



**YEŞİL ÇAY ÜRETİMİNDE FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİNİN ÇAYIN
KURUMA PERFORMANSI VE RENK DEĞİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

NEŞE KARAOSMAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**Dr. Öğr. Üyesi. Hakan POLATCI
2019**

Her hakkı saklıdır

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YEŞİL ÇAY ÜRETİMİNDE FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİNİN ÇAYIN
KURUMA PERFORMANSI VE RENK DEĞİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

NEŞE KARAOSMAN

TOKAT
2019

Her hakkı saklıdır



Bu tez çalışması;

**Destekleyen kuruluşu buraya yazınız tarafından Proje numarasını buraya yazınız
nolu proje ile desteklenmiştir.**

Neşe KARAOSMAN tarafından hazırlanan “Yeşil Çay Üretiminde Farklı Kurutma Yöntemlerinin Çayın Kuruma Performansı ve Renk Değişimi 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

H. Polat

Üye
Prof. Dr. Gazanfer ERGÜNEŞ
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

G. Ergüneş

Üye
Doç. Dr. Fatih KALKAN
Ardahan Üniversitesi

F. Kalkan

ONAY

Prof. Dr. Çetin ÇEKİÇ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



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 içerdığı 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.

NEŞE KARAOSMAN

1 Ağustos 2019



ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YEŞİL ÇAY ÜRETİMİNDE FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİNİN ÇAYIN KURUMA PERFORMANSI VE RENK DEĞİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

NEŞE KARAOSMAN

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

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

Bu çalışmada yeşil çay yaprakları mayıs ve temmuz aylarında iklimlendirme kabini, etüv, güneş ve gölgede olmak üzere farklı kurutma metotları ile kurutulmuştur. Ürünlerin renk değerleri, kuruma süreleri, matematiksel modellemesi ve kuruma kinetiği açısından en iyi yöntem belirlenmiştir. Yeşil çay yaprakları, doğal kurutma yöntemlerinden güneş, gölge, iklimlendirme kabini (30°C - % 30 nem, 40°C - % 45 nem, 60 °C - % 60 nem 3 farklı sıcaklık ve bağıl nem değerlerinde), etüvde (35 °C, 40 °C, 45 °C ve 50 °C) kurutma sıcaklıklarında kurutulmuştur. Kuruma süreleri sırasıyla, 1. güneşte kurutma ile 2. güneşte kurutma ve gölgede kurutmada 54, 59 ve 121 saat, iklimlendirme kabini 30 °C - %30, 40 °C - %45 ve 60 °C - %60 nemde 47, 48 ve 57 saat, etüvde ise 35 °C, 40 °C, 45 °C ve 50 °C kurutma sıcaklıklarında 29, 26, 25 ve 22 saat olarak belirlenmiştir. Denemeler neticesinde en kısa sürede kurutma işleminin etüvde 50 °C de gerçekleşmiş olduğu, en uzun kurutma işleminin ise gölgede kurutma işleminde gerçekleşmiş olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmada ince tabakalı kurutma modelleri olan Jena Das, Midilli-Küçük, Yağcıoğlu ve Modified Page matematiksel modelleri kullanılmıştır. Kuruma eğrilerini en iyi tahmin eden matematiksel modelin Midilli – Küçük modeli olduğu belirlenmiştir. Taze ve kurutulmuş yeşil çay yapraklarının kalite kriterleri açısından renk analizleri yapılarak, L parlaklık, a kırmızılık ve b sarılık renk değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca ürünlere ait kahverengileşme indeksi, kroma ve hue açıları hesaplanmış olup, bu değerler arasında farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Taze ürünün kahverengileşme indeksi, hue ve kroma değerlerine en yakın değerler, 1. güneşte kurutma yönteminde gözlemlenmiştir. Güneşte ve gölgede kurutma metotlarının yeşil çay bitkilerinin kalite kriterlerini olumsuz etkilemiş olduğu, en uygun kurutma metodunun düşük sıcaklıklarda etüvde kurutma metodu olduğu tespit edilmiştir.

2019, 37 SAYFA

ANAHTAR KELİMELER: Yeşil Çay, Matematiksel modelleme, İklimlendirme Kabini, Renk analizi, Kurutma

ABSTRACT

MASTER THESIS

THE EFFECTS ON OF THE TEA DRYING PERFORMANCE AND COLOR CHANGE OF DIFFERENT DRYING METHODS IN GREEN TEA PRODUCTION

NEŞE KARAOSMAN

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

DEPARTMENT OF BIOSYSTEMS ENGINEERING

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

In this study, green tea leaves were dried by using different drying methods such as air conditioning cabinet, oven, sun and shade in May and July. The best method determined according to the colour values, drying times, mathematical modeling and drying kinetics. Green tea leaves were dried with natural drying methods, sun, shade, air conditioning cabinet (30 ° C - 30% humidity, 40 ° C - 45% humidity, 60 ° C - 60% humidity at 3 different temperatures and relative humidity), oven (35 °C, 40 °C, 45 °C and 50 °C). Drying times, respectively, in the 1. drying in the sun and 2. drying in the sun, and drying in the shade 54, 59 and 121 hours, air conditioning cabinet at 30 ° C - 30%, 40 ° C - 45% and 60 ° C - 60% humidity 47, 48 and 57 hours, in the oven at 35 °C, 40 °C, 45 °C and 50 °C drying temperatures 29, 26, 25 and 22 hours. As a result of experiments, the shortest drying process was determined 50 °C in the oven, the longest drying process was determined shade drying process. In the study, thin-layer drying models was used, like Jena Das, Midilli – Küçük, Yağcıoğlu and Modified Page mathematical models. It was determined that the best mathematical model predicting the drying curves was the Midilli - Küçük model. Fresh and dried green tea leaves, in terms of quality criteria color analysis was made, and L brightness, a redness and b yellowness values were determined. The browning values, chroma and hue angles were calculated and it was determined that these values are differentiated. The nearest values of browning index, hue and chroma to the values of fresh products were observed in the sun drying method in the 1. drying in the sun. As a result of the analysis it was determined that the sun and shade drying were effecting the green tea plants quality negatively, and the best suitable drying method was determined at low temperatures at oven drying method.

2019, 37 PAGE

KEYWORDS: Green Tea, Mathematical Modelling, Air Conditioning Cabin, Color analysis, Drying

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim süresince bilgi ve her türlü konuda destek olan, yol gösterici, yardımsever, hiçbir konuda katkılarını esirgemeyen, saygıdeğer danışman hocam Dr. Öğr. Üye. Hakan POLATCI' ya teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca çalışmam sırasında bilgilerini esirgemeyen sayın hocam Arş. Gör. Muhammet TAŞOVA' ya çok teşekkür ederim. Bu zaman dilimi boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen annem Emine KARAOSMAN, babam Ertuğrul KARAOSMAN, kardeşim Önder KARAOSMAN ve arkadaşım Selçuk UYSAL' a çok teşekkür ediyorum.

NEŞE KARAOSMAN

1 Ağustos 2019

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGE VE KISALTMALAR	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çay ve Tarihçe	2
1.2. Dünya Genelinde Çay Üretimi	2
1.3. Yeşil Çayın Faydaları	4
2. KAYNAK ÖZETLERİ	5
2.1. Yeşil Çayın Üretim Teknolojisi	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM	14
3.1. Materyal	14
3.2. Kurutma Yöntemleri	14
3.2.1. Etüvde kurutma	15
3.2.2. İklimlendirme kabininde kurutma	16
3.2.3. Gölgede ve güneşte kurutma	18
3.3. Renk Analizi	19
3.4. Nem İçeriği	20
3.5. Kuruma Modelleri	21
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	22
4.1. Çay Bitkisinin Kuruma Performans Değerleri	22
4.2. Matematiksel Modelleme	24
4.3. Renk Değerleri	28
5. SONUÇ	32
6. KAYNAKLAR	34
8. ÖZGEÇMİŞ	37

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler	Açıklama
%	Yüzde
°C	Santigrat
M	Metre
Dk	Dakika
Kg	Kilogram
G	Gram
RH	Bağıl nem
W	Watt
Sn	Saniye
Mhz	Megahertz
kW	Kilowat
y.b	Yaş baz
k.b	Kuru baz
L*	Parlaklık değeri
a*	Kırmızılık değeri
b*	Sarılık değeri
h °	Hue açısı
C*	Kroma değeri
BI	Kahverengilik değeri
N _{yb}	Yaş baza göre nem
N _{kb}	Kuru baza göre nem
W _i	Ürün örneğinin ilk ağırlığı
W _s	Ürün örneğinin son ağırlığı

ANO	Ayrılabilir nem oranı
M	Kurutulan materyalin anlık nem içeriği
M _e	Kurutulan materyalin verilen durumdaki denge nemi
M _o	Kurutulan materyalin ilk nem içeriği
k	Eşitlik katsayısı
h	Eşitlik katsayısı
j	Eşitlik katsayısı
m	Eşitlik katsayısı
p	Varyans değeri
R ²	Kararlılık değeri
aw	Su aktivitesi

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. Hassas Terazı (a), Renk Ölçer (b), Etüv (c), Yeşil Çay Örneği (d).....	15
Şekil 3.2. Etüvde 35oC (a) ve Etüvde 40 °C (b).....	16
Şekil 3.3. Etüvde 45°C (c) ve Etüvde 50 °C (d).....	16
Şekil 3.4. İklimlendirme kabini (a) ve kurutmaya hazırlanan çay örnekleri (b)...	17
Şekil 3.5. İklimlendirme kabininde 30 °C sıcaklık - % 30 bağıl nem (a), 40 °C sıcaklık - % 45 bağıl nem (b) ve 60 ° C sıcaklık - % 60 bağıl nem (c).....	18
Şekil 3.6. Güneşte 1 (a), Güneşte 2 (b) ve gölgede (c) Kurutma	19
Şekil 4.1. Midilli - Küçük eşitliği etüvde 50 °C’de ayrılabilir nem oranı ile kuruma süresi.....	25
Şekil 4.2. Jenadas eşitliği etüvde 50 °C sıcaklıkta ayrılabilir nem oranı ile kuruma süresi.....	26
Şekil 4.3. Yağcıoğlu eşitliği iklimlendirme kabininde 60 °C sıcaklık ile %60 bağıl nem de ayrılabilir nem oranı ile kuruma süresi.....	27
Şekil 4.4. Modified Page eşitliği etüvde 50 °C de ayrılabilir nem oranı ile kuruma süresi.....	28

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1. Farklı kurutma metotları ile kurutulan yeşil çay yaprağının ortalama son nem değerleri ile kuruma süreleri	22
Çizelge 4.2. Midilli – Küçük matematiksel modeli eşitliği parametrelerinin sayısal değerleri ile modele ait “R ² ” ve “P” değerleri.....	24
Çizelge 4.3. Jenadas matematiksel modeli eşitliği parametrelerinin sayısal değerleri ile modele ait “R ² ” ve “P” değerleri.....	25
Çizelge 4.4. Yağcıoğlu matematiksel modeli eşitliği parametrelerinin sayısal değerleri ile modele ait “R ² ” ve “P” değerleri	26
Çizelge 4.5. Modified Page matematiksel modeli eşitliği parametrelerinin sayısal değerleri ile modele ait “R ² ” ve “P” değerleri.....	27
Çizelge 4.6. Ölçülen ortalama renk değerleri	29
Çizelge 4.7. Hesaplanan ortalama renk değerleri.	30



1. GİRİŞ

Çay sektörü, Türkiye'nin tarım ve sanayi sahasına uygun olarak çay tarımının geliştirilmesi, çayın biyolojik yapısının düzeltilerek daha kaliteli ürün elde edilmesi ve her geçen gün daha çok gelişen yeni teknolojilerden yararlanarak işlenmesi, iç ve dış pazar taleplerini karşılamak için uygun üretimi sağlamak amacıyla faaliyette bulunan bir gıda sanayi sektörüdür. Çay sektörü, bu hedefine ulaşmak için ekonomik kâr ve verimlilik kapsamında kaliteli çay işleyerek, ülke sermayesinde katkıda bulunmaya yönelik daha yüksek oranda yatırım kaynağı sağlayacak tedbirleri göz önünde bulundurmaktadır (Enginyurt, 2006).

Çaygiller (Theaceae) familyasında yer alan çayın (*Camellia sinensis*), kış aylarında yaprağını dökmeyen, beyaz çiçekli, bakım ve budama gibi kültürel tedbirler alınmadan doğada büyümeye bırakıldığı zaman bir ağaç görünümünü alan bir bitkidir. Çay bitkisi, tropikal iklim bölgelerinin bir tarım ürünü olup, ekvator kuşağının dışında yer alan, yağmurun bol ve sıcaklığın yeterli olduğu, nemli veya nemli ılıman iklim koşullarında tarımı yapılabildiği aksi durumda sürgünün durduğu, sürekli donlu günlere dayanmadığı, yeterli sıcaklık ve nemin olmadığı koşullarda yaprak ve tomurcuklarındaki gelişimin durduğu bilinmektedir. Çok yıllık bir bitki olan çayın ekonomik verim yaşı 50 yıl olup kültüre bırakıldığı zaman bu sürenin 100 yıla uzadığı bilinmektedir.

Çay bitkisi yapraklarındaki aromayı, oluşan çiçek tohumlarından almaktadır. Tohum açtıkça sahip olduğu aroma miktarı artmaktadır. Bu sebeple bitkinin çiçeklenme döneminde hasatın yapılarak üretimin yapılması büyük önem arz etmektedir. Sıcak iklim koşullarına sahip olan ülkelerde, neredeyse yılın her ayında bitkide çiçek bulunmakta olup, Rize ilinde sadece Ağustos ayında çiçeklenme gerçekleşmektedir (Anonim, 2012).

Yıllık sıcaklık ortalamasının 14 °C - 30 °C değerlerinde olması, yıllık yağış miktarının en az 2000 mm civarında olması ve aylara göre dağılımın düzenli olması, bağıl nemin % 70' in altında olmaması, çay bitkisinin normal gelişimi için gerekli koşullardır (Enginyurt, 2006).

Çay, kalsiyumlu toprakları sevmeyen ve pH 4.5 - 6 arasında asit tepkimeli olan, yıkanmış ve kireçsiz topraklarda yetişebilen bir bitkidir.

1.1. Çay ve Tarihçe

Yüzyıllardır süregelen, Uzak Doğu' dan tüm dünyaya yayılmış olan, çay içeceği yaklaşık 5000 yıl önce Çin'de, sanata çok düşkün bir bilim adamı ve ayrıca imparator olan Shen Nung tarafından keşfedilmiştir. Çay keşfinin dayandığı efsaneye göre, Shen Nung, ordularına hasta olamaması için suyun kaynatılarak içilmesini emrettiği bir gün, sıcak suyunu alıp içmek için bir ağacın altına oturduğu sırada bardağının içine bir çay yaprağı düştüğünü fark eder. Rengi koyulaşmış olan sıcak suyun kokusu hoşuna giden imparator tadına bakar ve rahatlatıcı aynı zamanda lezzetli olduğunu fark eder. Böylece çay içeceğini keşfeder ve bu içecek yavaş yavaş tüm dünyaya yayılır (Anonim, 2018).

1.2. Dünya Geneline Çay Üretimi

Çin ve Hindistan'dan sonra çayı tanıyan ülkeler Japonya ve diğer Asya ülkeleridir. Dünya üzerinde çay bitkisi, Kuzey yarım kürede yaklaşık 42 enlem derecesinden Güney yarım kürede 22 enlem derecesine kadar uzanan, bol yağış ve sıcak iklime sahip ülkelerde yetiştirilmesine rağmen, dünyada çay üretiminin yapıldığı yerler sınırlıdır (Anonim, 2018)

Türkiye' de ekonomik açıdan 1940'lı yıllardan itibaren çay üretimine başlanmıştır. Yeşil çay üretimi ise, 1986 yıllarında Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğüne bağlı Arhavi Çay Fabrikası tarafından başlatılmış olup, üretimi Çin usulü yeşil çay üretim teknolojisine benzer şekilde yapılmaktadır.

Ülkemiz, dünyada çay üretim ve tüketimi açısından çok önemli bir konuma ulaşmıştır (Enginyurt, 2006). Türkiye yıllık yaş çay yaprağının ortalama 1 milyon tonun üzerinde olması, dünyada çay üretiminde 6., tarım alanlarının genişliği bakımından 8., tüketim de ise 3. sırada yer alan bir ülke olması ve ayrıca ülkemizde üretilen çayın ekolojik faktörler sebebiyle kimyasal madde içermemesi de, Türkiye' nin çay üretiminde özel bir konuma sahip olmasını sağlayan en önemli etkenlerdir.

Ülkemizde, 210 bin civarındaki üretici, 76 bin hektarlık bir alanda çay tarımı yapmakta olup, yaş çay yaprağından üretilen 220 - 240 bin ton civarındaki kuru siyah çay, iç

tüketimi karşılayabilecek durumdadır (Anonim, 20018). Son yıllarda artış gösteren çay üretim kapasitesi sayesinde, kuru çay üretimi yılda ortalama 200 - 220 bin ton civarlarında artış göstermektedir.

Türkiye’ de Doğu Karadeniz Bölgesinde Rize ve çevresi, coğrafik şartları ile çay tarımı yapılmasına imkan vermesi, çay tarım alanları genişliği ve üretici sayısı bakımından en önemli çay üretim merkezi olması ile, üretimin %75’ inin Rize iline ait olması ve tamamını karşılayabilecek kapasiteye sahip olması bölgeyi en önemli çay tarım merkezi yapmaktadır.

Trabzon, Giresun, Ordu ve Artvin illerinde 300 – 400 m. yüksekliklere ve 10-20 km içerilere kadar kıyı şeridinde çay tarım alanları genişletilmiştir (Anonim, 2014).

Tarımsal ürünlerin besin değerlerini kaybetmeden ekonomik ömürlerinin uzatılmasına yönelik olan çalışmaların başında kurutma işlemi gelmektedir. Doğal kurutma yöntemleri ile kurutulan ürünlerin toz, böcek, toprak vb. olumsuz dış etkenlere maruz kalması sebebiyle günümüzde ısıtılmış hava ile çalışan kurutucular kullanılarak kurutma çalışmaları yapılmaktadır (Özgen, 2014).

Kurutma çalışmalarının temel amacı, en az seviyede enerji tüketimi ile mikroorganizma gelişiminin önlenmesi, ürün renk, tat ve besin değerlerinin korunması için gıdaların sahip olduğu nem içeriğinin, en kısa zaman aralığında uygun saklama koşullarında olmasını, paketlenabilir, taşınabilir ve depolanabilir duruma gelmesini sağlamaktır. Kurutma çalışmaları sırasında, farklı sıcaklık değerlerinde dehidrasyona uğramış olan materyallerde, sırasıyla gerçekleşen su kayıplarının neden olduğu büzülme gibi fiziksel değişimleri tanımlamak, materyalde yanarak deformelerin oluşmayacağı ve kalite kayıplarının olmayacağı, optimum sıcaklık değerini belirlemektir.

Kurutma, yeşil çay yaprağının işlenmesi aşamasında kritik durumdur. Kurutma, oksidasyonun gerçekleşmesini durduran ve çayın kazanmış olduğu özellikleriyle birlikte paketlenmesini sağlayan bir işlemdir. Yeşil çay işlenmesinde uygulanan kurutma aşamaları, çayın renk, tat, koku, vb. özelliklerinin oluşması ve dolayısıyla kaliteli ürün elde edilmesi ve ekonomik açıdan önemlidir (Anonim, 2008).

1.3. Yeşil Çayın Faydaları

Yeşil çayın içermekte olduğu en önemli bileşenlerin başında gallik asit, kafein ve türevlerinden oluşan polifenol bileşenleri gelmektedir. Ayrıca A,C ve E vitamini ile B-kompleksi vitaminler, Zn, Fe, Se ve Cu mineralleri bakımından zengin bir içecek olan yeşil çayı, eski çağlarda Çinlilerin ateş düşürücü ve baş ağrısı giderme gibi birçok rahatsızlıklarda ilaç olarak kullanması, insanları daha çok meraka ve üzerinde araştırmalar yapmaya yöneltmiştir.

Dünya genelinde yeşil çayın insan sağlığı üzerindeki koruyucu etkilerinin araştırılmış olduğu ve bu araştırmalar neticesinde, bitkinin ve bileşiminin içermekte olduğu kafeinlerin, antioksidan, antidiabetik, virüs enfeksiyonlarına karşı koyucu, yaşlanmayı geciktirici, obezliği engelleyici, damar sertliğini önleyici, kolesterolü düşürücü, bakteri üremesini engelleyici, kanser oluşumuna karşı koyucu, hücre çoğalmasını önleyici ve tümörü engelleyici gibi birçok rahatsızlıkların önüne geçilmesini sağlamış olduğu ispatlanmıştır (Şahin ve ark., 2006). Bu sayede yeşil çayın üretim ve tüketimi her geçen yıl artmaya devam etmektedir.

Bu çalışmada, çay bitkisinin yeşil çay üretiminde kurutma performansı ve renk değerlerinin belirlenmesi, ürün özelliklerinin zarar görmeyeceği, kalite oranının daha yüksek olacağı, uygun kurutma yöntemi ve sıcaklık değerini tespit etmek amacıyla, 4 farklı sıcaklık değeri ile ayarlanan etüv, 3 farklı sıcaklık ve nem değerlerinde ayarlanan iklimlendirme kabini ve doğal kurutma yöntemleri uygulanarak kurutma çalışmaları yapılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Yeşil Çay Üretim Teknolojisi

Yeşil çay, siyah çay üretiminden farklı olarak, yaprakların yeşil renklerini koruması amacıyla, oksidasyon işlemine tabi tutulmadan tüm yükseltgenme enzimlerinin inaktive olabilmeleri için doğrudan kısa bir zaman aralığında yüksek sıcaklıkta şok soldurma ve çeşitli teknikler uygulanarak işlenmesi ile direkt üretilen ve çoğunlukla Çin, Japonya gibi bazı Asya ülkelerinde tüketilmekte olan bir çay türüdür (Mahmutoğlu, 1987, Yılmaz, 1982).

İlk aşamada havalandırma işleminde, yaş çay yaprakları, fabrikalarda işlenmeye geçmeden önce, oksidasyona uğrayarak renklerinin kızıla dönüşmemesi ve canlılığını koruyabilmesi için öncelikle soğuk havalı haznelerde bekletilmektedir.

İçerdikleri su oranı %75 – 80 civarında olan yeşil çay yaprakları, hoş olmayan kokuların meydana gelmesini önlemek, çayın okside olmasına sebep olabilecek enzimlerin inaktive edilmesi, yaprakların fiziksel özelliğinin bozulmasını önlemek ve esnekliklerini artırmak amacıyla iki çeşit metot uygulanabilmektedir. Her iki işlem neticesinde de yaş çayın okside olmasına neden olan polifenol-oksidas enzimi inaktive olmaktadır.

1.Metot; İlerleyen zaman dilimlerinde çayda meydana gelebilecek olumsuz etkenleri azaltabilmek amacıyla, 15 – 20 saniye 120 °C – 150 °C civarında kuru sıcak hava verilen, kendi eksenini etrafında dönen şok soldurma cihazında şoklama işlemi gerçekleştirilir.

2.Metot; Buhar kazanlarında, tercihen kapalı tünelde çayın tazelik durumuna göre, buharın yaklaşık olarak 90 °C - 110 °C sıcaklık değerlerinde ayarlanarak 3 - 5 dakika zaman aralığında yaş çay yapraklarına verilmesi ile gerçekleştirilir (Anonim, 2018).

Kara ve ark. (2014), kapalı oda koşullarında, güneşte (32.14 °C; %26.29 RH) ve güneşte (32.14 °C; %26.29 RH) olmak üzere iki farklı doğal kurutma metodunu kullanarak, tam çiçeklenme döneminde hasat edilmiş olan çördük otunu kurutmuş olup, bu işlemin çördük otunun sahip olduğu uçucu yağ oranı ve içeriğine olan etkilerini incelemiştir.

Çalışmalarında güneşli ortamda kurutma işleminin, gölgede kurutma işlemine oranla daha hızlı gerçekleşmiş olduğu ve çördük otunun kurutma öncesi içerdiği %0.54 uçucu

yağ oranının, kurutma sonrası güneşte %0.30 ve gölgede %0.43' e, düşmüş olduğunu belirtmişlerdir.

Kurutma koşullarında uçucu yağ bileşenleri incelendiğinde; güneşli ortamda elemol (%8.99) oranının daha yüksek, gölgeli ortamda ise germakren D (%6.27), 1.8-sineol (%51.89), γ -elemen (%6.10) ve β -mirsen (%8.84) oranının daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışma sonucunda, çördük otunun kontrollü kurutma koşullarında farklı sıcaklık değerleri uygulanarak kurutulması, işlem sonrası kurutma süresi, kurutma hızı ve uygulanan sıcaklık değerlerinin ürün yağ oranı ve bileşenleri üzerine olan etkisinin belirlenmesi gerektiğini düşünmüşlerdir.

Alibaş (2012), ilk nem değerleri %75,35 olan asma yapraklarını bu oran %9.13 olana kadar 13W g-1 (650W), 15W g-1 (750W), ve 17W g-1 (850W) mikrodalga güç yoğunluğunda kurutarak, uygulamaların örneklerin renk kriterleri ve askorbik asit içerikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Kurutma işlemlerinin 210 – 270 saniyede gerçekleşmiş olduğunu, mikrodalga güç yoğunluğunun yükselmesi ile asma yapraklarının kuruma sürelerinde azalma meydana gelmiş olduğunu, tüm güç yoğunluk seviyelerinde kurutulan asma yapraklarının askorbik asit içeriği ve renk değerleri bakımından taze ürüne en yakın değere 15W g-1 (750W) mikrodalga güç yoğunluğunda ulaşıldığını tespit etmiştir.

Özer (2012), bir çalışmada, TC. Tarım, Gıda ve Hayvancılık Bakanlığı Ankara Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsünün deneme alanlarında kurulmuş olan tarla nanesi bitkisini kullanmış olup, nane (*Menthapiperita L.*) bitkisinin üç farklı kısmından (uç, orta, alt), güneş, gölge, etüv olmak üzere üç farklı kurutma metodu uygulayarak, elde edilen uçucu yağ oranlarını tespit ederek bileşimleri ve antimikrobiyel etkilerini belirlemiştir.

Çalışmayı uygulamış metotlara göre, gölgede kurutmada 25 °C sıcaklıkta 48 saat, güneşte kurutmada 35 °C sıcaklıkta 24 saat ve etüvde kurutmada ise 70 °C sıcaklıkta 3 saat bekleterek gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda, nane bitkisinin uç kısımlarının (yaprakların) uçucu yağ bakımından daha zengin olduğunu ve en kaliteli yağ oranının gölgede yapılan kurutmadan elde edildiğini, bazı mikroorganizmaların bitki

kısımlarından elde edilen yağlara seçicilik göstermemiş olduğunu ve duyarlık derecelerinin farklı olduğunu tespit etmiştir.

Polatçı ve Tarhan (2009), yapmış oldukları bir çalışmada, aromatik bitkilerden olan reyhan (*Ocimum basilicum*) bitkisinin farklı kurutma yöntemleri ve farklı kurutma şartlarına karşı göstermiş olduğu kuruma davranışını incelemişlerdir. Denemelerde doğrudan değmeli kurutucuda iki farklı karıştırma sıklığında 45 °C sabit sıcaklıkta, etüvde 35 °C ile 45 °C sıcaklıkta, mikrodalga fırında 280 W ile 595 W olmak üzere iki farklı güç seviyesinde çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda, güneşte ve gölgede kurutma yöntemlerinin reyhan bitkisinin kalite özellikleri üzerinde olumsuz etkisinin olduğunu gözlemlemişlerdir.

Ayrıca mikrodalga fırınında kurutma işleminin diğer kurutma yöntemlerine göre daha hızlı ve kısa sürede gerçekleşmiş olduğunu ancak, reyhan bitkisinin kalite özellikleri açısından uygun olmadığını, 45 °C - 55 °C sıcaklıktaki etüvde kurutma yönteminin bitki için daha uygun bir metot olduğunu tespit etmişlerdir.

Karaaslan (2008), doktora çalışmasında, mikrodalga (180W, 360W, 540W, 720W ve 900W), mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu (180W, 540W – 100 °C, 180 °C, 230 °C) ve sıcak havayla kurutma (100 °C, 180 °C ve 230 °C) metotlarını uygulayarak, kırmızıbiber, ıspanak ve çay yapraklarını kurutarak, bu metotların ürünlerin renk kalite, kuruma süreleri ve hızları üzerindeki etkilerini incelemiştir. Denemelerinde, kırmızıbiber, ıspanak ve çay yaprakları için mikrodalga fan kombinasyonu ile kurutmada, güç seviyeleri yükseldikçe kuruma hızlarında bir artış, sıcaklık değerleri arttıkça kuruma sürelerinin kısalmış olduğunu, mikrodalga ile kurutma aşamasında güç değerlerinin artması ile ürünlerin kuruma hızlarının artmış ve kuruma sürelerinin azalmış olduğunu tespit etmiştir.

Fanlı kurutmada ise sıcaklığın artışı ile kuruma hızlarında bir artış olduğunu belirtmiştir.

Renk kalite kriterleri açısından;

- ❖ Ispanak bitkisinin yeşilliğini en iyi koruduğu kurutma metodunun mikrodalga ile yapılan çalışmalar olduğunu, 100 °C ve artan sıcaklık değerlerinde yapılan fanlı kurutma işlemlerinde renk özelliklerinin olumsuz etkilenmiş olduğunu,
- ❖ 180W güç değerinde mikrodalga ile yapılan kurutmanın kırmızıbiber için en yakın taze değeri verdiğini,
- ❖ Mikrodalga kurutmada güç seviyeleri arttıkça çay yapraklarının yeşilliğini koruduğunu, mikrodalga fan kombinasyonlu kurutmalarda güç ve sıcaklık değerleri yükseldikçe ürün yeşilliğini kaybederek, renk özelliklerinin olumsuz etkilenmiş olduğunu,
- ❖ Mikrodalga ile çay bitkisinin kurutulması çalışmasının diğer bitkiler ile yapılan kurutma çalışmalarına göre yüksek ekonomik kazanç sağladığını belirtmiştir.

Kocabıyık ve ark. (2008), 1080 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda, 0.5, 1.0, 1.5 ve 2.0 m/s olmak üzere dört farklı kurutma havası hız değerlerinde kuruttukları nane yapraklarının, renk özelliklerini incelemiş olup, infrared enerji ile kurutulan yaprakların kuruma karakteristiklerini, kuruma hızı ve süresini araştırmışlardır. Denemeler sonucunda 1080 W/m² infrared radyasyon yoğunluğunda ve aynı nem içeriği seviyesinde kurutma havası hızı azaldıkça ürün kuruma hızında artışın, kurutma havası hızı arttıkça kurutma süresin bir azalmanın meydana geldiğini tespit etmişlerdir.

Sabit hızda bir kuruma eğiliminin meydana gelmediğini, hava hızının farklı değerleri altındaki tüm kurutma çalışmalarında, nane yapraklarının kuruma hızının başlangıçta kısa süreli artış gösterdiğini, ancak sonrasında bunu azalan bir eğilimin takip etmiş olduğunu görmüşlerdir. Farklı kurutma hava hızı değerlerinde kurutulmuş olan nane yapraklarının L*, a* ve b* değerlerinin kurutma öncesi renk değerlerinden daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir.

Tuncer (2006), 2005 yılında Türkiye’ de yıllık 1 milyon ton çay yaprağı elde edildiğini ve bundan 220 bin ton kuru (siyah) çay üretilmiş olduğunu belirtmiştir. Çay üretiminde 240 bin ton kömürün yakıt olarak kullanıldığını, ancak çayın kalitesinin düşmesine ve yüksek oranda kirli hava birikimine sebep olduğunu saptamıştır. Murpa çay fabrikasında, laboratuvar tipi bir 10 kW gücünde (27 Mhz) RF kurutucusuyla yapılan

denemelerin başarı ile gerçekleşmiş olduğunu, kazanılan verilerin uygulanarak RF teknolojisi ile bir çay kurutucusu projelenmiş olduğunu belirtmiştir.

Tunahan (2007), 5 ve 10 dk. sürelerde ozonlu su ile yıkadığı aflatoksinli kırmızı pul biberin, ev tipi bir mikrodalga fırınında kurutarak, mikrodalga uygulama süresinin (mikrodalga jeneratörlerinin kapalı kalma süresi /mikrodalga jeneratörlerinin açık kalma süresi) ürün kuruma süresi, tüketilen enerji miktarı, renk özellikleri ve ulaşılan son nem üzerindeki etkilerini incelemiştir.

Denemelerde, kırmızı pul biberin yıkama işleminden sonra yapılan kurutma işlemlerinde, mikrodalga uygulama sürelerini (açık, sn/kapalı, sn) sırasıyla sürekli, 30/30, 30/45, 30/60, 45/30, 45/45 ve 45/60 olarak ayarlamış olup, mikrodalga uygulama süresi arttıkça kuruma işleminin daha kısa sürmüş olduğunu ancak mikrodalga ünitenin çalışmadığı sürelerde (30/30, 45/30 ve 45/60) gerçekleşen çalışmalarda örneklerin kuruma süresi ve enerji tüketim değerlerinde bir artış olduğunu belirtmiştir. Sonuç olarak, 45/45 kesikli mikrodalga uygulamasında ürün renk kalitesinin daha yüksek olduğunu, kuruma süresi ve enerji tüketimi açısından daha iyi sonuçlar elde ettiğini, 45 saniyeyi aşan sürelerde mikrodalga uygulamasının kesilmesi, kuruma süresi ve enerji tüketimini olumsuz etkilediğini belirtmiştir.

Lüle (2014), çalışmasında, en yaygın uygulama alanı sunan kurutma yöntemlerinin tespit edilmesi amacıyla, güneş enerjisinden faydalanarak güneşte gölgede kurutma, güneşte açıkta kurutma, güneşte sergide kurutma, mikrodalga ve sıcak havalı kabin tipi kurutucuda kurutma olarak beş farklı kurutma metodu ile çadır mantarını kullanarak kurutma çalışmaları gerçekleştirmiştir. Çalışmalarda, sıcak havalı kabin tipi kurutucu ile yapılan kurutma yönteminde, ürünün daha kısa sürede kurduğunu gözlemlemiştir.

Mikrodalga fırınında uygulanmış olan farklı güç değerlerinde (180W, 360W, 600W, 800W) kurutulan ürünlerin, uygulanmış olan diğer kurutma metodlarına göre renk özelliklerinin olumsuz etkilendiği ve bu nedenle tercih edilemeyeceği, güneş enerjisinden yararlanarak yapılan kurutma yöntemlerinin, ürünün doğal yapısını bozmadığını tespit etmiştir.

Tülek ve Demiray (2013), çalışmalarında, %20 oranında sakkaroz içeren bir çözeltide ozmotik ön kurutma ve 80 °C sıcaklık değerinde olan su içerisinde 15 dk. bekletme olarak iki ayrı ön işlemler ile kabin tipi bir kurutma sisteminde 55 °C, 65 °C ve 75 °C sıcaklıklarda Trabzon hurmalarının kurutarak bu işlemlerin ürün kalitesi üzerindeki etkilerini ve kuruma performansını incelemiştir.

Çalışmada, ozmotik ön kurutma işlemi uygulanarak kurutulan ürünlerin kuruma süresini kısaltmış olduğunu, kurutma havası sıcaklığındaki artış ile kuruma süresinin kısaldığını ancak yüksek sıcaklık değerlerinde yapılan çalışmaların ürün renk özelliklerinin üzerinde olumsuz etki oluşturduğunu tespit etmiştir. 80 °C sıcaklığındaki su ile yapılan bekletme işleminde diğer uygulamış olduğu ön kurutma işleme kıyasla ürün renk özelliği üzerinde olumlu etkisi olduğunu gözlemlemiştir.

Tosun ve Karadeniz (2005), bir çalışmalarında çayın, antioksidan özelliği, fenolik madde içeriği ve insan sağlığı üzerindeki etkilerinden, içerdiği flavanoller sebebiyle güçlü antioksidan aktivitesine sahip olup birçok hastalığın ortaya çıkması ve ilerlemesine engel olduğundan bahsetmişlerdir. Ayrıca, çay tipine göre fenolik madde aktivitesi ve miktarının değişmekte olduğunu, yeşil çayın yüksek flavonol içeriği ile siyah çayın flavanol yanında, enzimatik oksidasyon sırasında oluşan sekonder fenolik maddeler sebebiyle yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Kocabıyık ve Demirtürk (2008), infrared enerji ile çalışan bir kurutma düzeneğinde 1080 W/m² infrared radyasyon yoğunluğu ile dört farklı hava hızında (0.5 m/s, 1.0 m/s, 1.5 m/s ve 2.0 m/s) nane yapraklarını kurutarak, nanenin kuruma davranışlarını incelemişlerdir.

Denemelerde, hava hızının artması ile nanenin kuruma süresinde de artış olduğunu, bunun nedeninin nane yüzeyine temas eden hava miktarındaki artışın yüzeyde soğumaya sebep olmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Farklı hız değerlerinin altında gerçekleşen tüm denemelerde, sabit hızda bir kurutma işleminin gerçekleşmediğini, nanelerin kuruma hızlarında başlangıçta kısa süreli bir artış olduğunu fakat daha sonra azalmanın gerçekleşmiş olduğunu ve hava hızının artması ile özgül enerji tüketim miktarında artış olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmalarda, 0.5 m/s hava hızında gerçekleşen kurutma işleminde nanelerin renk özelliklerinde düşük oranda

bir değişim olduğunu, 1.5 m/s hava hızında ise en fazla renk değişimlerinin gerekleştiiğini gözlemlenmişlerdir.

Aktaş ve Gönen (2014), kapalı devre ısı pompalı bir kurutucuda kurutma havası bağıl nem oranı %4 - 11 aralığında tutularak, 40 °C, 45 °C ve 50 °C kurutma havası sıcaklıkları ile 1m/s ve 1.5 m/s hızlarında çalışmalarını yaparak, defne yaprağı için en uygun kurutma havası sıcaklık ve hız değerlerini belirlemişlerdir. Denemelerde, kurutma havası sıcaklık ve hız değerlerinin artması ile ürün kuruma süresinin kısalmış olduğunu ancak kalitesinin düşeceğini bu nedenle özellikle enerji verimliliği bakımından 45 °C sıcaklık ve 1.5 m/s hız değerlerinin en uygun kurutma aralıkları olduğunu, bu metot ile diğer literatürlerdeki çalışmalara kıyasla daha kısa zaman aralığında depolamaya hazır kurutulmuş ürün elde ettiklerini belirtmişlerdir.

Gulató ve ark. (2003), kaliteli bir üretim için yeşil çay yapraklarının polifenol oksidazın (PPO) inaktivasyonu, yuvarlanma ve buharla, kavurucu, mikrodalga fırınında ve etüvde kurutulması çalışmalarını gerçekleştirerek, bu uygulamaların çayın renk, tat gibi kalite kriterleri ile fenol ve kafein içerikleri üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Denemelerinde, ay yapraklarını düşük ve yüksek basınç altında yuvarlama işlemlerinden geçirdikten sonra, etüvde, mikrodalga fırınında ve güneşte kurutarak içermiş oldukları fenol ve kafein oranlarını incelemişlerdir.

- ❖ Kavrulmuş ve güneşte kurutulmuş çay yapraklarının en düşük seviyede toplam fenol ve kafein içermekte olduğunu, tat denemelerinde demlenmiş olan çayın soluk bir renk ve yanık bir kokuya sahip olduğunu,
- ❖ Mikrodalga ile inaktive edilmiş ve kurutulmuş çayların en yüksek oranda toplam fenol ve kafein içermekte olduğunu, tat denemelerinde demlenmiş olan çayın parlak canlı bir renge, hoş bir koku ve tada sahip olduğunu,
- ❖ Güneşte kurutulan çayların en düşük oranda fenol ve kafein içermekte olduklarını, en yüksek nem içeriğine (% 6) sahip olduklarını, tat denemelerinde demlenmiş olan çayların koyu bir renge ve hoş olmayan kokuya sahip olduklarını,
- ❖ Buharla inaktive edilmiş ve etüv/ mikrodalga fırınında kurutulmuş olan çayların toplam fenol ve kafein içeri bakımından diğer metotlara göre orta düzeyde olduğunu, demlenen çayın parlak bir renge ve hoşa giden bir tada sahip olduğunu,

- ❖ Mikrodalga ve etüv ile 80 °C' de kurutuldukları zaman hafif hoş bir tada, 100 °C' de kurutuldukları zaman ise kuvvetli biraz acı bir tada sahip olduklarını,
- ❖ Buharla (95 - 102 °C) inaktive edilen çayların geleneksel kavurucular ile kavruan çaylara kıyasla daha yeşil renge sahip olduklarını, ancak oldukça nemli olduklarını gözlemlemişlerdir.

Sonuç olarak, etüv ve mikrodalga ile inaktivasyonu ve mikrodalgada kurutma işlemi ile üretilen çayların diğer metotlara göre daha olumlu sonuçlar gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Ceni ve ark. (2008), 2400 MHz frekanslı 800W güç seviyesinde PMV-101 Philco bir ev mikrodalga fırını ile kurutma çalışmaları yaparak mikrodalga enerjisinin Mate çay yapraklarının içermekte olduğu Polifenol oksidazın ve peroksidaz aktivitesi, nem içeriği ve renk özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir.

Çalışmalarında, düşük ve yüksek ışık yoğunluğuna maruz kalan çay yapraklarının 30 s mikrodalgada kurutulmalarından sonra Polifenol oksidazın inaktive olduğunu vurgulamışlardır. Düşük ışık yoğunluğuna maruz kalan (120s) çaylarda peroksidaz aktivitesinin %60 oranında azaldığını, mikrodalga enerjisine (60s) maruz kaldıklarında ise peroksidaz (POD) aktivitesinin önemli ölçüde azaldığını, Polifenol oksidazın (PPO) inaktive olduğunu ve daha iyi sonuçlar elde ettiklerini belirtmişlerdir. Mate çay örneklerinin 220 saat mikrodalga enerjisine maruz kalmaları sonucunda, ürünlerin üretim açısından gerekli olan nem içeriğine ulamış olduklarını, çay yapraklarının renk kriterleri bakımından yoğun yeşil renge sahip olduklarını tespit etmişlerdir. Ayrıca, polifenol oksidaz ve peroksidazın inhibe edilmesinin, çay yapraklarında esmerleşmeye neden olduğunu gözlemlemişlerdir. Sonuç olarak, endüstride mikrodalga metotlarının kullanılmasının, daha kaliteli ürün elde edilmesini ve kuruma işlemlerinin daha kısa sürede tamamlanabilmesi bakımından tercih edilebileceğini vurgulamışlardır.

Javanmard ve ark. (2009), her ağacın orta, üst ve alt kısımlarından alınarak homojenleştirdikleri çay yapraklarının nem içeriğini ve farklı kurutma aşamalarında sıcak hava bölmesini kullanan ve haznenin sıcaklığını kontrol edebilen,

programlanabilir otomatik laboratuvar tipi bir çay kurutucu tasarlamış olup bu sistem ile kurutma çalışmaları yapmışlardır.

Tasarlamış oldukları kurutucunun 6 ile 8 tabladan oluşan toplu bir çay kurutucu olduğunu, tepsilerin yüzeylerindeki sıcaklığın 50 °C ile 100 °C arasında kontrol edilebildiğini, kurutma işleminin sıcak havanın çay yapraklarının üzerinden geçtiği kapalı bir odada sıcak hava ve çay yaprakları arasındaki kütle – ısı transferi olayı ile gerçekleşmiş olduğunu ifade etmişlerdir.

Kuruma süresince nem içeriği %68 seviyesine düştüğünde yaprak sıcaklıklarında sadece 10 °C sıcaklık artışının olduğunu, %10 dan daha az olması durumunda ise 45 °C den 80 °C' ye yükselme meydana geldiğini, bu olayın nedeninin kurumanın başında çay yapraklarının nem değerlerini düşürerek kritik nem değerine ulaşabilmeleri için havadan aldıkları ısıyı kullanıp, kritik noktaya ulaştıklarında ise havadan aldıkları ısıyı sıcaklıklarını artırmak için kullanmış olduklarını belirtmişlerdir. Kurutmada, 100 °C üzerindeki kurutma havası sıcaklıklarında, çay yapraklarının nem değerlerinin sıfıra ulaştığını, böylece çayın denge nem değerinin sıfır olduğunu vurgulamışlardır.

Kurutucunun kapasitesinin, tepsilerin yüzeyindeki havanın ısısı ile orantılı olduğunu, tepsiler üzerindeki hava sıcaklık değerinin 50 °C ile 95 °C arasında olması durumunda çay yapraklarında daha az hasar meydana geldiğini gözlemlemişlerdir. Ayrıca sıcaklığın yeterince yüksek olmamasının yaprakların gübresine ve likörüne neden olmasına, ancak çok yüksek sıcaklık değerlerinde yaprakların sertleşmesine ve yanmasına yol açtığını tespit etmişlerdir. Denemelerde, kurutma süresinin çay yapraklarının kalınlığına ve miktarına bağlı olarak değişmekte olup 15 – 25 dk sürmüş olduğunu, en kaliteli kuru çay yapraklarının, 83 °C ile 99 °C üzerindeki kurutma havası sıcaklıklarında elde ettiklerini ve tasarlamış oldukları toplu çay kurutucunun, endüstriyel açıdan uygun olduğunu belirtmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Kurutma alışmaları, Mayıs ve Temmuz aylarında RİZE ilinden temin edilen yeşil çay yaprakları kullanılarak yapılmıştır. Kurutma çalışmalarına başlamadan önce, materyallerin hasat sonralarındaki ilk nem seviyelerini belirlemek amacıyla, 4 ayrı klahta ayrılmış olan çay örneklerinin sıcaklığı 70 C ayarlanmış olan etüvde yaklaşık 15 saat bekletilerek, nem tayini yapılmıştır.

3.2. Kurutma Yöntemleri

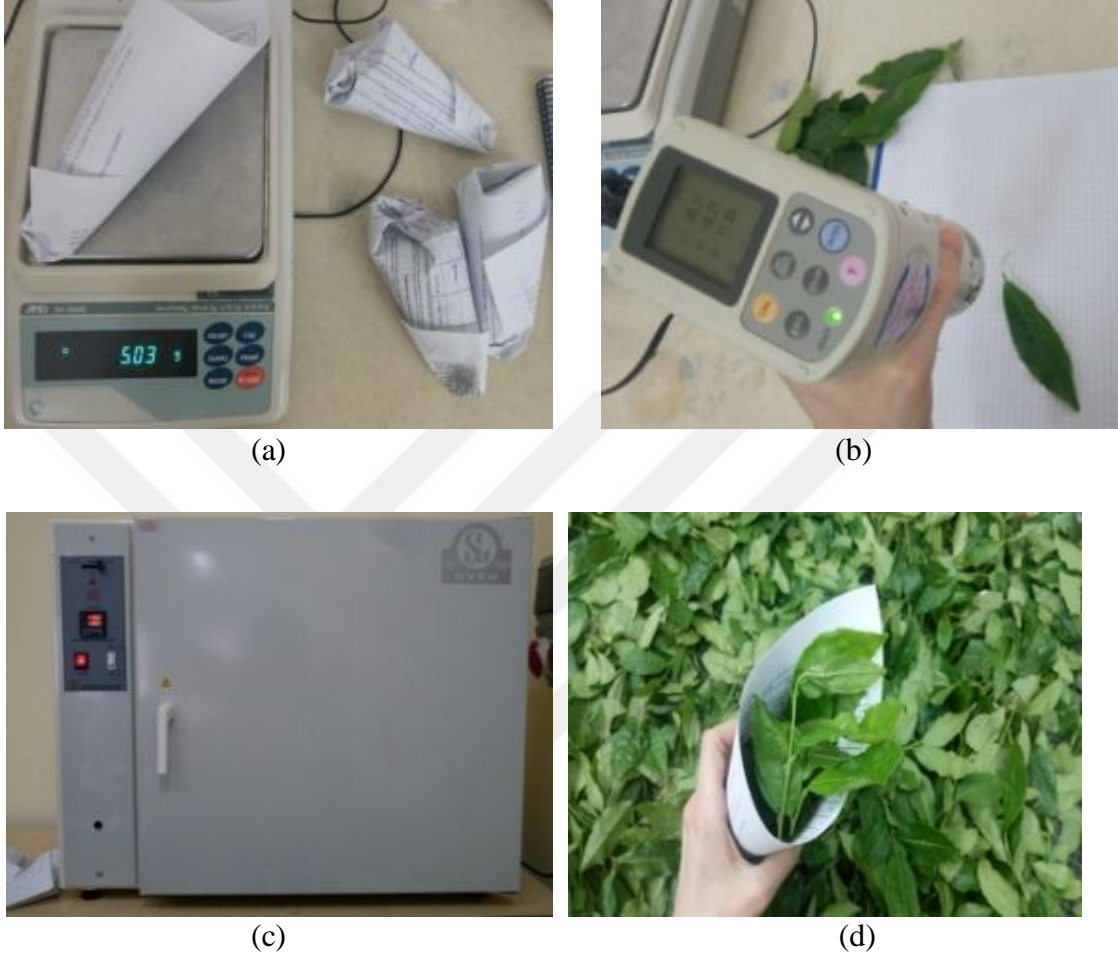
Bu çalışmada, ürün özelliklerinin zarar görmeyeceği, kalite oranının daha yüksek olacağı, uygun kurutma yöntemi ve sıcaklık değerini tespit etmek amacıyla, kızışmayı önlemek için dinlendirilen yeşil çaylar kğit klahlara koyulup, 4 farklı sıcaklık değeri ile ayarlanan etüv, 3 farklı sıcaklık ve nem değerlerinde ayarlanan iklimlendirme kabini ve doğal kurutma yöntemleri uygulanarak kurutma çalışmaları yapılmıştır. Yeni toplanmış çay yaprağı, %70 - 80 arasında değişen miktarda su içerir. Bu oran, kurutma işlemiyle %3 - 4 seviyelerine indirilmektedir.

Bu çalışmada aylardaki nem oranı %8 - 10 seviyelerine kadar düşürülmüştür. Kurutma işlemi boyunca 4' er örnekten en az ikisinin tartımlarda, ağırlıklarında çok fazla bir değişimin gözlenmediği ana kadar denemelere devam edilmiştir.

Denemeler boyunca, düzenli zaman aralıklarında, hassas terazi (0.01 g hassasiyet) ile yaprakların tartımları yapılmış ve ağırlıklarında meydana gelen değişimler kaydedilmiş olup, ürünlerin ağırlıklarında meydana gelen değişim değerleri ile nem oranları hesaplanarak, kurutma kinetik eğrileri oluşturulmuştur.

Ayrıca etüvde nem tayini işlemi başlatılmadan önce, Renk ler (Minolta, CR300, Japonya) kullanılarak, taze yeşil çay yapraklarının renk tayini yapılarak, L, a ve b değerleri belirlenmiştir.

Aşağıda şekil 3.1 de laboratuvar tipi etüv kurutucu, hassas terazi, renk ölçer ve yeşil çay örneğinin resmi verilmiştir.



Şekil 3.1. Hassas Terazi (a), Renk Ölçer (b), Etüv (c), Yeşil Çay Örneği (d)

3.2.1. Etüvde kurutma

Etüvde kurutmada Biyosistem Mühendisliği Bölümü kurutma laboratuvarında bulunan (NÜVE Marka F 500 model) etüv kurutucu kullanılarak 1. hasat döneminde 40 °C ve 50 °C, 2. hasat döneminde ise 35 °C ve 45 °C, olmak üzere 4 farklı sıcaklık değerleri ayarlanarak kurutma çalışmaları yapılmıştır. Denemeler 4'er tekerrürlü olarak yapılmış olup, örnekler son nem değerlerine ulaşana kadar belirli aralıklarda bir, tartımları yapılarak, ağırlık kayıpları tespit edilerek kaydedilmiştir. Kurutma işlemi sonrasında çay örneklerinin L, a, b renk analizleri yapılmıştır.

Şekil 3.2 ve şekil 3.3’ de etüv kurutucuda yapılan, farklı sıcaklıklardaki kurutma çalışmaları sonunda örneklerdeki değişimler gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Etüvde 35°C (a) ve Etüvde 40 °C (b)



Şekil 3.3. Etüvde 45°C (c) ve Etüvde 50 °C (d)

3.2.2. İklimlendirme kabiniinde kurutma

Bu denemede 1. ve 2. hasat dönemlerinde getirilmiş olan çay örnekleri kullanılarak, Biyosistem Mühendisliği Bölümü kurutma laboratuvarında bulunan iklimlendirme kabiniinde 30 °C sıcaklık ve % 30 nem, 40 °C sıcaklık ve % 45 nem, 60 °C sıcaklık ve % 60 nem olmak üzere, 3 farklı sıcaklık ve bağıl nem değerleri ayarlanarak kurutma denemeleri gerçekleştirilmiştir. Kurutma çalışmaları boyunca, 4’ er tekerrürde çalışmış olduğumuz örneklerin son nem değerlerine ulaşana kadar, belirli aralıklarda, ağırlık kayıplarının belirlenmesi için tartımları yapılmıştır.

Deneme sonunda örneklerim L, a, b renk analizleri yapılmıştır. Şekil 3.4’ de iklimlendirme kabini ve kurutmaya hazırlanan çay örnekleri, Şekil 3.5’ te ise farklı nem ve sıcaklık değerlerinde kurutulan çay örneklerinin deneme sonrası değişimleri gösterilmiştir.



(a)

(b)

Şekil 3.4. İklimlendirme kabini (a) ve kurutmaya hazırlanan çay örnekleri (b)



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.5. İklimlendirme kabiniinde 30 °C sıcaklık - % 30 bağımlı nem (a), 40 °C sıcaklık - % 45 nem (b) ve 60 °C sıcaklık - % 60 bağımlı nem (c)

3.2.3. Gölgede ve güneşte kurutma

Gölgede ve güneşte kurutma işleminde örneklerin hava ile teması sağlanabilmesi için tel ile kaplanmış kafesler kullanılmıştır. Her iki denemede 4' er tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Gölgede kurutma işlemi sırasında örneklerin yerleştirilmiş olduğu tel kafesler, güneş almayan ve hava geçişinin sağlanacağı bir ortama koyulmuştur.

Kurutma denemeleri sırasında belirli saat aralıklarında örneklerin tartımları yapılarak ağırlıklarında meydana gelen değişimler takip edilmiş olup, bu işleme son nem değerine ulaşana kadar devam edilmiştir.

Şekil 3.6' da güneşte ve gölgede kurutulan çay örneklerinin kurutma sonrası değişimleri gösterilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.6. Güneşte 1 (a), Güneşte 2 (b) ve gölgede (c) Kurutma

3.3. Renk Analizi

Denemeler sonunda renk ölçer (Minolta, CR300, Japonya) kullanılarak, taze yeşil çay yapraklarının renk tayini yapılarak, L (parlaklık), a (kırmızılık) ve b (sarılık) değerleri belirlenmiştir. Elde edilen L, a ve b değerlerinin aritmetik ortalaması hesaplanıp, SPSS istatistik programı ile analiz yapılarak gerekli tablo oluşturulmuştur.

Ayrıca, Hue açısı ve rengin tonunu ifade eden kroma değerleri de ilgili eşitliklerle hesaplanarak belirlenmiştir.

Kroma değeri, üründeki renk doygunluğunu göstermekte olup, canlı renklere kroma değeri yükselirken, donuk renklere ise bu değer düşmektedir.

“L” değeri, 0 ile 100 arasında değerler alıp, parlaklığı ifade etmektedir. “L” nin, 100 değerini göstermesi, tam yansımaya olduğu beyaz renkte, 0 değerini göstermesi ise hiçbir yansımaya olmadığı siyah renkte olduğunu ifade etmektedir

“a” değeri, kırmızılık değerini ifade etmekte olup, “a” nın pozitif değerleri kırmızılığı, negatif değerleri ise yeşil rengi ifade etmektedir.

“b” değeri, sarılık değerini ifade etmekte olup, “b” nin pozitif değerleri sarılığı ifade ederken, negatif değerleri ise maviliği ifade etmektedir. Sıfır kesim noktası değeri de (a= 0 ve b= 0) renksizliği, yani griliği ifade etmektedir (Polatçı ve Taşova, 2017).

Hue açısı ve kroma değeri aşağıda belirtilen eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır;

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

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

BI ve x değerleri kahverengilik indeks değerini belirtir ve aşağıda belirtilen eşitlikler ile hesaplanmıştır;

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

$$x = \frac{a+(1,75xL)}{[(5.645xL)+(a-(3.012xb))]} \quad (4)$$

3.4. Nem İçeriği

Tarımsal ürünlerin içermekte oldukları nem miktarı, ömürlerini etkileyen en önemli etken olup; depolama açısından büyük önem taşımaktadır. Ürünün nem içeriğinin fazla olması, depolama süresinin azalmasına neden olmaktadır.

Gıda ürünlerinin, özelliklerini önemli oranda kaybetmemesine dikkat edilerek, dayanıklılığını artırmak, mikroorganizma faaliyetlerinin artmasını önlemek, fiziksel ve kimyasal olarak bozulmadan daha uzun süre depolanabilmesini sağlamak amacıyla mevcut nemin üründen uzaklaştırılması gerekmektedir.

Çay örneklerinin ilk ve son ağırlıkları esas alınarak yaş ve kuru baza göre nem içerikleri aşağıda belirtilen eşitlikler ile hesaplanmıştır;

$$N_{kb} = \frac{W_i - W_s}{W_s} \times 100 \quad (5)$$

$$N_{yb} = \frac{W_i - W_s}{W_i} \times 100 \quad (6)$$

N_{yb} = Yaş baza göre nem (%)

N_{kb} = Kuru baza göre nem (%)

W_i = Ürün örneğinin ilk ağırlığı (g)

W_s = Ürün örneğinin son ağırlığı (g)

3.5. Kuruma Modelleri

Kurutulan yeşil çay yapraklarının sürece bağlı üründen ayrılabilir nem oranı aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır;

$$ANO = \frac{M - M_e}{M_o - M_e} \quad (7)$$

ANO = Ayrılabilir nem oranı

M = Kurutulan materyalin anlık nem içeriği

M_e = Kurutulan materyalin verilen durumdaki denge nemi

M_o = Kurutulan materyalin ilk nem içeriği

Literatürde yer alan Jena Das, Midilli-Küçük, Yağcıoğlu ve Modified Page matematiksel modeller kullanılarak, ayrılabilir nem oranı eğrisi modellenmesi yapılmıştır.

Matematiksel modeller ve eşitlikleri aşağıda belirtilmiştir;

$$\text{Jena Das,} \quad f = k \exp(-ht + j\sqrt{t}) + m \quad (8)$$

$$\text{Midilli-Küçük,} \quad f = k \exp(-ht^j) + mt \quad (9)$$

$$\text{Yağcıoğlu,} \quad f = k \exp(-ht) + j \quad (10)$$

$$\text{Modified Page} \quad f = \exp(-kt^h) \quad (11)$$

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Çay Bitkisinin Kuruma Performans Değerleri

Denemelerde kullanılan yeşil çay yapraklarının, mayıs ayı ortalama %73, temmuz ayı %75 olarak belirlenen nem seviyesi, kurutma işlemlerinde yaş baza göre %8 - 10 nem seviyesine kadar düşürülmüştür. Alibaş (2012), yılında gerçekleştirmiş olduğu bir kurutma çalışmasında, kurutma materyali olarak kullandığı asma yapraklarının yaş baza göre içermiş olduğu nem değerini %75.35 oranında bulmuştur. Ayrıca Timple (2001), yılında yapmış olduğu kurutma çalışmalarında, çay yaprağının %70 oranında nem değerine sahip olduğunu tespit etmiştir.

Çizelge 4.1’ de yeşil çayın, etüv de dört ve iklimlendirme kabiniinde üç farklı kurutma sıcaklığı ile nem değerlerinde, güneşte ve gölgede gerçekleştirilmiş olan kurutma çalışmalarına ait toplam kuruma süreleri ve yaş baza göre ortalama son nem oranları gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı kurutma metotları ile kurutulan yeşil çay yaprağının ortalama son nem değerleri ile kuruma süreleri

Kurutma Yöntemi	Kurutma Şartları	Ortalama Son Nem (y.b)	Kuruma Süreleri (Saat)
Etüv	35 °C	%13.82	29
	40 °C	%11.46	26
	45 °C	%11.70	25
	50 °C	%9.38	22
İklimlendirme Kabini	30 °C - %30 RH	%13.65	47
	40 °C - %45 RH	%12.69	48
	60 °C - %60 RH	%13.12	57
Güneş 1		%12.26	54
Güneş 2		%12.43	59
Gölge		%13.98	121

Çizelge 4.1’ de ki verilere göre, etüvde yapılan kurutma işlemine, kurutulan yeşil çay yapraklarının ortalama son nem oranı, 35 °C’ de % 13.82, 40 °C sıcaklıkta %11.46, 45 °C sıcaklıkta % 11.70 ve 50 °C sıcaklık değerinde % 9.38 değerlerine düşene kadar

devam edilmiştir. Kurutma çalışmaları sırası ile 35 °C’ de 29 saat, 40 °C’ de 26 saat, 45 °C’ de 25 saat, 50 °C’ de 22 saat sürmüştür.

İklimlendirme kabiniinde yapılan kurutma çalışmalarına, yeşil çay yapraklarının ortalama son nem değeri 30 °C - %30 RH’ de % 13.65, 40 °C- %45 RH’ de %12.69 ve 60 °C- % 60 RH’ de ise % 13.12 değerlerine düşene kadar devam edilmiştir. Çalışma, 30 °C - % 30 RH’ de 47 saat, 40 °C- %45 RH’ de 48 saat ve 60 °C- %60 RH’ de 57 saat süresince devam etmiştir.

1. Güneşte kurutma çalışmalarına ürünün ortalama son nem içeriği %12.26 olana kadar devam edilmiş olup yaklaşık 54 saat sürmüştür. 2. Güneşte kurutma işlemine ise, %12.43 değerlerine düşene kadar 59 saat boyunca devam edilmiştir. Ayrıca, gölgede kurutma işlemine ürün ortalama son nem değeri %13.98 olana kadar devam edilmiştir. Bu işlem 121 saat sürmüştür.

Çizelge 4.1’ e bakıldığında, kurutma sıcaklıklarının artışı ile ürünlerdeki kuruma sürelerinde de belirgin ölçüde azalmanın olduğu görülmektedir. İklimlendirme kabini ile kurutma çalışmalarında, kurutma ortam nem değerinin artırılması ile kuruma süresinin uzadığı tespit edilmiştir. Buradan da anlaşılmaktadır ki, kurutma sıcaklık değerinin yükseltilmesine rağmen, kurutma havası bağıl nem değerinin belli bir orandan sonra yükselmesi sonucunda, havanın nem tutma kabiliyetinin azalmasına neden olmaktadır (Özel, Ö.F., 2010).

Özel (2010), gerçekleştirmiş olduğu bir kurutma çalışmasında, ortamın kurutma havası bağıl nem oranının artması sonucunda, materyalin kuruma süresinin uzamış olduğunu tespit etmiştir. Etüv de yapılan kurutma çalışmaları neticesinde, dört ayrı kurutma sıcaklıkları kıyaslandığında sıcaklığın artması ile kuruma sürelerinin azalmış olduğunu, etüvde 50 °C de kurutulan çay yapraklarının kuruma sürelerini diğer değerlere göre daha kısa sürede tamamlanmış olduğu anlaşılmaktadır.

4.2. Matematiksel Modelleme

Kurutma çalışmalarında kullanılan yeşil çay yapraklarının, süreye bağlı ayrılabilir nem oranındaki değişimleri tespit etmek amacıyla, kuruma eğrileri oluşturulmuş olup, modelleme işlemi esnasında Jena Das, Modified Page, Midilli – Küçük ve Yağcıoğlu matematiksel modelleri kullanılarak, kuruma eğrilerine ait olan varyans analizi sonucunda elde edilmiş olan k, h, j, m ve p değeri ile kararlılık kat sayısı olan R² değerleri, sırasıyla her bir model için aşağıdaki çizelgelerde belirtilmiştir.

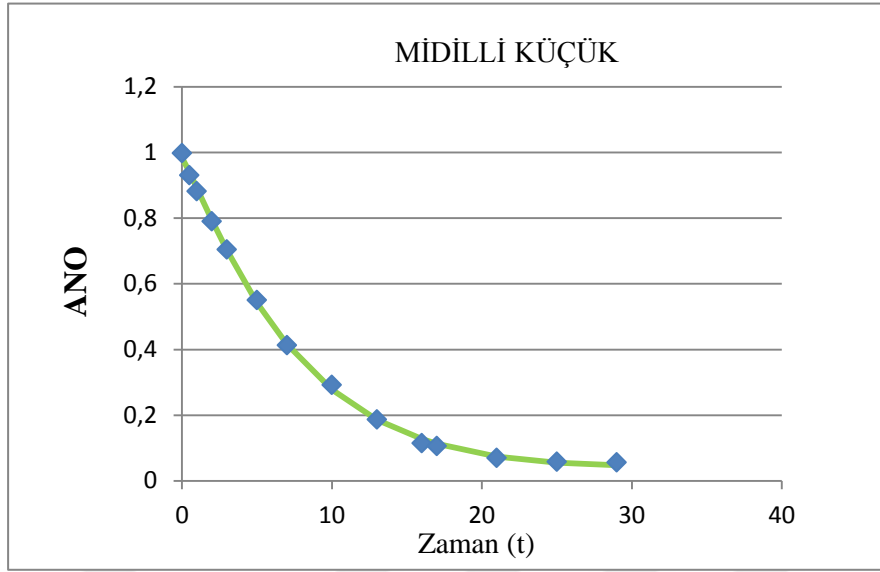
Ayrıca tüm matematiksel modeller ile kurutma metotları için tahmin edilen değerlerle 40 tane grafik oluşturulmuş olup, en iyi tahmin veren 4 ayrı matematiksel model için birer tane örnek grafik aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.2. Midilli – Küçük matematiksel modeli eşitliği parametrelerinin sayısal değerleri ile modele ait “R²” ve “P” değerleri

Kurutma Yöntemi	Kurutma Sıcaklıkları	k	h	j	m	R ²	p
Etüv	35 °C	1.1455	0.9857	0.0492	-0.0011	0.9993	<0.0001
	40 °C	1.0097	0.9875	0.0538	-0.0017	0.9991	<0.0001
	45 °C	1.2713	0.9819	0.0740	-0.0002	0.9986	<0.0001
	50 °C	1.1097	0.9844	0.1016	0.0012	0.9995	<0.0001
İklimlendirme Kabini	30 °C - %30 Nem	1.2659	0.9656	0.0379	-0.0003	0.9896	<0.0001
	40 °C - %45 Nem	1.5061	0.9786	0.0384	0.0016	0.9979	<0.0001
	60 °C - %60 Nem	1.0989	0.9821	0.0228	-0.0015	0.9995	<0.0001
Güneş 1		1.0007	0.9813	0.0448	-0.0003	0.9821	<0.0001
Güneş 2		1.2477	1.0013	0.7154	0.0115	0.9983	<0.0001
Gölge		1.0333	0.9967	0.0219	-0.0003	0.9994	<0.0001

Modelin tahmin etme başarısını ölçen kararlılık katsayısı olan R² değeri, incelendiğinde 0.9821 ile 0.9995 arasında değişiklik göstermiştir. En düşük değer 1. güneşte kurutma işleminde, en yüksek değer etüvde 50 °C sıcaklık ile iklimlendirme kabininde 60 °C sıcaklık - %60 nemde yapılan kurutma çalışmasında tespit edilmiştir.

Şekil 4.1’ de ki grafikte etüvde 50 °C sıcaklıkta yapılan kurutma işlemine ait zamana bağlı ayrılabilir nem oranları belirtilmiştir.



Şekil 4.1. Midilli - Küçük eşitliği etüvde 50 °C’de ayrılabilir nem oranı ile kuruma süresi

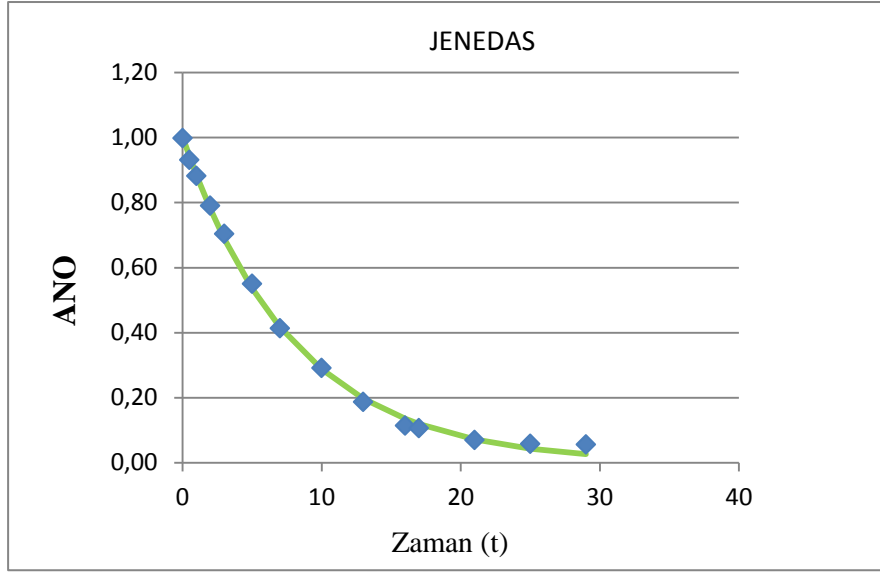
Çizelge 4.3. Jenadas matematiksel modeli eşitliği parametrelerinin sayısal değerleri ile modele ait “R²” ve “P” değerleri

Kurutma Yöntemi	Kurutma Sıcaklıkları	k	h	j	m	R ²	p
Etüv	35 °C	1.0123	0.4430	0.7294	0.0069	0.9944	<0.0001
	40 °C	1.0023	0.4347	0.7461	-0.0033	0.9973	<0.0001
	45 °C	1.0194	0.4728	0.6698	0.0163	0.9925	<0.0001
	50 °C	1.0025	0.4664	0.6828	5.0414	0.9985	<0.0001
İklimlendirme Kabini	30 °C - %30 Nem	1.0122	0.4454	0.7247	0.0092	0.9831	<0.0001
	40 °C - %45 Nem	1.0280	0.4622	0.6911	0.0235	0.9859	<0.0001
	60 °C - %60 Nem	1.0103	0.4229	0.7698	0.0051	0.9917	<0.0001
Güneş 1		1.0034	0.7607	0.0943	0.0135	0.9763	<0.0001
Güneş 2		0.9950	0.4271	0.7613	-0.0108	0.9819	<0.0001
Gölge		1.0088	0.4171	0.7812	0.0057	0.9966	<0.0001

Modelin tahmin etme başarısını ölçen kararlılık katsayısı olan R² değeri, incelendiğinde 0.9763 ile 0.9985 arasında değişiklik göstermiştir.

En düşük değer 1. güneşte kurutmada, en yüksek değer etüvde 50 °C sıcaklıkta yapılan kurutma işleminde belirlenmiştir.

Şekil 4.2.’ de ki grafikte etüvde 50 °C sıcaklıkta yapılan kurutma işlemine ait zamana bağlı ayrılabilir nem oranları belirtilmiştir.



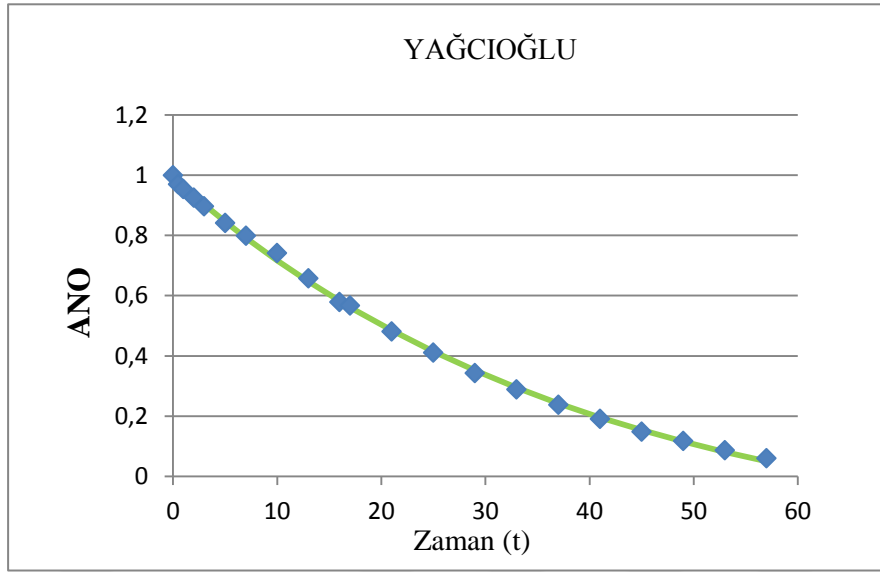
Şekil 4.2. Jenedas eşitliği etüvde 50 °C sıcaklıkta ayrılabilir nem oranı ile kuruma süresi

Çizelge 4.4. Yağcıoğlu matematiksel modeli eşitliği parametrelerinin sayısal değerleri ile modele ait “R²” ve “P” değerleri

Kurutma Yöntemi	Kurutma Sıcaklıkları	k	h	j	R ²	p
Etüv	35 °C	1.1577	0.0589	-0.1557	0.9988	<0.0001
	40 °C	1.0896	0.0509	-0.1018	0.9991	<0.0001
	45 °C	1.0816	0.1209	-0.0569	0.9955	<0.0001
	50 °C	0.9973	0.1274	0.0070	0.9986	<0.0001
İklimlendirme Kabini	30 °C - %30 Nem	1.0739	0.0709	-0.0661	0.9873	<0.0001
	40 °C - %45 Nem	1.0976	0.1034	-0.0551	0.9879	<0.0001
	60 °C - %60 Nem	1.2350	0.0252	-0.2432	0.9994	<0.0001
Güneş 1		1.0047	0.0438	-0.0239	0.9821	<0.0001
Güneş 2		0.9650	0.8441	0.0658	0.9903	<0.0001
Gölge		0.9801	0.6707	0.0124	0.9971	<0.0001

Çizelgede yer alan modelin tahmin etme başarısını ölçen kararlılık katsayısı olan R² değeri, 0.9821 ile 0.9994 arasında değişiklik göstermiş olup, en düşük değer 1. güneşte kurutma çalışmasında, en yüksek değer iklimlendirme kabininde 60 °C sıcaklık ile %60 nem ortam koşullarındaki gerçekleştirilen kurutma işleminde tespit edilmiştir.

Şekil 4.3.’ de ki grafikte iklimlendirme kabininde 60 °C sıcaklık ile %60 bağıl nem de yapılan kurutma işlemine ait zamana bağlı ayrılabilir nem oranları belirtilmiştir.

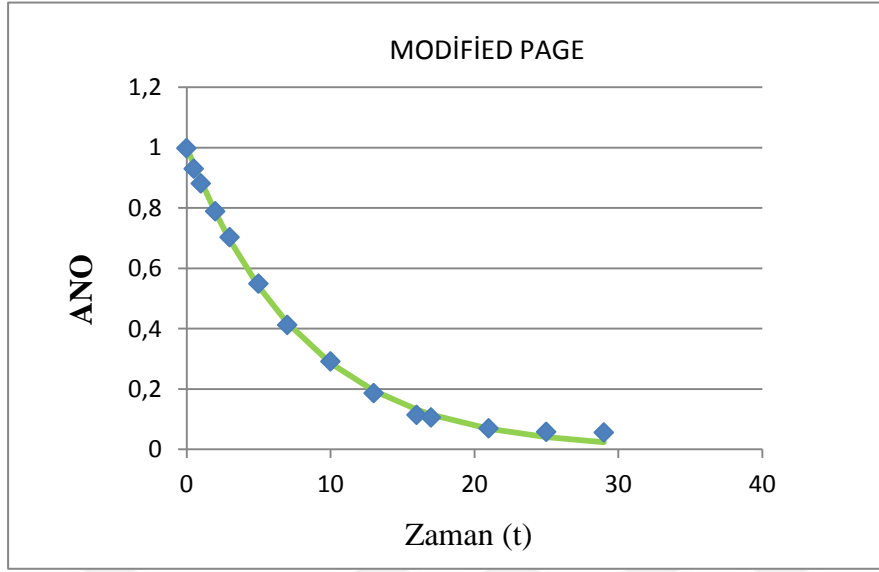


Şekil 4.3. Yağcıoğlu eşitliği iklimlendirme kabiniinde 60 °C sıcaklık ile %60 bağıl nem de ayrılabilir nem oranı ile kuruma süresi

Çizelge 4.5. Modified Page matematiksel modeli eşitliği parametrelerinin sayısal değerleri ile modele ait “R²” ve “P” değerleri

Kurutma Yöntemi	Kurutma Sıcaklıkları	k	h	R ²	p
ETÜV	35 °C	0.0770	1.1508	0.9985	<0.0001
	40 °C	0.0619	1.0478	0.9979	<0.0001
	45 °C	0.1322	1.2278	0.9983	<0.0001
	50 °C	0.1245	1.0260	0.9987	<0.0001
İKLİMLENDİRME KABİNİ	30 °C - %30 Nem	0.0796	1.1952	0.9882	<0.0001
	40 °C - %45 Nem	0.1116	1.3386	0.9959	<0.0001
	60 °C - %60 Nem	0.0374	1.1663	0.9971	<0.0001
Güneş 1		0.0476	0.9783	0.9814	<0.0001
Güneş 2		0.7065	1.0904	0.9767	<0.0001
Gölge		0.8374	0.2375		<0.0001

Çizelgede belirtilen modelin tahmin etme başarısını ölçen kararlılık katsayısı olan R² değeri, 0.9767 ile 0.9987 arasında değişiklik gösterirken, en düşük değer 2. güneşte kurutmada, en yüksek değer ise 50 °C de etüvde kurutma işleminde belirlenmiştir.



Şekil 4.4. Modified Page eşitliği etüvde 50 °C de ayrılabilir nem oranı ile kuruma süresi

Modelin yeterlilik kriterini geçebilmesi için gerekli olan p değerinin 0.05' ten düşük olması gerekir. Varyans analizi sonuçlarına bakıldığında, tüm kurutma metot ve ortam koşullarında elde edilmiş olan p değerinin 0.05' in altında bir değer ($p < 0.0001$) almış olduğu görülmektedir. Bu da analiz için kullanılan tüm kurutma modellerinin güvenilir sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Kararlılık katsayıları, daima 0 - 1 arasında değer alırlar ve 1' e yaklaştıkça tahmini değer ile gerçek değer arasındaki bağ o kadar güçlü olmaktadır (Taşova, 2017). Analiz sonucunda elde edilen R^2 değerleri 1' e çok yakın bulunmuş olup, en yüksek R^2 değerini veren matematiksel model olan Midilli - Küçük eşitliğinin, tüm kurutma metot ve koşullarına ait kuruma eğrilerinin tanımlanması açısından önemli olduğu belirlenmiştir.

4.3. Renk Değerleri

SPPS programı duncan testinin uygulanarak taze ve kuru örnekler arasındaki fark ile denemeler sonrasındaki her kuru örneklerin renk analizleri sonucunda elde edilen renk değerleri arasındaki farkın istatistiki açıdan yorumlanması yapılmıştır.

Renk değerleri arasındaki farklılıklar SPPS programında ($P < 0.05$) önem seviyesi esas alınarak yorumlanmıştır.

Çizelge 4.6.' te farklı kurutma metotları ve sıcaklık koşullarına bağlı olarak elde edilen taze ve kurutulmuş yeşil çay yapraklarına ait ortalama renk değerleri belirtilmiştir.

Çizelge 4.6. Ölçülen ortalama renk değerleri

Kurutma Yöntemi	Kurutma Sıcaklıkları	L	a	b
Taze 1		34.85 ^b	-10.06 ^e	11.4 ^a
Taze 2		38.97 ^a	-6.4 ^d	7.48 ^b
Etüv	35 °C	32.8 ^b	-1.42 ^{ab}	3.05 ^c
	40 °C	28.28 ^{cd}	-0.1 ^{bc}	8.17 ^a
	45 °C	35.23 ^b	-0.02 ^a	5.86 ^c
	50 °C	27.34 ^{cd}	-0.89 ^{ab}	6.73 ^a
İklimlendirme Kabini	30 °C- %30 Nem	25.85 ^{cd}	-3.84 ^{ab}	3.43 ^a
	40 °C - %45 Nem	32.47 ^{bc}	-1.41 ^{ab}	2.86 ^c
	60 °C- %60 Nem	33.87 ^{de}	-7.41 ^d	9.44 ^a
Güneş 1		23.71 ^e	-4.79 ^{cd}	66.05 ^b
Güneş 2		30.48 ^{cd}	-0.55 ^{bc}	2.58 ^d
Gölge		32.43 ^{ab}	-0.55 ^a	3.22 ^{bc}

Çizelgede yer verilen değerlere göre, kurutma metotlarının ve ortam kurutma havası sıcaklık miktarının yeşil çay yapraklarının renk değerlerini etkilemekte olduğu görülmektedir.

Tülek ve Demiray (2013), Trabzon hurması kurutma çalışmalarında, kurutma ortam sıcaklığının artması ile materyalin kuruma sürelerinde belirgin bir azalma olduğunu, ancak yüksek sıcaklık değerlerinde yapılan kurutmanın, ürünün renk özelliklerini olumsuz etkilenmiş olduğunu gözlemlemişlerdir.

Ayrıca başka bir çalışmada, Özer (2010), ısırgan otu yaprağı ve sap örnekleri ile zeytin ağacı yapraklarının sıcak havalı bir kurutucu sisteminde farklı kurutma havası sıcaklık değerlerinde ve doğal kurutma koşullarında kurularak, sıcaklığın yükselmesi ile su aktivitesi (aw) değerinin en düşük seviyede olduğunu, ancak renk karakteristiklerinin olumsuz etkilenmiş olduğunu, bu renk kayıplarının güneşte ve gölgede kurutma yönteminde daha fazla gerçekleştiğini gözlemlemişlerdir.

Çizelge 4.6. incelendiğinde, etüvde 35 °C ve 45 °C de kurutulan örneklerin L parlaklık değerleri ile taze örneklerin L parlaklık değerlerinin istatistiki açıdan aynı olduğu, bir farkın olmadığı, diğer kurutma metotları ile kurutulan örneklerin L parlaklık değerleri ile arasında istatistiki açıdan farklılıkların olduğu, aynı olmadığı gözlemlenmiştir.

İklimlendirme kabini 60 °C - %60 nem de kurutulan çay örneklerinin a kırmızılık değerleri ile taze ürünlerin a değerlerinin istatistiki olarak aynı olup bir fark bulunmazken, bu değerlerin diğer kurutma şartlarında kurutulan örneklerin a kırmızılık değerleri arasında istatistiki olarak fark olduğu gözlemlenmiştir.

Etüvde 40 °C ve 50 °C' de, iklimlendirme kabininde 30 °C - %30 Nem ile 60 °C - %60 nem de ve 1. güneşte kurutma işlemi ile kurutulan örneklerin b sarılık değerleri ile taze yeşil çay örneklerinin b sarılık değerleri arasında istatistiki olarak fark olmazken, taze örnekler ile diğer kurutma şartlarında kurutulan örneklerin b sarılık değerleri arasında istatistiki olarak farklılık olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.7.' de taze ve kurutulmuş yeşil çay örneklerinin L, a ve b değerleri ile hesaplanmış olan kroma c, hue açısı h ve kahverengileşme indeksi BI renk değerleri belirtilmiştir.

Çizelge 4.7. Hesaplanan ortalama renk değerleri

Kurutma Yöntemi	Kurutma Sıcaklıkları	C	h°	BI
	Taze 1	13.04	26.20	54.00
	Taze 2	7.98	16.23	33.42
Etüv	35 °C	4.56	9.88	20.28
	40 °C	9.27	20.37	41.78
	45 °C	4.47	9.88	20.26
	50 °C	8.22	18.16	37.24
İklimlendirme Kabini	30 °C - %30 Nem	8.13	17.41	36.73
	40 °C - %45 Nem	4.05	8.67	17.80
	60 °C - %60 Nem	9.65	20.36	41.85
Güneş	Güneş 1	7.26	15.26	31.38
	Güneş 2	3.56	6.85	14.15
Gölge		4.85	10.72	21.97

Çizelge 4.7. incelendiğinde, Mayıs ve Temmuz aylarında hasat edilen taze ürünlerin kroma değerleri sırasıyla, 13.04 ve 7.98 bulunmuştur. En düşük değer 2. güneşte kurutma çalışması ile 3.56 olarak bulunurken, en yüksek değer ise iklimlendirme kabiniinde 60 °C - %60 nem de yapılan kurutma çalışmasında 9.65 bulunmuştur. Bu duruma göre, taze ürüne en yakın kroma (renk doygunluğu) değeri, iklimlendirme kabiniinde 60 °C - %60 nem kurutma koşullarında yapılan kurutma çalışmasında elde edilmiştir.

Her iki döneme ait taze ürünlerin hue açısı değerleri sırasıyla, 26.20 ve 16.23 olarak bulunmuştur. En düşük hue açısı 2. güneşte kurutma denemesi ile 6,85 bulunurken, en yüksek hue açısı değeri etüvde 40 °C sıcaklıkta gerçekleştirilen kurutma çalışmasında 20.37 olarak belirlenmiştir.

BI (kahverengileşme indeksi), taze ürünler için sırasıyla 54.00 ve 33.42 olarak belirlenmiş olup, en düşük BI değeri 2. güneşte kurutma çalışmasında 14.15 ve en yüksek değer ise iklimlendirme kabiniinde 60 °C - %60 nem ile gerçekleştirilen kurutma denemesinde 41.85 olarak belirlenmiştir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, yeşil çay yapraklarının güneşte, gölgede, iklimlendirme kabini ve etüvde kurutularak ürünlerin kuruma süresi, kurutma sonrası ürün renk değerlerinde oluşan değişimler incelenmiş olup, kuruma eğrilerinde en iyi sonucu veren matematiksel modelin ve ürün için en doğru sonucu veren kurutma koşullarına sahip kurutma metodunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

Farklı kurutma metodlarında sıcaklığın yeşil çay yapraklarının kuruma süreleri ve renk değerlerini etkilemiş olduğu gözlemlenmiştir.

Etüvde kurutma işleminde sıcaklığın yükselmesi ile ürün kuruma sürelerinde kısalma olduğu, iklimlendirme kabini kurutma işleminde ise sıcaklıkta artış olmasına rağmen ortam nem değerinin artışı sonucu ürün kuruma süresinin uzamış olduğu tespit edilmiştir.

Etüvde 35 °C, 40 °C, 45 °C ve 50 °C de kurutulan örneklerin kuruma sürelerinin sırasıyla 29, 26, 25 ve 22 saat sürmüştüğü ve bu neticeye göre 50 °C de kuruma işleminin diğer sıcaklık değerlerinde gerçekleşen kuruma işlemlerinden daha kısa sürdüğü belirlenmiştir.

İklimlendirme kabini 30 °C - % 30, 40 °C - % 45 ve 60 °C - % 60 nemde kurutulan örneklerin kuruma süreleri sırasıyla 47, 48 ve 57 saat olarak belirlenmiş olup, belli bir orandan sonra nem değerinin artışı ile kuruma süresinin olumsuz etkilenerek, uzamasına neden olduğu gözlemlenmiştir.

Taze yeşil çay yapraklarının L değerlerini etüvde 35 °C ve 45 °C' de gerçekleşen kurutma işleminin etkilemediği, a değerini etüvde İklimlendirme kabini 60 °C- %60 nemde yapılan kurutma işleminin etkilemediği, b değerini ise, iklimlendirme kabini 30 °C - %30 Nem ile 60 °C - %60 nemde , etüvde 40 °C ve 50 °C' de ve 1. güneşte kurutma işlemi ile gerçekleşen kurutma işleminin etkilemediği tespit edilmiştir.

Taze yeşil çay yapraklarının kroma değerlerine en yakın değer, iklimlendirme kabini 60 °C - %60 nemde yapılan kurutma metodunda belirlenmiştir.

Taze ürünün hue açısı değerine en yakın değer etüvde 40 °C sıcaklıkta gerçekleştirilen kurutma çalışmasında, BI (kahverengileşme indeksi) değerine en yakın değer

iklimlendirme kabininde 60 °C - %60 nem ile gerçekleştirilen kurutma işleminde belirlenmiştir.

Çalışmada yeşil çay yapraklarının kuruma eğrilerini en iyi tahmin eden matematiksel modelin Midilli - Küçük modeli olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, tüm matematiksel modellerin bütün kurutma çalışmalarında güvenilir sonuçlar vermiş olduğu belirlenmiştir.

Ayrıca yapılan tüm kurutma çalışmaları arasından en uygun kurutma metodunun düşük sıcaklıklarda etüvde kurutma metodu olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmada uygulanan farklı nem değerleri ürün renk değerlerini korumuştur, bu nedenle iklimlendirme kabinlerinde farklı sıcaklık ve farklı nem düzeylerinde daha detaylı çalışmalar yapılabilir.

6. KAYNAKLAR

- Abasi, S., S. Minaei ve M.H. Khoshtaghaza, 2016. Performance of a recirculating dryer equipped with a desiccant wheel, Biosystems Engineering Department. Vol: 34, No:8, p.863 – 870.
- Aktaş, M. ve E. Gönen., 2014. Isı Pompalı Nem Kontrollü Bir Kurutucuda Defne Yaprağı Kurutulması. Gazi Üniversitesi, cilt no:29, No:2, s.441.
- Alibaş, İ., 2012. Asma Yaprağının (Vitis vinifera L.) Mikrodalga Enerjisiyle Kurutulması ve Bazı Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi. Uludağ Üniversitesi, Tarım Bilimleri Dergisi. 43-53.
- Arda, S. O., 2017. Mikrodalga Ve Güneş Enerjisi Kombinasyonlu Kurutucu Kullanılarak Kurutma Davranışının Deneysel Olarak İncelenmesi. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. S.38.
- Arslan, D. ve M. M. Özcan, 2010. Study the effect of sun, oven and microwave drying on quality of onion slices. Selçuk University, 43 (2010) 1121 – 1127.
- Anonim, 2018. <http://www.tarimsitesi.net> (Erişim tarihi:14.01.2018)
- Anonim, 2018a. <http://www.biriz.biz/> (14.01.2018)
- Anonim, 2018b. https://chado.com.tr/?gclid=EAIaIQobChMI7siYy4Pn4wIVCN-yCh0ZIQBPEAAAYASAAEgLqJvD_BwE (17.01.2018)
- Anonim, 2018c. <http://www.biriz.biz/> (16.02.2018)
- Anonim, 2018d. <http://www.gidabilinci.com> (23.02.2018)
- Anonim, 2008., Gıda Teknolojisi. Yeşil Çayda Kurutma. Ankara. s.35
- Anonim, 2018e. <https://www.kerimusta.com/?s=%C3%A7ay> (24.02.2018)
- Ceni, G.C., E.M. Baldissera, M.S. Primo, O.A.C. Antunes, C. Dariva, J.V. Oliveira ve D. Oliveira, 2008. Influence of Application of Microwave Energy on Quality Parameters of Mate Tea Leaves (Ilex paraguariensis St. Hil.). Indústria e Comércio de Erva-Mate Barão LTDA. Food Technol. Biotechnol. 47 (2) 221–226 (2009)
- Çoban, Ö.B., 2011. Hareketli Filtre Haznesine Sahip Ev Tipi Otomatik Bir Çay Makinesinin Optimum Tasarımı. İstanbul Teknik Üniversitesi, s.121.
- Darıcı, S. ve S. Şen, 2012. Kivi Meyvesinin Kurutulmasında Kurutma Havası Hızının Kurumaya Etkisinin İncelenmesi. Selçuk Üniversitesi. 15:03, s.51
- Dong, J., X. Ma, Z. Fu ve Y. Guo, 2011. Effects of microwave drying on the contents of functional constituents of Eucommia ulmoides flower tea. Northwest A&F University, Industrial Crops and Products. 34, 1102– 1110
- Doymaz, İ. ve F. Kocayigit, 2011. Drying and Rehydration Behaviors of Convection Drying of Gren Peas. An International Journal, Vol: 29, p.1273-1282.
- El-Mesery, H. S. ve G. Mwithiga, 2012. The drying of onion slices in two types of hot-air Convective dryers. University of Kwa Zulu-Natal, African Journal of Agricultural Research. Vol. 7(30), p. 4284-4296.
- Enginyurt, H., 2006. Türkiye Çay Sanayinde Finansal Analiz Tekniklerinin Uygulanması: Çaykur A.Ş.'de Bir Uygulama. Adnan Menderes Üniversitesi, S.155.
- Gökalp, H.Y., 1990. Yeşil Çay Üretim Teknolojisi ve Ülkemizde Yeşil Çay Üretimi. Atatürk Üniversitesi, 15(6), 355 – 358.
- Gulati, A., R. Rawat, B. Singh ve S.D. Ravindranath, 2003. Application of Microwave Energy in the Manufacture of Enhanced-Quality Green Tea. Microwave Energy

- In Quality Green Tea Manufacture, J. Agric. Food Chem. Vol. 51, No. 16, p.4768
- Gürel, A. ve G. Ergüneş, 1997. Siyah Çay İmalatında Kurutma Koşullarının Kaliteye Etkisi Üzerine Bir Araştırma. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, s.78.
- Heybeli, N., C. Ertekin ve G. Dikici, 2013. Isıtılmış Hava Destekli Bir Mikrodalga Kurutucu İle Bezelye Kurutulması. 28. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi. 4-6 Eylül. Konya. s.268.
- İzli, N., 2016. Kayısının (*Prunus armeniaca* L.) Konvektif, Mikrodalga ve Mikrodalga-Konvektif Yöntemleriyle Kurutulması ve Matematiksel modellenmesi. Uludağ Üniversitesi, Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi. s.375-384.
- İzli, N. ve E. Işık, 2014. Effect of different drying methods on drying characteristics, colour and microstructure properties of mushroom. Article in Journal of food and nutrition research, 53(2):105-116.
- İzli, N. ve E. Işık, 2016. Effect of Different Drying Methods on Drying Characteristics, Colour and Microstructure Properties of Barbania Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). University of Uludag. 33 (2), 79-88.
- Javanmard, M., K. A. Abbas ve F. Arvin, 2009. Microcontroller-Based Monitoring System for Batch Tea Dryer. Putra Malezya Üniversitesi, Journal of Agricultural Science. Vol. 1, No. 2, p. 106
- Kara, N., H. Baydar, Ö. Kayaalp, S. Boyar ve A. K. Bayhan, 2014. Güneşte ve Gölgede Kurutmanın Çördük Otu (*Hyssopus officinalis* L.) Uçucu Yağ Oranı ve Kompozisyonuna Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 18(1): 85-90.
- Karaaslan, M., A. Yıldırım ve H. Vardin, 2016. Farklı Kurutma Teknikleri ve Ön İşlem Uygulamaları ile Kurutulmuş Soğanların Rehidrasyon Kapasitelerinin Artırılması. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 20(3): 192-203
- Karaaslan, S., 2008. Sebze ve Endüstri Bitkilerinin Mikrodalgayla Kurutulması Üzerine Çalışmalar. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. s.179 Kaya, A., M. S. Kamer. ve H. E. Şahin, 2014. Trabzon Hurmasının (*Diospyros Kakı* L.) Kuruma Davranışının Deneysel İncelenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, 40 (1): 15-21.
- Kocabıyık, H. ve B. S. Demirtürk., 2008. Nane Yapraklarının İnfrared Radyasyonla Kurutulması. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi. 5(3), s.246.
- Kuş, S., 2016. Mikrodalga Enerjisiyle Ayva Ve Armut Meyvesinin Kuruma Davranışı Ve Modellemesi. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. s.58.
- Lüle, F., 2014. Malatya-Arguvan Yöresinde Toplanan Çadır Mantarında (*Pleurotus Eryngii*) Farklı Kurutma Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. s.102.
- Mahmutoğlu, Ç. 1987. Türkiyede C.T.C (Crushing, Toaring, Curling) Yöntemiyle Siyah Çay İmalatı, s.32.
- McGuire, R.G., 1992. Reporting of Objective Color Measurements. Hort Science. 27: 1254–1255.
- Özbey, A., Ş. Karagöz ve A. Cingöz, 2016. Kurutma İşleminin Üzümlerde Bulunan Pestisitler Üzerine Etkisi. 42 (2): 204-209
- Özel, Ö.F., 2010. Balkabağının Farklı Kurutma Şartlarındaki Kuruma Karakteristiklerinin Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi, s.96.

- Özer, E., 2012. Nane (*Mentha Piperita L.*)’nin Farklı Kısımlarına Uygulanan Farklı Kurutma Tekniklerinin Uçucu Yağın Bileşimine Ve Antimikrobiyel Aktivitesi Üzerine Etkisi. Ankara Üniversitesi, s.41.
- Özgen, F., 2014. “Elma Kurutulmasında Kullanılan Konvektif Tip Bir Kurutma Sisteminin Tasarımı,” Fırat Üniversitesi. Mühendis ve Makina, cilt 55, sayı 656, s. 42-49.
- Özler, S., G. Ergüneş ve S. Tarhan, 2005. Mısırdaki Farklı Ön İşlemlerin Kuruma Hızına Etkisi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, OMÜ Zir. Fak. Dergisi, 21(2):160-166
- Özsoy, E., 2015. Mikrodalga Bantlı Kurutucuda Elma (Gala) Dilimlerinin Kuruma Davranışı. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. s.83.
- Polatçı, H. ve S. Tarhan, 2009. Farklı Kurutma Yöntemlerinin Reyhan (*Ocimum Basilicum*) Bitkisinin Kuruma Süresine Ve Kalitesine Etkisi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi. GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi, 26(1): 61-70.
- Polatçı, H., (2012). Farklı Kurutma Yöntemlerinin AVG (aminoethoxyvinylglycine) Uygulaması Yapılmış Black Beauty (*Prunus Salicina L.*) Erik Çeşidinde Kuruma Süresi ve Kalitesine Etkisi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 2012, 8 (2), 171-178.
- Polatçı, H. ve M. Taşova, 2017. Mikrodalga Yöntemi ile Kurutulan Dereotu Yapraklarının (*Anethum graveolens L.*) Kurutma Kinetiği ve Renk Değerlerinin Belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi (GBAD). 6 (Özel Sayı-BSM-2017), 42-5.
- Polatçı, H. ve M. Taşova, 2017. Sıcaklık Kontrollü Mikrodalga Kurutma Yönteminin Alıç (*Crataegusspp. L.*) Meyvesinin Kuruma Karakteristikleri ve Renk Değerleri Üzerine Etkisi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Türk Tarım – GıdaBilim ve Teknoloji Dergisi. 5(10): 1130 – 1135, 2017.
- Polatoğlu, B. Ve A.V. Beşe., 2012. Konvektif, Mikrodalga Ve Güneşte Kurutma Prosesleri İle Kızılcık (*Cornus Mas L.*) Meyvesinin Kuruma Kinetiğinin İncelenmesi Ve Matematik Modellenmesi. Atatürk Üniversitesi, Onuncu Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, 3-6 Eylül. İstanbul. s.6.
- Tosun, İ. ve B. Karadeniz, 2005. Çay Ve Çay Fenoliklerinin Antioksidan Aktivitesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi. 20(1):78-83
- Tunahan, E., 2007. Ozonlu Su İle Yıkanan Kırmızı Pul Biberin Mikrodalga Enerjisi İle Kurutulması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. s.67.
- Tuncer, İ.K., 2006. Yüksek Frekans (RF) Teknolojisiyle Çay Kurutma. Çukurova Üniversitesi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 2006, 2(3), 197-201.
- Tülek, Y. ve E. Demiray, 2013. Sıcak Hava Kurutma Yönteminde Farklı Sıcaklık ve Ön İşlemlerin Trabzon Hurmasının Renk ve Kuruma Karakteristiklerine Etkisi. Pamukkale Üniversitesi, Tarım Bilimleri Dergisi. 20(2014) 27-37.

8. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı: Neşe KARAOSMAN
Doğum Tarihi ve Yer: 19.02.1989
Medeni Hali: Bekar
Yabancı Dili: İngilizce
e-mail: nese_karaosman@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fak. Biyosistem Mühendisliği Bölümü	2015
Yüksek Lisans	Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı	2019