sıcaklığı, örnek sıcaklığı ve bağıl nem gibi farklı parametrelere dayanır. Bu nedenle, dondurarak kurutma işleminin MC ve MR gibi kurutma davranışlarının belirlenmesi çok karmaşıktır. Yaptıkları denemede, karmaşık işlemi basitleştirmek için dondurarak kuruttukları çileklerin kurutma davranışlarını yapay sinir ağları kullanarak modellemişlerdir. Ağda, aktarım işlevi olan Levenberg-Marquardt (LM) ve Fermi değişken ile geri besleme yayımlı öğrenme algoritmasını kullanmışlardır. Ayrıca R^2 , RMSE ve MAPE kullanılarak geliştirilen modelin doğruluğunu saptamışlardır. MC ve MR için, R^2 , RMSE ve MAPE sırasıyla, 0.999, 0.001924, 0.152284 ve 0.999, 1.87E-05, 0.13393 olarak belirlemişlerdir.

Maritza ve ark. (2012), yaptıkları araştırmada çileğin farklı kurutma işlemlerini incelemişler ve karşılaştırmışlardır. DIC işleminin, klasik sıcak havalı kurutmaya göre kurutma kinetiği ve performansları üzerinde büyük bir etkisi olduğunu tespit etmişlerdir. DIC dokulu çileklerin kurutulması, düşük sıcaklıkta bile hızlanmıştır. Aslında, basınç düşüşünün mekanik etkisi yapının genişlemesine yol açarken, ısı işlemin kısa sürmesiyle kalitenin korunduğunu görmüşlerdir. Böylece, yeni elde edilmiş doku, sıkışmış suyun, özellikle büzülmeden sonra kurutma işleminin ikinci aşamasında, rehidrasyon işleminde difüzyonun iyileştirilmesini sağladığını görmüşlerdir. Ayrıca su tutma kapasitesini daha yüksek bulmuşlardır. Sonuç olarak, klasik sıcak havalı kurutulmuş ürünlere kıyasla DIC işlemi ile kurutulmuş çileklerin depolama da optimum son su içeriğine ulaşmak için gereken sürenin daha kısa olduğunu tespit etmişlerdir.

Al-Hilpy ve AlRikabi (2013), çalışmalarında çilek (*Fragaria ananassa* Duch) dilimlerinin halojen kurutma özelliklerini araştırmışlardır. Kurutma deneylerini üç farklı sıcaklıkta (60 °C, 70 °C ve 80 °C) gerçekleştirmişlerdir. Kurutma sıcaklığının kurutma

hızı, kurutma katsayısı, verimlilik, antioksidan aktivitesi ve çileğin etkili difüzyon hızı üzerine etkisini değerlendirmişlerdir. Halojen kurutma işlemini tanımlamak için yaygın olarak kullanılan dokuz kurutma modeli kullanmışlar ve bunlar, Lewis, Page, Modified Page, Henderson ve Pabis, Logarithmic, Two-term model, Approximation of diffusion, Wang and Singh'dir. Sonuçta, kurutma sıcaklığının artmasıyla halojen kurutma işleminin hızlandığını görmüşlerdir. Tüm kurutma deneylerinde, süresinin düştüğünü gözlemlemişlerdir. Uyum testi sonucunda önerilen Modified Page modelinin 70 °C ve 80 °C'de deney sonuçlarına en iyi uyumu gösterdiğini ancak Page modelinin 60 °C sıcaklıktaki kurutma işleminin deney sonuçlarına en iyi uyumu verdiği belirtilmiştir.

Bruijn ve Borquez (2014), denemelerinde kurutma yöntemlerinin etkinliğini, vakumlu mikrodalga kurutma (VMD), sıcak hava kurutma (AD), konvektif havayla kurutma, vakumlu mikrodalga kurutma (AD-VMD) ve ardından ozmotik dehidrasyon, vakumlu mikrodalga (OD-VMD) ile çileklerde hem fizikokimyasal hem de yapısal değişiklikler üzerindeki etkilerini karşılaştırmışlardır. Kurutma performansı kuruma hızı, nem içeriği ve su aktivitesi ile değerlendirilirken, çileklerin kalite özelliklerindeki değişiklikler renk, doku, mikro yapı, büzülme ve rehidrasyon oranını ölçerek belirlemişlerdir. Mikrodalga destekli kurutma için suyun maksimum kurutma hızını 6.74×10^{-4} kg su / (kg kuru madde) bulmuşlardır. VMD'yi ozmotik dehidrasyon veya hava kurutma ile birleştirerek yaptıkları kurutma işleminde verimin artmadığını belirtmişlerdir.

Karaaslan ve Balta (2014), çalışmalarında yaş bazda 100 (± 0.04) g ağırlığında ve %91.62 (± 0.02) ilk nem içeriğine sahip çilek dilimleri, nem içeriği yaş bazda % 15.12' ye (± 0.05) düşene kadar mikrodalga fırında kurutmuşlardır. Mikrodalga kurutma işleminin etkileri (180 W, 360 W, 540 W, 720 W ve 900 W); fan destekli konveksiyon (100 °C, 150 °C, 200 °C) kurutma süresinde kombine fan destekli konveksiyon (100 °C, 150 °C, 200 °C) ve mikrodalga (180 W ve 360 W) çilek dilimlerinin kurutma oranını incelemişlerdir. Kurutma verilerine 7 farklı matematiksel modelleme uygulamışlardır. Bunlar Newton, Page, Henderson ve Pabis, Midilli-Küçük, Wang ve Singh, Çift dönemli, Çift dönemli üstel denklem modelleridir. Bu modellerin performanslarını, gözlemlenen ve tahmin edilen nem oranları arasındaki tespit katsayısı (R^2), standart

tahmin hatası (SEE) ve artan karenin toplamına (RSS) göre karşılaştırmışlardır. Midilli-Küçük modelini, diğer modeller ile karşılaştırdıklarında deneysel kurutma verilerine daha iyi uyum sağladığını gözlemlemişlerdir.

Macias (2014), denemesinde sıcak havalı kurutmanın, dondurarak kurutmanın ve vakumlu kurutmanın, çilek üzerindeki etkisini değerlendirmek (*Fragaria var. Camarosa*), kalitesini karşılaştırmak ve rehidrasyon kinetiği, biyoaktif bileşikler ve antioksidan aktivitesi ile gevrek özellikleri ve gevrek olarak doku parametreleri açısından karşılaştırmıştır. Elde edilen sonuçlar, vakumlu kurutma yönteminin klasik sıcak hava kurutma ve dondurarak kurutma ile karşılaştırıldığında düşük maliyetli bir işleme yol açtığı ve kuruma süresini azaltmaya yardımcı olduğunu göstermiştir. Vakumlu kurutma, çileğin besin değerini ve biyoaktif bileşenlerini koruyarak kullanılabilirliğini arttırdığını belirtmiştir. Ayrıca, çileklerdeki antioksidan aktivite ile total antosiyanin içeriği arasında kuvvetli bir kolerasyon olduğunu tespit etmiştir. Bunun dışında, kurutulmuş kuru çilek ilginç bir makro ve mikro yapı gösterdiğini belirtmiştir. Kontrollü basınç düşüşü tedavisinde anlık dekompresyon sürecinin bir sonucu olarak ortaya çıkan mikro-alveolasyon fenomeninin neden olduğu yüksek genişleme oranları ve belirgin netlik sunduğunu bulmuştur. Ayrıca son kurutulmuş örneklerin gevrek/gevrek özelliklerini ölçmüştür. Meyvenin "aperatif" gibi çıtır çıtır ve sağlıklı içeriğini değerlendirerek kontrollü basınç düşüşü çalışma parametrelerini değiştirmek, kontrol etmek ve optimize etmesi mümkün olmuştur. Ve endüstriyel veya tüketici ihtiyaçlarına göre dizayn edilebildiğini belirtmiştir.

Santos ve ark. (2014), denemelerinde çileğin konvektif kurutmayı iyileştirmek için hava kaynaklı ultrasonik uygulama araştırmışlardır. Deneyleri, 0.30 W ve 60 W akustik güçte ve 40 °C, 50 °C, 60 °C ve 70 °C hava sıcaklığında gerçekleştirmişlerdir. Desorpsiyon izotermi ve büzülme şeklini de deneysel olarak belirlemişlerdir. Kurutma kinetiğini tanımlamak için, hem konvektif taşıma hem de büzülmeyi dikkate alan bir difüzyon modeli kullanmışlardır. Hem uygulanan akustik güçte hem de sıcaklıktaki artışın, kuruma süresinde önemli bir düşüşe (% 13-44) neden olduğunu bulmuşlardır. Güç ultrasonunun, etkili nem difüzyon hızında ve kütle transfer katsayısında önemli bir ($p <$

0.05) iyileşme olduğunu belirtmişlerdir. Sonuçta, konvektif kurutma sırasında ultrasonik uygulamanın, çilek gibi ısıya duyarlı ürünler için gereken kuruma süresini azaltmak için umut verici bir destekleyici teknoloji olduğu vurgulanmıştır.

Borquez ve ark. (2015), yaptıkları araştırmada çilek kurutma için görüntü, renk ve doku bakımından yüksek kaliteli bir ürün elde etmek amacıyla otomatik sıcaklık kontrol özelliğine sahip bir mikrodalga-vakumlu kurutma sistemi geliştirmişlerdir. Çileklerin kalite özelliklerindeki değişiklikleri renk, doku, büzülme ve rehidrasyonu ölçerek belirlemişlerdir. Mikrodalga-vakum kurutma (47 mm Hg), 50 °C ve 700-W gücünde otomatik sıcaklık kontrolü kullanılarak uygun rehidrasyon performansını belirlemişlerdir. Hafif bir renk kaybı gözlemlemişlerdir. Çilek kurutma sırasında otomatik sıcaklık kontrollü kullanılarak tüketilen enerjiyi 1.30 ile 2.30 Wh/g arasında bulmuşlardır. Otomatik moddaki işlemin etkinliğini, manüel moddaki verimliliğinden 13.5 kat daha yüksek olduğunu saptamışlardır. Otomatik açma-kapama kurutma protokolü geliştirmişlerdir.

Changrue ve ark. (2016), denemelerinde bir kurutma ürününün kütlesinin ve sıcaklığının zamansal değişimini kaydetme yeteneğine sahip bir laboratuvar ölçekli mikrodalga vakumlu kurutucu tasarlamış ve üretmişlerdir. İlk çalışma olarak, bir vakum basınç kontrol valfinin konumunun 6.5 ve 13.3 kPa iki vakum basınç seviyesinde, 1.5 W/g sabit bir mikrodalga güç girişi ile etkisini araştırmak için kurmuşlardır. Daha sonra, ürün sıcaklığının kurutma üzerindeki etkisini ve giriş mikrodalga güçlerinin (1, 1.5 ve 2 W/g), sabit bir vakum basıncına (6.5 kPa) etkisini araştırmak için ön çalışma olarak çileklerin yarısı ve havuç küpleri (10 x 10 x 10 mm) kullanmışlardır. Havanın vakum kabininden geçmesine izin veren valfin konumunun, daha kısa kuruma süresi sağladığını ve su buharı yoğunlaşmasının oluşumunu azalttığını bulmuşlardır.

Johnson ve Al Mukhaini (2016), kurutma deneylerini, 0.18, 0.22 ve 0.26 m'lik hava akış hızları için 50 °C, 60 °C ve 70 °C sıcaklıklarda 30cm x 30cm x 20cm hazneli bir laboratuvar ölçekli tepsi kurutucu kullanarak çilek dilimleri ve şeftali üzerinde gerçekleştirmişlerdir. Deneysel verilerin Page ince tabaka kurutma modeline uygun

olduğunu belirlemişlerdir. Difüzyon katsayılarını, çilek için 5.39, 7.41 ile $8.59 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ ve şeftali için 3.99, 5.37 ile $7 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ bulmuşlardır.

Szandzinska (2016), denemesinde birlikte veya ayrı ayrı hareket eden mikrodalga ve ultrason ile güçlendirilmiş çileklerin konvektif kurutulmasının sonuçlarını araştırmıştır. Biyolojik ürün için beş kurutma programı, farklı mikrodalga ve ultrason uygulaması ile uygulamış ve referans testi olarak saf konvektif kurutma gerçekleştirmiştir. Denemesindeki amaç, kurutulan ürünün kalitesini, toplam enerji tüketimini ve kurutma kinetiği ile hibrit kurutmanın etkilerini analiz etmektir. Çileğin, ısı ve kütle aktarımının mikrodalga ve ultrason ile veriminin önemli ölçüde geliştirilmesine konvektif kurutmanın yardımcı olduğunu saptamıştır. Ancak, mikrodalga ve ultrasonun, enerji tüketimini ve ürün kalitesini farklı şekillerde etkilediğini bulmuştur. Mikrodalgalar, en iyi "ısıtma etkisini" ve ultrason da önemli ölçüde "titreşim etkisini" göstermiştir. Birlikte hareket eden bu iki enerji kaynağının da "sinerjik etki" nedeniyle kuruma hızını artırdığını bulmuştur.

Tan ve ark. (2016), yaptıkları denemede, çilek kurutulmasını sayısal ve deneysel olarak araştırmışlardır. Deneylerde kurutma hava hızının etkisini araştırmak için 1 cm kalınlığında çilek dilimleri kullanmışlardır. $70 \text{ }^\circ\text{C}$ hava sıcaklığında üç farklı hızda (0.5, 1 ve 2 m/s) 5 saatlik deneyler yapmışlardır. Kurutma hava hızının 0.5'ten 2 m/s'ye çıkarttıklarında kuruma süresinin ortalama % 17 azaldığını görmüşlerdir. Ayrıca, deneysel çalışmadan elde ettikleri verileri sayısal sonuçlarla karşılaştırmışlardır. Sonuçları birbiriyle uyumlu bulmuşlardır. Son olarak, hava sıcaklığının ve ürün kalınlığının kurutma üzerine etkisini sayısal olarak incelemişlerdir.

Adak ve ark. (2017), farklı kurutma koşullarının etkilerini, çileğin kalitesi, hızı ve kurutma hava sıcaklığını değerlendirmişlerdir. Hava sıcaklığı, hızı ve kızılötesi güç arttığında kurutma zamanının azaldığını saptamışlardır. 100 - 300 W'a kadar güç, $60 - 80 \text{ }^\circ\text{C}$ ye kadar sıcaklık ve $1.0 - 2.0 \text{ m.s}^{-1}$ e kadar hız artışı meyve renk kalitesini azalttığını belirlemişlerdir. Toplam fenol için, 1.0 m.s^{-1} , $60 \text{ }^\circ\text{C}$ ve 300 W antoksiyonin içeriği diğer deneysel koşullar için daha uygun olduğunu bulmuşlardır. Kurutma

süreçlerinde, K, P ve N içeriklerinin arttığını ve Ca, Mg, Fe, Mn, Zn ve Cu içeriklerinin azaldığını belirlemişlerdir. Çileğin içindeki besinleri korumak için kızılötesi kurutma da uygun koşulların, 200 W, 100 °C ve 1.5 m.s⁻¹ olduğunu tespit etmişlerdir.

Amami ve ark. (2017), çalışmalarında ön işlem olarak ultrasonik ozmotik dehidrasyon (UOD) uygulamasıyla kurutulmuş çilek üretimi planlamışlardır. Ağırlık azaltma (WR), katı kazanç (SG) ve su kaybı (WL) üzerindeki sıcaklık ve UOD çilek işlemini ayırt etmek, ultrason süresini (10, 20 ve 30 dakika), ozmotik çözelti konsantrasyonu (distile su 32.5 ve 65 Brix) gibi bağımsız değişkenlerin etkisini optimize etmek için bir Box-Behnken tasarımı (BBD) kullanmışlardır. Aynı BBD, ultrason uygulaması olmadan OD' nin temel etkilerini tahmin etmek için kullanmışlardır. Mümkün olan maksimum WL ve WR değerlerine ve minimum SG değerine dayanan çok kriterli bir optimizasyon sağlamışlardır. Optimize edilmiş çalışma koşulları altında gerçekleştirilen OUD' un çileklerin 40 °C, 50 °C ve 60 °C'de konvektif havayla kurutmanın kinetiği ve 1 m/s hızındaki etkileri Yıkama/ Difüzyon (CWD) birleştiğinde fenomenolojik modelini kullanmışlardır. Taze ve UOD ile kurutulmuş çileklerin renk farkı, Chroma ve ton (hue) açısını değerlendirmişlerdir. Kalite özellikleri; fenolik içerik, antioksidan aktivitesi, rehidrasyon kapasitesi ve X ışını toz kırınım özelliklerini hesaplamışlardır.

Can (2017), araştırmada püskürtmeli kurutma parametrelerinin yaban mersini ve çilek özleri üzerine etkilerini incelemiştir. Tepki yüzey metodları püskürtmeli kurutma koşullarını optimize etmek için uygulamıştır. Beslenme debisi ve hava debisini sabit tutmuştur. Hava giriş sıcaklığı (120 °C-150 °C), beslenme karışımındaki kütle yüzdesi (kuru bazda m/m % 15-50) ve beslenme karışımı (20-40 °Brix) bağımsız işlem değişkenleri olarak kullanmıştır. Püskürtmeli kurutmanın optimum koşulları, maksimum tepki seviyelerine dayandığını belirtmiştir. Optimum sıcaklık, özüt kütle yüzdesi ve beslenme karışımı özütü çilek için 120 °C, % 23.26 (m/m) ve 20.00 °Brix ve yaban mersini için 120 °C, % 19.51 20.03 °Brix olarak hesaplamıştır. Optimum koşullar altında maksimum tepki seviyeleri, çilek için % 91.95'lik operasyonel verimlilik, % 72.62 fenolik muhafaza ve yaban mersini için % 91,20'lik operasyonel verimlilik, %

87.12 fenolik muhafaza olarak elde etmiştir. Yaban mersini ve çilek özü tozu üretiminde en önemli değişkenin özüt kütle yüzdesi olduğu sonucuna varmıştır.

Lagunas ve ark. (2017), araştırmalarında çilekler üzerindeki sıcaklıkla ilgili kurutma etkileri, antioksidan aktivitesi (AA), antosiyaninleri (A) ve toplam fenolik bileşik içeriği (TPC) kinetiğini ve ayrıca renk açısından inceleme yapmışlardır. Havanın hızını 1.5m/s ve kurutma sıcaklıklarını 50 °C ve 60 °C olarak belirlemişlerdir. Antioksidan özelliklerini değerlendirmek için 2,2-difenil, 2-pikril-hidrazil, PH diferansiyel ve Folin-Ciocalteu yöntemlerini kullanmışlardır. TPC ve AA kinetiği ile enzimlerin inhibisyonuna sebep olan azalmanın ilk ve son bozulma periyodunu göstermişlerdir. Bu iki dönem arasında, belirli su içeriği ve sıcaklık koşulları altında hiçbir bozulma reaksiyonunun meydana gelmediğini belirtmişlerdir. AA, A ve TPC için sırasıyla % 74, 45 ve 78'e varan son kayıplar bulmuşlardır. Toplam renk değişimini (DE), 60 °C'nin 50 °C'den daha düşük dereceye sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Prosapio ve Norton (2017), yaptıkları denemede ozmotik rehidrasyonun etüv kurutma ve dondurarak kurutma performansına etkisini incelemişlerdir. İlk olarak, su desorpsiyonu için en iyi koşulları bulmak amacıyla ana ozmotik dehidrasyon parametrelerinin etkilerini araştırmışlardır. İkinci olarak, ozmotik ön işlemlerle, etüv kurutma, dondurarak kurutma ve onların kombinasyonları ile deneyler uygulamışlardır. Her tekniğin son nem içeriği, su aktivitesi, rehidrasyon kabiliyeti, dokusal özellikleri ve mikro yapısı açısından sonuçlarını karşılaştırmış ve tartışmışlardır. Sonuç olarak ön işlem uygulamasının işlem süresini önemli ölçüde azalttığını ve gıda özelliklerinin daha iyi korunmasına olanak sağladığını gözlemlemişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırma kapsamında, kurutma materyali olarak Tokat Merkez ilçesinde yetiştiriciliği yapılan kurutmaya elverişli çileklerden Albion çeşidi kullanılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Kurutma denemelerinde kullanılan çilek

Çizelge 3.1. Denemelerde kullanılan taze çileklere ait bazı değerler

Meyve Özellikleri *	Çilek
Meyve uzunluğu (mm)	30.42±2.20
Meyve genişliği (mm)	25.74±1.60
Meyve kalınlığı (mm)	23.20±2.01
Meyve ağırlığı (g)	6.93
L değeri	25.29±4.48
a değeri	23.57±2.58
b değeri	4.32±1.08
Nem içeriği (% yb)	% 87.51

* Ortalama değerlerdir

Kurutma denemeleri için kullanılan çilekler, buzdolabı sıcaklığında ($4 \pm 0,5$ °C) muhafaza edilmiştir. Kurutma işlemine başlamadan önce çilekler aynı boyutlarda seçilmiş ve uzun ekseni boyunca 2 eşit parçaya ayrılarak ön hazırlık işlemi yapılmıştır. Hazırlanan ürünler, her bir kurutma yöntemi ve sıcaklığı için üç tekerrür olacak şekilde kurutma kaplarına yerleştirilmiştir.

3.2. Yöntem

Yapılan çalışmada, altı farklı kurutma yöntemi ve üç farklı sıcaklık değeri kullanılmıştır. Kurutma yöntemleri olarak; etüv, vakumlu etüv, laboratuvar tipi konvektif kurutucuda, sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucuda, güneş ve gölge ortamları seçilmiştir. Ön denemeler sonucunda sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutma yönteminde 45 °C, 50 °C ve 55 °C sıcaklıkları, diğer kurutma yöntemlerinde ise 50 °C, 60 °C ve 70 °C sıcaklıklarının uygulanmasının uygun olduğuna karar verilmiştir.

3.2.1. Nem tayini

Kurutma denemeleri için seçilen çileklerin, hasat sonrası ilk nem seviyelerini belirlemek amacıyla etüvde nem tayini işlemi yapılmıştır. Hasat sonrası çileklerin yaş baza göre ortalama nem içeriği % 87.51 olarak tespit edilmiştir. Nem tayini için 60 ± 1 gr kadar örnek kullanılarak üç tekerrür şeklinde yapılmıştır. Her deneme için kullanılan materyalin üç tekerrürden ikisi son ağırlığa ulaştığında işlem sonlandırılmıştır. Nem tayininde Şimşek Laborteknik marka ST-120 tip model etüv kullanılarak 70 °C sıcaklıkta yapılmıştır. Kurutma süresi boyunca üründeki ağırlık değişimini belirlemek için, kurutulan ürün belirli aralıklarla tartılmıştır. Tartım işlemlerinde 0.01 g hassasiyetinde çalışan Şimşek Laborteknik marka AND GF- 3000 model elektronik terazi kullanılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Hassas terazi

3.2.2. Etüvde kurutma

Araştırma kapsamında kurutma denemelerini yapabilmek için Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Kurutma Laboratuvarı'nda bulunan Şimşek Labortechnik marka ST-120 tip model etüv kullanılmıştır (Şekil 3.3). ST-120 tip etüv ebat olarak diğer tipe göre daha büyük olup 250 °C sıcaklığa kadar ayarlanabilme özelliğine sahiptir.



Şekil 3.3. Etüv

Kurutma işlemi için 50±1 g ağırlığında tartılarak uzun ekseni boyunca 2 eşit parçaya kesilen çilekler alüminyum kasele konulup hazırlanmıştır (Şekil 3.4). Bu kurutma yönteminde üç farklı sıcaklıkta kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kurutma sıcaklıkları ön denemeler sonucunda 50 °C, 60 °C ve 70 °C olarak belirlenmiş ve bütün denemeler üçer tekerrür olarak yapılmıştır (Şekil 3.5). Hesaplanan son ağırlık değerlerine ulaşan çileklerin kuruma işlemi sonrasında bozulmaması için vakit kaybetmeden plastik tüpler içerisinde buzdolabına konulmuştur.



Şekil 3.4. Etüv kurutma için hazırlanan örnekler

3.2.3. Vakumlu etüvde kurutma

Kurutma denemeleri için Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Kurutma Laboratuvarı'nda bulunan CLS SCIENTIFIC marka CLVO-64T tip model vakumlu etüv kullanılmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Vakumlu etüv

Kurutma işlemi için 50 ± 1 g ağırlığında tartılarak uzun ekseni boyunca 2 eşit parçaya kesilen çilekler alüminyum kaselere konularak hazırlanmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Vakum kurutma için hazırlanan örnekler

Vakum kurutma yönteminde ön denemeler sonucunda 50 °C, 60 °C ve 70 °C sıcaklıklarda ve 100 mbar vakum altında kurutulmuştur. Bütün denemeler üçer tekerrür olarak yapılmıştır.

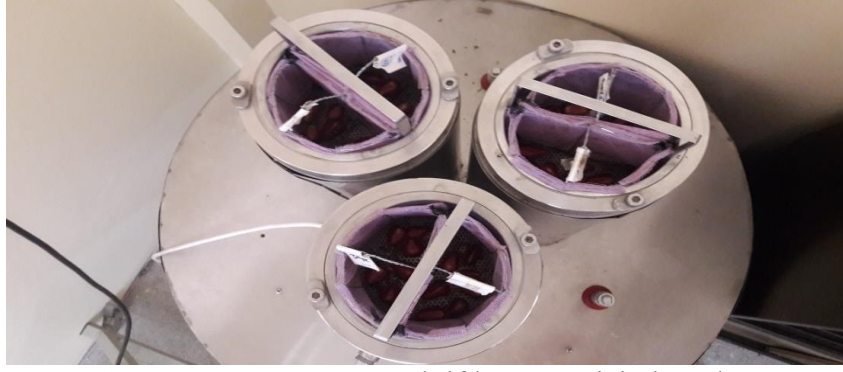
3.2.4. Laboratuvar tipi konvektif kurutucuda kurutma

Kurutma denemeleri için çilekler, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Kurutma Laboratuvarı'nda bulunan Laboratuvar Tipi Konvektif Kurutucu kullanılarak kurutulmuştur (Şekil 3.7). Kurutucu hava sıcaklığı ve debi kontrol edilebilmektedir. Laboratuvar tipi konvektif kurutucuda 6 kW gücünde bir ısıtıcı bulunmaktadır. Laboratuvar tipi konvektif kurutucu; kurutma odası, üç adet kurutma kanalı ve kontrol panosu olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır. Kurutucuda bulunan fan tarafından emilen çevre havası, elektrikli ısıtıcıdan geçirilerek kullanılacak sıcaklığa ayarlanabilmektedir. Kurutma odası iç içe geçmiş iki silindirden oluşmakta ve ısınan sıcak hava kurutma odasına gönderilmektedir. Daha sonra ısınan sıcak hava ürünlerin yerleştirildiği kurutma kanallarına iletilmektedir.



Şekil 3.7. Laboratuvar tipi konvektif kurutucu

Kurutma işlemi için çilekler, 50 ± 1 g ağırlığında tartılıp uzun ekseni boyunca 2 eşit parçaya kesilerek cihazın kendi taşınabilir aparatlarına yerleştirilmiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8.Laboratuvar tipi konvektif kurutucu için hazırlanan örnekler

Laboratuvar tipi konvektif kurutucuda yapılan kurutma işlemleri ön denemeler sonucunda 50 °C, 60 °C ve 70 °C sıcaklıkların seçilmesi uygun bulunmuştur. Denemelerin tümü üçer tekerrür olarak yapılmıştır. Kuruma işleminin sonunda son nem değerine ulaşan çileklerin bozulmaması için plastik tüpler içerisinde saklanmak üzere buzdolabına konulmuştur.

3.2.5. Sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucuda kurutma

Çalışma kapsamında, kurutma denemeleri için kullanılan çilekler Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Kurutma Laboratuvarı'nda bulunan Kenwood marka Sıcaklık Kontrollü Mikrodalga da kurutulmuştur (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucu

Sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucuda güç kontrol ünitesi iptal edilmiştir. Kurutucuda temassız kızılötesi sıcaklık sensörü ve kontrol paneli bulunmaktadır. Temassız kızılötesi sıcaklık sensörü, mikrodalganın ışınlarından zarar görmemesini

sağlamaktadır. Kontrol paneline istenen sıcaklık değeri girilmektedir. Sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucudaki ürünün sıcaklığı belirlenen kurutma sıcaklığına ulaştığı anda mikrodalga otomatik olarak kapanmaktadır. Mikrodalga kurutucu içerisindeki ürünün sıcaklığı kurutma sıcaklığının altına düştüğü anda ise otomatik olarak mikrodalga çalışmaya başlamaktadır. Üründe yanma ve kararma olmaması için 15 sn bekleme süresi girilmekte ve bekleme süresi sonrası mikrodalga otomatik olarak çalışmaktadır.

Deneme için ürünler ortadan ikiye kesilerek 50 ± 1 g kadar örnek kullanılmıştır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucuda kurutulan örnekler

Sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutma işlemi 45 °C, 50 °C ve 55 °C sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir.

3.2.6. Güneşte ve gölgede kurutma

Güneşte ve gölgede kurutma yöntemlerinde çilek örneklerini dış ortamda kurutabilmek için tel ile kaplanmış kafesler kullanılmıştır. Kurutma kafesi dış ölçüleri 75 × 75 cm ve çitelerin kalınlıkları 3.5 cm'dir. Kurutma kafeslerin kullanım alanlarının iç ölçüleri 70 × 70 cm, dışarıya doğru çita payları 2.5 cm'dir. Kurutma kafeslerinin kullanım amacı, materyale zararlı böceklerin, tozların konmasını ve kuşların materyale zarar vermesini engellemektir. Kurutma kafesleri orta kısımlarından menteşeli ve açılır kapanır şeklindedir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Kurutma kafesi

Kurutma materyali olarak kullanılan çilekler, diğer kurutma yöntemlerinde olduğu gibi uzun ekseni boyunca 2 eşit parçaya kesilerek 54 ± 1 g ağırlığında tartıldıktan sonra kağıt tabaklara konulmuştur (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Güneşte ve gölgede kurutma için hazırlanan örnekler

Kurutma denemeleri boyunca dış ortam hava sıcaklığı ve bağıl nem değerleri veri kaydedici (HOBO tem/RH , H08-003-02 tip) kullanılarak kaydedildi.

Doğal kurutma yöntemlerinden gölgede kurutma işlemi iki kez tekrarlanmasına rağmen çilek örnekleri için çürüme meydana geldiği için Tokat şartlarında çileğin gölgede kurutulmasının uygun olmadığı belirlenmiştir.

3.3. Matematiksel Modelleme

Araştırma kapsamında, kurutma materyalinin süreye bağlı uzaklaşan nem oranının zaman içerisindeki değişimini belirlemek için aşağıda verilen eşitlik kullanılmıştır.

$$ANO = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} \quad (1)$$

ANO: Ayrılabilir nem oranı

M: Kurutulan materyalin anlık nem içeriği

M_e: Kurutulan materyalin verilen durumdaki denge nemi

M₀: Kurutulan materyalin ilk nem içeriği

Kuruyan materyalin nem içeriği kuru baza göre belirlenmiştir. Fakat kurutma havasındaki nem içeriğinin kurutma boyunca değişken olması ve denge nem değerlerinin diğer nem değerlerine (M₀ ve M_e) göre çok düşük olması nedeniyle ayrılabilir nem oranı aşağıdaki basitleştirilmiş eşitlikte hesaplanmıştır.

$$ANO = \frac{M}{M_0}$$

Kurutma materyali olarak kullanılan çileğin kurutma eğrilerini modellemek için Page, Jena Das, Midilli-Küçük, Lewis ve Yağcıoğlu eşitlikleri kullanılarak parametre değerleri, varyans analiz sonuçları ve kararlılık katsayısı olan R² değerleri elde edilmiştir. Kullanılan modellerin eşitlikleri aşağıda verilmiştir.

Page

$$f = \exp(-kt^h) \quad (2)$$

Jena Das

$$f = k \exp(-ht + j\sqrt{t}) + m \quad (3)$$

Midilli-Küçük

$$f = k \exp(-ht^j) + mt \quad (4)$$

Lewis

$$f = \exp(-kt) \quad (5)$$

Yağcıoğlu

$$f = k \exp(-ht) + j \quad (6)$$

3.4. Renk Analizi

Çalışmada kullanılan çileklerin hem taze hem de kurutulmuş hallerinin renk değerleri ölçülmüştür. Renk analizi yapılırken renk ölçer (Chromometer) olarak Minolta marka CR400 model kullanılmıştır. Örneklerden on beşer adet ölçüm yapılarak L, a ve b değerleri belirlenmiştir.

"L" değeri materyalin parlaklık değerini ifade etmekte ve 0-100 arasında değerler almaktadır. L değeri 0 değerini aldığı anda siyah renk yansımanın hiç olmadığını, L değeri 100 değerini aldığı anda ise ürün beyaz renkte yansımanın tam olduğunu ifade etmektedir.

"a" değeri renk skalası materyalin kırmızılık değerini ifade etmektedir. Kırmızılığı pozitif a değerleri temsil ederken, yeşil rengi negatif a değerleri temsil etmektedir.

"b" değeri renk skalası ise materyalin sarılık değerini ifade etmektedir. Sarı rengi pozitif b değerleri temsil ederken, mavi rengi negatif b değerleri temsil etmektedir. "a" ve "b" değerleri sıfır değerini aldığı durumda ise renksizliği yani griliği ifade etmektedir (McGuire , 1992).

Analizde ölçülen L, a ve b değerleri kullanılarak Kroma değeri (C), Hue açısı (h°), ve BI (kahverengilik) değerleri hesaplanmıştır.

Kroma değeri (C) üründe, rengin doygunluğunu, canlılığını ifade etmektedir. Donuk renkler ürünün kroma değerinin düşük olduğunu gösterirken, canlı renkler ürünün

kroma değerinin yüksek olduğunu göstermektedir. Kroma ve hue açısı değerleri aşağıda verilen formüllerle hesaplanmıştır.

$$C = (a^2 + b^2)^{1/2} \quad (7)$$

$$h^\circ = \tan^{-1} \left(\frac{b}{a} \right) \quad (8)$$

C = Croma değeri

h° = Hue açısı

a = ölçülen renk skalası

b = ölçülen renk skalası

Bir başka ifade ise kahverengileŐme indeksidir. KahverengileŐme indeksi, kahverengi renginin saflığını gösterirken, kurutma yöntemi ve sıcaklığının ürün rengine meydana getirdiği deęiŐimleri tanımlamada kullanılan önemli bir parametredir. (Palou ve ark. 1999). KahverengileŐme indeksini hesaplamak için aşağıda verilen formüller kullanılmıştır.

$$BI = \frac{[100(x-0,31)]}{0,17} \quad (9)$$

BI = KahverengileŐme indeksi

$$x = \frac{a + (1,75xL)}{[(5,645xL) + (a - (3,012xb))]} \quad (10)$$

L = llen renk skalası

a = ölçülen renk skalası

b = ölçülen renk skalası

3.5. Kimyasal Analiz

Kurutulmuş taze ürünlerde SÇKM, pH ve TA (Titrasyon Asitliği) analizleri yapılarak tüm kurutma yöntemleri karşılaştırılmıştır.

3.5.1. SÇKM (Suda çözüdür kuru madde oranı)

Mikserde homojen hale getirilen çilek pulpları içeriklerinin belirlenmesi için filtre kağıdı ile süzölmüştür. Süzölen çilek pulpları ATAGO marka Pocket Refractometer PAL-1 tip dijital refraktometre yardımıyla SÇKM değeri ölçömleri yapılmıştır (Şekil 3.13 ve Şekil 3.14).



Şekil 3.13. Refractometre



Şekil 3.14. Süzölen çilek pulpları

3.5.2. pH

Mikserde homojen hale getirilen çilek pulpundan 5 g çilek örneği alınarak üzerine 95 g saf su eklenerek 100 g 'a tamamlanmıştır. Çözelti HANNA 2211 marka pH-metre ile doğrudan cam elektrot daldırılarak pH ölçömleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.15 ve Şekil 3.16).



Şekil 3.15. Hazırlanan karışım (100 g)



Şekil 3.16. pH metre

3.5.3. TA (Titre edilebilir asitlik)

Karışım pH-8.01 olana kadar 0.1 normal NaOH ile fenolfitaleyn eşliğinde VELP SCIENTIFICA- ARE Heating Magnetic Stirrer marka karıştırıcı ile titre edilerek titrasyon asitliği değeri belirlenmiştir (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Titrasyon asitliği

Aşağıda verilen formüllerle % asitlik miktarı hesaplanmış ve g/100g olarak ifade edilmiştir.

$$\% \text{ Asitlik (g/100g)} = \frac{V \times N \times ME}{M} \times 100 \quad (11)$$

V = Titrasyonda harcanan 0,1 N Na OH miktarı, ml

N = Na OH çözeltisinin normalitesi

Me = Eşdeğer gram ağırlığı

M = Örnek ağırlığı, g

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırma kapsamında, etüvde, vakumlu etüvde, laboratuvar tipi konvektif kurutucuda, sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucuda, güneşte ve gölgede olmak üzere altı farklı kurutma yöntemi kullanılarak denemeler yapılmıştır. Yapılan kurutma denemelerine ait kurutma performans değerleri, matematiksel modelleme, renk ve kimyasal analiz sonuçları aşağıda başlıklar halinde ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

4.1. Kurutma Performans Değerleri

Çalışma kapsamında, yapılan nem tayini sonunda belirlenen ortalama ilk nem değeri % 87.51 olarak tespit edilmiş ve yaş baza göre % 10-13 nem seviyelerine kadar düşürülerek kurutulmuştur. Belirlenen ortalama son nem değerleri ile ortalama kuruma süreleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Kurutulan çileğin ortalama son nem oranları (% yb) ve ortalama kuruma süreleri

Kurutma Yöntemi	Sıcaklık	Kuruma Süreleri(Saat)	Nem İçeriği (% yb)
Etüv	50 °C	22.5	10.58
	60 °C	19.5	13.58
	70 °C	16.5	10.12
Vakumlu Etüv	50 °C	31.5	13.89
	60 °C	25.5	11.48
	70 °C	13.5	11.55
Laboratuvar Tipi Konvektif Kurutucu	50 °C	13.5	10.10
	60 °C	10.5	9.61
	70 °C	4.5	13.61
Sıcaklık Kontrollü Mikrodalga Kurutucu	45 °C	12.25	13.89
	50 °C	8.75	10.37
	55 °C	4.75	10.31
Güneş		52	9.13

Çizelge 4.1'e göre belirlenen değerler arasında en uzun kuruma süresi ortalama 28.2 ± 3 °C sıcaklıkta güneşte kurutma işleminde elde edilmiştir. En kısa kuruma süresi ise laboratuvar tipi konvektif kurutucuda 70 °C'de 4.5 saat olarak belirlenmiştir.

Etüv kurutma işleminde hava sıcaklığı 50 °C , 60 °C ve 70 °C'de sabit tutularak kurutma denemeleri yapılmıştır. Belirlenen ortalama kuruma süreleri küçük sıcaklıktan büyüğe doğru sırasıyla 22.5, 19.5 ve 16.5 saat olarak bulunmuştur. Bu kurutma yönteminde yaş baza göre belirlenen nem oranları ise sırasıyla % 10.58, % 13.58 ve % 10.12 olarak hesaplanmıştır.

Vakumlu etüvde yapılan işlemde kurutma hava sıcaklığı yine 50 °C, 60 °C ve 70 °C'de sabit tutularak kurutma denemeleri gerçekleştirilmiştir. Tespit edilen ortalama kuruma süreleri düşük sıcaklıktan yüksek sıcaklığa doğru sırasıyla 31.5, 25.5 ve 13.5 saat olarak bulunmuştur. Bu yöntemde kurutma sıcaklıklarına göre belirlenen ortalama nem oranı değerleri sırasıyla % 13.89, % 11.48 ve % 11.55 olarak belirlenmiştir.

Laboratuvar tipi konvektif kurutucuda yine aynı sıcaklık değerleri kullanılarak denemeler yürütülmüştür. Tespit edilen ortalama kuruma süreleri düşük sıcaklıktan yüksek sıcaklığa doğru sırasıyla 13.5, 10.5 ve 4.5 saat olarak bulunmuştur. Bu kurutma yönteminde de kurutma sıcaklıklarına göre, belirlenen ortalama nem oranı değerleri sırasıyla % 10.10, % 9.61 ve % 13.61 olarak hesaplanmıştır.

Sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucuda kurutma yönteminde ise kurutma hava sıcaklığı 45 °C, 50 °C ve 55 °C'de sabit tutularak kurutma denemeleri yürütülmüştür. Denemelerde belirlenen ortalama kuruma süreleri düşük sıcaklıktan yüksek sıcaklığa doğru sırasıyla 12.25, 8.75 ve 4.75 saat olarak bulunmuştur. Kurutma sıcaklıklarına göre, belirlenen ortalama nem oranı değerleri sırasıyla % 13.89, % 10.37 ve % 10.31 olarak tespit edilmiştir.

Karaaslan ve Balta (2014), çalışmalarında çileğin kombine mikrodalga-fan destekli konveksiyon kurutma yönteminde en uygun kurutma modelini belirlemişler ve

mikrodalga gücünün ve sıcaklığın artması ile kurutma sürelerinin azaldığını tespit etmişlerdir.

Doğal kurutma yöntemleri olarak güneşte ve gölgede kurutma işlemleri yapılmıştır. Ancak gölgede kurutma işleminde kullanılan materyal iki kez tekrarlanmasına rağmen tekrerrülerin tamamında belirlenen kuruma süreleri nem içeriğinin istenilen seviyeye ulaşmasına yetmemiştir.

Güneşte kurutma işleminde ise kullanılan materyalin kuruma süresi kesintisiz olarak 52 saat devam etmiştir. Kurutulan çileğin kurutma süresine göre son nem değeri 9.13 olarak hesaplanmıştır. Güneşte ve gölgede kurutma işlemi için sıcaklık değerleri kontrol altında tutulamamıştır. Bu nedenle deneme boyunca veri kaydedici yardımıyla ölçüm yapılmıştır. Deneme sonunda güneşte ve gölgede ölçülen sıcaklık değeri sırası ile ortalama 28.2 ± 3 °C ve 21.8 ± 2 °C olmuştur.

Çizelge 4.1 incelendiğinde yapay kurutucular içinde 70 °C sıcaklıkta kurutma işleminde en hızlı kurumanın hassas kurutucuda 4.5 saatte gerçekleştiği en yavaş kuruma süresinin ise etüvde 16.5 saatte gerçekleştiği görülmektedir.

Yapılan denemelerde kurutma sıcaklığının kuruma performansı üzerindeki etkisini belirlemek için üç farklı sıcaklık kullanılmıştır. Denemelerde kurutma sıcaklığı arttıkça kuruma süresinin azaldığı gözlemlenmiştir.

Al-Hilpy ve AlRikabi (2013), çileğin ince tabakalı halojen kurutucu üzerine matematiksel modelleme ve deneysel çalışmalarını inceledikleri araştırmalarında, kurutma sıcaklığının artmasıyla halojen kurutma işleminin hızlandığını gözlemlemişlerdir.

İzli (2016) çalışmasında uyguladığı 3 farklı kurutma yöntemi ile kuruttuğu kayısı örneklerinin kuruma süreleri incelendiğinde, artan sıcaklık ve mikrodalga güçlerinin kuruma sürelerinin azalmasında önemli etken olduğunu belirtmiştir.

Doğal kurutma yöntemleri arasındaki iliŐkiyi kuruma performansı açısından incelendiğinde; güneşte kurutmanın diğer kurutma yöntemleri ile karşılaştırıldığında kuruma süresinin en düşük 1.65 kat en yüksek ise 11.5 kat daha uzun sürdüğü hesaplanmıştır. Ancak gölgede kurutma işlemi kurutma performansı açısından Tokat ili Şartlarında ilek kurutma için uygun olmadığı sonucuna ulaŐılmıŐtır.

4.2. Matematiksel Modelleme

Kurutma işlemlerinde materyalin nem oranının zaman içerisindeki değişimi o ürünün kuruma eğrisini oluŐturur. Kuruma eğrisi baŐlangıç zamanında 1 değerini alır ve baŐlangıçta hızlı bir Şekilde deđiŐime uğrayarak sıfır değerine doğru azalma eğrisi gösterir.

Çileğin kurutma eğrilerini modellemek için Page, Jena Das, Midilli-küçük, Lewis ve Yağcıoğlu eşitlikleri kullanılarak belirlenen varyans analiz sonuçları ve kararlılık katsayısı olan R^2 değerleri izelge 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 ve 4.7'de verilerek ayrıntılı bir Şekilde açıklanmıŐtır.

Çizelge 4.2'de Page eşitliğine ait k, h gibi sayısal değerler ve eşitliklerin kararlılık değerini ifade eden modele ait " R^2 " değerini verilmiştir.

Çizelge 4.2. Page eşitliği parametrelerinin sayısal değerleri ve modele ait “R²” değerleri

Kurutma Yöntemleri	Sıcaklık	k	h	R²
Etüv Kurutma	50 °C	0.0751	1.2113	0.9973
	60 °C	0.0874	1.3047	0.9993
	70 °C	0.1193	1.3908	0.9989
Vakum Kurutma	50 °C	0.0387	1.2596	0.9952
	60 °C	0.0515	1.3687	0.9986
	70 °C	0.0739	1.4052	0.9973
Laboratuvar Tipi Konvektif Kurutucu	50 °C	0.3353	0.9097	0.9985
	60 °C	0.4190	0.9858	0.9994
	70 °C	0.6022	1.0859	0.9981
Sıcaklık Kontrollü Mikrodalga Kurutucu	45 °C	0.1298	1.2644	0.9970
	50 °C	0.2181	1.2254	0.9958
	55 °C	0.3455	1.4079	0.9981
Güneş		0.1657	0.7952	0.9884

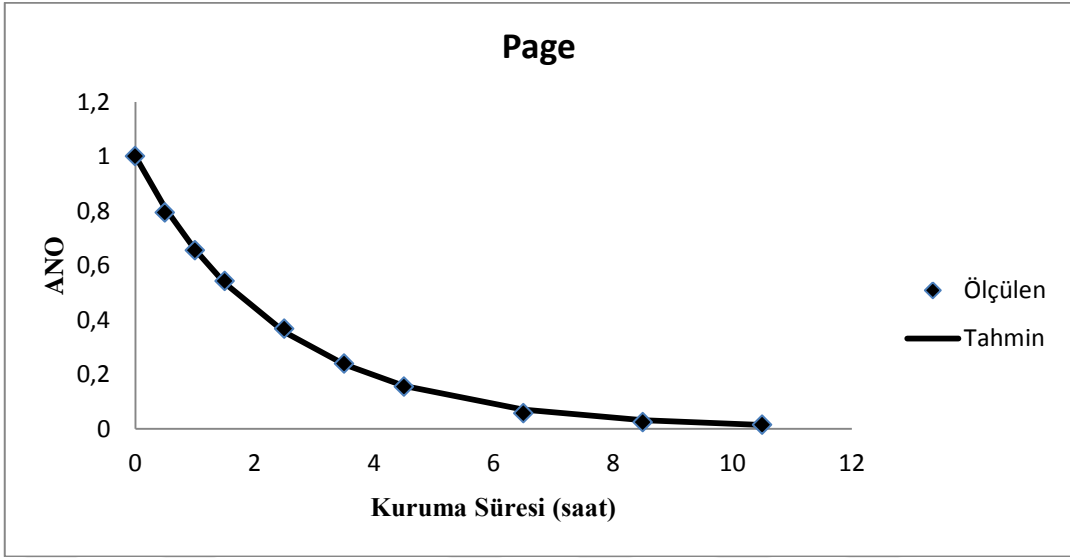
$$\text{Page Eşitliği : } f = \exp(-kt^h)$$

Çizelge 4.2'de verilen R² değerlerine bakıldığında en yüksek R² değerinin laboratuvar tipi konvektif kurutucuda 60 °C'de 0.9994 olarak hesaplanırken, en düşük R² değerinin güneş kurutma yönteminde 0.9884 olarak hesaplandığı görülmektedir.

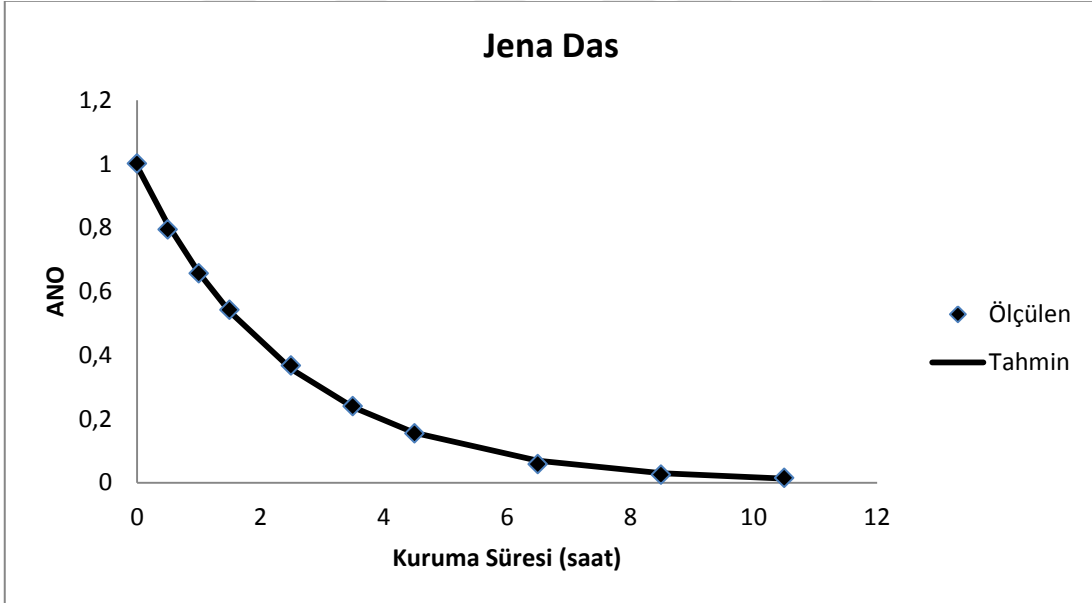
Hesaplamalar sonucunda Page eşitliğine göre en iyi veriler laboratuvar tipi konvektif kurutucuda 60 °C'de elde edilirken, en düşük veriler ise güneşte yapılan kurutma yönteminde elde edilmiştir.

Al-Hilphy ve AlRikabi (2013), çileğin ince tabakalı halojen kurutucu üzerine yaptıkları çalışmalarında, 60 °C sıcaklıktaki Page modelinin en iyi uyum sağladığını belirtmişlerdir.

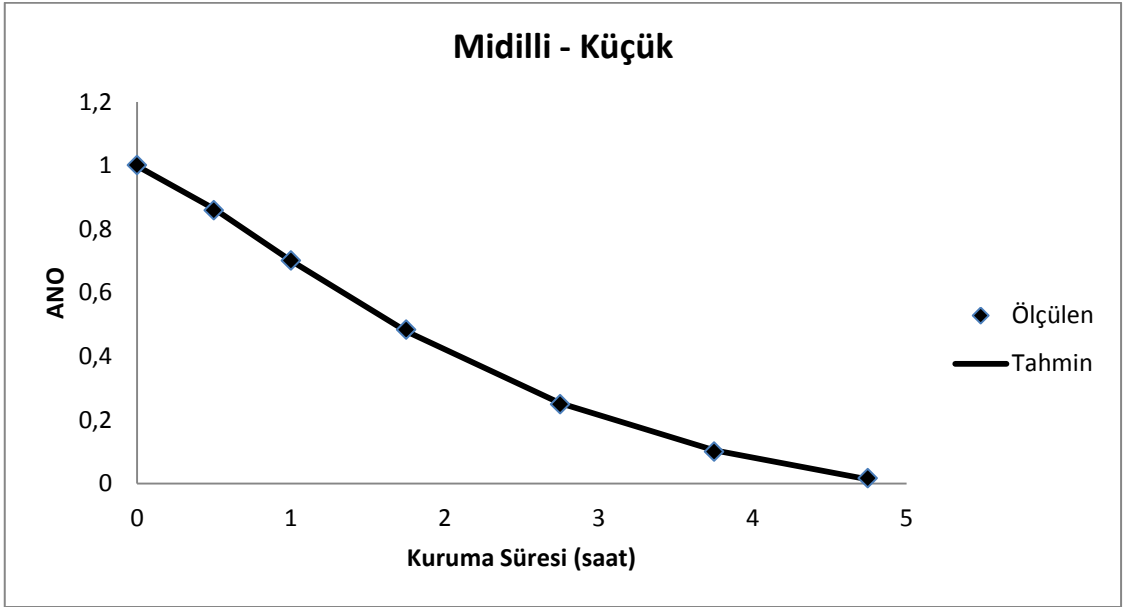
Bütün modeller ve bütün kurutma yöntemleri için ölçülen ve tahmin edilen değerlerde 65 tane grafik oluşturulmuştur. Şekil 4.1'de Page eşitliği modeli kullanılarak laboratuvar tipi konvektif kurutucuda 60 °C kurutma yöntemine ait zamana bağlı nem oranları verilmiştir. En iyi tahmin veren modeller için birer tane örnek eşitlikler aşağıda verilmiştir.



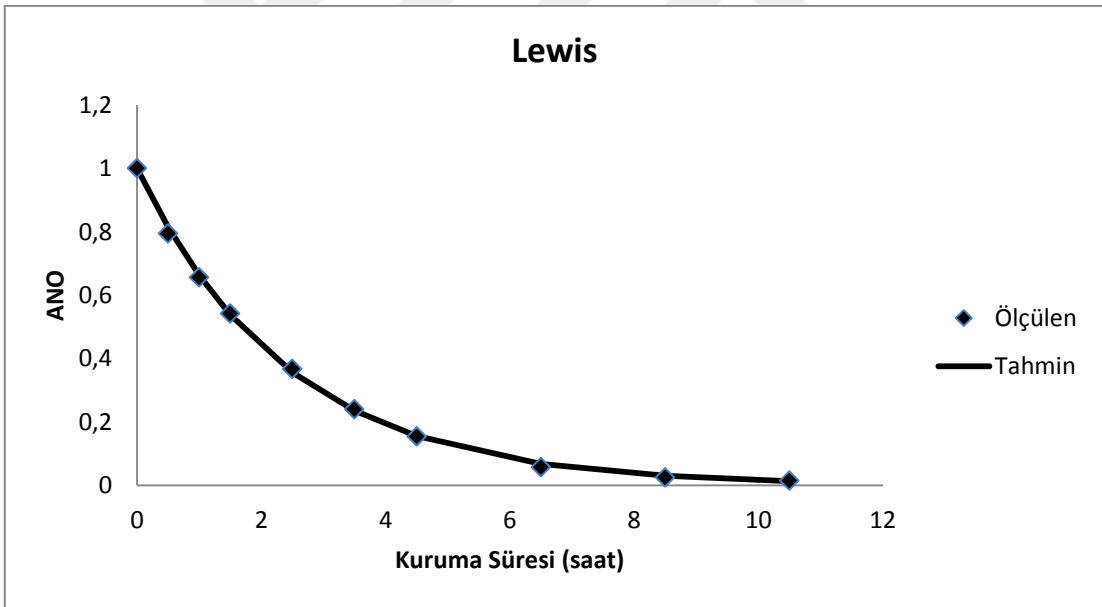
Şekil 4.1. Page eşitliği Laboratuvar tipi konvektif kurutucuda 60 °C'deki nem oranları ve kuruma süresi



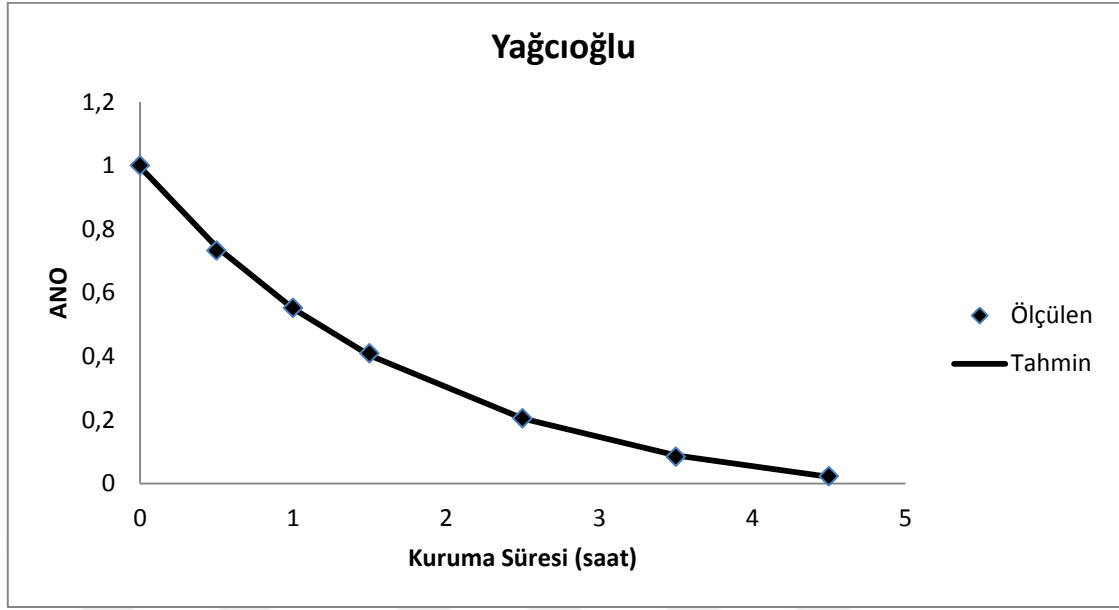
Şekil 4.1.a. Jena Das eşitliği Laboratuvar tipi konvektif kurutucuda 60 °C'deki nem oranları ve kuruma süresi



Şekil 4.1.b. Midilli - Küçük eşitliği Sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucuda 55 °C'deki nem oranları ve kuruma süresi



Şekil 4.1.c. Lewis eşitliği Laboratuvar tipi konvektif kurutucuda 60 °C'deki nem oranları ve kuruma süresi



Şekil 4.1.d. Yağcıoğlu eşitliği Laboratuvar tipi konvektif kurutucuda 70 °C'deki nem oranları ve kuruma süresi

Çizelge 4.3'de Jena Das eşitliğine ait k , h , j , m gibi sayısal değerler ve eşitliklerin kararlılık değerini ifade eden modele ait " R^2 " değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.3. Jena Das eşitliği parametrelerinin sayısal değerleri ve modele ait " R^2 " değerleri

Kurutma Yöntemleri	Sıcaklık	k	h	j	m	R^2
Etüv	50 °C	1.0188	0.4649	0.6858	0.0138	0.9901
	60 °C	1.0303	0.4854	0.6447	0.0260	0.9891
	70 °C	1.0349	0.5193	0.5769	0.0324	0.9848
Vakumlu Etüv	50 °C	1.0197	0.4433	0.7289	0.0145	0.9848
	60 °C	1.0338	0.4650	0.6854	0.0291	0.9848
	70 °C	1.0348	0.4860	0.6434	0.0298	0.9767
Laboratuvar Tipi Konvektif Kurutucu	50 °C	0.9836	0.5478	0.5199	-0.0165	0.9978
	60 °C	0.9951	0.6088	0.3979	-0.0024	0.9994
	70 °C	1.0065	0.7215	0.1725	0.0033	0.9966
Sıcaklık Kontrollü Mikrodalga Kurutucu	45 °C	1.0231	0.5074	0.6007	0.0181	0.9864
	50 °C	1.0180	0.5532	0.5090	0.0133	0.9873
Güneş	55 °C	1.0321	0.6553	0.3049	0.0274	0.9763
		0.9960	0.4621	0.6964	-0.0168	0.9787

$$\text{Jena Das Eşitliği : } f = k \exp(-ht + j\sqrt{t}) + m$$

Çizelge 4.3'de verilen Jena Das modeline ait "R²" değerlerine bakıldığında, en yüksek R² değerinin laboratuvar tipi konvektif kurutucuda 60 °C sıcaklıkta 0.9994 olarak elde edilirken, en düşük R² değeri sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucuda 55 °C sıcaklıkta 0.9763 olarak bulunmuştur.

Hesaplamalar sonucunda Jena Das eşitliğine ait en iyi veriler laboratuvar tipi konvektif kurutucuda 60 °C'deki kurutmada görülürken, en düşük veriler ise sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucuda 55 °C'deki kurutmada görülmüştür.

Çizelge 4.4'de Midilli-Küçük eşitliğine ait "k, h, j, m" gibi sayısal değerler ve eşitliklerin kararlılık değerini ifade eden modele ait "R²" değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.4. Midilli-Küçük eşitliği parametrelerinin sayısal değerleri ve modele ait "R²" değerleri

Kurutma Yöntemleri	Sıcaklık	k	h	j	m	R²
Etüv	50 °C	1.1643	0.9850	0.0740	-0.0026	0.9994
	60 °C	1.3377	0.9882	0.0808	-1.3404	0.9995
	70 °C	1.4418	0.9842	0.1082	8.7508	0.9991
Vakumlu Etüv	50 °C	1.1817	0.9802	0.0392	-0.0031	0.9990
	60 °C	1.4035	0.9839	0.0460	-0.0004	0.9990
	70 °C	1.2833	0.9964	0.0774	-0.0074	0.9998
Laboratuvar Tipi Konvektif Kurutucu	50 °C	0.8760	0.9933	0.3330	-0.0025	0.9993
	60 °C	0.9793	0.9954	0.4147	-0.0009	0.9995
	70 °C	0.9787	0.9989	0.5755	-0.0141	0.9998
Sıcaklık Kontrollü Mikrodalga Kurutucu	45 °C	1.2037	0.9878	0.1270	-0.0050	0.9989
	50 °C	1.1199	0.9885	0.2148	-0.0090	0.9987
Güneş	55 °C	1.2897	0.9983	0.3325	-0.0148	0.9999
		0.7728	1.0405	0.1890	0.0003	0.9899

$$\text{Midilli-Küçük Eşitliği : } f = k \exp(-ht^j) + mt$$

Çizelge 4.4'de verilen Midilli-Küçük modeline ait "R²" değerleri incelendiğinde, en yüksek R² değeri sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucuda 55 °C'deki kurutmada 0.9999 olarak elde edilirken, en düşük R² değeri güneşte kurutmada 0.9899 olarak elde edilmiştir.

Karaaslan ve Balta (2014)'nın çileğin kombine mikrodalga-fan destekli konveksiyon kurutma için uygun kurutma modelinin belirlenmesi adlı çalışmalarında, Midilli-Küçük modeli daha düşük SEE ve RSS değerleri ve daha yüksek R^2 değerleri ile tüm veri noktalarına mükemmel uyum sağladığını belirtmişlerdir.

Kutlu ve ark. (2015) gıdalarda ince tabaka kuruma modelleri adlı çalışmalarında, altın çilek 4 farklı sıcaklıkta (60 °C, 70 °C, 80 °C ve 90 °C) kurutulmuş ve deneysel veriler 11 farklı modele uygulanarak hesaplanan R^2 ve X^2 değerleri sonucunda en iyi uyum sağlayan modelin Midilli-Küçük olduğunu bildirilmiştir.

Çizelge 4.5'de Lewis eşitliğine ait "k" sayısal değeri ve eşitliklerin kararlılık değerini ifade eden modele ait " R^2 " değeri verilmiştir.

Çizelge 4.5. Lewis eşitliği parametrelerinin sayısal değerleri ve modele ait " R^2 " değerleri

Kurutma Yöntemleri	Sıcaklık	k	R^2
Etüv	50 °C	0.1168	0.9879
	60 °C	0.1515	0.9834
	70 °C	0.2124	0.9779
Vakumlu Etüv	50 °C	0.0754	0.9822
	60 °C	0.1129	0.9778
	70 °C	0.1504	0.9667
Laboratuvar Tipi Konvektif Kurutucu	50 °C	0.3012	0.9960
	60 °C	0.4138	0.9994
	70 °C	0.6281	0.9964
Sıcaklık Kontrollü Mikrodalga Kurutucu	45 °C	0.1962	0.9828
	50 °C	0.2873	0.9855
	55 °C	0.4708	0.9699
Güneş		0.1212	0.9783

$$\text{Lewis Eşitliği : } f = \exp(-kt)$$

Çizelge 4.5'de verilen Lewis modeline ait " R^2 " değerleri incelendiğinde, en yüksek R^2 değeri laboratuvar tipi konvektif kurutucuda 60 °C'deki kurutmada 0.9994 olarak elde edilirken, en düşük R^2 değeri vakum 70 °C kurutmada 0.9667 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.6'da Yağcıoğlu eşitliğine ait "k, h ve j" sayısal değerleri ve eşitliklerin kararlılık değerini ifade eden modele ait "R²" değeri verilmiştir.

Çizelge 4.6. Yağcıoğlu eşitliği parametrelerinin sayısal değerleri ve modele ait "R²" değerleri

Kurutma Yöntemleri	Sıcaklık	k	h	j	R²
Etüv	50 °C	1.1828	0.0874	-0.1757	0.9987
	60 °C	1.1454	0.1312	-0.1072	0.9948
	70 °C	1.1373	0.1934	-0.0852	0.9905
Vakumlu Etüv	50 °C	1.3072	0.0472	-0.3060	0.9985
	60 °C	1.1863	0.0918	-0.1464	0.9936
	70 °C	1.5394	0.0820	-0.5139	0.9979
Laboratuvar Tipi Konvektif Kurutucu	50 °C	0.9672	0.2882	0.0004	0.9978
	60 °C	0.9967	0.4039	-0.0056	0.9995
	70 °C	1.0688	0.5397	-0.0730	0.9997
Sıcaklık Kontrollü Mikrodalga Kurutucu	45 °C	1.2436	0.1377	-0.2316	0.9978
	50 °C	1.1962	0.2062	-0.1944	0.9985
	55 °C	1.3934	0.2804	-0.3712	0.9973
Güneş		0.9490	0.1476	0.0643	0.9890

$$\text{Yağcıoğlu Eşitliği : } f = k \exp(-ht) + j$$

Çizelge 4.6 'da verilen Yağcıoğlu modeline ait "R²" değerleri incelendiğinde, en yüksek R² değeri laboratuvar tipi konvektif kurutucuda 70 °C'deki kurutmada 0.9997 olarak elde edilirken, en düşük R² değeri güneş kurutmada 0.9890 olarak elde edilmiştir.

Tüm hesaplamalar sonucunda kurutma işlemlerinde kullanılan bu beş eşitlik incelendiğinde içerisinde en büyük R² değeri 0.9999 olup Midilli-Küçük modelinde sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucuda 55 °C'deki kurutmaya aitken, en küçük R² değeri ise 0.9667 ile Lewis modelinde vakum 70 °C'deki kurutmaya ait bulunmuştur. Tüm model eşitlikleri incelendiğinde tüm kurutma yöntemleri için en uygun modelin Midilli-Küçük olduğu saptanmıştır.

Matematiksel modellemede kullanılan eşitlikler bütün denemeler ve yöntemler için uygun bulunmuştur.

4.3. Renk Analizi

Renk analizi yapılırken Renk Ölçer (Chromameter) olarak Minolta (CR-400) kullanılmıştır. Analizde yapılan tüm kurutma yöntemlerinden on beşer adet veri alınarak hem renk ölçümü alınmış hem de kurutma yöntemlerine ait ortalama L, a ve b değerleri belirlenmiştir. Analizde ölçülen L, a ve b değerleri kullanılarak Kroma değeri (C), Hue açısı (h°) ve kahverengilik (BI) değerleri hesaplanmıştır.

Çizelge 4.7'de kurutma işlemlerinden sonra tüm kurutma yöntemlerinde ölçülen renk değerlerinin kendi aralarındaki ve taze çileğin renk değerleri arasındaki farkı görebilmek için SPSS programı kullanılarak duncan testine tabi tutulan sonuçlar verilmiştir. Duncan testinde yapılan harflendirme ile kurutma yöntemlerine ait renk değerlerinin farklılıkları ifade edildi.

Çizelge 4.7. Renk analizinin ölçülen değerleri

Kurutma Yöntemleri	Sıcaklık	L (Parlaklık)	a (Kırmızılık)	b (Sarılık)	
Taze		25.29 ^h	23.57 ^a	4.32 ^a	
Etüv	50 °C	27.75 ^{efg}	10.22 ^{fghi}	-0.75 ^f	
	60 °C	27.45 ^{fg}	9.26 ^{hi}	-0.66 ^{ef}	
	70 °C	31.11 ^{bc}	9.59 ^{ghi}	1.16 ^c	
Vakumlu Etüv	50 °C	28.99 ^{de}	10.90 ^{defg}	-0.03 ^{de}	
	60 °C	26.42 ^{gh}	11.60 ^{def}	-0.04 ^{de}	
	70 °C	28.75 ^{ef}	12.14 ^d	0.43 ^d	
Laboratuvar Tipi	50 °C	29.09 ^{de}	14.13 ^c	0.38 ^d	
	Konvektif	60 °C	32.62 ^a	17.08 ^b	2.64 ^b
	Kurutucu	70 °C	32.46 ^{ab}	17.31 ^b	2.58 ^b
Sıcaklık Kontrollü	45 °C	26.37 ^{gh}	11.78 ^{de}	1.48 ^c	
Mikrodalga	50 °C	30.36 ^{cd}	10.49 ^{efgh}	0.24 ^d	
Kurutucu	55 °C	29.19 ^{de}	16.06 ^b	2.30 ^b	
Güneş		27.35 ^{fg}	8.85 ⁱ	-0.67 ^{ef}	

Çizelge 4.7'de verilen "a" ve "i" arasında üst indisler belirlenerek, bu indisler SPSS programında yapılan duncan testine göre kurutma yöntemleri arasında farkın gruplandırılmasını belirtmektedir.

Parlaklık değeri (L)

Çizelge 4.7'de verilen değerler incelendiğinde, taze ürüne göre tüm kurutma yöntemleri ve sıcaklıklarında "L" parlaklık değerinin farklılaştığı gözlemlenmiştir. L parlaklık değerini taze ürüne göre en iyi koruyan kurutma yöntemi ise vakum 60 °C ve sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucu 45 °C'deki sıcaklıklarda yapılan yöntemlerin olduğu bulunmuştur.

Tabloya göre etüv 60 °C ile güneş kurutma arasında, vakum 60 °C ile sıcaklık kontrollü mikrodalga 45 °C kurutma arasında ve vakum 50 °C, laboratuvar tipi konvektif kurutucuda 50 °C, sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucuda 55 °C kurutma yöntemleri arasında % 5 önem seviyesinde istatistiki açıdan fark olmadığı tespit edilmiştir.

L parlaklık değerinin en yüksek değeri 32.62 olarak laboratuvar tipi konvektif kurutucuda 60 °C sıcaklıkta elde edilirken, en düşük parlaklık değeri 25.29 olarak taze üründe belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre L parlaklık değerini en az koruyan kurutma yöntemi laboratuvar tipi konvektif kurutucuda 60 °C'deki sıcaklıkta yapılan işlemde olduğu tespit edilmiştir.

Alibaş (2012) çilek dilimlerinin mikrodalga ile kurutulması ve bazı kalite parametrelerinin belirlenmesi konulu çalışmasında, taze çileğe göre L parlaklık değerindeki en büyük kaybı 1000 W güç seviyesinde olduğu belirlenmiştir.

Kırmızılık değeri (a)

Çizelge 4.7'de verilen değerler incelendiğinde, taze ürüne göre tüm kurutma yöntemlerinde ve tüm sıcaklıklarda "a" kırmızılık değerinin farklı olduğu tespit edilmiştir.

Tabloda kurutma yöntemlerinin etkileri incelendiğinde, laboratuvar tipi konvektif kurutucuda 60 °C, 70 °C ve sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucuda 55 °C sıcaklıkta

yapılan işlemler arasında % 5 önem seviyesinde istatistiki açıdan fark olmadığı gözlemlenmiştir.

Laboratuvar tipi konvektif kurutucuda yapılan 60 °C ve 70 °C sıcaklıklardaki işlemlerde birbirleri arasında kırmızılık değerleri açısından bir farklılık görülmezken, diğer tüm kurutma yöntemlerinin kendi aralarındaki tüm sıcaklık değerlerinde a kırmızılık değerlerinin birbirinden farklı olduğu gözlemlenmiştir.

Değerler incelendiğinde a kırmızılık değerinin en yüksek değeri 23.57 olarak taze üründe belirlenirken, en düşük kırmızılık değeri ise 8.85 olarak güneşte kurutma yönteminde belirlenmiştir.

Taze çileğin kırmızılık değerine istatistiksel açıdan en yakın bulunan laboratuvar tipi konvektif kurutucuda 60 °C, 70 °C ve sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucuda ise 55 °C sıcaklıkta yapılan işlemlerde bulunmuştur.

Alibaş (2012) çilek dilimlerinin mikrodalga ile kurutulması ve bazı parametrelerinin belirlenmesi konulu çalışmasında taze çileğe göre kırmızılık değerindeki en yüksek kaybı 350 W güçte tespit edilmiştir.

Sarılık değeri (b)

Çizelge 4.7'de verilen değerler incelendiğinde taze ürüne göre tüm kurutma yöntemlerinde ve tüm sıcaklıklarda "b" sarılık değerinin farklı olduğu belirlenmiştir.

Laboratuvar tipi konvektif kurutucuda 60 °C ile 70 °C ve sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucuda 55 °C kurutma yöntemleri arasında % 5 önem seviyesinde istatistiki açıdan bir fark olmadığı tespit edilmiştir.

Vakumlu etüvde sıcaklıkların kendi aralarındaki sarılık değerleri incelendiğinde 50 °C ile 60 °C sıcaklıklarda istatistiki açıdan bir fark olmadığı gözlemlenmiştir.

Laboratuvar tipi konvektif kurutucuda kurutma yönteminde sıcaklıkların kendi aralarında sarılık değerleri incelendiğinde 60 °C ve 70 °C sıcaklıklardaki sarılık değerlerinde istatistiki açıdan bir fark olmadığı belirlenmiştir.

Taze çileğin sarılık değerine istatistiki açıdan en yakın laboratuvar tipi konvektif kurutucuda 60 °C ile 70 °C kurutma yöntemlerinde ve sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucuda 55 °C sıcaklıkta yapılan işlemlerde bulunmuştur. Taze ürünün sarılık değerine göre tüm kurutma yöntemlerinde düşüş olduğu tespit edilmiştir.

Alibaş (2012) çilek dilimlerinin mikrodalga ile kurutulması konulu çalışmasında taze çilek örneğine kıyasla sarılık değerindeki en yüksek kaybı mikrodalga kurutmanın 750W güç seviyesinde yapmış olduğu işlemde bulunmuştur.

Çizelge 4.8. Renk analizinin hesaplanan değerleri

Kurutma Yöntemleri	Sıcaklık	C (Doygunluk)	h° (Hueaçısı)	BI (Kahverengilik)
Taze		23.98	10.29	80.22
Etüv	50 °C	10.26	-4.48	22.00
	60 °C	9.28	-4.11	20.44
	70 °C	9.73	5.99	24.83
Vakumlu Etüv	50 °C	10.96	-1.48	24.83
	60 °C	11.60	-0.27	29.10
	70 °C	12.15	1.96	29.81
Laboratuvar Tipi Konvektif Kurutucu	50 °C	14.15	1.15	33.34
	60 °C	17.29	8.82	43.38
	70 °C	17.51	8.40	43.78
Sıcaklık Kontrollü Mikrodalga Kurutucu	45 °C	11.90	6.74	36.34
	50 °C	10.51	1.02	24.19
	55 °C	16.23	7.93	45.06
Güneş		8.94	-5.11	19.31

Kroma değeri (C)

Kroma değeri üründe rengin doygunluğunu ifade etmektedir. Çizelge 4.8'de verilen değerler incelendiğinde taze çileğin kroma değeri (renk doygunluğu) 23.98 olarak belirlenmiştir. Taze çileğin kroma değerine en yakın olan değer 17.51 ile laboratuvar

tipi konvektif kurutucuda 70 °C sıcaklıkta tespit edilirken, en uzak değer ise 8.94 olarak güneşte yapılan kurutma yönteminde bulunmuştur. Buradan taze çileğin kroma değerini en iyi muhafaza eden yöntemin laboratuvar tipi konvektif kurutucuda 70 °C'de yapılan işlemin olduğu anlaşılmaktadır.

Hue açısı (h°)

Elde edilen verilere göre taze çileğin hue açısı 10.29 olarak bulunmuştur. Tüm kurutma yöntemleri ve tüm sıcaklıklar incelendiğinde, taze çileğin hue açısına en yakın değer 8.82 ile laboratuvar tipi konvektif kurutucuda 60 °C sıcaklıkta, en uzak olan değer ise - 5.11 ile güneş kurutma yönteminde tespit edilmiştir.

Kahverengilik değeri (BI)

Çizelge 4.8'deki veriler incelendiğinde, taze çileğin kahverengilik değeri (BI) 80.22 olarak bulunmuştur. Taze çileğin BI değerine en yakın değer 45.06 ile sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucuda 55 °C kurutma yönteminde, en uzak değer ise 19.31 ile güneşte kurutma yönteminde hesaplanmıştır.

Vakumlu etüv ve laboratuvar tipi konvektif kurutucuda kurutma yöntemlerinde kahverengileşme değerleri (BI indeksi) 50 °C, 60 °C ve 70 °C sıcaklıklar için sırasıyla, 24.83, 29.10, 29.81 ve 33.34, 43.38, 43.78 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan değerlere göre genelde sıcaklık seviyesi arttıkça kahverengileşme değerinde (BI) artış olduğu gözlemlenmiştir.

4.4. Kimyasal Analiz

Belirtilen tüm kurutma yöntemlerinde kurutulan ürünler ve taze ürünler % 5 önem seviyesine göre, kimyasal değerleri açısından SPSS programı kullanılarak duncan testine tabi tutulmuş sonuçlar Çizelge 4.9'de verilmiştir.

Tüm kurutma yöntemleri ve sıcaklıklarda kurutulmuş ürünler ve taze ürünlere ait SÇKM, pH ve TA değerlerinde ulaşılan sonuçlar Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Kimyasal analiz değerleri

Kurutma Yöntemleri	Sıcaklık	SÇKM	pH	TA	
Taze		8.00 ^h	3.63 ^{bcd}	1.09 ^j	
Etüv	50 °C	66.33 ^{de}	3.55 ^{cde}	7.06 ^{bcd}	
	60 °C	75.00 ^b	3.67 ^{bc}	5.04 ⁱ	
	70 °C	75.00 ^b	3.46 ^e	6.92 ^{cde}	
Vakumlu Etüv	50 °C	60.67 ^g	3.73 ^b	5.90 ^{gh}	
	60 °C	80.00 ^a	3.70 ^b	6.44 ^{ef}	
	70 °C	68.33 ^{de}	3.51 ^{de}	7.57 ^{ab}	
Laboratuvar Tipi	50 °C	71.67 ^c	3.52 ^{de}	6.67 ^{def}	
	Konvektif	60 °C	81.67 ^a	3.49 ^e	8.02 ^a
	Kurutucu	70 °C	65.67 ^{ef}	3.51 ^{de}	6.25 ^{fg}
Sıcaklık Kontrollü	45 °C	67.00 ^{de}	3.46 ^e	7.42 ^{bc}	
Mikrodalga	50 °C	68.67 ^d	3.70 ^b	5.55 ^{hi}	
Kurutucu	55 °C	58.33 ^g	3.53 ^{de}	7.40 ^{bc}	
Güneş		63.67 ^f	3.93 ^a	5.33 ⁱ	

Çizelge 4.9'da verilen değerler incelendiğinde taze çileklerin SÇKM değeri 8.00 olarak bulunmuştur. Kuru ürünlere ait en yüksek SÇKM değeri, 81.67 ile laboratuvar tipi konvektif kurutucuda 60 °C'de, en düşük SÇKM değeri de 58.33 ile sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucuda 55 °C kurutma yönteminde belirlenmiştir.

Vakum 50 °C ve sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucuda 55 °C kurutma arasında kurutma yöntemleri arasında % 5 önem seviyesinde istatistiki açıdan bir fark olmadığı tespit edilmiştir.

Etüv kurutma yönteminde sıcaklıkları kendi aralarında SÇKM değerleri açısından incelendiğinde, 60 °C ve 70 °C sıcaklıklarda istatistiki açıdan bir fark olmadığı gözlemlenmiştir.

Değerler incelendiğinde taze çileğin pH değeri 3.63 olarak belirlenmiştir. En yüksek pH değeri 3.93 olarak güneşte, en düşük pH değeri ise 3.46 ile hem etüv 70 °C sıcaklıktaki kurutmada hem de sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucuda 45 °C sıcaklıktaki kurutma

yönteminde elde edilmiştir. Taze çileğin pH değerine en yakın değer ise 3.67 ile etüv 60 °C kurutma yönteminde elde edilmiştir.

Çizelge 4.9'da ki kurutma yöntemleri ve sıcaklıklar incelendiğinde, etüv 70 °C, laboratuvar tipi konvektif kurutucuda 60 °C ve sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutucuda 45 °C sıcaklıktaki kurutma arasında, % 5 önem seviyesinde istatistiki açıdan bir fark olmadığı belirlenmiştir.

pH değerleri kendi aralarında incelendiğinde vakumlu etüv kurutma yönteminde 50 °C ve 60 °C sıcaklıklarda istatistiki açıdan bir fark olmadığı tespit edilmiştir. pH değerleri kendi aralarında değerlendirildiğinde laboratuvar tipi konvektif kurutucuda kurutma yönteminde 50 °C ve 70 °C sıcaklıklarda istatistiki açıdan bir fark bulunmadığı sonucuna varılmıştır.

Çalışmada taze çileğin titre edilebilir asitlik (TA) değeri 1.09 olarak bulunmuştur. Tabloda tüm kurutma yöntemleri incelendiğinde ölçülen en yüksek TA değeri 8.02 olarak laboratuvar tipi konvektif kurutucuda 60 °C'de, en düşük TA değeri 5.04 olarak etüv 60 °C sıcaklıktaki kurutma yönteminde bulunmuştur.

Sonuçlar incelendiğinde taze ürüne göre belirlenen TA değerleri, tüm kurutma yöntemlerinde istatistiki açıdan farklı bulunmuştur.

Çizelge 4.9'da ki deneme sonuçlarına göre, sıcaklık kontrollü mikrodalga kurutma yönteminin 45 °C ve 55 °C'deki sıcaklıkları arasında TA değerlerinde % 5 önem seviyesinde istatistiki açıdan bir fark olmadığı tespit edilmiştir.

5. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında Albion çeşidi çilek meyvesinin 6 farklı kurutma yönteminde ve 3 farklı sıcaklık parametrelerinde kurutma işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Çileğin, kuruma süreleri içerisinde en hızlı kuruma süresi 4.5 saat ile hassas kurutucuda 70 °C sıcaklıktaki kurutma yönteminde tespit edilmiştir. En yavaş kuruma süresi ise 52 saat ile ortalama 28.2±3°C sıcaklıkta yapılan güneşte kurutma yönteminde bulunmuştur.

Çalışmada, oluşturulan kuruma eğrileri incelendiğinde en yüksek R² kararlılık katsayısı değeri Midilli-Küçük modelinde sıcaklık kontrollü mikrodalgada 55 °C sıcaklıkta yapılan kurutma işleminde tespit edilmiştir. En düşük R² kararlılık katsayısı değeri Lewis modelinde vakumlu etüvde 70 °C sıcaklıkta yapılan kurutma yönteminde elde edilmiştir.

L parlaklık değerleri sonucunda en iyi değerler sıcaklık kontrollü mikrodalga 45 °C ve vakumlu etüvde 60 °C sıcaklıktaki kurutma yöntemlerinde tespit edilmiştir. "a" ve "b" değerleri incelendiğinde en iyi değerler her ikisi içinde hassas kurutucuda 60 °C ile 70 °C ve sıcaklık kontrollü mikrodalga 55 °C sıcaklıktaki işlemlerde belirlenmiştir.

Kimyasal analizler sonucunda, SÇKM değerlerine bakıldığında en iyi koruyan yöntem vakumlu etüv 50 °C ve sıcaklık kontrollü mikrodalga 55 °C sıcaklıkta bulunmuştur. pH ve TA değerleri incelediğinde ise en iyi koruyan kurutma yöntemi etüv 60 °C sıcaklıkta belirlenmiştir.

Yapılan araştırmada veriler incelendiğinde, çilek kurutma için uygulanan kurutma yöntemleri içerisinde, renk analizi için en iyi koruyan yöntem hassas kurutucuda kurutma yöntemi olarak bulunmuştur. Kimyasal analiz için en uygun bulunan yöntem etüv kurutma yöntemi olduğu tespit edilmiştir.

Konvektif ve mikrodalga kurutucularda yapılan denemelerde çilek kurutmada yüksek sıcaklıklar sebebi ile oluşan kalite kayıplarını engellemek için bundan sonra yapılacak

çalışmalarda, daha düşük sıcaklıklarda kurutma işlemleri gerçekleştirilebilir. Çileğin gölgede kurutma yöntemi ile Tokat şartlarında kurutulması uygun değildir.



6. KAYNAKLAR

- Adak, N., Heybeli, N. ve Ertekin, C., 2017. Infrared drying of strawberry. *Food Chemistry*, 219, 109-116.
- Al-Hilphy, A.R.S. ve AlRikabi, A.K.J., 2013. Mathematical Modeling and Experimental Study on Thin Layer Halojen Dryer of Strawberry and Study It 's Effect on Antioxidant Activity. *American Journal of Agricultural ve Biological Sciences*, 8(4), 268 - 281.
- Amami, E., Khezami, W., Mezrigui, S., Badwaik, L.S., Bejar, A.K., Perez, C.T. ve Kechaou, N., 2017. Effect of ultrasound-assisted osmotic dehydration pretreatment on the convective drying of strawberry. *Ultrasonics Sonochemistry*, 36, 286-300.
- Anonim, 2018. <https://www.kurucum.com/kurutulmus-cilek.html> (19.03.2019).
- Borquez, R., Melo, D. ve Saavedra, C., 2015. Microwave- Vacuum Drying of Strawberries with Automatic Temperature Control. *Food Bioprocess Technol*, 8, 266-276.
- Bruijn, J. ve Borquez, R., 2014. Quality retention in strawberries dried by emerging dehydration methods. *Food Research International*, 63, 42-48.
- Can, S., 2017. Spray Drying Strawberry and Blueberry Extracts. (M.Sc.Thesis), University of Gaziantep. Food Engineering, Gaziantep.
- Çelen, S., 2010. Mikrodalga ve Vakum Kurutucuda Bazı Gıda Ürünlerinin Kurutulması ve Modellenmesi. (Doktora Tezi), Trakya Üniversitesi. Makina Mühendisliği Bölümü, Edirne.
- Changrue, V., Raghavan, G.S.V., Garipey, Y. ve Orsat, V., 2016. Microwave Vacuum Dryer Setup and Preliminary Drying Studies on Strawberries Carrots. *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, 41(2), 36-44.
- Delgado, A.E. ve Rubiolo A.C., 2005. Microstructural changes in strawberry after freezing and thawing processes. *Lebensm.-Wiss.u.-Technol.*, 38, 135-142.
- Doymaz, İ., 2008. Convective drying kinetics of strawberry. *Chemical Engineering and Processing*, 47, 914-919.
- Erbay, B. ve Küçüköner, E., 2008. Gıda endüstrisinde kullanılan farklı kurutma sistemleri. Türkiye 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs, 2008. Erzurum.
- Evans, S.D., Brambilla, A., Lane, D.M., Torreggiani, D. ve Hall, L.D., 2002. Magnetic Resonance Imaging of Strawberry (*Fragaria vesca*) Slices During Osmotic Dehydration and Air Drying. *LWT*, 35(2), 177-184.
- Gamboa-Santos, J., Montilla, A., Carcel, J.A., Villamiel, M. ve Garcia-Perez, J.V., 2014. Air- borne ultrasound application in the convective drying of strawberry. *Journal of Food Engineering*, 128, 132-139.
- Huang, L.I., Zhang, M., Yan, W.Q., Mujumdar, A.S. ve Sun, D., 2008. Effect of coating on post-drying of freeze-dried strawberry pieces. *Journal of Food Engineering*, 92, 107-111.
- İzli, N., 2016. Kayısının(*Prunus armeniaca L.*) Konvektif, Mikrodalga ve Mikrodalga-konvektif Yöntemleriyle Kurutulması ve Matematiksel Modellenmesi. *Anadolu Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31, 375 - 384.
- Johnson, A.C. ve Al Mukhaini, E.M.A., 2016. Drying studies on peach and strawberry slices. *Cogent Food & Agriculture*, 2, 2 -10.

- Karaaslan, S. ve Balta, A., 2014. Determination of Suitable Drying Model for Combined Microwave - Fan Assisted Convection Drying of Strawberry. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 1(special issue 2), 2062 - 2067.
- Kılıç, E.E., 2014. Konvektif Koşullarda Kurutulan Sebze ve Meyvelerin Kuruma Karakteristiklerinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi. Gıda Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş.
- Kocayığit, F., 2010. Bazı Sebze Kurutma Karakteristiklerinin İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi. Kimya Mühendisliği, İstanbul.
- Lagunas, L.M., Ramirez, J.R., Gracida, M.C., Torres, S.S. ve Bernal, G.B., 2017. Convective drying kinetics of strawberry (*Fragaria ananassa*); Effects on antioxidant activity, anthocyanins and total phenolic content. *Food Chemistry*, 230, 174-181.
- Maas, J. L., Wang, S. Y. ve Galetta, G. J., 1996, Heath Enhancing Properties of Strawberry Fruit. *Proceeding of The V North American Strawberry Conference*. In : Pritts, M. P., Chandler, C. K. and Crocker, T.E. (eds9). Orlando, Florida, 11-18.
- Macia, M.A., 2013. Comparatives studies of different drying process of strawberry hot air drying freeze - drying and swell - drying: application on the biological compounds preservation. (Phd. Thesis), University of La Rochelle. France.
- Maritza, A.M., Sabah, M., Anaberta, C.M., Montejano-Gaitan, J.G. ve Allaf, K., 2012. Comparative study of various drying processes at physical and chemical properties of strawberries. *Procedia Engineering*, 42, 267-282.
- Menlik, T., Kırmacı, V. ve Usta, H., 2009. Modeling of Freeze Drying Behaviors of Strawberries By Using Artificial Neural Network. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 29(2), 11-21.
- McGuire, R.G., 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27, 1254 - 1255.
- Nacar, Ç., 2012. Çilek Yetiştiriciliği. T.C. Gıda, Tarım Ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Alata Bahçe Kültürleri Araştırma İstasyonu, Erdemli-Mersin
- Palou, E., Lopez-Malo, A., Barbosa-Canovas, G.V., Welti-Chanes, J. ve Swanson, B.G., 1999. Polyphenoloxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. *Journal of Food Science*, 64, 42-45.
- Proposa, V. ve Norton, I., 2017. Influence of osmotic dehydration pre-treatment on oven-drying and freeze drying performance. *LWT- Food Science and Technology*, 80, 401-408.
- Shishegarha, F., Makhlof, J. ve Ratti, C., 2002. Freeze- Drying Characteristics of Strawberries. *Drying Technology*, 20(1), 131-145.
- Szandzinska, J., Kowalski, S.J. ve Stasiak, M., 2016. Microwave and ultrasound enhancement of convective drying of strawberries: Experimental and modeling efficiency. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 103, 1065-1074.
- Tan, F., Canbolat, A.S, Yüce, B.E. ve Türkan, B., 2016. Experimental and Numerical Investigation of Strawberry Drying. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 21(1), 203 - 216.
- Türemiş, N., Özgüven, A. I. ve Paydaş, S., 2000. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Çilek Yetiştiriciliği. *Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, Türkiye Tarımsal Araştırma Projesi Yay.*, Adana, 36s.

- TUİK, 2018. Konularına Göre İstatistikler, http://tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001 . (20.03.2019).
- Yanyang, X., Zhang, M., Mujumdar, A.S., Duan, X. ve Jin-cai, S., 2006. A Two-Stage Vacuum Freeze and Convective Air Drying Methods for Strawberries. *Drying Technology*, 24, 1019 - 1023.
- Yoğurtçu, H., 2014. Mikrodalga Fırında Limon Kurutma: Kinetiği ve Modellenmesi. *Fırat Üniversitesi. Mühendislik Bilim Dergisi*, 26(1), 27-33.



7. ÖZGEÇMİŞ

1992 yılında Samsun'da doğdum. İlkokul ve ortaokul eğitimlerimi Karadeniz İlköğretim okulunda tamamladıktan sonra liseyi Namık Kemal Lisesi'nde tamamladım. 2012 yılında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği bölümünde lisans eğitimine başladım. Lisans eğitimimin 6.yarıyılında Erasmus öğrenci değişim programı kapsamında bir dönem Polonya 'nın Bydgoszcz şehrinde eğitim programına katıldım. Lisans eğitimimin son yılında Gaziosmanpaşa Üniversitesi Teknoloji Transfer Ofisi Girişimcilik ve İnovasyon Merkezi- "Girişimcilik Sertifika Programı" kapsamında gerçekleştirilen iş planı yarışmasında "Makinalı Tarım İçin Ortak Makine Kullanımı" konulu sunumumda üçüncülük ödülü aldım. 2016 yılında Biyosistem Mühendisliği bölümünden Bölüm Üçüncüsü olarak lisans eğitimimi tamamladım. Aynı yıl Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği bölümünde tarımda enerji sistemleri bilim dalında yüksek lisans eğitimine başladım.