



**T. C.
SİVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI SICAKLIKLARDA KURUTMANIN MADIMAK
BİTKİSİNİN (*Polygonum cognatum*) KURUMA KİNETİĞİ VE
BAZI KALİTE PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Elif UĞUR
(201492141172)**

**Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ferda SARI**

**SİVAS
OCAK 2019**

Elif UĞUR'un hazırladığı “FARKLI SICAKLIKLARDA KURUTMANIN MADIMAK BİTKİSİNİN (*Polygonum cognatum*) KURUMA KİNETİĞİ VE BAZI KALİTE PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİ” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı **Doç. Dr. Ferda SARI**

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Jüri Üyesi **Doç. Dr. Hasan TANGÜLER**

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

Jüri Üyesi **Dr. Öğr. Üyesi Sevim MAZLUM**

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. İsmail ÇELİK

FEN BİLİMLERİ ENTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)' nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.





Bütün hakları saklıdır.

Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

©Elif UĞUR, 2019

ETİK

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)' nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- ✓ Bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ✓ Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ✓ Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ✓ Tezin herhangi bir bölümünü, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

13.01.2019

Elif UĞUR

KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Öncelikle tez çalışmamın her aşamasında bilgisini, desteğini ve sabrını hiçbir zaman esirgemeyen, çok kıymetli danışman hocam Doç. Dr. Ferda Sarı'ya,

Yüksek lisans ve çalışma hayatımda bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen saygıdeğer hocam Prof. Dr. Nursel Develi Işıklı'ya,

Tez çalışmam sırasında yardımlarıyla bana destek olan canım arkadaşlarım Sena Şanlı'ya ve Tuğçe Birlik'e,

Bugünlere gelmemi sağlayan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve bana her zaman güç veren Canım Aileme,

Varlığıyla bana sonsuz enerji veren sözlüm Can'a teşekkür ederim.

ÖZET

FARKLI SICAKLIKLARDA KURUTMANIN MADIMAK BİTKİSİNİN (*Polygonum cognatum*) KURUMA KİNETİĞİ VE BAZI KALİTE PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Elif UĞUR

Yüksek Lisans Tezi

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ferda SARI

2019, 56 + xiv sayfa

Bu çalışmada madımak bitkisi (*Polygonum cognatum*) tepsili kurutucuda kurutulmuştur. Tepsili kurutucuda kurutma işlemi 40, 50 ve 60 °C’de yapılmıştır. Uygulanan farklı sıcaklıkların madımakların kuruma kinetiği, toplam fenolik madde içeriği, antioksidan aktivite, klorofil a, b ve toplam klorofil miktarı ve renk parametreleri üzerine etkileri incelenmiştir. Madımakların kuruma davranışlarını açıklamak için Page, Newton ve Weibull olmak üzere 3 farklı model test edilmiştir. Uygulanan tüm koşullarda Page modelin madımakların farklı sıcaklıkta kurutulmasında kuruma kinetiğini açıklayan en iyi model olduğu görülmüştür. Madımakların kurutulması azalan hız periyodunda gerçekleşmiş olup uygulanan sıcaklığın artmasıyla kuruma oranı artmış ve kuruma süresi ise azalmıştır. Kurutulan madımakların toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasitesi taze örneğe göre azalmıştır. Bu azalma en yüksek 40 °C’de en düşük ise 60 °C’de tespit edilmiştir. Uygulanan tüm sıcaklıklarda madımakların klorofil a, b ve toplam klorofil içeriğinde taze yapraklara göre azalma olduğu gözlemlenmiştir. Bu azalma en yüksek 60 °C’de en düşük ise 40 °C’de tespit edilmiştir. Renk parametrelerinden L*, b*, h* ve C* değeri azalırken, yeşilliğin göstergesi olan negatif a* değeri sıcaklığın artmasına bağlı olarak artmıştır.

Anahtar kelimeler: Tepsili kurutucu, Kurutma, madımak (*Polygonum cognatum*)

ABSTRACT

THE EFFECT OF DRYING AT DIFFERENT TEMPERATURES ON THE DRYING KINETICS AND SOME QUALITY PARAMETERS OF MADIMAK PLANT (*Polygonum cognatum*)

Elif UĞUR

Master Of Science Thesis, Department Of Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ferda SARI

2019, 56 + xiv pages

In this study, the madımak plant (*Polygonum cognatum*) was dried in a convective dryer. The drying process was carried out at 40, 50 and 60 °C. The effect of different temperatures on drying kinetics, total phenolic content, antioxidant activity, chlorophyll a, b and total chlorophyll content and color parameters of madımak plant was investigated. In order to explain the drying behaviour of madımak plant, three different drying models, namely, Page, Newton and Weibull were tested. In all conditions applied, it was found that Page model was the best to describe drying kinetics in drying of madımak plant at different temperature. It was observed that drying of madımak plant was realized in falling drying period and drying rate increased but drying time decreased with the increase of the applied temperature. The total phenolic content and antioxidant capacity of the dried madımak plant decreased compared to the fresh one. This reduction was highest at 40 °C and the lowest at 60 °C. All the temperatures applied caused a decrease in chlorophyll a, b and total chlorophyll content of madımak plant compared to fresh one. This reduction was highest at 60 °C and the lowest at 40 °C. With respect to the color parameters, while L*, b*, h* and C* decreased the negative a* value, which is indicative of the greenness, increased depending on the increase in temperature.

Keywords: Convective drier, Drying, Madımak (*Polygonum cognatum*)

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER DİZİNİ	xiii
KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER	2
2.1 Kurutma teknolojisi.....	2
2.1.1 Kurutma mekanizması ve temel aşamaları.....	2
2.1.2 Kuruma hızına etki eden faktörler.....	4
2.1.2.1 Sıcaklık.....	4
2.1.2.2 Hava hızı.....	4
2.1.2.3 Havanın nemi.....	4
2.1.2.4 Kurutulan gıdanın özellikleri.....	5
2.2 Gıdaların Kurutulması Sırasında Meydana Gelen Değişimler.....	5
2.2.1 Fiziksel değişimler.....	5
2.2.1.1 Yöresel madde birikimi.....	5
2.2.1.2 Kabuk bağlama.....	5
2.2.1.3 Kitle yoğunluğundaki değişimler.....	5
2.2.1.4 Rehidrasyon kapasitesi.....	5
2.2.2 Kimyasal değişimler.....	6
2.2.2.1 Esmerleşme reaksiyonu.....	6
2.2.2.2 Lipid oksidasyonu.....	6
2.2.2.3 Renk değişimleri.....	6
2.2.3 Beslenme değerindeki değişimler.....	6
2.2.4 Aroma kaybı.....	7
2.3 Gıda Kurutma Sistemleri.....	7
2.3.1 Güneşte kurutma.....	7
2.3.2 Sıcak havalı (konveksiyon) kurutucular.....	7
2.3.2.1 Kabin (tepsili) kurutucu.....	8
2.3.2.2 Tünel kurutucular.....	8
2.3.2.3 Konveyör (bant) kurutucular.....	9
2.3.2.4 Akışkan yatak kurutucular.....	10
2.3.2.5 Püskürtmeli kurutucular.....	10
2.3.2.6 Vakum kurutucular.....	11
2.3.2.7 Dondurarak kurutma (Liyofilizasyon).....	12
2.3.2.8 Mikrodalga kurutucular.....	13
2.4 Madımak.....	14
3. MATERYAL VE METOT	17
3.1 Materyal.....	17
3.2 Yöntem.....	17
3.2.1 Kurutma sistemi.....	17
3.2.2 Kurutma yöntemi.....	18
3.2.3 Nem içeriğinin belirlenmesi.....	19
3.2.4 Kuruma hızının hesaplanması.....	19
3.2.5 Nem oranının hesaplanması.....	20

3.2.6 Kurutma prosesinin modellenmesi.....	20
3.3 Analizler.....	22
3.3.1 Örneklerin hazırlanması.....	22
3.3.2 Örneklerin ekstraksiyonu.....	22
3.3.3 Toplam fenolik madde tayini.....	22
3.3.3.1 Toplam fenolik madde analizi için gerekli çözeltilerin hazırlanması.....	22
3.3.3.2 Gallik asit kalibrasyon eğrisinin elde edilmesi.....	22
3.3.3.3 Madımak bitkisinde toplam fenolik madde analizi.....	23
3.3.4 Antioksidan aktivite tayini.....	23
3.3.5 Klorofil ekstraksiyonu ve analizi.....	24
3.3.6 Renk analizi.....	25
3.3.7 Nem tayini.....	25
3.3.8 İstatistiksel analiz.....	25
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	26
4.1 Farklı sıcaklıkların madımak bitkisinin kurutma kinetiği üzerine etkisi.....	26
4.1.1 Nem içeriği değişimi.....	26
4.1.2 Kuruma eğrilerinin matematiksel modellere uygunluğu.....	29
4.1.3 Kuruma hızı değişimi.....	33
4.2 Farklı sıcaklıklarda kurutmanın madımak bitkisinin kalite parametreleri üzerine etkisi.....	34
4.2.1 Toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite üzerine etkisi.....	34
4.2.2 Klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil üzerine etkisi.....	38
4.2.3 Renk parametreleri üzerine etkisi.....	41
5 SONUÇ.....	44
KAYNAKLAR.....	46
ÖZGEÇMİŞ.....	56

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1	Gıdaların kuruma eğrisi (Geankoplis, 2013)..... 3
Şekil 2.2	Kabin (tepsili) tipi kurutucu (Sarıkulak, 2017)..... 8
Şekil 2.3	Tünel kurutucu (Tang ve Yang, 2003)..... 9
Şekil 2.4	Sürekli bant kurutucu (Sarıkulak, 2017)..... 9
Şekil 2.5	Akışkan yataklı kurutucu (Sarıkulak, 2017)..... 10
Şekil 2.6	Püskürtmeli kurutucu (Sarıkulak, 2017)..... 11
Şekil 2.7	Vakumlu kurutucu (Sarıkulak, 2017)..... 12
Şekil 2.8	Dondurak kurutma yapan kurutucu (Sarıkulak, 2017)..... 13
Şekil 2.9	Mikrodalga kurutucu..... 14
Şekil 2.10	Madımak..... 15
Şekil 2.11	Madımak çorbası..... 15
Şekil 3.1	Denemelerde kullanılan tepsili kurutucu (EKSİS Makine)..... 17
Şekil 3.2	Taze madımağların tepsili kurutucudaki görüntüsü..... 18
Şekil 3.3	Denemelerde kullanılan yaş madımak (a) ve kurutulmuş madımak (b) örneği..... 19
Şekil 3.4	Gallik asit kalibrasyon eğrisi..... 23
Şekil 4.1	Farklı sıcaklıklarda kurutulmuş madımağların kuruma zamanı ile nem içeriğinin değişimi..... 27
Şekil 4.2	Farklı sıcaklıklarda kurutulmuş madımağların nem oranının kurutma zamanı ile değişimi..... 28
Şekil 4.3	Farklı sıcaklıklarda kurutulan madımağların deneysel ve Page denkleminin tahmini nem oranları..... 32
Şekil 4.4	Farklı sıcaklıklarda kurutulan madımak bitkisinin kuruma hızlarının nem içeriği ile değişimi..... 33

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3. 1	Madımakların kuruma eğrilerinin modellenmesinde kullanılan eşitlikler.....	21
Çizelge 4. 1	Madımak bitkisinin kurutma denemelerine ait kuruma süreleri.....	26
Çizelge 4. 2	Madımak bitkisinin farklı sıcaklıklarda kurutulmasında uygulanan modellere ilişkin parametreler ve modellere uyum verileri	29
Çizelge 4. 3	Farklı sıcaklıklarda kurutulan madımakların toplam fenolik madde Ve antioksidan aktiviteleri	34
Çizelge 4. 4	Farklı sıcaklıklarda kurutmanın madımak bitkisinin kalite parametreleri üzerine etkisine ilişkin varyans analizi	35
Çizelge 4. 5	Farklı sıcaklıklarda kurutulan madımakların klorofil a, klorofil b ve Toplam klorofil miktarları (mg/g km).....	39
Çizelge 4. 6	Farklı sıcaklıklarda kurutulan madımakların renk değerleri.....	42

SİMGELER DİZİNİ

%	Yüzde
C*	Kroma değeri
°C	Santigrat derece
Abs_{Kontrol}	Örnek içermeyen DPPH çözeltilisinin absorbanansı
Abs_{Örnek}	Örnek içeren DPPH çözeltilisinin absorbanansı
Accuracy	Doğruluk
bias	Yanlılık
dt	Kuruma süresi (saniye)
h*	Hue değeri
k	Kinetik sabit (dak ⁻¹)
m	Numunenin kütlesi (g)
MBE	Ortalama eğilim hatası
M_e	Denge nem miktarı (g su/g KM)
M_o	Başlangıç nem miktarı (g su/g KM)
MR	Nem oranı (birimsiz)
MR_{den,i}	Deneyisel olarak gözlenen i. düzey
MR_{tah,i}	Modellerden tahmin edilen i. düzey
M_t	Herhangi bir süredeki nem miktarı (g su/g KM)
Mt	Herhangi bir t süresindeki nem içeriği (g su/g KM)
M_{t+dt}	t + dt süresindeki nem içeriği (g su/g KM)
n	Page Modele ait katsayı
N	Gözlem sayısı
R²	Regresyon katsayısı
RMSE	Ortalama karesel hatanın karekökü
MBE	Ortalama eğilim hatası
t	Kurutma süresi
z	Kullanılan modeldeki katsayı sayısı
α	Weibull model skala parametresi, dak.
β	Weibull model şekil parametresi
χ²	Khi-kare

KISALTMALAR DİZİNİ

%AA	Antioksidan kapasite
dak	Dakika
DPPH	Kimyasal bileşen (2,2-Difenil-1-pikrilhidrazil)
g	Gram
GA	Gallik asit
GAE	Gallik asit eşdeğeri
HPLC	High Performance Liquid Chromatography (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi)
KM	Kurumadde
m	Metre
mg	Miligram
ml	Mililitre
nm	Nanometre
s	Saniye
SD	Serbestlik derecesi

1. GİRİŞ

Meyve ve sebzelerin korunmasında bilinen en eski teknoloji olan kurutma, ürünün raf ömrünü uzatmak, hacmi azaltarak depolama ve dağıtım kolaylığı getirmek amacıyla üründen nemin uzaklaştırılması işlemidir. Ayrıca gıda ürünlerinin yaş olarak tüketilmelerinin yanı sıra kurutularak başka amaçlarla kullanılması söz konusudur. Kurutma işleminde, üründen nemin uzaklaştırılmasıyla su aktivitesi (a_w) genellikle 0.7'nin altına düşürüldüğünden, ürün mikrobiyal, kimyasal ve biyokimyasal bozulmalara karşı daha dayanıklı hale gelir.

Kurutma geleneksel olarak ve hala çok yaygın olarak güneşte veya gölgede açık havada yapılmaktadır. Bu kurutma şekli ekonomik olmakla birlikte, gıdanın çevreden gelen kimyasallar ve patojen mikroorganizmalar ile kirlenmesi ve güvenliğini kaybetmesi gibi olumsuzlukları içermektedir. Kurutma havasını ısıtmak ve kontrol edilemeyen hava şartlarını (nem, kirlilik, rüzgar hızı vb.) kontrol altına alabilmek için tepsili, tünel, valsli, vakum, dondurarak ve sprey kurutucular gibi kapalı sistemler geliştirilmiştir. Tarımsal ürünlerin kurutulmasında en çok kullanılan yöntemlerden birisi sıcak hava kurutma yöntemidir. Bu amaçla yaygın olarak kullanılan kurutma yöntemlerinden birisi tepsili kurutuculardır.

Bu çalışmada tepsili kurutucu ile farklı sıcaklıklarda madımak bitkisinin (*Polygonum cognatum*) kurutulması ve uygulanan farklı sıcaklıkların madımak bitkisinin kuruma kinetiği, toplam fenolik madde içeriği, antioksidan aktivite, klorofil a, b ve toplam klorofil miktarı ve renk parametreleri üzerine etkileri incelenmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1 Kurutma Teknolojisi

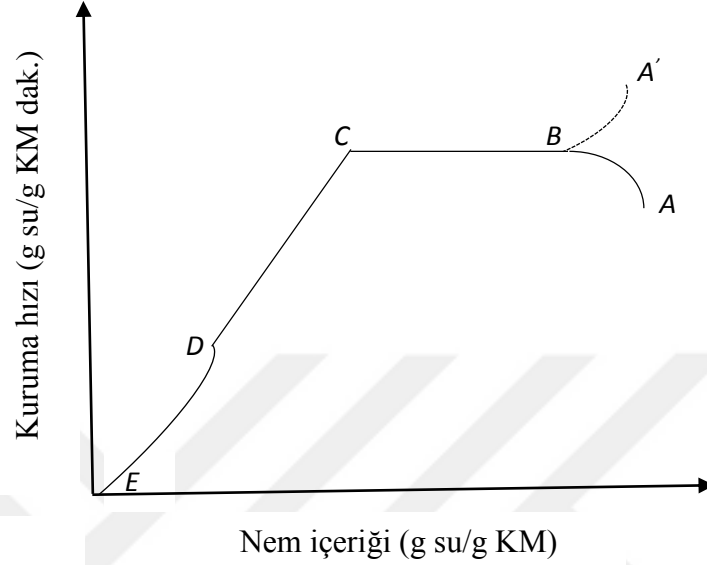
Gıdaların işlenmesi, depolanması ve dağıtım aşamalarında fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik birçok değişimler meydana gelmektedir. Bu nedenle gıdaların muhafaza edilmelerinde birçok yöntem kullanılmaktadır. Gıdaların kurutulması insanların doğadan öğrendiği en eski ve en önemli gıda muhafaza yöntemlerinden birisidir (Cemeroğlu, 2013b). Kurutma, gıdalardan suyun uzaklaştırılması olarak tanımlanmaktadır. Gıdaların kurutulmasında amaç gıdadaki mevcut suyun büyük bir kısmının uzaklaştırılarak, su aktivitesinin mikroorganizma faaliyetini önleyecek, enzimatik ve kimyasal reaksiyonları yavaşlatacak veya durduracak seviyeye düşürülmesidir (Ertekin ve Yaldiz, 2004; Doymaz, 2005; Mitra ve Meda, 2009; Geankoplis, 2013; Xu vd., 2017). Kurutma yöntemi diğer muhafaza yöntemlerine kıyasla işçilik ve ekipman gereksiniminin daha az dolayısıyla daha ekonomik olmasının yanı sıra, besin öğelerinin daha yoğun olması, kurutulmuş gıdaların hacimleri küçüleceği ve ağırlıkları azalacağı için ambalaj masraflarının düşük ve taşınmalarının kolay olması gibi avantajlara sahiptir (Cemeroğlu, 2013b).

Kurutulmuş gıdaların çoğunun özel kullanım alanları olmakla beraber (Cemeroğlu, 2013b), baharat karışımları ve hazır soslar, bebek mamaları, hazır çorba ve yemeklerin üretimi, kullanım alanlarından bazılarıdır. Yemek servisi yapan kamu ve özel kuruluşlar ve lokantacılık sektöründe de kurutulmuş sebzelerin kullanımı yaygınlaşmıştır. Ayrıca hayat şartlarından dolayı yemek yapmaya ayrılan zamanın azalması da kurutulmuş sebze kullanımını büyük oranda arttıran bir faktör haline gelmiştir (Çanakçı, 2005).

2.1.1 Kurutma mekanizması ve temel aşamaları

Kurutma ısı ve kütle transferinin aynı anda gerçekleştiği karmaşık bir prosestir (Maroulis vd., 1995). Gıdaların kurutulması sırasında gıda ilk olarak çevresindeki sıcak hava ile temas etmekte ve ısınmaya başlamakta böylece ısı transferi gerçekleşmektedir. Gıda yüzeyindeki suyun tamamının kurumasından sonra iç taraflarda bulunan nem kütle transferi ile yüzeye taşınmakta ve buharlaşmaktadır (Maroulis vd., 1995; Krokida ve Maroulis, 2000; Ndukwu vd., 2017).

Birçok gıdanın kurutulması sırasında elde edilen kuruma eğrilerinde genellikle iki farklı kuruma periyodu gözlenmektedir (Şekil 2.1). Genel olarak kurutma hızı eğrisi sabit hız periyodu ve azalan hız periyodu olmak üzere iki ana bölümden oluşmaktadır.



Şekil 2.1 Gıdaların kuruma eğrisi (Geankoplis, 2013)

Şekil 2.1’de sabit kurutma koşullarında kurutma hızı eğrisi görülmektedir. Sıfır anında başlangıç serbest nem içeriği A noktasında gösterilmektedir. Başlangıçta gıdanın sıcaklığı düşüktür ve buharlaşma hızı artmaktadır. Daha sonra B noktasında yüzey sıcaklığı kurutma sıcaklığı ile dengeye gelmektedir. Eğer gıda başlangıçta sıcak ise hız A’ noktasından başlayabilir. Ancak bu kararsız durum genellikle kısadır ve çoğunlukla göz ardı edilmektedir (Geankoplis, 2013).

B-C bölgesinde süre boyunca kuruma hızı sabittir ve sabit hız periyodunda kurutma bölgesidir. Sabit hız periyodunda gıda yüzeyi çok ıslaktır ve kurutma yüzeyinde sürekli bir su filmi vardır. Gıdanın bünyesinde bulunan ve tamamıyla bağlı olmayan bu su katıdan bağımsız olarak davranır ve aynı koşullardaki serbest buharlaşma hızı ile aynı değerdedir (Baker, 1997; Geankoplis, 2013).

C-D bölgesi, azalan hız periyodunda kuruma bölgesidir. C noktası kritik serbest nem içeriğidir ve sürekli bir su filminin korunması için su yetersizdir. Diğer bir ifadeyle yüzey artık ıslak değildir. Bu nokta sabit kuruma periyodunun bittiğini göstermektedir. D noktasında gıda tamamıyla kuru oluncaya kadar ıslak alan sürekli olarak azalır. Bu

bölgede difüzyon etkili olmaktadır ve gıdalar genellikle bu periyotta kurumaktadır (Abe ve Afzal, 1997; Baker, 1997; Geankoplis, 2013).

D-E bölgesi, ikinci azalan hız periyodunda kuruma bölgesidir. Bu bölge yüzeyin tamamen kuru olduğu D noktasında başlar. Buharlaşma ısısı gıdadan geçerek buharlaşma bölgesine aktarılır ve gıda içinden su yavaş bir şekilde difüze olur (Geankoplis, 2013).

2.1.2 Kuruma hızına etki eden faktörler

2.1.2.1 Sıcaklık

Gıdaların kurutulmasında kuruma hızını etkileyen en önemli faktörlerden birisi sıcaklıktır. Kurutulan ürün ve kurutma havası sıcaklığı arasındaki fark ne kadar yüksek ise üründen o kadar fazla su buharlaşmaktadır (Saldamlı ve Saldamlı, 2004). Kurutma sırasında sıcaklığın artması difüzyonu hızlandırmaktadır. Bu durumda kuruma hızı artmakta ve kuruma süresi ise azalmaktadır (Kaya ve Aydın, 2008; Doymaz ve Ismail, 2011; Wojdyło vd., 2014; Sousa vd., 2018). Yüksek kurutma sıcaklığı ısı transfer hızını artırarak kurutma süresini azaltırken, düşük kurutma sıcaklığı ürün kalitesini olumlu yönde etkiler ancak kurutma süresini uzatır. Bunlar göz önünde bulundurularak, kurutma süresi ve kalitenin optimum değeri için en uygun sıcaklık belirlenmeli ve uygulanmalıdır (Aktaş, 2015; Sarikulak, 2017).

2.1.2.2 Hava hızı

Kuruma hızına etki eden diğer bir faktör kurutma havasının hızıdır. Hava hızı arttıkça kuruma hızı da artmaktadır. Kuruma sırasında kurutulan maddenin yüzeyinde durgun bir buhar filmi oluşmaktadır. Bu film ısı ve kütle transferine bir bariyer oluşturduğu için sürekli olarak uzaklaştırılması gerekmektedir. Hava hızı bu buhar filmini devamlı sürüklemek suretiyle kuruma hızını artırmaktadır. Ancak kurumanın başlangıcında hava hızı etkiliyken kurutmanın ilerleyen aşamalarında kuruma hızı alt tabakalardaki suyun yüzeye taşınma hızı ile sınırlı olduğundan hava hızının yüksek olmasının bir etkisi bulunmamaktadır (Cemeroğlu, 2013b).

2.1.2.3 Havanın nemi

Havanın bağıl nemi, kurutma işleminin bitirileceği nem seviyesini belirlemektedir. Kurutulmakta olan ürünle, hava nemi arasında denge oluşuncaya kadar kurutma işlemine devam edilir (Anonim, 2007).

2.1.2.4 Kurutulan gıdanın özellikleri

Gıdaların kurutulmasında en önemli faktörlerden birisi ürünün kendine özgü nitelikleri ve özellikle kimyasal bileşimidir. Çözünmüş maddeler suyun buhar basıncını düşürdüğü için şeker, tuz vb. çözünmüş maddelerce zengin gıdaların kurutulması zorlaşmaktadır. Ayrıca ortamda yağ, nişasta, pektin, glikoz bulunması ortamdan suyun uzaklaşmasını zorlaştırmaktadır. Haşlanan ürünlerde hücre zarının geçirgenliği arttığından haşlanan ürünlerin kurutulması daha kolay olmaktadır. Ayrıca kuruma hızı ürün boyutu ile ters, yüzey alanı ile doğru orantılıdır (Cemeroğlu, 2013b).

2.2 Gıdaların Kurutulması Sırasında Meydana Gelen Değişimler

Gıda maddelerinin kurutulması sırasında fiziksel ve kimyasal birçok değişiklik olmaktadır.

2.2.1 Fiziksel değişimler

2.2.1.1 Yöresel madde birikimi: Yöresel madde birikimi doğrudan doğruya kuru madde hareketine bağlıdır. Gıda maddesindeki suyun hareketiyle gıda içerisindeki çözünmüş maddeler yüzeye taşınmaktadır (Cemeroğlu, 2013b).

2.2.1.2 Kabuk bağlama: Kurumanın ilk aşamasında yüksek sıcaklık uygulamasından kaynaklanan ve aslında kurutma koşullarının hatalı seçilmesinden kaynaklanan bir olaydır. Kurutulan gıdalarda oluşan kabuk iç taraflardaki nemin difüzyonunu engellemekte ve kuruma hızını düşürmektedir (Cemeroğlu, 2013b).

2.2.1.3 Kitle yoğunluğundaki değişimler: Kurutulmuş bir ürünün kitle yoğunluğu ürünün bir kalite ölçüsü olup, ürünün kurutulması sırasında uygulanan koşulların bir belirteçidir. Kurutma koşullarına bağlı olarak kurutulan materyalin hacmi azaldığı için kurutulmuş ürünün kitle yoğunluğu da değişmektedir (Cemeroğlu, 2013b).

2.2.1.4 Rehidrasyon kapasitesi: Rehidrasyon kurutulmuş bir ürünün belli koşullarda suda bekletilmesi sonucu kazandığı su miktarı ile ölçülmektedir. Kurutulmuş ürün suda bekletilince kaybettiği su kadar alarak eski haline dönüşürse mükemmel özellikte olduğu kabul edilmektedir. Bu durum sadece dondurularak kurutulan ürünlerde geçerli olup sıcak hava ile kurutmada rehidrasyon yeteneği önemli ölçüde kaybolmaktadır (Cemeroğlu, 2013b; Bingöl ve Devres, 2010).

2.2.2 Kimyasal değişimler

2.2.2.1 Esmerleşme reaksiyonu: Esmerleşme reaksiyonları kurutmada önce, kurutma sırasında oluşabilir. Esmerleşme reaksiyonları ürün rengini değiştirmenin yanı sıra ürünün duyuşsal özelliklerinde ve beslenme değerinde de değişimlere neden olmaktadır. Esmerleşme reaksiyonları enzimatik ve enzimatik olmayan yollarla meydana gelmektedir (Cemeroğlu, 2013b). Enzimatik esmerleşme meyve ve sebzelerin kurutulmasını da içeren termal proseslerde meydana gelen esmerleşme reaksiyonudur. Meyve ve sebzelerde bulunan polifenol oksidaz enzimi oksijen varlığında üründe istenmeyen renk ve lezzet değişikliklerine neden olmaktadır. Enzimatik esmerleşmeyi önlemek için sebzelerin haşlanması gerekmekte, haşlama işlemi uygulanmayan meyvelerde ise kükürtleme işlemi uygulanmaktadır (Guiné vd., 2018). Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları ise Maillard reaksiyonu ve karamelizasyondur. Bu esmerleşme reaksiyonları uygulanan sıcaklık derecesi ve tepkimeye giren öğelerin konsantrasyonları arttıkça hızlanmaktadır (Cemeroğlu, 2013b).

2.2.2.2 Lipid oksidasyonu: Oksidasyon, yağ ve yağ içeren gıdalarda oksijen varlığında başlayan ve kendi kendini katalizleyen bir tepkimedir. Bu reaksiyon sonucunda gıdalarda tat ve aroma kaybı, renk değişimi, besin değerlerinde azalma meydana gelirken, toksik oksidasyon ürünleri de oluşmaktadır. Oksidasyon sonucu oluşan ürünler reaksiyonu katalizlemektedir. Oksidasyon hızını etkileyen başlıca faktörler kurutulan gıdanın nem içeriği, kurutma ortamında bulunan oksijen miktarı, ışık, sıcaklık ve metal iyonlarıdır. Antioksidanlar ve metal şelatörler serbest radikallerin oluşumunu geciktirmektedir (Frankel, 1991; Çakmakçı ve Gökalp, 1992).

2.2.2.3 Renk değişimleri: Kurutma sırasında meyve ve sebzelerin rengi bozulmaktadır. Kurutma sırasında uygulanan sıcaklık ve oksidasyon reaksiyonları sonucu karotenoidler ve klorofillerde kimyasal değişiklikler meydana gelmektedir. Genel olarak kurutma işleminin uzun ve sıcaklığın yüksek olması renk maddelerindeki kayıpları artırmaktadır (Guiné vd., 2018).

2.2.3 Beslenme değerindeki değişimler

Kurutma işlemi gıdanın beslenme kalitesi üzerinde çok önemli bir etkiye sahiptir. Kurutulmuş meyve ve sebzeler besin öğeleri açısından yoğunlaştırılmış bir nitelik kazandıklarından iyi bir enerji, vitamin ve protein kaynağıdır. Ancak A ve C vitamini gibi ısıya ve oksidatif bozunmaya duyarlı, tiyamin gibi hem ısıya hem de SO₂'ye duyarlı

vitaminler kurutma sırasında büyük oranda kaybolmaktadır. Kurutma işleminde kuruma süresi, sıcaklık ve oksijen varlığı vitamin kaybında kritik öneme sahiptir. Kurutma sırasında, yağda çözünen vitaminlerin kaybı, lipidlerin oksidasyon ürünlerinin vitaminlerle reaksiyona girmesinden kaynaklanmaktadır. Kurutulmuş ürünlerin beslenme değerindeki kayıplar kurutmadan önce yapılan işlemlere, kurutma koşullarına ve kurutma sonrası depolama koşullarına bağlıdır. (Hernández vd., 2006; Cemeroglu, 2013b; Guiné vd., 2018).

2.2.4 Aroma kaybı

Gıdaların aroması gıdanın tadını ve kokusunu oluşturan çeşitli bileşenlerden oluşmaktadır (Hii ve Law, 2010). Kurutma sırasında doğal uçucu aroma bileşiklerinde kayıplar olmaktadır. Aroma bileşiklerindeki kayıp uçucu maddelerin buhar basıncına, su buharındaki çözünürlüğüne ve gıdadaki katı madde konsantrasyonuna bağlı olarak değişmektedir (Guiné vd., 2018). Ayrıca kurutulmuş ürünlerde Maillard ve diğer kimyasal reaksiyonlar sonucu yeni aroma bileşikleri oluşabilmektedir (Rahman ve Perera, 2007).

2.3 Gıda Kurutma Sistemleri

2.3.1 Güneşte kurutma

Kurutma geleneksel ve hala çok yaygın olarak güneşte veya gölgede açık havada yapılmaktadır. Bu kurutma şekli ekonomik olmakla birlikte, gıdanın çevreden gelen kimyasallar ve patojen mikroorganizmalar ile kirlenmesi ve güvenliğini kaybetmesi gibi dezavantajları vardır (Doymaz ve Pala, 2002; Toğrul ve Pehlivan, 2002; Vlachos vd., 2002; Prakash vd., 2004). Doğrudan güneşte kurutmada ürün güneş ışınlarına maruz kalırken, dolaylı güneşte kurutmada ise güneş enerjisi gıdayı kurutmak için kullanılan havayı ısıtmak için kullanılan kollektörler tarafından kullanılır. Güneşte kurutmada meydana gelen olumsuzlukları en aza indirmek için uygulanan yöntemlerden birisi de güneş serası uygulamasıdır. Bu sistemde güneş enerji kaynağı olarak kullanılırken sera etkisinden dolayı daha yüksek sıcaklıklara ulaşılmakta ve verim daha yüksek olmaktadır (Guiné vd., 2018).

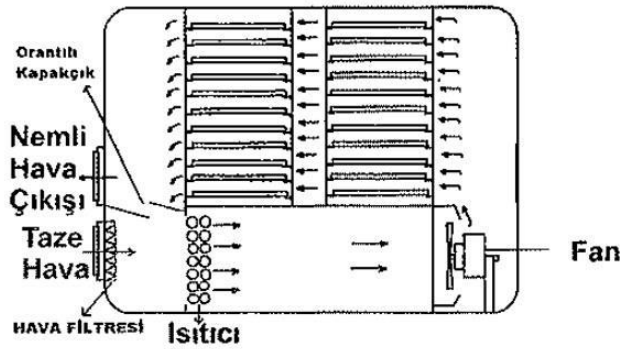
2.3.2 Sıcak havalı (konveksiyon) kurutucular

Sıcak havalı kurutucularda ısıtılmış hava ısı ve kütle transferini kolaylaştırmak için kurutulacak ıslak malzemeye temas ettirilir. Burada kütle transferinin iki önemli yönü,

suyun kurutulan malzemenin yüzeyine aktarılması ve su buharının yüzeyden uzaklaştırılması gerçekleşmektedir.

2.3.2.1 Kabin (tepsili) kurutucular

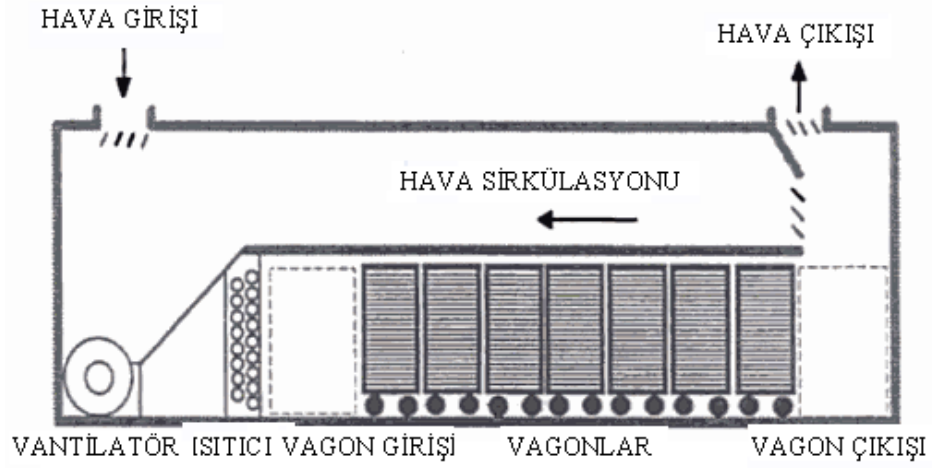
Çok çeşitli kabin kurutucular olmakla birlikte hepsinin ilkesi aynıdır (Cemeroğlu, 2013b). Sistem yalıtımlı bir kabin, hava ısıtıcı ve fan'dan oluşmaktadır (Brennan, 2006). Kurutulacak ürün alt tarafı ızgara şeklinde tepsilere yerleştirilir (Şekil 2.2). Sıcak hava tepsiler arasından geçirilir (Cemeroğlu, 2013b). Ağırlıklı olarak dilimli veya doğranmış meyve ve sebzeleri kurutmak için endüstriyel tipte olduğu gibi laboratuvar tipi tepsili kurutucular da mevcuttur (Brennan, 2006).



Şekil 2.2 Kabin (tepsili) tipi kurutucu (Sarıkulak, 2017)

2.3.2.2 Tünel kurutucular

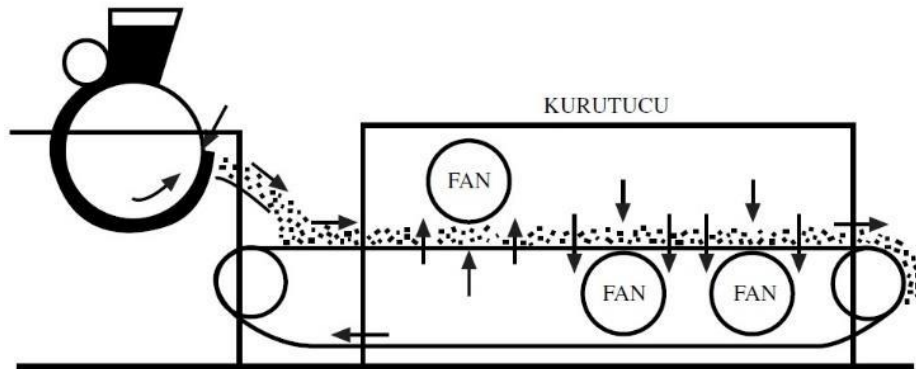
Çoğu gıdalar bu şekilde kurutulur. Bu tip kurutucular uzun bir yalıtımlı tünelden oluşur. Tüneller 25 m uzunluğunda 2mx2m boyutunda olabilir. Tepsili kurutucular sürekli veya yarı sürekli olarak büyük miktarlarda sebze ve meyveleri işleyebilir (Brennan, 2006). Kurutulacak gıda, içerisinde tepsiler olan vagonlara yerleştirilir (Şekil 2.3). Sıcak hava akışı zıt yönlü, paralel yönlü veya ikisinin birleşimi olarak tünel boyunca tepsiler arasından ve/veya deliklerden geçerek kurumayı sağlar (Brennan, 2006; Geankoplis, 2013). Her hava akımı modelinin avantajları ve sınırlamaları vardır. Tünelin bir ucundan kurumuş ürünler çıkarken diğer ucundan yaş ürünler tünele sokulur (Brennan, 2006).



Şekil 2.3 Tünel kurutucu (Tang ve Yang, 2003)

2.3.2.3 Konveyör (bant) kurutucular

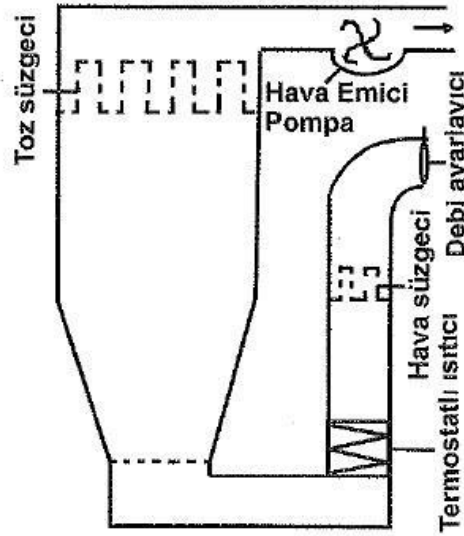
Bu kurutma sistemi “sürekli bant kurutucular” olarak da adlandırılır (Şekil 2.4). Bu kurutucularda, tünel kurutuculardaki raylı-vagon sisteminin yerini sonsuz döngü hareketli bir bant almaktadır (Cemeroğlu, 2013b; Saldamlı ve Saldamlı, 2004). Konveyör kurutucular, genellikle büyük endüstriyel kurutma uygulamaları için kullanılır. Sistem ısıtma ünitesi, havalandırmaya yönelik bir fan, kurutma odası ve banttandır. Kurutulacak ürün bir konveyör üzerine yerleştirilir ve besleme girişinden kurutucunun ürün çıkışına kadar konveyör hızında sürekli hareket eder. Kuruma süresi konveyörün hızının ayarlanmasıyla elde edilir. Uzun kuruma süresi gereken durumlarda yatay veya dikey olarak birbiri üzerine istiflenmiş bir dizi konveyörden oluşan çok kademeli konveyör kurutucu kullanılır (Sabarez, 2016).



Şekil 2.4 Sürekli bant kurutucu (Sarıkulak, 2017)

2.3.2.4 Akışkan yatak kurutucular

Akışkan yatak kurutucular tekne şeklindeki bantlı kurutucuların geliştirilmiş halidir (Şekil 2.5). Burada kurutulacak ürün alttan verilen yüksek hızdaki sıcak ve kuru hava ile askıda kalan hafif bir kaynama görünümünde sürekli olarak karıştırılan bir yatak durumundadır. Parçacıkların akışkan kalabilmesi havanın belli bir hızda verilmesi ile sağlanır (Saldamlı ve Saldamlı, 2004; Cemeroğlu, 2013b). Akışkan yatak kurutucuda taneli yapıdaki kurutulacak malzeme ile sıcak hava arasında temas çok iyi olmakta dolayısıyla ısı transferi etkin bir şekilde gerçekleşmektedir (Doğan ve Ersöz, 2009). Kurutma sürekli olduğundan akışkan yatağın kurutucuda kaldığı süre yatağın kalınlığına bağlıdır. Bu sistemde bezelye, mısır gibi taneli ürünler ile küp şeklinde doğranmış meyve ve sebzeler kurutulmaktadır (Saldamlı ve Saldamlı, 2004; Cemeroğlu, 2013b).

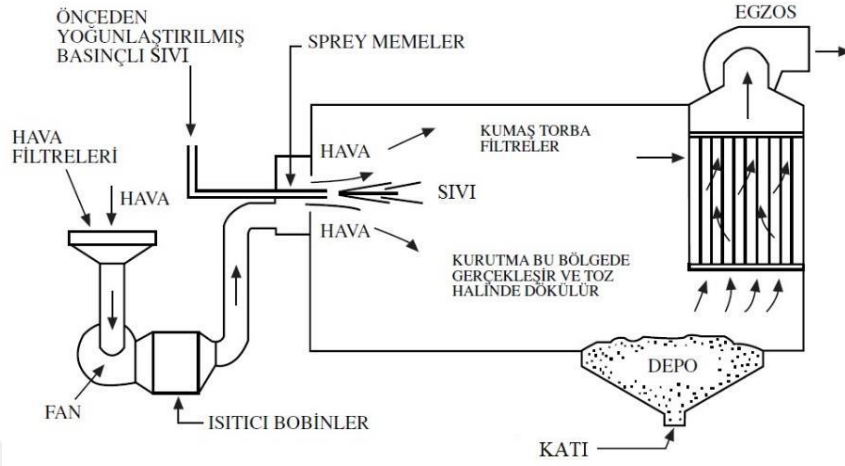


Şekil 2.5 Akışkan yataklı kurutucu (Sarıkulak, 2017)

2.3.2.5 Püskürtmeli kurutucular

Püskürtmeli kurutmada sıvı, yarı sıvı, püre ve ince pulp halindeki işlenmiş veya yarı işlenmiş gıdaların toz haline getirilmesi için kullanılan bir yöntemdir (Şekil 2.6). Kurutulan ürünü damlacıklar haline getirmek için bir atomizer, sıcak hava üretim düzeneği, kurutma hücresi ve kurumuş tozun sistemde toplandığı kollektör olmak üzere başlıca dört sistemden oluşmaktadır (Saldamlı ve Saldamlı, 2004; Cemeroğlu, 2013b). Püskürtülerek kurutulmuş mikrokapsüllerin kalitesi püskürtmeli kurutucunun işlem parametrelerine, beslemenin özelliklerine veya bileşimine bağlıdır. Kurutulacak

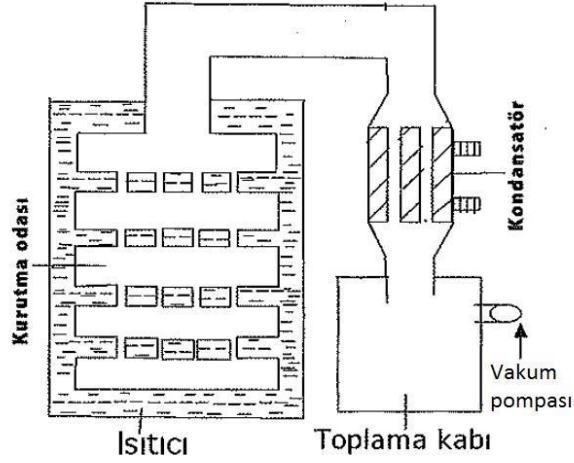
malzemenin boyutları göz önüne alındığında kuruma süresi (1-20 sn) oldukça kısadır. Bu nedenle ısıya duyarlı akışkan gıdaların kurutulmasında tercih edilebilir (Guiné vd., 2018).



Şekil 2.6 Püskürtmeli kurutucu (Sarıkulak, 2017)

2.3.2.6 Vakum kurutucular

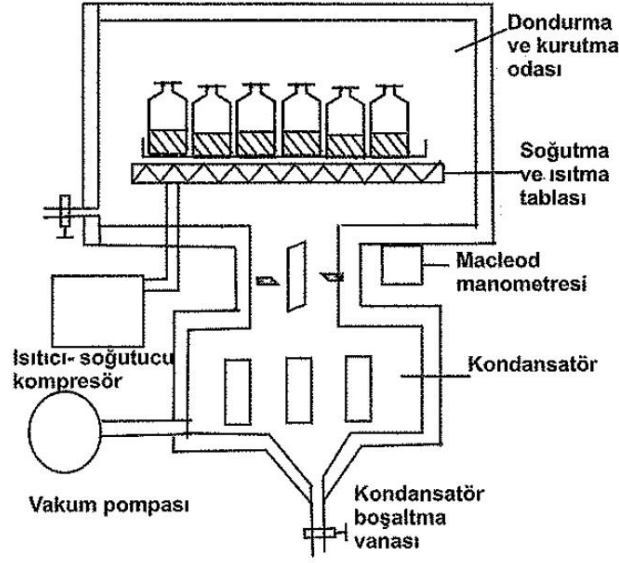
Isıya duyarlı meyve ve sebzelerin kurutulmasında kullanılan ve alternatif bir yöntem olan vakum kurutucularda kurutma vakum altında düşük derecelerde yapılmaktadır (Şekil 2.7) (Saldamlı ve Saldamlı, 2004; Giri ve Prasad, 2007). Düşük sıcaklık uygulaması sayesinde ürünün aromasında değişiklik ve ısı zararları görülmemektedir. Vakum kurutmanın, sıcak havalı kurutma yöntemlerine göre avantajları vardır. Bunlar; ortamda hava olmadığından oksidasyonun gerçekleşmemesi, rengin, kolay okside olabilen vitaminlerin ve çözünmeyen yağların korunmasıdır. Ayrıca nemin iç yüzeylerden hızlıca uzaklaştırılmasına bağlı olarak kabuk bağlama olayı görülmemektedir (Saldamlı ve Saldamlı, 2004).



Şekil 2.7 Vakumlu kurutucu (Sarıkulak, 2017)

2.3.2.7 Dondurarak kurutma (Liyofilizasyon)

Bu yöntem ilk olarak 1950'lerde endüstride kullanılmaya başlanmıştır. Dondurarak kurutma üç aşamadan oluşur: a) kurutulacak gıda maddesini dondurmak b) buzı süblime etmek (birincil kurutma) c) katı maddelere bağlı küçük miktardaki suyun uzaklaştırılmasıdır (ikincil kurutma) (Brennan, 2006). Kurutulacak ürünün dondurulması bir ön işlem olarak kabul edilebilir ve bilinen dondurma yöntemlerinden herhangi birisi uygulanabilir (Saldamlı ve Saldamlı, 2004). Ürün içerisindeki suyun mümkün olduğu kadar dondurulması önemlidir (Brennan, 2006). Katı, sıvı ve gaz halindeki bir maddenin katı fazdan direkt gaz fazına geçmesi olayına süblimasyon denir (Cemeroğlu, 2013b). Kurutulacak üründen buzun katı fazdan gaz fazına geçişi buharlaşma hücresi (vakum), kondenser ve vakum pompası olmak üzere üç ana bölüm tarafından sağlanır (Şekil 2.8). Buzun süblimasyonu için süblimasyon gizli ısısının buzdan alınması sonucunda ürün sıcaklığı giderek düşmekte ve bir süre sonra kuruma durmaktadır. Bunu önlemek için ürünün ısıtılması bu yöntemin en önemli sorunlarından birisidir. Bu nedenle ısıtma buzun erimeyeceği sıcaklıkta yapılmalı ve ürünün sıcaklığı daima kondenserin derecesinden yüksek tutulmalıdır (Saldamlı ve Saldamlı, 2004). Bu yöntemle kurutulan ürünlerin diğer yöntemlerle kurutulan ürünlerden duyuşal özelliklerinin ve besin değerlerinin daha üstün olmaları yöntemin avantajıdır ancak yatırım maliyeti ve işletme masraflarının fazla olması ise yöntemin dezavantajıdır (Saldamlı ve Saldamlı, 2004; Cemeroğlu, 2013b).

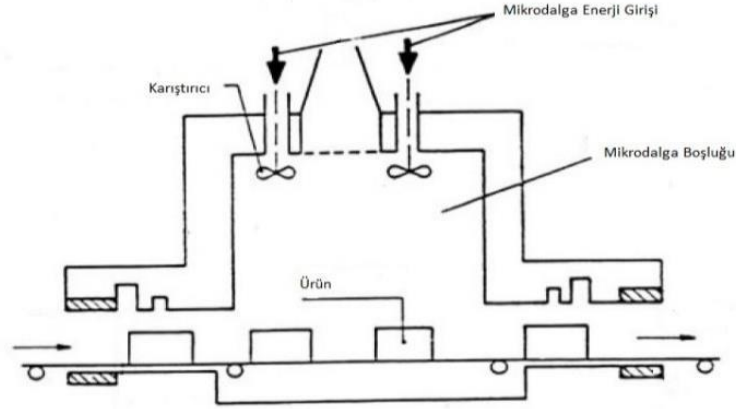


Şekil 2.8 Dondurarak kurutma yapan kurutucu (Sarikulak, 2017)

2.3.2.8 Mikrodalga kurutucular

Elektromanyetik enerji dalgalarının formlarından biri olan mikrodalgalar endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır (Beaudry vd., 2003). Mikrodalga kurutma sistemleri, ürün kalitesini bozmadan kurutma süresini önemli ölçüde kısaltmakta, enerji tüketimini azaltmakta ve daha yüksek verim sağlayarak geleneksel kurutma yöntemlerine iyi bir alternatif olmaktadır (Beaudry vd., 2003; Soysal vd., 2006; Özkan vd., 2007). Mikrodalga kurutma, yüksek frekans dalgalarını gıdanın direkt olarak absorbe etmesi ve bu enerjiyi ısıya dönüştürmesi prensibine dayanmaktadır (Chandrasekaran vd., 2013). Gıda maddelerinin mikrodalga ile ısınması esas olarak ötelenme, dönme ve titreşim hareketlerinden kaynaklanan dipol rotasyon ve sürtünme sonucu oluşan iyonik polarizasyon mekanizmaları sonucunda oluşur (Oliveira ve Franca, 2002; Ahmed ve Ramaswamy, 2004; Polatçı ve Taşova, 2017). Ürün kalın tabakalar halinde kurutma ortamına konulsa bile, homojen bir ısıtma meydana gelmektedir (Şekil 2.9). Ürünün içten itibaren ısınması ürün içindeki nemin yüzeye doğru hareketini hızlandırmaktadır (Yongsawatdigul ve Gunasekaran, 1996). Mikrodalga ile kurutmanın klasik konvansiyonel (kuru hava ile) kurutmaya nazaran birçok avantajı vardır. Her şeyden önce mikrodalga hacimsel ısıtma yapmaktadır. Burada sıcaklık materyalin içinde üretilmekte ve fırının kendisi, taşıyıcı hava ve duvarlar ısıyı yutmamaktadırlar. Mikrodalga ile kurutmada aromayı oluşturan uçucu maddelerin kaybı daha az olmaktadır. Mikrodalganın diğer bir avantajı da kurutmanın azalan hız bölgesinde sıcak hava ile kurutmaya nazaran daha etkili olduğudur (Vadivambal ve Jayas, 2007). Son yıllarda yapılan çalışmalarda

mikrodalga enerjisinin kurutma proseslerinde kullanılmasının avantajları olduğu birçok çalışmada ortaya konulmuştur (Beaudry vd., 2003; Özkan vd., 2007; Vadivambal ve Jayas 2007).



Şekil 2.9 Mikrodalga kurutucu (Sarıkulak, 2017)

2.4 Madımak

Türkiye bitki türü zenginliği açısından dünyanın sayılı ülkeleri arasında yer almaktadır. Yeryüzünde 750 bin ile 1 milyon bitki türünün bulunduğu düşünülmektedir (Özer, 2010). Orta Anadolu, bitki örtüsünün zenginliği açısından dünyanın en önemli bölgelerinden birisidir. Bu bölgede birçok yabani bitki doğal olarak varlığını korumaktadır. Bu bitkiler çoğunlukla taze olarak tüketilmekle birlikte salata, yemek gibi gıdalara da işlenmektedir. Bu bitkilerden en önemlilerinden biri Orta Anadolu’da “madımak” olarak bilinen Polygonaceae familyasından *Polygonum cognatum* (Mesinn.)’tır.

Madımak, İç Anadolu bölgesinde yaygın olarak bilinen, yol kenarlarında, tarla sınırlarında ve tarım yapılmayan alanlarda yetişen bir bitkidir (Önen vd., 2014). Kuzukulağigiller familyasından, gövdesi toprak üstüne yatık, pembe çiçekli, çok yıllık yenebilen otsu bir bitki türüdür. Yaprakları elips biçiminde, kısa saplı veya sivri uçludur.



Şekil 2.10 Madımak

Madımak, Tokat, Sivas, Amasya, Çorum illerinde yaygın olarak çiğ ya da pişirilerek tüketilmektedir. Çiğ olarak madımak salatası, pişirilerek madımak aşısı, cacığı, mıhlaması, çorbası, yahnisi, böreği, gözlemesi, bükmesi yapılır veya herhangi bir işlem uygulanmaksızın tuzlanarak da tüketilmektedir. Önceleri geleneksel olarak tarım veya tarım dışı alanlardan toplanarak evlerde tüketilen madımak, şehirleşmenin artmasına bağlı olarak ticari bir ürüne dönüşmüştür. Bu nedenle artan pazar ihtiyacını karşılamak amacıyla madımak tarımı yapılmaya başlanmıştır (Özkurt, 2008). İlkbaharda (nisan, mayıs, haziranın ilk yarısı) yemek için toplanan madımaklar kurutularak kışlık olarak da kullanılmaktadır.



Şekil 2.11 Madımak Çorbası

Madımak bitkisinin en önemli özelliklerinden biri, fenolik bileşikler bakımından zengin olması nedeniyle allelopatik potansiyele sahip olmasıdır. Bu özelliğiyle diğer bitkilerin gelişimi üzerinde olumsuz etki gösterdiği bilinmektedir (Özkurt, 2008; Yılar, 2007). İçerdiği organik asitler nedeniyle hafif ekşimsi bir tada sahiptir. Tohumları, protein ve azot içeriği yönünden zengindir. Madımak bitkisinin 100 g yenilebilir kısmında %73 su, 0,4 g yağ, 1,4 g protein, 65 mg C vitamini, 55 mg kalsiyum, 25 mg sodyum ve 6 mg fosfor bulunmaktadır. Madımağın idrar arttırıcı etkisi olup, böbrek taşlarına ve şeker hastalığına karşı kullanılmaktadır (Sağlam ve Yazgan, 1992; Özkurt, 2008). Aynı zamanda madımağın antioksidan ve antimikrobiyal etkilerinin olduğu da bilinmekte ve içeriğindeki bileşikler nedeniyle oksidatif bozulmaları geciktirmek amacıyla gıdalarda katkı maddesi olarak kullanılabileceği de belirtilmektedir (Yıldırım vd., 2003). Ancak bu etkiler yüzeysel olarak incelenmiş olup bu alanda yapılmış kapsamlı bir çalışma bulunmamaktadır.

Bitkilerin hasat dönemleri değişiklik göstermektedir ve bu bitkiler içerdikleri etken maddelerin ve enzimlerin nedeniyle uzun süre muhafaza edilememektedir. Bu nedenle bitkilerin en iyi muhafaza şekli kurutmadır. Kurutma ile bitki içerisindeki su belirli bir değere kadar uzaklaştırılarak, mikrobiyolojik ya da enzimatik aktivitenin durdurulması ya da sınırlandırılması sağlanır. Bu sayede bitkilerin depolama süresi artmakta, renk, aroma ve fiziksel yapısına ait özellikleri korunmaktadır. Kurutmaya bağlı olarak su miktarının azalmasıyla, küf mantarları ve bakterilerin gelişmeleri de engellenmiş olmaktadır (Özer, 2010).

Madımak ile ilgili fazla sayıda araştırma yapılmamıştır ve yapılan araştırmalar da yayıldığı alanlar, ana vatanı, bazı biyolojik özelliklerinin saptanması ve halk arasında kullanımıyla ilgili çalışmalardır (Özkurt, 2008).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çalışmada kullanılan madımlar Sivas'ta köylü pazarından satın alınmıştır. Satın alınan madımlar deneylerde kullanılana kadar +4 °C'de muhafaza edilmiş ve 24 saat içerisinde denemeye alınmıştır. Denemeye alınmadan önce madımlar yıkanmış ve daha sonra kağıt havlu ile kurulanmıştır.

3.2 Yöntem

3.2.1 Kurutma sistemi

Çalışmada EKSİS Makine Tic. Ltd. Şti. (Isparta) tarafından üretilen, tepsili kurutucu kullanılmıştır. Tepsili kurutucunun iç ve dış kabini paslanmaz çelikten yapılmış olup 45X45 cm 10 adet paslanmaz teflon kaplamalı delikli alüminyum tepsisi bulunmaktadır. Ayrıca cihaz üzerinde elektrikli ısıtma sistemine sahip olup devir kontrollü sirkülasyon fan sistemi, hız kontrollü raf döndürme sistemi, nem kontrollü egzoz fanı, PLC kumanda panosu bulunmaktadır. Kurutma kabininin genel görünümü Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1 Denemelerde kullanılan Tepsili kurutucu (EKSİS Makina)

3.2.2 Kurutma yöntemi

Kurutma denemeleri sabit hava hızında (0.5 m/s), 40, 50 ve 60 °C olmak üzere 3 farklı sıcaklıkta yapılmıştır. Kurutma sisteminin tepsileri çok büyük olduğundan kurutma işlemi için küçük tel sepetler yapılmıştır. Kurutma işlemi madımakların sağlıklı kısımlarından yaklaşık 5 g alınarak tek sıra olacak şekilde tel sepetlere dizilerek gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2). Kurutma denemeleri üç tekrarlı yapılmıştır. Taze ve kurutulmuş madımak örnekleri Şekil 3.3'te görülmektedir. Kurutma kinetiğinin belirlenmesi için sabit tartıma ulaşıncaya kadar her 15 dakikada bir kurutucudan örnekler alınıp tartılmıştır. Tartımda 0.01 g hassasiyete sahip dijital tartım cihazı (AND GX 4000) kullanılmıştır. Her bir ölçüm süresinin 10 saniyeyi geçmeyecek şekilde yapılmasına dikkat edilmiştir.



Şekil 3.2. Taze madımakların tepsili kurutucudaki görüntüsü



Şekil 3.3. Denemelerde kullanılan yaş madımak (a) ve kurutulmuş madımak (b) örneği

3.2.3 Nem içeriğinin belirlenmesi

Madımak numunelerinin farklı sıcaklıklarda kurutulması sırasında, herhangi bir t süresindeki nem içeriği değeri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır (Dadalı, 2007).

$$Mt = \frac{m-KM}{KM} \quad [3.1]$$

Burada;

Mt : Herhangi bir t süresindeki nem içeriği (g su/ g KM)

m : Numunenin ağırlığı (g)

KM : Numunenin içerdiği kuru madde miktarı (g) olarak tanımlanmıştır.

3.2.4 Kuruma hızının hesaplanması

Kuruma hızı, nem içeriğine karşılık kuruma süresi eğrilerinin türevlerinin alınması ile bulunmuştur. Kuruma hızının birimi; g su/g KM dak'dır (Dadalı, 2007; O'Riordan vd., 2009).

$$\text{Kuruma Hızı} = -\frac{M_{t+dt} - M_t}{dt} \quad [3.2]$$

Burada;

M_{t+dt} : $t + dt$ süresindeki nem içeriği (g su/g KM)

dt : Kuruma süresi (dakika)

olarak tanımlanmıştır.

3.2.5 Nem oranının hesaplanması

Nem oranı örneklerin ağırlık değişimlerinden hesaplanmıştır ve kurutma kinetiği ile ilgili modellemelerde nem oranı değerleri kullanılmıştır. Nem oranı (MR) aşağıda belirtilen eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_o - M_e} \quad [3.3]$$

Burada;

MR : Nem oranı (birimsiz)

M_t : Herhangi bir süredeki nem miktarı (g su/g KM),

M_o : Başlangıç nem miktarı (g su/g KM),

M_e : Denge nem miktarını (g su/g KM) göstermektedir.

Gıdaların kurutulması sırasında denge nem miktarı (M_e) ifadesi diğer ifadelerden çok daha küçük olduğu için sıfır kabul edilmiştir (Szychowski vd.,2018).

3.2.6 Kurutma prosesinin modellenmesi

Kuruma süresi ve nem oranı arasındaki ilişkiyi göstermek amacıyla elde edilen deneysel veriden yararlanarak Çizelge 3.1'de verilen Newton, Page ve Weibull olmak üzere 3 farklı model test edilmiş ve istatistiksel olarak kıyaslanmıştır.

Çizelge 3.1 Madımların kuruma eğrilerinin modellenmesinde kullanılan eşitlikler

Model	Eşitlik	Kaynaklar
Newton	$MR = \exp(-k.t)$	Ayensu (1997), Roberts vd. (2008)
Page	$MR = \exp(-k.t^n)$	Sobukola ve Dairo (2007), Hassan-Beygi vd. (2009)
Weibull	$MR = \exp(-t/\alpha)^\beta$	Babalıs vd. (2006), Szychowski vd. (2018)

k: Kinetik sabit (dak⁻¹) t: Kuruma süresi (dak) n: Page modele ait katsayı, α ve β : sırasıyla Weibull model skala parametresi (dak) ve şekil parametresi

Uygulanan matematiksel modellerin deneysel verilere uyumu MİNİTAB (16) istatistik programında doğrusal olmayan regresyon yapılarak belirlenmiştir.

Uygun modelin belirlenmesi için validasyon çalışması yapılmıştır. Bu amaçla, madımak örneklerinin nem oranları tahmin edilirken denemelerden elde edilen 2 tekerrür sonuçlarının ortalamaları kullanılmış ve model uygunluğunun validasyonu 3. tekerrür sonuçları ile yapılmıştır. Validasyon için modelin kuruma eğrilerine uyumunu belirleyen parametrelerden regresyon katsayısı (R^2), yanlılığın (bias) ölçümü için ortalama eğilim hatası (MBE), doğruluğun (accuracy) ölçümü için ortalama karesel hatanın karekökü (RMSE) ve Khi-kare (χ^2) değerleri aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (Walther ve Moore 2005).

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{tah,i} - MR_{den,i})^2 \right]^{1/2} \quad [3.4]$$

$$MBE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{tah,i} - MR_{den,i}) \quad [3.5]$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{tah,i} - MR_{den,i})^2}{N - z} \quad [3.6]$$

N : Gözlem sayısı

z : Kullanılan modeldeki katsayı sayısı

MR_{den,i} : Deneysel olarak gözlenen i. düzey

MR_{tah,i} : Modellerden tahmin edilen i. düzey

3.3 Analizler

3.3.1 Örneklerin hazırlanması

Kurutulmuş madimıklar kahve öğütücüde (Sinbo) öğütüldükten sonra gözenek aralığı 300 µm ve 150 µm olan eleklerden (RETSH) geçirilmiş ve analizlerde bu aralıktaki örnekler kullanılmıştır.

3.3.2 Örneklerin ekstraksiyonu

Örneklerin ekstraksiyonu için 0.2 g örnek tartılmıştır. Tartılan örnekler üzerine 10 ml 50 °C'de saf su konularak 50°C'ye ayarlanmış çalkalamalı su banyosunda 30 dakika tutulmuştur. Süre sonunda örnekler 1 dakika vortekste karıştırılmış ve filtre kağıdından süzülmüştür. Elde edilen bu ekstraktlar örneklerin toplam fenolik madde ve antioksidan kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Ekstraktlar analiz anına kadar -18 °C'de muhafaza edilmiştir.

3.3.3 Toplam fenolik madde tayini

Toplam fenolik madde ISO (14502-1:2005) tarafından belirtilen yöntemle göre yapılmıştır. Analizler 3 tekrarlı olarak aşağıda belirtildiği gibi gerçekleştirilmiştir.

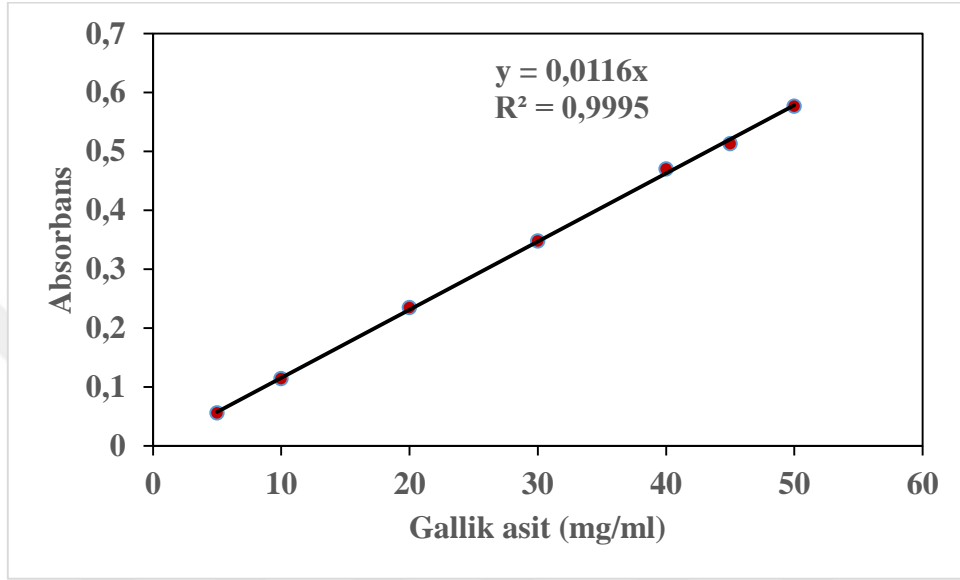
3.3.3.1 Toplam fenolik madde analizi için gerekli çözeltilerin hazırlanması

- *Folin-Ciocalteu çözeltisi*: Saf suyla % 10'luk (v/v) hazırlanmıştır.
- *Doygun sodyum karbonat (%7.5) çözeltisi*: 7.5 g sodyum karbonat distile suda çözündürülüp 100 ml'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan çözelti bir gece bekletildikten sonra filtre edilmiştir.
- *Gallik asit stok çözeltisinin (500 µg/ml) hazırlanması*: 100 ml saf suya 50 mg gallik asit çözündürülerek hazırlanmıştır.
- *Gallik asit çalışma çözeltilerinin hazırlanması*: 500 µg/ml gallik asit stok çözeltisinden 0-50 µg/ml arasında değişen 7 ayrı çalışma çözeltisi hazırlanmıştır.

3.3.3.2 Gallik asit kalibrasyon eğrisinin elde edilmesi

Farklı konsantrasyonlarda hazırlanmış gallik asit çalışma çözeltilerinin her birinden 0.5 ml alınıp 2.5 ml Folin-Ciocalteu çözeltisi ile karıştırılmıştır. Karışıma 5 dak. sonra 2 ml sodyum karbonat ilave edilerek iyice karışmaları için çalkalanmıştır. Elde edilen karışım

60 dak. karanlıkta bekletilip oluşan mavi rengin spektrofotometrede 765 nm’de absorbansı okunmuştur. Gallik asidin farklı konsantrasyonlarına karşı okunan absorbansların grafiğe geçirilmesiyle kalibrasyon eğrisi elde edilmiştir (Şekil 3.2). Kalibrasyon eğrisi linear olup, eğrinin denklemi ve korelasyon katsayısı şekil üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 3.4 Gallik asit kalibrasyon eğrisi

3.3.3.3 Madımak bitkisinde toplam fenolik madde analizi

Örneklere toplam fenolik madde tayini için 3.3.2’de elde edilen ekstraktlar uygun absorbans değerleri elde etmek için distile su ile 10 kez seyreltilmiştir. Elde edilen seyreltilmiş ekstraktlarda toplam fenolik madde içeriği 3.3.3.2’de belirtildiği gibi saptanmıştır. Burada standart gallik asit çözeltisi yerine örnek ekstraktı kullanılmıştır. Toplam fenolik madde miktarı mg Gallik asit eşdeğeri (GAE)/g KM olarak ifade edilmiştir.

3.3.4 Antioksidan aktivite tayini

Antioksidan aktivite tayini için 3.3.2’de elde edilen ekstraktlar kullanılmıştır. Örneklerin antioksidan aktivitesi, DPPH (2,2-Difenil-1-pikrilhidrazil) yöntemi (Katalinić vd., 2004; Atoui vd., 2005) kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla, ekstraktlardan (2 mg/ml) otomatik pipet yardımıyla 50 µl alınarak 1950 µl 6×10^{-5} molar DPPH radikali (metanolde hazırlanmış) ile karıştırılmıştır. Kontrol olarak ise saf su kullanılmıştır. Daha sonra reaksiyon karışımı vorteks karıştırıcıda karıştırılıp oda sıcaklığında 60 dakika süreyle

karanlıkta bekletilmiştir. 60 dakika sonra karışımın absorbanı spektrofotometrede 517 nm’de metanole karşı okunmuştur. Antioksidan aktivite (% AA), aşağıdaki eşitlikten (Yen ve Duh, 1994) yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$AA (\%) = \frac{Abs_{Kontrol} - Abs_{\text{örnek}}}{Abs_{Kontrol}} \times 100 \quad [3.7]$$

Formülde $Abs_{Kontrol}$ örnek içermeyen DPPH çözeltisinin absorbanını, $Abs_{\text{örnek}}$ ise örnek içeren DPPH çözeltisinin absorbanını göstermektedir.

3.3.5 Klorofil ekstraksiyonu ve analizi

Klorofil ekstraksiyonu için Shivanna ve Subban (2014), Sun ve Li (2017) tarafından belirtilen yöntemler modifiye edilerek yapılmıştır. Klorofil ekstraksiyonu % 80’lik soğuk aseton kullanılarak 3 tekrarlı yapılmıştır. Havana 0.05 g örnek alınmış ve üzerine feofitinizasyon oluşumunu en aza indirmek için 0.01 g $MgSO_4$ ilave edilmiştir. Bu karışım üzerine 3 ml % 80’lik aseton ilave edilerek 30 sn havanda ezilmiştir. Süre sonunda süpernatant falcon tüpüne aktarılmış ve havadaki kalıntı üzerine tekrar 3 ml % 80’lik aseton ilave edilerek ekstraksiyona devam edilmiştir. Bu işlem toplam 12 ml % 80’lik aseton olacak şekilde 4 kez tekrarlanmıştır. En son ilave edilen 3 ml % 80’lik asetonla ezme işleminden sonra havadaki kalıntının tümü kazınarak falcon tüpüne aktarılmıştır. Falcon tüplerine toplanan ekstraktlar 1 dakika vortekste karıştırılmış ve kaba filtre kâğıdından süzölmüştür.

Elde edilen klorofil ekstraktlarının UV spektrofotometrede (OPTİMA, SP-3000) 645 ve 663 nm’de absorbanları ölçölmüştür. Örneklerin klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil içerikleri mg/L olarak aşağıda belirtilen eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuçlar ise mg/g KM cinsinden verilmiştir.

$$Klorofil a (mg/L) = 12.72 * A_{663} - 2.59 * A_{645} \quad [3.8]$$

$$Klorofil b (mg/L) = 22.88 * A_{645} - 4.67 * A_{663} \quad [3.9]$$

$$Toplam klorofil (mg/L) = 20.29 * A_{645} + 8.05 * A_{663} \quad [3.10]$$

3.3.6 Renk analizi

Renk tayini için MINOLTA CR-400 (Minolta Osaka, Japan) renk ölçüm cihazı kullanılarak L*, a* ve b* değerleri saptanmıştır. Bu değerler kullanılarak aşağıdaki eşitliklerden C* (Chroma) ve h* (Hue) değerleri hesaplanmıştır.

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad [3.11]$$

$$h^* = \arctan(b^*/a^*) \quad [3.12]$$

3.3.7 Nem tayini

Örneklerin başlangıç nem içerikleri nem tayin cihazında (Shimadzu, MOC63u) belirlenmiştir.

3.3.8 İstatistiksel analiz

Çalışmada farklı kurutma sıcaklıklarının test edilen bağımlı değişkenler üzerine etkisi, Statistica paket program (1995) kullanılarak varyans analizi ile incelenmiştir. Varyans analiz sonuçlarının önemli bulunması durumunda hangi gruplar arasında fark olduğu çoklu karşılaştırma testlerinden Tukey's testi uygulanarak belirlenmiştir (p<0.05).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Farklı Sıcaklıkların Madımak Bitkisinin Kurutma Kinetiği Üzerine Etkisi

4.1.1 Nem içeriği değişimi

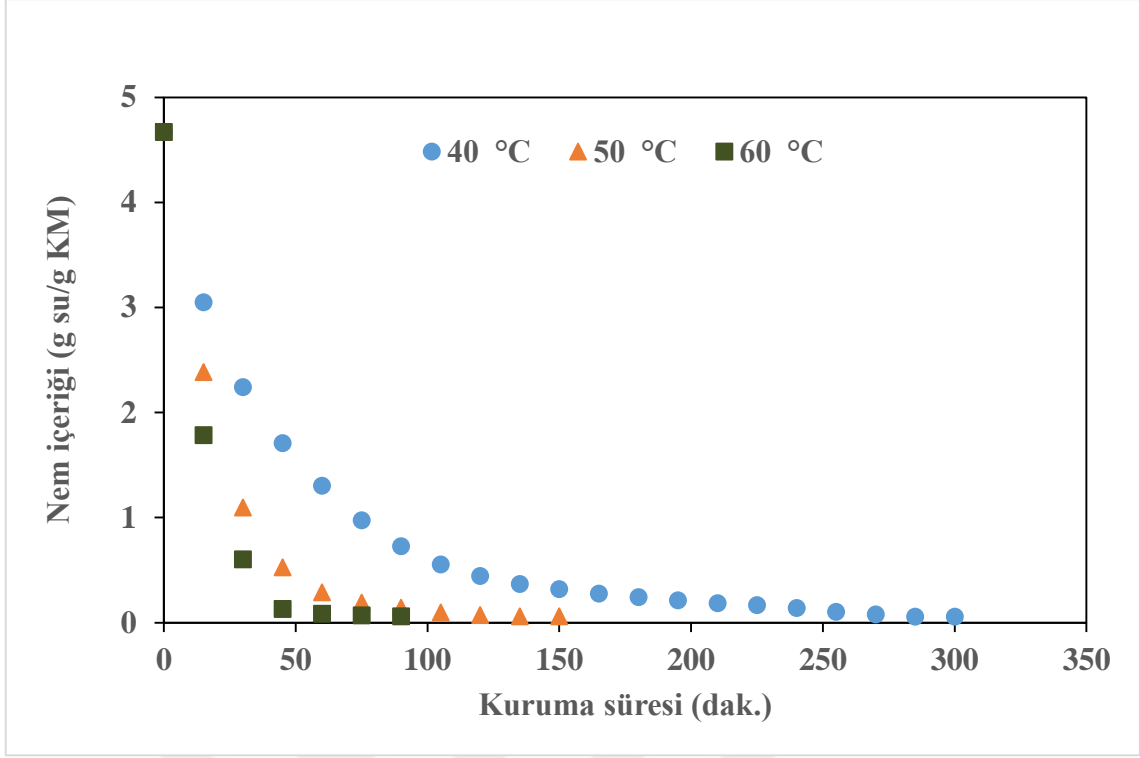
Farklı sıcaklıkların nem içeriği üzerine etkisini incelemek için, yaklaşık 5 g madımak bitkisi sabit hava hızında (0,5 m/s), 3 farklı sıcaklık düzeyinde; 40, 50 ve 60 °C’de kurutulmuştur. Örnekler her 15 dakikada bir 0.01 g hassasiyetle tartılmış ve sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur. Çalışmada kullanılan madımak örneklerinin ortalama nem miktarları 4.67 g su/g KM olarak bulunmuştur. Madımak örneklerinin farklı sıcaklıklarda kurutma denemelerine ait kuruma süreleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Madımak bitkisinin kurutma denemelerine ait kuruma süreleri

Sıcaklık (°C)	Kuruma süresi (dakika)
40	300
50	150
60	90

Çizelge 4.1’den de görüldüğü üzere kuruma süresi en düşük 60 °C, en yüksek ise 40 °C sıcaklıkta tespit edilmiştir. Sıcaklığın 40 °C’den 50 °C’ye çıkarılmasıyla kuruma süresinde % 50, 60 °C’ye çıkarılmasıyla % 70’lik bir azalma görülmüştür. Kurutma havası sıcaklığının artmasıyla kuruma süresinde azalma meydana gelmiştir. Yapılan diğer çalışmalarda da bu durum tespit edilmiştir (Prabhanjan vd., 1995; Ramesh vd., 2001; Arroqui vd., 2002; Ertekin ve Yaldiz, 2004; Doymaz, 2005).

Madımak bitkisinin farklı sıcaklıklarda kurutulması sırasında zamana bağlı olarak nem içeriklerinin değişimi Şekil 4.1’de verilmiştir.

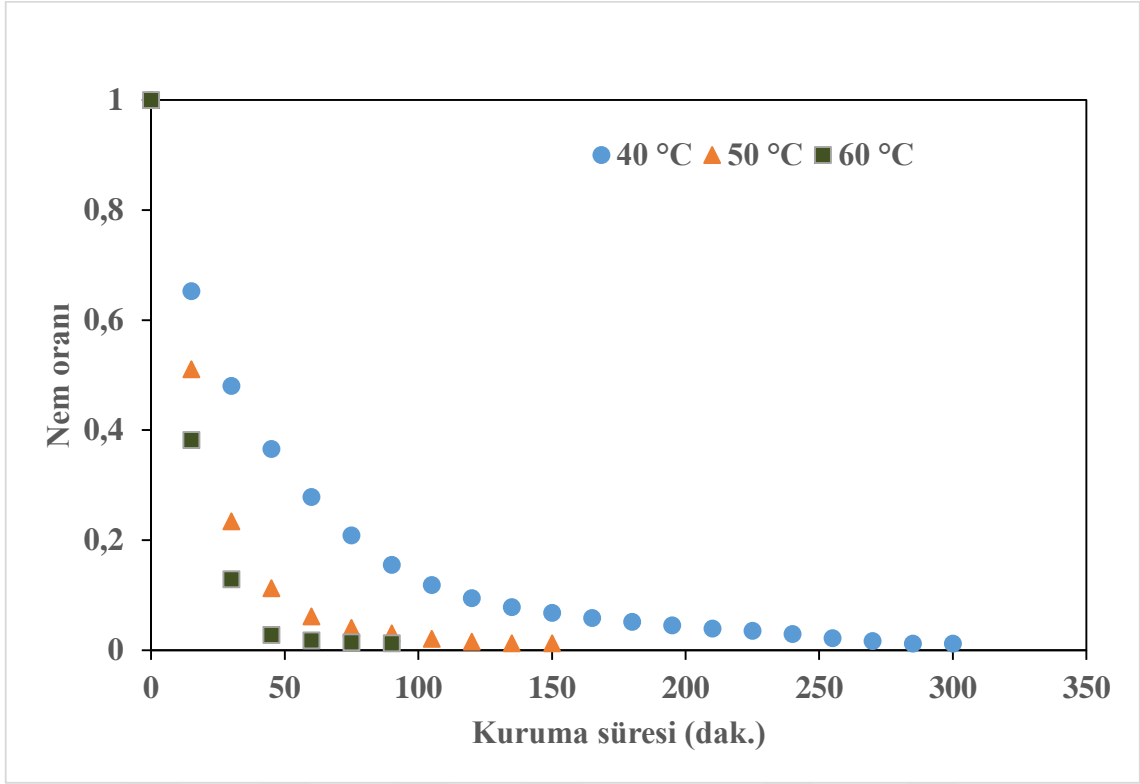


Şekil 4.1 Farklı sıcaklıklarda kurutulmuş madımağın kuruma zamanı ile nem içeriğinin değişimi

Şekil 4.1’den de görüldüğü gibi, kuruma süresi uygulanan kurutma sıcaklığından etkilenmekte, sıcaklığın artmasına bağlı olarak nem kaybı hızlanmakta ve kuruma süresi kısalmaktadır. Daha önce yapılan çalışmalarda da sıcaklığın artmasıyla kuruma süresinin azaldığı tespit edilmiştir (Simal vd., 1996; Özdemir ve Devres, 1999; Ertekin ve Yaldiz, 2004; Doymaz, 2005; Kavak Akpınar vd., 2006; Kaya vd., 2007 a, b, c; Vega vd., 2007; Kaya ve Aydın, 2008; Arabhosseini vd., 2009; Tunç ve Mengeş, 2010; Demiray vd., 2013).

Farklı sıcaklıklarda kurutulan madımağın örneklerinin süreye bağlı olarak ayrılabilir nem oranındaki değişim ise Şekil 4.2’de verilmiştir. Çalışmada ayrılabilir nem oranı, kısaca nem oranı olarak tanımlanmıştır. Bu tanıma göre nem oranı; kurumunun herhangi bir anında, örneklerin kuru baza göre nem içeriklerinin ilk nem içeriğine oranı olarak ifade edilmiştir (Eşitlik 3.3). Bu yaklaşım yapılan daha önceki çalışmalarda da kullanılmıştır (Wen Jia vd., 2003, Kumar ve Sagar, 2014; Seremet vd., 2016). Kuruma eğrileri, örneklerin farklı sıcaklıklardaki ilk nem içeriklerindeki farklılığı ortadan kaldırmak için zamana karşı nem oranları grafiğe geçirilerek hazırlanmıştır. Şekil 4.2’den de görüldüğü üzere zamana bağlı olarak nem oranlarındaki değişimi gösteren kuruma eğrisi, kurumunun

başlangıcında 1 iken, kuruma sürelerinin sonlarında ise madımlarda ayrılabilir nem kalmadığı için sıfır değerine yaklaşmaktadır.



Şekil 4.2 Farklı sıcaklıklarda kurutulmuş madımların nem oranının kuruma zamanı ile değişimi

Şekil 4.2 incelendiğinde madımak örneklerinin nem oranlarındaki değişim kurutmanın başlangıcında hızlı bir azalma gösterirken denemelerin sonlarına doğru yavaş seyrettiği görülmektedir. Kurutmanın başlangıcında en hızlı kuruma 60 °C'de en düşük ise 40 °C'de elde edilmiştir. Kuruma eğrilerinde görülen hızlı düşüşler örneklerdeki su kaybının yüksek olduğunu göstermektedir. Kurutma havası sıcaklığının artması kuruma süresinin kısalmasına neden olmuştur. Kurutma havası sıcaklığının yükselmesi kurutulan malzemeye olan ısı transferinin artmasıyla su moleküllerinin enerjisini yükselterek nemin hızlı bir şekilde uzaklaşmasına dolayısıyla kuruma süresinin de kısalmasına neden olmaktadır (Kaya ve Aydın, 2008; Sousa vd. 2018). Aynı durum adaçayının (Müller vd., 1992), reyhan bitkisinin (Polatçı ve Tarhan, 2009), ısırgan ve zeytin yaprağının (Özer, 2010), nar tanelerinin (Doymaz, 2012), kabak dilimlerinin (Seremet vd., 2016), alıçın (Aral ve Beşe, 2016), kirazın (Doymaz ve İsmail, 2011; Wojdyło vd., 2014), şeftali dilimlerinin (Zhu ve Shen, 2014), nar kabuklarının (Calín-Sanchez vd., 2014),

hünnapların (Wojdyło vd., 2016) ve ayvaların (Szychowski vd., 2018) kurutulması sırasında da görülmüştür.

4.1.2 Kuruma Eğrilerinin Matematiksel Modellere Uygunluğu

Tarımsal ürünlerin kuruma eğrilerinin matematiksel olarak ifade edilmesinde birçok eşitlik kullanılmaktadır. Bu çalışmada madımak bitkisinin farklı sıcaklıklarda kurutulması sırasında elde edilen verilerden yararlanarak lineer olmayan regresyon analiz yöntemi yardımıyla kuruma süreleri ile nem oranı değişimi eğrilerinin matematiksel modellenmesi Page, Newton ve Weibull olmak üzere 3 farklı modele göre yapılmış (Çizelge 3.1) ve bu modellere ilişkin kinetik parametreler hesaplanmıştır. Uygulanan modellere ilişkin, model katsayıları ve modellere uyum verileri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Madımak bitkisinin farklı sıcaklıklarda kurutulmasında uygulanan modellere ilişkin parametreler ve modellere uyum verileri

Sıcaklık (°C)	Model	Katsayılar	R ²	RMSE	MBE	χ^2
40	Page	k: 0.0448946 n:0.800916	0.9991	0.00772	-0.00209	0,00006
	Newton	k:0.0216148	0.9956	0.02683	-0.01077	0.00076
	Weibull	α :45.5391 β :0,800916	0.9991	0.00772	-0.00209	0,00006
50	Page	k: 0.0477709 n:1.01051	0.9985	0.01220	-0.00352	0.00018
	Newton	k:0.0464843	0.9984	0.01245	-0.00317	0.00017
	Weibull	α :21.5671 β :1.01051	0.9985	0.01220	-0.00352	0.00018
60	Page	k: 0.048685 n:1.1084	0.9994	0.00883	-0.00269	0.00011
	Newton	k:0.0664636	0.9984	0.01371	0.00022	0.00022
	Weibull	α :15.5476 β :1.1084	0.9994	0.00883	-0.00269	0.00011

k: dak⁻¹ α : dak

Matematiksel modellerin uygunluğunun tespitinde R^2 değerinin yüksek olması, MBE, RMSE ve χ^2 değerlerinin de mümkün olduğunca düşük olması beklenmektedir (Sarsavadia vd., 1999, Soysal vd., 2006; Özkan vd., 2007).

Modellere ilişkin regresyon katsayıları (R^2) 40 °C'de Page ve Weibull'da 0.9991, Newton'da 0.9956, 50 °C'de Page ve Weibull'da 0.9985, Newton'da 0.9984, 60 °C'de ise Page ve Weibull'da 0.9994, Newton'da 0.9984 olarak bulunmuştur. Modellerin karşılaştırılmasında regresyon katsayıları dikkate alındığında test edilen üç model içinde hesaplanan katsayıların birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir.

Ortalama eğilim hatası (MBE) diğer bir ifadeyle ortalama yanlılık hatası tahmin edilen değerlerin deneysel olandan ortalama sapmasını ifade eder. İdeal koşullarda MBE değeri sifıra eşit veya sifıra yakın olmalıdır. Pozitif MBE değeri modelin verileri yüksek tahmin ettiğini, negatif MBE değeri ise modelin verileri daha düşük tahmin ettiğini ifade eder (Walther ve Moore 2005; Kingsly ve Singh, 2007; Akın vd., 2014). Çizelge 4.2 incelendiğinde 60 °C sıcaklık uygulamasında Newton modeli dışındaki tüm sıcaklıklarda ve modellerde MBE değeri negatif değer bulunmuştur. Bu durum yukarıda da belirtildiği gibi modelin verileri daha düşük tahmin etmesinden kaynaklanmıştır. Ancak MBE değerleri incelendiğinde değerlerin işaretinin pozitif veya negatif de olsa hesaplanan değerlerin sifıra çok yakın olduğu gözlenmiştir. Uygulanan tüm sıcaklıklarda modellerle ilişkin MBE değerleri karşılaştırıldığında en düşük MBE değeri genellikle Page ve Weibull modellerinde tespit edilmiştir.

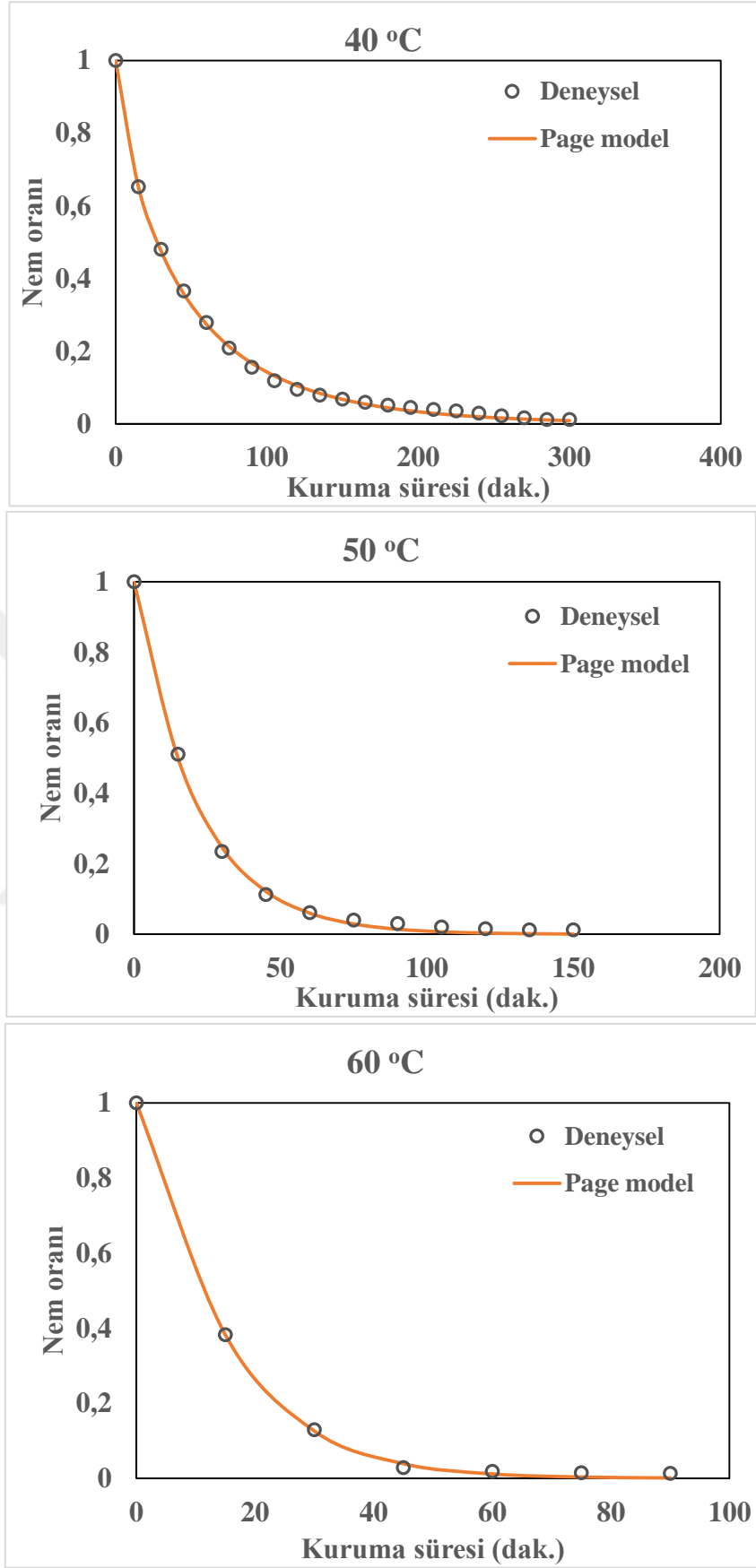
Ortalama karesel hatanın karekökü (RMSE), modellerden edilen tahmini değerler ile deneysel değerler arasındaki gerçek sapmayı göstermektedir. RMSE değeri daima pozitif olup sifıra eşit veya yakın olması modelin verileri doğru tahmin ettiğini ifade eder (Walther ve Moore 2005; Kingsly ve Singh, 2007; Akın vd., 2014). Modellere ilişkin RMSE değerleri karşılaştırıldığında uygulanan tüm sıcaklıklarda en düşük RMSE değeri Page ve Weibull modellerinde tespit edilmiştir.

Khi-kare (χ^2) değeri modelin gözlenen değerlere uygunluğunun iyiliğini ifade eder ve Khi-kare (χ^2) değerinin düşük olması uygunluğun arttığını göstermektedir. Modellerle ilişkin χ^2 değerleri karşılaştırıldığında 50 °C dışındaki (bu sıcaklıkta modeller arasında farklılık olmamıştır) diğer tüm sıcaklık uygulamalarında en düşük χ^2 değeri Page ve Weibull modellerinde tespit edilmiştir.

Madımların kuruma davranışını açıklamak için karşılaştırılan her üç modelin R^2 , MBE, RMSE ve χ^2 değerleri dikkate alındığında Page ve Weibull modellerinin Newton modelinden daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır. Ancak Page modeli gıdaların kuruma davranışlarının incelenmesinde yaygın olarak kullanıldığından dolayısıyla diğer çalışmalarla karşılaştırma kolaylığı sağlayacağından (Doymaz, 2005; Karaaslan vd., 2014; Akdaş ve Başlar, 2015; Szychowski vd., 2018) madımak örneklerinin kuruma davranışını açıklamak için en uygun model olarak Page modeline karar verilmiştir.

Page model parametrelerinden k, 40, 50 ve 60 °C’de sırasıyla 0.0448946, 0.0477709 ve 0.048685 dak^{-1} olarak n ise 0.800916, 1.01051 ve 1.1084 olarak bulunmuştur. Uygulanan kurutma sıcaklığının artmasıyla “k” değerlerinde artış tespit edilmiştir. Bu durum artan kurutma sıcaklığının ürün içerisindeki nem transferini artırdığından kurumanın kısa sürede gerçekleştiğini göstermektedir. Benzer bulgular çekirdeksiz üzümün (Pangavhane vd., 1999), kırmızı acı biberin (Gupta vd., 2002), kırmızı biberin (Arora vd., 2006), kabak dilimlerinin (Alibaş, 2007), elmaların (Doymaz, 2010), kolza tohumunun (Han ve Keum, 2011), narların (Kingsly ve Singh, 2007, Calín- Sanchez vd., 2014), mandalina dilimlerinin (Akdaş ve Başlar, 2015), ve dereotunun (Naidu vd., 2016; Polatçı ve Taşova, 2017) kurutulması sonucunda da tespit edilmiştir.

Farklı sıcaklıklarda kurutulan madımlarda kuruma süresi ile nem oranı değişimini gösteren deneysel değerlerin, Page denkleminde elde edilen değerlere uyumluluğu Şekil 4.3’te verilmiştir.

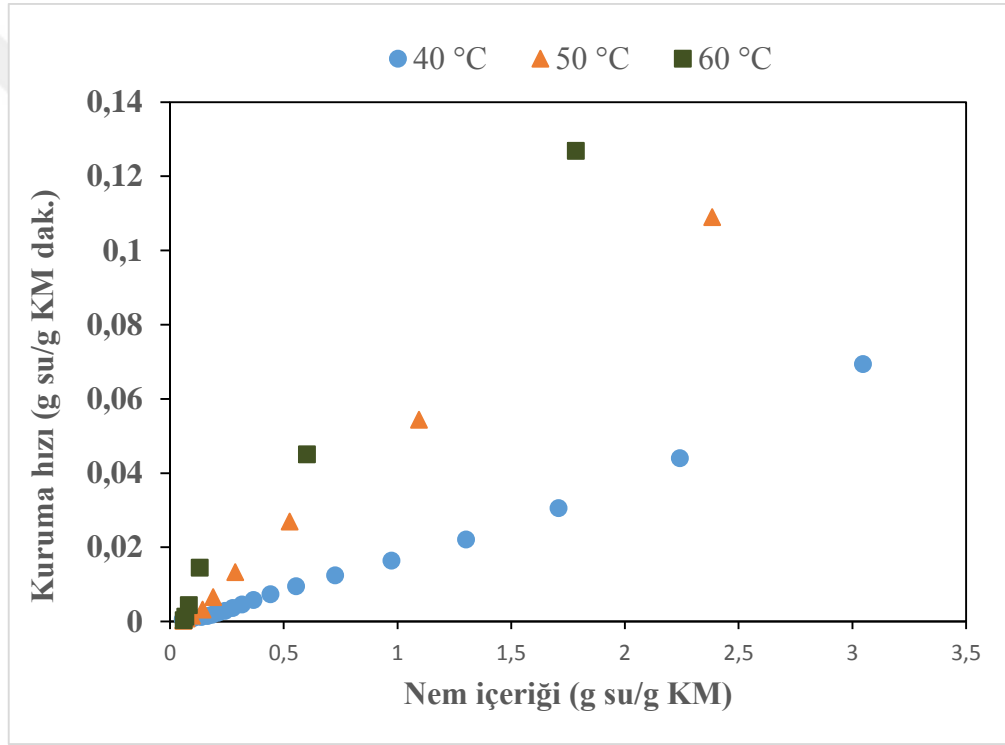


Şekil 4.3 Farklı sıcaklıklarda kurutulan madımların deneysel ve Page denkleminin tahmini nem oranları

Şekil 4. 3 incelendiğinde deneysel değerler ile Page modeli tahmini değerler arasında oldukça yüksek bir uyum olduğu görülmektedir. Benzer sonuçlar kırmızı biber (Doymaz ve Pala, 2002), bamyas (Doymaz, 2005), mango dilimleri (Goyal vd., 2006), zencefil (Phoungchandang ve Saentaweesuk, 2011) gibi gıdaların kuruma davranışını araştıran çalışmalarda da belirtilmiştir.

4.1.3 Kuruma hızı değişimi

Farklı sıcaklıklarda kurutulan madımakların kuruma hızı üzerine etkisini incelemek için kuruma hızı Page modele göre hesaplanmış ve kuruma hızı değerleri Şekil 4.4’de grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil 4.4 Farklı sıcaklıklarda kurutulan madımak bitkisinin kuruma hızlarının nem içeriği ile değişimi

Şekil 4.4 incelendiğinde kuruma hızları 40 °C’de başlangıçta 0.0694 g su/g KM dak. iken kurutma sonunda 0.0005 g su/g KM dak.’ya, 50 °C’de 0.1090 g su/g KM dak.’dan 0.00019 g su/g KM dak.’ya ve 60 °C’de 0.12682 g su/g KM dak.’dan 0.00037 g su/g KM dak.’ya düşmüştür. Sıcaklık arttıkça kuruma hızının da arttığı görülmektedir. Bu durumda kuruma hızı en yüksek 60 °C’de en düşük ise 40 °C’de kurutulan örneklerde görülmüştür. Kurutmanın ilk aşamalarında örneklerin nem içeriğinin yüksek olması nedeniyle daha

fazla nem difüzyonu olmaktadır. Dolayısıyla daha yüksek kuruma hızları gözlenmiştir. Düşük sıcaklıkta kurutma uygulandığında kurutulan materyal daha uzun süre ısıya maruz kalmaktadır. Bu durum hücre duvarlarının büzülmesine neden olarak kuruma hızını azaltmaktadır (Abbasi vd., 2011; Karunasena vd., 2014; Aral ve Beşe, 2016). Sıcaklık artışının kuruma hızı üzerine etkili olduğu yapılan diğer çalışmalarda da belirtilmiştir (Akpınar, 2006; Mota vd., 2010; Albanese vd., 2013; Aral ve Beşe, 2016; Jafari vd., 2016). Farklı sıcaklıklarda kurutulan madımların kuruma hızı sabit olmayıp kuruma olayı azalan hız periyodunda gerçekleşmiştir. Azalan hız periyodunda, ürün içerisindeki nem oranının azalması ile kuruma hızı azalmaktadır. Bu durum daha önce yapılan çalışmalarla da uyum göstermiştir (Kaymak-Ertekin, 2002; Ertekin ve Yaldiz, 2004; Sacilik ve Elicin, 2006; Kaya ve Aydın, 2008; Doymaz, 2010; Doymaz ve Göl, 2011; Sousa vd., 2018).

4.2 Farklı sıcaklıklarda kurutmanın madımak bitkisinin kalite parametreleri üzerine etkisi

Farklı sıcaklıklarda kurutmanın madımak bitkisinin toplam fenolik madde, antioksidan aktivite, klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve renk değerlerinden L, a*, b*, C* ve h* üzerine etkisi incelenmiştir.

4.2.1 Toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite üzerine etkisi

Farklı sıcaklıkta kurutmaya bağlı olarak madımak bitkisinin toplam fenolik ve antioksidan aktiviteleri Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3 Farklı sıcaklıklarda kurutulan madımların toplam fenolik madde ve antioksidan aktiviteleri

Sıcaklık °C	Toplam fenolik madde (mg GA/g km)	Anioksidan kapasite (% inhibisyon)
Taze	27.80 ± 0.24 ^a	76.33 ± 0.28 ^a
40	21.06 ± 0.69 ^c	66.82 ± 0.72 ^c
50	24.17 ± 1.09 ^b	69.10 ± 0.63 ^b
60	27.14 ± 0.66 ^a	75.24 ± 0.75 ^a

*: Aynı sütunda farklı harfler istatistiksel olarak birbirinde farklıdır (p<0.05).

Farklı sıcaklıkların test edilen bağımlı değişkenler üzerine etkisini belirlemek için Varyans analizi yapılmış ve Varyans analiz çizelgesi Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4 Farklı sıcaklıklarda kurutmanın madımak bitkisinin kalite parametreleri üzerine etkisine ilişkin varyans analizi

FAKTÖR	BAĞIMLI DEĞİŞKEN	SD ¹	Kareler Ortalaması	F değeri
Sıcaklık	Toplam fenolik	3	28.62	53.09****
	Antioksidan aktivite		64.47	166.08****
	Klorofil a		3.38	393.41****
	Klorofil b		0.21	0.01**
	Toplam Klorofil		5.11	134.81****
	L		17.08	264.77****
	a		13.48	598.53****
	b		12.13	108.14****
	C		16.70	186.15****
h	60.35	222.54****		

*: p<0.05 **;p<0.01 ***: p<0.001 ¹ Serbestlik Derecesi

Varyans analizine ilişkin çizelge incelendiğinde (Çizelge 4.4) sıcaklığın toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur (p<0.001). Toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivitedeki farklılığa hangi sıcaklık uygulamasının neden olduğunu belirlemek için Tukey's testi yapılmış ve Tukey's testine ilişkin değerlendirmeler Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Taze madımak örneklerinin toplam fenolik madde miktarı 27.80 mg GA/g KM olarak bulunmuştur (Çizelge 4.3). Madımak bitkisinin toplam fenolik miktarına ilişkin literatürde herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak yeşil renkli bitkilerin toplam fenolik madde miktarlarına ilişkin birçok çalışma bulunmaktadır. Chan vd. (2009) farklı zencefil türlerine ait yapraklarda toplam fenolik miktarını 1.3-25 mg GAE/g KM, Dokhani vd. (2012), civanperçemi yapraklarında 56.32 mg klorojenik asit/g KM, Hamrouni-Sellami vd. (2013), adaçayında 0.56 mg GAE/g KM, Roshanak vd. (2016), yeşil çay yapraklarında 50.79 mg GAE/g KM olarak bulmuştur. Çalışmalardan da anlaşılacağı üzere madımak örneklerinin toplam fenolik madde açısından bazılarında düşük bazılardan ise yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum bitkilerdeki fenolik madde miktarının çeşide bağlı olarak değiştiğini göstermekle beraber ürünün cinsi, ekstraksiyon koşulları ve kullanılan analiz yöntemleri de oldukça etkili faktörlerdendir.

Kurutulmuş madımak örneklerinin toplam fenolik madde içeriği 40, 50 ve 60 °C’de sırasıyla 21.06, 24.17 ve 27.14 mg GA/g KM olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Kurutulmuş örneklerde toplam fenolik madde içeriği en düşük 40 °C’de en yüksek ise 60 °C’de elde edilmiştir. Taze örneklerin toplam fenolik madde içeriği uygulanan sıcaklığa bağlı olarak azalmıştır. Ancak taze örneğe göre bu azalma 40, 50 ve 60 °C’de sırasıyla % 24.24, % 13.06 ve % 2.37 olmuştur. Taze örneklere göre 40 ve 50 °C’de toplam fenolik madde miktarındaki bu azalma istatistiki olarak önemli ($p<0.05$) iken 60 °C sıcaklık uygulamasında önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). Kurutma işlemini sadece tek bir sıcaklıkta gerçekleştiren Kumar vd. (2015) hibiskus yapraklarını 65 °C’de, Arslan vd. (2010) nane yapraklarını 50 °C’de kuruttukları araştırmalarında örneklerin toplam fenolik madde içeriğinde, taze örneğe kıyasla çalışmamızda olduğu gibi azalma tespit etmişlerdir.

Çalışmamızda fenolik madde miktarındaki azalma en düşük 60 °C’de olmuştur. Daha önce yapılan araştırmalarda dut yapraklarının 40-110 °C’de (Katsube vd., 2009), maqui meyvesinin 40-80 °C’de (Rodríguez vd., 2016) ve biberlerin (çili) 50-70 °C’de (Wiriya vd., 2009) kurutulmasında 60 °C’den düşük sıcaklıklarda uzun süren kurutma işleminin oksidasyon sonucunda fenolik bileşiklerde daha fazla kayba neden olduğu belirtilmiştir. İzli vd. (2017), kivi meyvesini 60, 70 ve 80 °C’de kurutmuşlar ve örneklerin toplam fenolik madde miktarına bakmışlardır. Sıcaklık uygulamasına bağlı olarak taze kiviye göre 60, 70 °C’de toplam fenolik madde içeriğindeki kayıp % 49 iken 80 C’deki kaybın % 5 olduğunu ifade etmişlerdir. Araştırmacılar bu durumu düşük sıcaklıklardaki kurutmada (60, 70 °C) örneklerin ısıl işleme daha uzun süre maruz kalmasına neden olduğunu dolayısıyla düşük sıcaklık uygulamasının oksidatif enzimlerin tamamen inaktif olmasına, bu nedenle fenolik bileşiklerin parçalanmasına neden olduğuna bağlamışlardır.

Kim ve Chin (2016) domates tozu elde etmek üzere domatesleri 60, 80 ve 100 °C’de kurutmuşlar ve sadece sıcaklık uygulamalarını kendi aralarında değerlendirmişlerdir. Araştırma sonucunda sıcaklık artmasıyla toplam fenolik miktarda artış tespit etmişlerdir. Bu araştırma sonuçları ile uyumlu olarak çalışmamızda da kurutma sıcaklıkları kendi aralarında değerlendirildiğinde sıcaklığa bağlı olarak toplam fenolik madde içeriğinin arttığı gözlenmiştir ve bu artış istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

Yapılan araştırmalarda ısı uygulamalarının gıda matriksinde biyokimyasal değişiklikleri indüklediğini ve termal uygulama sırasında hücre yapısının bozulmasıyla fenolik bileşiklerin salınımının arttığı dolayısıyla ekstraksiyon çözeltilisine geçişin kolaylaştığı belirtilmiştir (Chism ve Haard, 1996; Chang vd., 2006; Arslan ve Özcan 2010). Ayrıca düşük sıcaklıkta uzun süren kurutma işleminin peroksidaz ve polifenoloksidaz gibi oksidatif enzimlerin inaktif olmaması nedeniyle fenolik bileşiklerdeki kaybın oksidasyon sonucu olduğu belirtilmektedir (Garau vd., 2007; İzli vd., 2014). Farklı gıda örneklerinde farklı sıcaklık aralıklarında uygulanan kurutma çalışmalarında, örneklerdeki toplam fenolik madde içeriğindeki kaybın belli bir sıcaklıkta aniden azaldığı gözlenmiştir. Araştırmacılar kaybın azaldığı bu sıcaklığın altında uygulanan sıcaklıklarda kuruma süresinin uzamasının örneklerin oksidatif enzimlerin etkilerine daha uzun süre maruz kalmasına dolayısıyla toplam fenolik madde kaybının artmasına neden olduğunu ifade etmişlerdir. Diğer taraftan fenolik madde miktarı kaybının azaldığı sıcaklığın üzerindeki ısı işlemlerde ise, fenolik maddelerin termal degradasyon nedeniyle kaybın tekrar arttığını belirtmişlerdir (Guan vd., 2005; Tan vd., 2013; Rodríguez vd., 2016; Tontul ve Topuz 2017; Sousa vd., 2018).

Farklı sıcaklıklarda kurutulan madımların antioksidan aktiviteleri taze örnekte % 76.33 olarak bulunurken kurutulmuş madımak örneklerinin antioksidan aktiviteleri ise taze örneğe göre azalma göstererek 40, 50 ve 60 °C’de sırasıyla % 66.82, % 69.10 ve % 75.24 olarak tespit edilmiş ve yukarıda da belirtildiği gibi sıcaklığın antioksidan aktivite üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4). Tukey’s testi sonucuna göre taze örneklere göre 40 ve 50 °C’de antioksidan aktivitedeki bu azalma istatistiki olarak önemli ($p < 0.05$) iken 60 °C sıcaklık uygulamasında önemsiz bulunmuştur ($p > 0.05$).

Tan vd. (2013) 40, 50 ve 60 °C’de kuruttukları acı kabağın antioksidan aktivitesinde 50 °C’ye kadar azalış 60 °C’de ise yapmış olduğumuz çalışmaya benzer şekilde antioksidan aktivitenin tekrar arttığını tespit etmişlerdir. İzli vd. (2017), kivi meyvesini 60, 70 ve 80 °C’de kurutmuşlar ve örneklerin antioksidan aktivitesine bakmışlardır. Araştırmacılar çalışmamızla uyumlu olarak sıcaklık uygulamasının taze kiviye göre antioksidan aktivitesinde azalmaya neden olduğunu ancak sıcaklık derecesi arttıkça antioksidan aktivitenin arttığını belirtmişlerdir.

Kim ve Chin (2016) domates tozu elde etmek üzere domatesleri 60, 80 ve 100 °C’de kurutmuşlar sıcaklıkları kendi aralarında değerlendirdikleri araştırmalarında sıcaklık artmasıyla örneklerin antioksidan aktivitelerinde de artış tespit etmişlerdir. Araştırmacılar yüksek sıcaklık uygulamalarının Maillard reaksiyonuna neden olduğunu ve reaksiyon sonucunda oluşan ürünlerin antioksidan aktiviteyi artırdığını belirtmişlerdir.

Fenolik bileşikler singlet oksijeni baskılayan, metallerle çelat yapan ve hidrojen donörü olarak görev yapmaları ile yaşlanma karşıtı etkileri vardır. Bu nedenle güçlü antioksidan aktiviteye sahiptirler (Kim ve Chin 2016). Daha önce yapılan çalışmalarda bitkisel materyallerin toplam fenolik madde içeriği ile antioksidan aktiviteleri arasında ilişki olduğu belirtilmiştir (Velioglu vd., 1998; Inchuen vd., 2010). Yapmış olduğumuz çalışmada da toplam fenolik madde içeriği ile antioksidan aktivite arasındaki ilişki pozitif ve 1’e son derece yakın ($r=0.96$) olarak bulunmuştur. Sıcaklık uygulamasının antioksidan aktivite üzerine etkisi toplam fenolik madde üzerine etkisi ile aynı eğilim göstermiş ve toplam fenolik madde içeriğinde 60 °C’deki artış antioksidan aktiviteyi artmıştır.

4.2.2 Klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil üzerine etkisi

Klorofil yeşil renkli meyve ve sebzelere rengini veren pigmentlerdir (Hendry, 1996; Eder, 2000; Kumar vd., 2015; Jinasena vd., 2016). Bitkilerde klorofil a, klorofil b’ye göre daha fazla bulunmaktadır (Shivanna ve Subban, 2014; Kumar vd., 2015; Rubinskienė vd., 2015; Jinasena vd., 2016).

Kurutulmuş bitkisel ürünlerin genel kabul edilebilirliği renk kaybının mümkün olduğu kadar az olması ile sağlanır (Ek vd., 2018). Yeşil renk kaybı klorofil degradasyonu ile ilgilidir. Klorofil ışık, oksijen, enzim ve ısıl işlem ile degradasyona uğrar. Isıl işlem görmüş yeşil renkli meyve ve sebzelerde klorofilin degradasyonu sonucu oluşan feofitin ve pirofeofitinler klorofil miktarını önemli ölçüde azaltırlar (Baardseth ve Von Elbe, 1989; Takamiya vd., 2000; Funamoto vd., 2002; Minguez-Mosquera vd., 2002; Buchailot vd., 2009). Diğer taraftan degradasyon sonucu oluşan klorofil türevlerinin antimutajenik ve antikarsinojenik etkilerinin olduğu belirtilmektedir (Yoshikawa vd., 1996; Negishi vd., 1997; Chernomorsky vd., 1999; Cabrera, 2000; Morita vd., 2001). Bu özelliklerinden dolayı klorofil ve türevlerinden ilaç sektöründe ve gıda endüstrisinde gıda takviyesi olarak yararlanılmaktadır (Jinasena vd., 2016).

Gıda endüstrisinde gıdaların kurutularak dayanıklı hale getirilmesi oldukça yaygın uygulanan bir prostestir. Gıdaların kurutulması sırasında kurutma prosesine bağı olarak klorofil degradasyonu az veya çok ama mutlaka olmaktadır (Kumar vd., 2015; Rubinskienė vd., 2015; Jinasena vd., 2016; Roshanak vd., 2016). Bu nedenle kurutma sistemi seçimi ve kurutma koşulları çok önemlidir.

Taze ve kurutulmuş madımak örneklerinin klorofil a, b ve toplam klorofil miktarları Çizelge 4.5'te, Varyans analiz sonuçları ise Çizelge 4.4'de verilmiştir. Taze madımak örneğinin klorofil a, b ve toplam klorofil miktarı sırasıyla 6.42, 1.49 ve 7.91 mg/g KM olarak bulunmuştur. Yeşil renkli gıdalarda klorofil a ve b yaklaşık 3:1-4:1 oranında bulunmaktadır ve toplam klorofil miktarı çeşit, yetiştirme koşulları ve olgunluk derecesine göre değişmektedir, fakat klorofil a/b oranı hemen hemen sabit kalmaktadır. (Schwartz ve Von Elbe, 1983; Grzeszczuk ve Jadczyk, 2009; Cemeroğlu, 2013a). Daha önce yapılan araştırmalarda klorofil a miktarının klorofil b'den fazla olduğu tespit edilmiştir (Shivanna ve Subban, 2014; Kumar vd., 2015; Rubinskienė vd., 2015; Jinasena vd., 2016). Çalışmamızda da bahsedilen araştırmalarla uyumlu olarak klorofil a, klorofil b'den daha fazla ve tüm uygulamalarda klorofil a/b oranı 4.3 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.5 Farklı sıcaklıklarda kurutulmuş madımakların klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarları (mg/g km)

Sıcaklık (°C)	Klorofil a	Klorofil b	Toplam klorofil
Taze	6.42 ± 0.16 ^a	1.49 ± 0.23 ^a	7.91 ± 0.38 ^a
40	4.44 ± 0.06 ^b	1.20 ± 0.08 ^{ab}	5.64 ± 0.03 ^b
50	4.33 ± 0.02 ^{bc}	0.96 ± 0.01 ^b	5.29 ± 0.01 ^{bc}
60	4.17 ± 0.07 ^c	0.92 ± 0.02 ^b	5.09 ± 0.07 ^c

*: Aynı sütunda farklı harfler istatistiksel olarak birbirinde farklıdır (p<0.05).

Madımak bitkisinin klorofil miktarına ilişkin literatürde herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak yeşil renkli sebzelerin ve bazı bitkilerin klorofil miktarına ilişkin çalışmalar mevcuttur. Arathi (2011), spektrofotometrik yöntemle tespit ettikleri klorofil a, b ve toplam klorofil miktarını fesleğende sırasıyla 1.65, 1.05, 2.73 mg/g km, Hindistan'da fonksiyonel özellikleri ile halk arasında tüketilen neem ağacı yapraklarında 6.02, 5.03, 11.07 mg/g km, nanede 4.10, 2.08, 6.17 mg/g km, köri yapraklarında ise 5.45, 3.66, 9.11 mg/g km, Potisate ve Phoungchandang (2010), sarmaşık kabak

yapraklarında 0.17, 0.09, 0,23 mg/g km olarak bulmuşlardır. Araújo vd. (2017), kıvırcık lahanada toplam klorofil miktarını 9.52 mg/g km bulmuşlardır. Türkmen vd. (2006), HPLC ile toplam klorofil miktarını kabakta 1.7 mg/g km, yeşil fasulyede 1.93 mg/g km, bezelyede 1.36 mg/g km, pırasada 1.9 mg/g km, brokolide 7.11 mg/g km, ıspanakta 41.12 mg/g km, olarak tespit etmişlerdir. Görüldüğü üzere madımak bitkisinin klorofil içeriği bazılarından düşük bazılarından ise yüksektir. Bu durum klorofil miktarının çeşide bağlı olduğunu göstermektedir. Eder (2000), yapmış olduğu araştırmada yeşil renkli meyve ve sebzelerin klorofil içeriklerinin çeşide bağlı olduğunu belirtmiştir. Ayrıca klorofil ekstraksiyonunda kullanılan solvent, solvent materyal oranı ve ekstraksiyon yöntemi klorofil miktarına etkilidir (Aryanti ve Nafiunisa, 2017; Fu vd., 2017; Caesar vd., 2018). Diğer taraftan klorofil analizinin spektrofotometrik veya HPLC ile yapılıyor olması bitkilerdeki klorofil miktarını etkileyen önemli faktörlerdendir (Sarı, 2005).

Çizelge 4.5 incelendiğinde farklı sıcaklıklarda kurutmanın klorofil a, b ve toplam klorofil miktarı üzerine istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Tukey's test sonuçları incelendiğinde ise taze madımakların klorofil a, b ve toplam klorofil içeriği kurutulmuş örneklerden önemli düzeyde farklı ve yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). Sıcaklık arttığında klorofil bileşikleri istatistiki olarak önemli düzeyde azalmıştır.

Shivanna ve Subban vd. (2014), uyguladıkları kurutma yöntemlerinden biri olan 60 °C'de köri yapraklarında, Kumar vd. (2015) 65 °C'de Hibiskus yapraklarında, Naidu vd. (2016) 50 °C'de kuruttukları dereotunda taze örneklere göre klorofil a, b ve toplam klorofil miktarında azalma tespit etmişlerdir. Tüm bu araştırma sonuçlarının bizim araştırma bulgularımızla uyumlu olduğu dolayısıyla madımakların farklı sıcaklıklarda kurutulmasının taze örneklerdeki klorofil a, b ve toplam klorofil miktarında azalmaya neden olduğu belirlenmiştir.

Çalışma sonuçlarımızla uyumlu olarak, Ek vd., 2018, su teresini (watercress) 40, 55 ve 70 °C'de, Potisate ve Phoungchandang (2010), sarmaşık kabak yapraklarını 50, 55 ve 60 °C'de kurutmuşlar ve örneklerin klorofil a, b ve toplam klorofil içeriklerine bakmışlardır. Araştırmacılar taze örneklerin klorofil miktarlarını sıcaklık uygulamalarından daha yüksek bulmuşlardır. Ayrıca çalışmada sıcaklığın artmasıyla klorofil miktarlarında azalma tespit etmişlerdir. Guan vd. (2005) 50, 60, 80 ve 100 °C'de kuruttukları yalancı iğde otu (*Hippophae rhamnoides L. Ssp. sinensis*) yapraklarını, Araújo vd. (2017), Galega Kale bitkisini (kıvırcık lahanada) 40, 55 ve 70 °C'de kurutmuşlar ve örneklerin toplam klorofil

miktarlarında sıcaklık artışına bağlı olarak azalma tespit etmişlerdir. Benzer bulgular kişniş yapraklarının kurutulmasında da tespit edilmiştir (Ahmed vd., 2001). Araştırmacılar toplam klorofil miktarındaki bu düşüşü klorofillerin sıcaklığa duyarlı olmasına ve dolayısıyla artan sıcaklıklarda klorofilin degradasyona uğrayarak feofitinlerin oluşumuna bağlamışlardır. Ayrıca klorofil miktarındaki kayba ısı etkisiyle denatüre olan protein komplekslerinin de neden olduğu belirtilmektedir (Lisiewska vd., 2004; Ngamwonglumlert vd., 2017). Yapılan araştırmalarda yeşil renkli gıdaların kurutulmasında klorofil degradasyonunun daha az olması nedeniyle düşük sıcaklık uygulamaları önerilmektedir (Negi ve Roy, 2000; Rubinskienė vd., 2015; Roshanak vd., 2016). Çalışmamızda da klorofil degradasyonunun sadece sıcaklık artışından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.2.3 Renk parametreleri üzerine etkisi

Renk gıdaların en önemli özelliklerinden birisidir ve tüketiciler tarafından bir gıdanın seçiminde diğer duyuşal özelliklerin yanı sıra oldukça önemli bir kriterdir (Tijssens vd., 2001; Huang ve Zhang, 2016; Ngamwonglumlert vd., 2017). Genellikle renk tüketici memnuniyeti, ürün standardizasyonu, biyolojik ve/veya fizikokimyasal bozulmanın bir göstergesi olarak kullanılmaktadır (Ek vd., 2018). Gıda proseslerinden biri olan kurutma işleminde de az veya çok mutlaka renk değişimi olmaktadır. Kurutma sırasında sıcaklığa bağlı olarak meydana gelen renk değişimleri uygulanan kurutma koşullarına bazı sınırlandırmaların getirilmesine neden olmaktadır (Üretir, 1995). Bu nedenle gıda üreticileri kurutma sırasında meydana gelen renk değişimlerini dikkate almalıdır.

Renk üç boyut ile ifade edilmektedir. L* değeri parlaklığı (0:Siyah, 100: Beyaz), a* değeri kırmızılık/yeşilliği (-60: Yeşil, +60: Kırmızı) ve b* değeri de sarılık/maviliği (-60: Mavi, +60: Sarı) ifade etmektedir (Keskin vd., 2017). a* ve b* değerleri kullanılarak C* (Chroma, renk doygunluğu) ve h* (renk açısı) değerleri hesaplanmaktadır.

Taze ve farklı sıcaklıklarda kurutulmuş madımak bitkisinin renk değerleri Çizelge 4.6'da verilmiştir. Örneklerin L*, a* ve b* değerleri belirlendikten sonra örneklerin C* ve h* değerleri hesaplanmıştır. Yapılan Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.4) madımakların kurutulmasında uygulanan sıcaklığın renk parametreleri üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.001$).

Çizelge 4.6 Farklı sıcaklıklarda kurutulan madımak bitkisinin renk değerleri

Sıcaklık (°C)	L*	a*	b*	C*	h*
Taze	52.65 ± 0.36 ^a	-7.23 ± 0.25 ^a	23.31 ± 0.50 ^a	24.41 ± 0.41 ^a	107.20 ± 0.88 ^a
40	50.59 ± 0.12 ^b	-5.41 ± 0.04 ^b	23.72 ± 0.21 ^a	24.33 ± 0.21 ^a	102.81 ± 0.09 ^b
50	48.55 ± 0.31 ^c	-4.33 ± 0.12 ^c	21.26 ± 0.24 ^b	21.69 ± 0.23 ^b	101.48 ± 0.33 ^b
60	47.20 ± 0.14 ^d	-2.15 ± 0.12 ^d	19.37 ± 0.32 ^c	19.49 ± 0.31 ^c	96.31 ± 0.44 ^c

*: Aynı sütunda farklı harfler istatistiksel olarak birbirinde farklıdır (p<0.05).

Çizelge 4.6'dan da görüldüğü üzere taze örneklerin L* değeri 52.65 bulunmuş ve bu düzey ile sıcaklık uygulamaları arasındaki fark önemli bulunmuştur (p<0.001). Artan sıcaklığa bağlı olarak kurutulmuş örneklerin L* değeri azalarak 50.59-47.20 arasında değişmiştir. Sıcaklık uygulaması L* değerinde istatistiki açıdan önemli düzeyde azalmaya neden olmuştur (p<0.05). L* değerinin azalması rengin koyulaşmaya başladığının göstergesidir. Sıcaklık artışı taze örneklerle karşılaştırıldığında kurutulmuş örneklerde parlaklığın azalmasına neden olmuştur.

Taze örneklerin a* değeri -7.23 iken 40 °C'de -5.41, 50 °C'de -4.33, 60 °C'de ise -2.15 olarak bulunmuştur. Negatif a* değeri yeşilliği göstermektedir. Sıcaklık uygulaması a* değerlerinin önemli düzeyde artmasına neden olmuştur (p<0.05). a* değerindeki bu artış klorofillerin kurutma proseslerinden etkilenerek degradasyona uğradığını ve dolayısıyla yeşil renk kaybının meydana geldiğinin bir göstergesidir.

Taze örneklerin b* değeri 23.31 olarak bulunurken farklı sıcaklıklarda kurutulmuş örneklerin b* değerleri 23.72-19.37 arasında bulunmuştur. 40 °C'de kurutulmuş örneklerdeki b* değeri taze örneğe kıyasla hafif bir artış göstermesine karşın bu artış istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Sıcaklık arttıkça b* değerlerindeki düşüş yüksek sıcaklığa bağlı olarak klorofil ve karotenlerin bozulma reaksiyonlarının gerçekleştirdiğini göstermektedir (Palou vd., 1999; Weemaes vd., 1999).

Soysal (2000) 30, 45, 60 ve 70 °C'de, Arslan vd. (2010) ise 50 °C'de naneyi (*Mentha piperita*), Buchailot vd. (2009) Lemon Myrtle yapraklarını 30, 40 ve 50 °C'de, Ek vd. (2018) su teresini 40, 55 ve 70 °C'de kurutmuşlar ve sonuçlarımızla uyumlu olarak örneklerin L*, b* ve negatif a* değerlerinde azalma tespit etmişlerdir. Araştırmacılar bu durumu yüksek sıcaklık uygulamasında enzimatik olmayan esmerleşme (Maillard

reaksiyonu) reaksiyonlarının meydana gelerek koyu renkli bileşiklerin oluşmasıyla açıklanmıştır. Araştırmacılar ayrıca sıcaklık uygulamasının klorofil ve karotenoidlerin ayrışarak yeşil rengin azalmasına ve askorbik asidin oksidasyonuna neden olduğunu belirtmişlerdir. Klorofil pigmentleri ısı uygulamaları sırasında degradasyona uğrar ve yeşil renkte değişimler meydana gelir.

Orijinal renk koordinatları kullanılarak hesaplanan ve C^* ve h^* olarak bilinen renk değerleri de renk degradasyonu hakkında bilgi veren değerlerdir (Ek vd., 2018). Yapmış olduğumuz çalışmada C^* değeri taze örneklerde 24.41 olarak bulunurken sıcaklık uygulamasıyla bu değer azalma göstererek, 24.33-19.49 olarak bulunmuştur. b^* değerlerinde olduğu gibi taze örneklerle 40 °C'de kurutulmuş örneklerin C^* değerleri arasındaki farklılık istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. h^* değeri taze örnekte 107.20 olup bütün sıcaklık uygulamalarında azalarak 102.81-96.31 arasında bulunmuştur. Taze örneklerle göre h^* değerindeki bu azalma istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Tüm sıcaklık uygulamalarında, C^* ve h^* değerlerinde taze örneğe göre azalma tespit edilmiş olup, sıcaklık arttıkça bu azalma devam etmiştir. Bu değerler kurutma işlemi sırasında renk bozulmalarının olduğunu göstermektedir (Ek vd., 2018). C^* değeri renk doygunluğunun bir göstergesi iken, h^* değeri yeşil rengin yoğunluğunu ifade etmektedir. a^* değerlerinde olduğu gibi h^* değerlerindeki azalma yeşil rengin yoğunluğundaki azalmayı göstermektedir. Bu konuda yapılan çalışmalarda yeşil renk kaybının en iyi h^* değeri ile ifade edileceği ve sıcaklık uygulamasının h^* değerlerinde neden olduğu azalmanın klorofil kaybı yani feofitinizasyondan kaynaklandığı belirtilmektedir (Maharaj ve Sankat, 1996; Kidmose ve Hansen, 1999; Lau vd., 2000; Han vd., 2004). Ayrıca, enstrümantal renk değerleri ile klorofil içeriği arasında ilişki olduğu bildirilmiştir (Kidmose ve Hansen, 1999). Yapmış olduğumuz çalışmada da, klorofil a, b ve toplam klorofil düzeyleri ile enstrümantal renk parametrelerinden hesaplanan h^* değerleri arasında sırasıyla 0.83, 0.81 ve 0.84 düzeylerinde sıkı bir korelasyon ($p < 0.05$) olduğu belirlenmiş ve sıcaklık artışı ile klorofillerin düzeyindeki azalışa bağlı olarak yeşil renk yoğunluğu da azalmıştır. Dolayısıyla, çalışmada uygulanan en yüksek sıcaklık olan 60 °C'de klorofillerin degradasyona uğradığı ve bu nedenle en düşük C^* ve h^* değerleri elde edildiği düşünülmektedir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada madımak bitkisi tepsili kurutucu ile kurutulmuştur. Kurutma işlemi 40, 50 ve 60 °C’de 0,5 m/s hava hızında yapılmıştır. Uygulanan farklı sıcaklıkların madımak bitkisinin kuruma kinetiği, toplam fenolik madde içeriği, antioksidan aktivite, klorofil a, b ve toplam klorofil miktarı ve renk parametreleri üzerine etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir.

➤ *Nem oranı;*

Kurumanın herhangi bir anında, örneklerin nem içeriklerinin kuru baza göre ilk nem içeriğine oranını ifade eden nem oranı ayrılabilir nem oranı olarak tanımlanmıştır. Örneklerin nem oranlarındaki değişim kurutmanın başlangıcında hızlı bir azalma gösterirken denemelerin sonlarına doğru yavaş seyrettiği görülmüş olup kurutmanın başlangıcında en hızlı kuruma 60 °C’de elde edilmiştir (Şekil 4.2).

➤ *Kurutma kinetiği;*

Çalışmada elde edilen kuruma eğrilerinin Page, Newton ve Weibull modellere olan uygunluğu ve uygulanan bu modellere ilişkin kinetik parametrelerden regresyon katsayıları (R^2), ortalama eğilim hatası (MBE), ortalama karesel hatanın karekökü (RMSE) ve Khi-Kare (χ^2) değerleri hesaplanarak değerlendirilmiştir. Uygulanan tüm koşullarda Page modelin madımakların farklı sıcaklıklarda kurutulmasında kuruma kinetiğini açıklayan en iyi model olduğu görülmüştür. Uygulanan sıcaklık arttıkça Page model kinetik sabiti “k” değerlerinde artış gözlemlenmiştir (Çizelge 4.2).

➤ *Kuruma hızları;*

Farklı sıcaklıklarda madımakların kuruma eğrilerini açıklamada en uygun model olarak Page modeline karar verildiğinden kuruma hızı Page modele göre hesaplanmıştır. Madımakların kurutulması azalan hız periyodunda gerçekleşmiş olup uygulanan sıcaklığın artmasıyla kuruma oranı artmış ve kuruma süresi ise azalmıştır. En düşük kuruma oranı ve en yüksek kuruma süresi 40 °C’de tespit edilirken, en yüksek kuruma oranı ve en düşük kuruma süresi ise 60 °C’de tespit edilmiştir (Şekil 4.4).

➤ *Toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasite değişimi;*

Farklı sıcaklıklarda kurutulan madımların toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasitesi sıcaklık uygulamalarında taze örneğe göre azalma göstermiştir. Bu azalma en yüksek 40 °C’de en az ise 60 °C’de tespit edilmiştir (Çizelge 4.3).

➤ *Klorofil a, b ve toplam klorofil miktarı değişimi;*

Taze madımların klorofil a, b ve toplam klorofil içeriği kurutulmuş örneklerden önemli düzeyde farklı ve yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). Sıcaklık arttığında klorofil bileşikleri istatistiki olarak önemli düzeyde azalmıştır (Çizelge 4.5).

➤ *Renk parametrelerinin değişimi;*

Renk parametrelerinden L*, b*, h* ve C* değerleri sıcaklığın artmasına bağlı olarak azalırken, a* değeri ise artmıştır (Çizelge 4.6).

Sonuç olarak;

Bu çalışmada madımak bitkisinin farklı sıcaklıklarda kurutulması çalışılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde 60 °C’de kurutmada daha kısa sürede daha yüksek kuruma hızı tespit edilmiştir. Madımların kalite parametreleri üzerine etkisi uygulanan sıcaklığa bağlı olarak azalma göstermiştir. Bu azalma 60 °C uygulamasında daha az olmuştur. Bu nedenle madımların kurutulmasında 60 °C uygulaması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Abbasi, S., Mousavi, S. M., and Mohebbi, M.** (2011). Investigation of changes in physical properties and microstructure and mathematical modeling of shrinkage of onion during hot air drying. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 7(1), 92–98.
- Abe, T., and Afzal, T. M.** (1997). Thin-layer infrared radiation drying of rough rice. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 67(4), 289-297.
- Ahmed, J., and Ramaswamy, H. S.** (2004). Microwave pasteurization and sterilization of foods. *Food Science And Technology New York Marcel Dekker*, 167, 691.
- Ahmed, J., Shivhare, U. S., and Singh, G.** (2001). Drying characteristics and product quality of coriander leaves. *Food and Bioprocesses Processing*, 79(2), 103-106.
- Akdaş, S., and Başlar, M.** (2015). Dehydration and degradation kinetics of bioactive compounds for mandarin slices under vacuum and oven drying conditions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39, 1098–1107.
- Akın, A., Gürlek, G. and Özbalta, N.** (2014). Mathematical model of solar drying characteristics for pepper (*Capsicum Annuum*). *Journal of Thermal Science and Technology*, 34(2).
- Aktaş, C.** (2015). Patlıcanın Kurutma ve Rehidrasyon Karakteristiklerinin Belirlenmesi. *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi)*, 107s, İstanbul.
- Akpınar, E. K.** (2006). Determination of suitable thin layer drying curve model for some vegetables and fruits. *Journal of Food Engineering*, 73(1), 75-84.
- Albanese, D., Cinquanta, L., Cuccurullo, G., and Di Matteo, M.** (2013). Effects of microwave and hot-air drying methods on colour, β -carotene and radical scavenging activity of apricots. *International Journal of Food Science and Technology*, 48(6), 1327-1333.
- Alibaş, İ.** (2007). Microwave, air and combined microwave air drying parameters of pumpkin slices. *LWT Food Science and Technology*, 40(8), 1445-1451.
- Anonim,** (2007). Sebze kurutma. Gıda Teknolojisi, MEGEP, s.10. Ankara.
- Arabhosseini, A., Huisman, W., Van Boxtel, A. and Müller, J.** (2009). Modeling of thin layer drying of tarragon (*Artemisia dracunculoides* L.), *Industrial Crops and Products*, 29(1), 53-59.
- Aral, S., and Beşe, A. V.** (2016). Convective drying of hawthorn fruit (*Crataegus* spp.): effect of experimental parameters on drying kinetics, color, shrinkage, and rehydration capacity. *Food Chemistry*, 210, 577-584.
- Arathi, K.** (2011). Estimation of chlorophyll content in common household medicinal leaves and their utilization to avail health benefits of chlorophyll. *Journal of Pharmacy Research*, 4(5), 1412-1413.
- Araújo, A.C., Oliveira, S. M., Ramos, I.N., Brandão, T.R. S., Monteiro, M.J. and Silva, C. L. M.** (2017). Evaluation of drying and storage conditions on nutritional and sensory properties of dried galega kale (*Brassica Oleracea* L. Var. *Acephala*). *Journal of Food Quality*, Article ID 9393482, 9 Pages.
- Arora, S., Bharti, S., and Sehgal, V. K.** (2006). Convective drying kinetics of red chillies. *Drying Technology*, 24(2), 189-193.
- Arroqui, C., Rumsey, T. R., Lopez, A., and Virseda, P.** (2002). Losses by diffusion of ascorbic acid during recycled water blanching of potato tissue. *Journal of Food Engineering*, 52(1), 25-30.

- Arslan, D., and Özcan, M.** (2010). Study the effect of sun, oven and microwave drying on quality of onion slices. *LWT Food Science And Technology*, 43(7):1121-1127.
- Arslan, D., Özcan, M. M., and Mengeş, H. O.** (2010). Evaluation of drying methods with respect to drying parameters, some nutritional and colour characteristics of peppermint (*Mentha x piperita* L.). *Energy Conversion and Management*, 51(12), 2769-2775.
- Aryanti, N., and Nafiunisa, A.** (2017). Extraction, characterization and degradation of chlorophyll from suji leaves (*Pleomele Angustifolia*). *Oriental Journal of Chemistry*, 33(6) 3185-3190.
- Atoui, A.K., Mansouri, A., Boskou, G., and Kefalas, P.** (2005). Tea and herbal infusions: their antioxidant activity and phenolic profile. *Food Chemistry*, 89: 27-36.
- Ayensu, A.** (1997). Dehydration of food crops using a solar dryer with convective heat flow. *Solar Energy*, 59:121-126.
- Baardseth, P., and Von Elbe, J. H.** (1989). Effect of ethylene, free fatty acid, and some enzyme systems on chlorophyll degradation. *Journal of Food Science*, 54, 1361-1363.
- Babalís, S. T., Papanicolaou, E., Kyriakis, N., and Belessiotis, V. G.** (2006). Evaluation of thin layer drying models for describing drying kinetics of figs (*Ficus Carica*). *Journal Of Food Engineering*, 75, 205–214.
- Baker, C. G.** (Ed.) (1997). Industrial drying of foods. *Springer Science and Business Media*, 317.
- Beaudry, C., Raghavan, G. S. V., and Rennie, T. J.** (2003). Microwave finish drying of osmotically dehydrated cranberries. *Drying Technology*, 21(9), 1797-1810.
- Bingöl, G. ve Devres, B.,** (2010). Gıda işlemede Kurutma Teknolojilerinin Temel İlkeleri 4. *İTÜ Fen Bilimleri Fakültesi (Kısaltılmış Doktora Tezi)*, İstanbul.
- Buchailot, A., Caffin, N., and Bhandari, B.** (2009). Drying of lemon myrtle (*Backhousia citriodora*) leaves: retention of volatiles and color. *Drying Technology*, 27(3), 445-450.
- Brennan, J.G.** (2006). Food Processing Handbook. WILEY-VCH Verlag GmbH and Co. KGaA, 602 p, Weinheim.
- Cabrera, G.** (2000). Effect of five dietary antimutagens on the genotoxicity of six mutagens in the microscreen prophage-induction assay. *Environmental And Molecular Mutagenesis*, 36, 206-220.
- Caesar, J., Tamm, A., Ruckteschler, N., Leifke, A. L. and Weber, B.** (2018). Revisiting chlorophyll extraction methods in biological soil crusts—methodology for determination of chlorophyll a and chlorophyll a cb as compared to previous methods. *Biogeosciences*, 15, 1415–1424.
- Calín-Sánchez, A., Figiel, A., Wojdyło, A., Szarycz, M. and Carbonell-Barrachina, Á. A.** (2014). Drying of garlic slices using pre-drying and vacuum-microwave finishing drying: kinetics, energy consumption, and quality studies. *Food and Bioprocess Technology*, 7, 398–408.
- Cemeroğlu, B.** (2013a). Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. *Cilt II, Bizim Grup Basımevi*, 636 s, Ankara.
- Cemeroğlu, B.** (2013b). Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. *Cilt I, Bizim Grup Basımevi*, 707 s, Ankara.
- Chan, E. W. C., Lim, Y. Y., Wong, S. K., Lim, K. K., Tan, S. P., Lianto, F. S., and Yong, M. Y.** (2009). Effects of different drying methods on the antioxidant properties of leaves and tea of ginger species. *Food Chemistry*, 113(1), 166-172.

- Chandrasekaran, S., Ramanathan, S., and Basak, T.** (2013). Microwave Food Processing-A Review, Department Of Chemical Engineering, Indian Institute Of Technology Madras, Chennai, 600 036, India.
- Chang, C. H., Lin, H. Y., Chang, C. Y., and Liu, Y. C.** (2006). Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. *Journal of Food Engineering*, 77(3), 478-485.
- Chernomorsky, S., Segelman, A. and Poretz, R.D.** (1999). Effect of dietary chlorophyll derivatives on mutagenesis and tumor cell growth. *Teratogenesis, Carcinogenesis, and Mutagenesis*, 19, 3131-322.
- Chism, G. W., and Haard, N. F.** (1996). Characteristics of edible plant tissues. In: **Fennema O. R.** (Ed.), *Food Chemistry*. Marcel Dekker, Inc., 943-1011, New York.
- Çakmakçı, S., ve Gökçalp, H. Y.** (1992). Gıdalarda kısaca oksidasyon; antioksidantlar ve gıda sanayiinde kullanımları. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(2), 174-192.
- Çanakçı, B.** (2005). Güneş enerjili polen kurutma işleminin matematik modellemesi ve termodinamik analizi. *Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi)*, 62s, Niğde.
- Dadalı, G.** (2007). Bamya ve ıspanağın mikrodalga tekniği kullanılarak kurutulması, doku ve renk özelliklerinin incelenmesi ve modellenmesi. *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi)*, 215s, İstanbul.
- Demiray, E., Tulek, Y., and Yilmaz, Y.** (2013). Degradation kinetics of lycopene, β -carotene and ascorbic acid in tomatoes during hot air drying. *LWT-Food Science and Technology*, 50(1), 172-176.
- Doğan, H. ve Ersöz, M.A.** (2009). Akışkan yataklı sürekli kurutucuda tuz kurutulmasının deneysel incelenmesi. *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*. 13-15 Mayıs, Karabük.
- Dokhani, S., Durance, T. D., Cottrell, T., and Mazza, G.** (2012). Drying effects on major volatile and phenolic components of achillea filipendulina lam. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 15(6), 885-894.
- Doymaz, I., and Pala, M.** (2002). Hot-air drying characteristics of red pepper. *Journal of Food Engineering*, 55(4), 331-335.
- Doymaz, I.** (2005). Drying characteristics and kinetics of okra. *Journal of Food Engineering*, 69(3), 275-279.
- Doymaz, I.** (2010). Effect of citric acid and blanching pre-treatments on drying and rehydration of amasya red apples. *Food and Bioproducts Processing*, 88, 124-132.
- Doymaz, I., and Göl, E.** (2011). Convective drying characteristics of eggplant slices. *Journal of Food Process Engineering*, 34(4), 1234-1252.
- Doymaz, I., and Ismail, O.** (2011). Drying characteristics of sweet cherry. *Food and Bioproducts Processing*, 89(1), 31-38.
- Doymaz, I.** (2012). Drying of pomegranate seeds using infrared radiation. *Food Science and Biotechnology*, 21(5), 1269-1275.
- Eder, R.** (2000). Food analysis by HPLC, **Leo M.L., Nollet S.** (Ed.), 835-845.
- Ek, P., Araújo, A. C., Oliveira, S. M., Ramos, I. N., Brandão, T. R., and Silva, C. L.** (2018). Assessment of nutritional quality and color parameters of convective dried watercress (*Nasturtium officinale*). *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(2).
- Ertekin, C., and Yaldiz, O.** (2004). Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. *Journal of Food Engineering*, 63(3), 349-359.
- Frankel, E. N.** (1991). Recent advances in lipid oxidation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 54(4), 495-511.

- Fu, J., Shen, S., Liu, W., Wang, H., and Gao, W.** (2017). An optimal thermal condition for maximal chlorophyll extraction. *Thermal Science*, 21(4): 1857-1860.
- Funamoto, Y., Yamauchi, N., Shigenaga, T., and Shigyo, M.** (2002). Effects of heat treatment on chlorophyll degrading enzymes in stored broccoli (*Brassica Oleracea* L.). *Postharvest Biology And Technology*, 24, 163-170.
- Garau, M. C., Simal, S., Rossello, C., and Femenia, A.** (2007). Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties of dietary fibre and antioxidant capacity of orange (*Citrus aurantium* v. *Canoneta*) by-products. *Food Chemistry*, 104(3), 1014-1024.
- Geankoplis, C. J.** (2013). Taşınma Süreçleri ve Ayırma Süreci İlkeleri. ISBN: 978-975-6240-40-3. (*Çeviren, Yapıcı, S.*), 1052s, İzmir.
- Giri, S. K., and Prasad, S.** (2007). Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms. *Journal of Food Engineering*, 78(2), 512-521.
- Goyal, R. K., Kingsly, A. R. P., Manikantan, M. R., and Ilyas, S. M.** (2006). Thin-layer drying kinetics of raw mango slices. *Biosystems Engineering*, 95(1), 43-49.
- Grzeszczuk, M., and Jadczyk, D. O. R. O. T. A.** (2009). Estimation of biological value of some species of mint (*Mentha* L.). *Herba polonica*, 55(3), 194-199.
- Guan, T. T., Cenkowski, S., and Hydamaka, A.** (2005). Effect of drying on the nutraceutical quality of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L. ssp. *sinensis*) leaves. *Journal of Food Science*, 70(9), E514-E518.
- Guiné, R., Gonçalves, I., Correia, P., and Florença, S.** (2018). Valorization of Shiitake mushroom by-products through confection of pies and rissoles. In *International Conference on Mediterranean Diet and Gastronomy*, pp. 75-75.
- Gupta, P., Ahmed, J., Shivhare, U. S., and Raghavan, G. S. V.** (2002). Drying characteristics of red chilli. *Drying technology*, 20(10), 1975-1987.
- Hamrouni-Sellami, I., Rahali, F.Z., Rebey, I.B., Bourgou, S., Limam, F., and Marzouk, B.** (2013). Total phenolics, flavonoids, and antioxidant activity of sage (*Salvia Officinalis* L.) plants as affected by different drying methods. *Food Bioprocess Technol*, 6, 806–817.
- Han, J. W., and Keum, D. H.** (2011). Thin layer drying characteristics of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Journal of Stored Products Research*, 47(1), 32-38.
- Hassan-Beygi, S.R., Aghbashlo, M., Kianmehr, M.H., and Massah, J.** (2009). Drying characteristics of walnut (*Juglans Regia* L.) during convection drying. *International Agrophysics*, 23, 129-135.
- Hendry, G.A.F.**, (1996). Chlorophylls chlorophyll derivatives. Natural food colorants, **Hendry, G.A.F., Houghton, J.D.** (Ed.), Blackie Academic and Professional, 348p., Glasgow.
- Hernández, Y., Lobo, M. G., and González, M.** (2006). Determination of vitamin C in tropical fruits: A comparative evaluation of methods. *Food Chemistry*, 96(4), 654-664.
- Hii, C. L., and Law, C. L.** (2010). Product quality evolution during drying of foods, vegetables and fruits. *Drying of Foods, Vegetables and Fruits*, 1, 125-144.
- Huang, J., and Zhang, M.** (2016). Effect of three drying methods on the drying characteristics and quality of okra. *Drying Technology*, 34(8), 900–911.
- Inchuen, S., Narkrugsa, W., and Pornchaloempong, P.** (2010). Effect of drying methods on chemical composition, color and antioxidant properties of thai red curry powder, *Kasetsart Journal. (Natural Science)* 44, 142-151.

- ISO 14502-1: 2005.** Determination of substances characteristic of green and black tea. Part 1: Content of total polyphenols in tea. Colorimetric method using Folin-Ciocalteu reagent.
- İzli, N., Yıldız, G., Ünal, H., Işık, E., and Uylaşer, V.** (2014). Effect of different drying methods on drying characteristics, colour, total phenolic content and antioxidant capacity of goldenberry (*Physalis peruviana* L.). *International Journal of Food Science and Technology*, 49(1), 9-17.
- İzli, N., İzli, G., and Taskin, G.** (2017). Drying kinetics, colour, total phenolic content and antioxidant capacity properties of kiwi dried by different methods. *Food Measure*, 11, 64–74.
- Jafari, S. M., Ghanbari, V., Ganje, M., and Dehnad, D.** (2016). Modeling the drying kinetics of green bell pepper in a heat pump assisted fluidized bed dryer. *Journal of Food Quality*, 39(2), 98-108.
- Jinasena, M. A. M., Amarasinghe, A. D. U. S., Amarasinghe, B. M. W. P. K., and Veprashantha, M. A. B.** (2016). Extraction and degradation of Chlorophyll a and b from *Alternanthera sessilis*. *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka*, 44 (1), 11 – 21.
- Karaaslan, M., Yilmaz, F. M., Cesur, Ö., Vardın, H., İkinci, A., and Dalgiç, A. C.** (2014). Drying kinetics and thermal degradation of phenolic compounds and anthocyanins in pomegranate arils dried under vacuum conditions. *International Journal of Food Science and Technology*, 49(2), 595-605.
- Karunasena, H. C. P., Hasemi, P., Senadeera, W., Gu, Y. T., Brown, R. J., and Oloyede, A.** (2014). Scanning electron microscopic study of microstructure of gala apples during hot air drying. *Drying Technology*, 32, 455–468.
- Katalinić, V., Milos, M., Modun, D., Music, I., and Boban, M.** (2004). Antioxidant effectiveness of selected wines in comparison with (+)- catechin. *Food Chemistry*, 80, 593-600.
- Katsube, T., Tsurunaga, Y., Sugiyama, M., Furuno, T., and Yamasaki, Y.** (2009). Effect of air-drying temperature on antioxidant capacity and stability of polyphenolic compounds in mulberry (*Morus alba* L.) leaves. *Food Chemistry*, 113(4), 964-969.
- Kavak Akpınar, E., Bicer, Y., and Cetinkaya, F.** (2006). Modelling of thin layer drying of parsley leaves in a convective dryer and under open sun. *Journal of Food Engineering*, 75(3):308-315 pp.
- Kaya, A., Aydın, O., Demirtas, C., and Akgün, M.** (2007a). An experimental study on the drying kinetics of quince. *Desalination*, 212(1-3), 328-343.
- Kaya, A., Aydın, O., and Demirtaş, C.** (2007b). Drying kinetics of red delicious apple. *Biosystems Engineering*, 96(4), 517-524.
- Kaya, A., Aydın, O., and Demirtaş, C.** (2007c). Concentration boundary conditions in the theoretical analysis of convective drying process. *Journal of Food Process Engineering*, 30(5), 564-577.
- Kaya, A., ve Aydın, O.** (2008). Kurutma havası sıcaklığının kızılciğın kuruma süresi ve sorpsiyon eğrisine etkisinin deneysel incelenmesi. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi/Journal of Thermal Science and Technology*, 28(2).
- Kaymak-Ertekin, F.** (2002). Drying and rehydrating kinetics of green and red peppers. *Journal of Food Science*, 67(1), 168-175.
- Keskin, M., Setlek, P., and Demir, S.** (2017). Use of color measurement systems in food science and agriculture. In *International Advanced Researches and Engineering Congress*, 16-18.

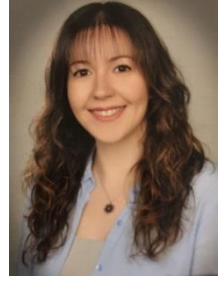
- Kidmose, U., and Hansen, M.** (1999). The influence of postharvest storage, temperature and duration on quality of cooked broccoli florets. *Journal of Food Quality*, 22(2), 135-146.
- Kim, H. S., and Chin, K. B.** (2016). Evaluation of different drying temperatures on physico-chemical and antioxidant properties of water-soluble tomato powders and on their use in pork patties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(3), 742-750.
- Kingsly, A.R.P., and Singh, D.B.** (2007). Drying kinetics of pomegranate arils. *Journal Of Food Engineering*, 79:741-744.
- Krokida, M., and Maroulis, Z.** (2000). Quality changes during drying of food materials. *Drying Technology in Agriculture and Food Sciences*, 4(2), 61-68.
- Kumar, P. S., and Sagar, V. R.** (2014). Drying kinetics and physico-chemical characteristics of osmo-dehydrated mango, guava and aonla under different drying conditions. *Journal of Food Science and Technology*, 51(8), 1540-1546.
- Kumar, S.S., Manoj, P., Shetty N. P., and Giridhar, P.** (2015). Effect of different drying methods on chlorophyll, ascorbic acid and antioxidant compounds retention of leaves of *Hibiscus Sabdariffa* L. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(9), 1812–1820.
- Lau, M.H., Tang, J., and Swanson, B.G.** (2000). Kinetics of textural and colour changes in green asparagus during thermal treatments. *Journal of Food Engineering*, 45, 231-236.
- Lisiewska, Z., Kmiecik, W., and Slupski, J.** (2004). Contents of chlorophylls and carotenoids in frozen dill: effect of usable part and pre-treatment on the content of chlorophylls and carotenoids in frozen dill (*Anethum graveolens* L.), depending on the time and temperature of storage. *Food Chemistry*, 84(4), 511-518.
- Maharaj, V., and Sankat, C.K.** (1996). Quality changes in dehydrated dasheen leaves: effects of blanching pre-treatments and drying conditions. *Food Research International*, 29, 563-568.
- Maroulis, Z. B., Kiranoudis, C. T., and Marinou-Kouris, D.** (1995). Heat and mass transfer modeling in air drying of foods. *Journal of Food Engineering*, 26(1), 113-130.
- Minguez-Mosquera, M.I., Gondul-Rojas, B., Gallardo-Guerrero, L., and Jaren-Galan, M.** (2002). Methods of analysis for functional foods and nutraceuticals, **Hurst, W.J.** (Ed.), *CRC Pres LLC*, 416p., Florida.
- Mitra, P., and Meda, V.** (2009). Optimization of microwave-vacuum drying parameters of saskatoon berries using response surface methodology. *Drying Technology*, 27(10), 1089-1096.
- Morita, K., Ogata, M., and Hasegawa, T.** (2001). Chlorophyll derived from chlorella inhibits dioxin excretion in rats. *Environmental Health Perspectives*, 109, 289-294.
- Mota, C. L., Luciano, C., Dias, A., Barroca, M. J., and Guiné, R. P. F.** (2010). Convective drying of onion: Kinetics and nutritional evaluation. *Food and Bioproducts Processing*, 88(2-3), 115-123.
- Müller, J., Köll-Weber, M., and Kraus, W.** (1992). Effect of drying on the essential oil of *salvia officinalis*. *Planta Medica*, 58 (1), 678-678.
- Naidu, M. M., Vedashree, M., Satapathy, P., Khanum, H., Ramsamy, R., and Hebbar, H. U.** (2016). Effect of drying methods on the quality characteristics of dill (*Anethum graveolens*) greens. *Food Chemistry*, 192, 849-856.
- Ndukwu, M. C., Dirioha, C., Abam, F. I., and Ihediwa, V. E.** (2017). Heat and mass transfer parameters in the drying of cocoyam slice. *Case Studies in Thermal Engineering*, 9, 62-71.

- Negi, P. S., and Roy, S. K.** (2000). Effect of blanching and drying methods on β -carotene, ascorbic acid and chlorophyll retention of leafy vegetables. *LWT-Food Science and Technology*, 33(4), 295-298.
- Negishi, T., Rai, H. and Hayatsu, H.** (1997). Antigenotoxic activity of natural chlorophylls. *Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*. 376, 97-100.
- Ngamwonglumlert, L., Devahastin, S., and Chiewchan, N.** (2017). Natural colorants: pigment stability and extraction yield enhancement via utilization of appropriate pretreatment and extraction methods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(15), 3243-3259.
- O’Riordan, D., Harbourne, N., Marete, E., and Jacquier, J. C.** (2009). Effect of drying methods on the phenolic constituents of meadowsweet (*Filipendula ulmaria*) and willow (*Salix alba*). *LWT-Food Science and Technology*, 42, 1468-1473.
- Oliveira, M. E. C., and Franca, A. S.** (2002). Microwave heating of foodstuffs. *Journal Of Food Engineering*, 53(4), 347-359.
- Önen, H., Altuntaş, E., Öz Göz, E., Bayram, M., and Özcan, S.** (2014). Moisture effect on physical properties of knotweed (*Polygonum cognatum* Meissn.) seeds. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 31(2), 15-24.
- Özdemir, M., and Devres, Y. O.** (1999). The thin layer drying characteristics of hazelnuts during roasting. *Journal of Food Engineering*, 42(4), 225-233.
- Özer, A.** (2010). Bazı tıbbi bitkilerin sıcak havalı kurutucuda kurutulması ve kurutma sıcaklıklarının ürün kalitesi üzerine etkileri. *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi)*, 45s, Tekirdağ.
- Özkan A.I., Akbudak, B., and Akbudak, N.** (2007). Microwave drying characteristics of spinach. *Journal of Food Engineering*, 78, 577-583.
- Özkurt, M.** (2008). *Polygonum Cognatum* Meissn. (Madımak) tohumlarının çimlenme biyolojisi ve klonları arasındaki genetik çeşitliliğin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi)*, 82s, Tokat.
- Palou, E., López-Malo, A., Barbosa-Cánovas, G. V., Welti-Chanes, J. and Swanson, B. G.** (1999). Polyphenoloxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. *Journal of Food Science*, 64(1), 42-45.
- Pangavhane, D. R., Sawhney, R. L., and Sarsavadia, P. N.** (1999). Effect of various dipping pretreatment on drying kinetics of thompson seedless grapes. *Journal of Food Engineering*, 39(2), 211-216.
- Phoungchandang, S., and Saentaweek, S.** (2011). Effect of two stage, tray and heat pump assisted-dehumidified drying on drying characteristics and qualities of dried ginger. *Food and Bioproducts Processing*, 89(4), 429-437.
- Polatçı, H., ve Tarhan, S.** (2009). Farklı kurutma yöntemlerinin reyhan (*Ocimum Basilicum*) bitkisinin kuruma süresine ve kalitesine etkisi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2009(1).
- Polatçı, H., and Taşova, M.** (2017). The effect on drying characteristics and colour values of hawthorn fruit of temperature controlled microwave drying method. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 5(10), 1130-1135.
- Potisate, Y., and Phoungchandang, S.** (2010). Chlorophyll retention and drying characteristics of ivy gourd leaf (*Coccinia Grandis* Voigt) using tray and heat pump-assisted dehumidified air drying. *Drying Technology*, 28, 786-797.
- Prabhanjan, D. G., Ramaswamy, H. S., and Raghavan, G.S.V.** (1995). Microwave assisted convective air drying of thin layer carrots. *Journal of Food Engineering*, 25, 283-293.

- Prakash, S., Jha, S.K., and Data, N.** (2004). Performance evaluation of blanched carrots dried by three different driers. *Journal of Food Engineering*, 62, 305-313.
- Rahman, M. S., and Perera, C. O.** (2007). Drying and food preservation in handbook of food preservation, **Rahman, M. S.** (Second Edition), *CRC press*, 403-433.
- Ramesh, M. N., Wolf, W., Tevini, D., and Jung, G.** (2001). Influence of processing parameters on the drying of spice paprika. *Journal of Food Engineering*, 49(1), 63-72.
- Rodríguez, K., Ah-Hen, K. S., Vega-Gálvez, A., Vásquez, V., Quispe-Fuentes, I., Rojas, P., and Lemus-Mondaca, R.** (2016). Changes in bioactive components and antioxidant capacity of maqui, *Aristotelia chilensis* [Mol] Stuntz, berries during drying. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 537-542.
- Roberts, J.S., Kidd, D.R., and Padilla-Zakour, O.** (2008). Drying kinetics of grape seeds. *Journal of Food Engineering*, 89, 460-465.
- Roshanak, S., Rahimmalek, M., and Goli, S. A. H.** (2016). Evaluation of seven different drying treatments in respect to total flavonoid, phenolic, vitamin C content, chlorophyll, antioxidant activity and color of green tea (*Camellia Sinensis* or *C. Assamica*) leaves. *Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 721-729.
- Rubinskienė, M., Viškelis, P., Dambrauskienė, E., Viškelis, J., and Karklelienė, R.** (2015). Effect of drying methods on the chemical composition and colour of peppermint (*Mentha × Piperita L.*) leaves. *Zemdirbyste-Agriculture*, 102(2).
- Sabarez, H.** (2016). Drying of food materials. *Food and Nutrition*, Werribee, VIC, Australia.
- Sacilik, K., and Elicin, A. K.** (2006). The thin layer drying characteristics of organic apple slices. *Journal of Food Engineering*, 73(3), 281-289.
- Sağlam, N., ve Yazgan, A.** (1992). Madımak (*Polygonum Cognatum M.*) kültürü üzerinde bir araştırma. *Türkiye I. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, Cilt II*, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, İzmir, Bornova.
- Saldamlı, İ., ve Saldamlı, E.** (2004). Gıda Endüstrisi Makineleri. *Savaş Yayınevi*, 547s., Ankara.
- Sarı, F.** (2005). Asma yaprağı klorofilinin degradasyon kinetiğinin belirlenmesi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (Yüksek Lisans Tezi), 75s, Ankara.
- Sarikulak, N.** (2017). Kirazın farklı kurutucularda kurutulması ve kalite parametrelerinin belirlenmesi. *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (Yüksek Lisans Tezi), 86s, İstanbul.
- Sarsavadia, P.N., Sawhney, R.L., Pangavhane, D.R., and Singh, S.P.** (1999). Drying behaviour of brined onion slice. *Journal of Food Engineering*, 40:219-226.
- Schwartz, S. J., and Von Elbe, J. H.** (1983). Kinetics of chlorophyll degradation to pyropheophytin in vegetables. *Journal of Food Science*, 48(4), 1303-1306.
- Seremet, L., Botez, E., Nistor, O. V., Andronoiu, D. G. and Mocanu, G. D.** (2016). Effect of different drying methods on moisture ratio and rehydration of pumpkin slices. *Food Chemistry*, 195, 104-109.
- Shivanna, V. B., and Subban, N.** (2014). Effect of various drying methods on flavor characteristics and physicochemical properties of dried curry leaves (*Murraya koenigii L. Spreng.*). *Drying Technology*, 32(8), 882-890.
- Simal, S., Mulet, A., Tarrazo, J., and Rosselló, C.** (1996). Drying models for green peas. *Food Chemistry*, 55(2), 121-128.
- Sobukola, O.P., and Dairo, O.U.** (2007). Modeling drying kinetics of fever leaves (*Ocimum Viride*) in a convective hot air dryer. *Nigerian Food Journal*, 25, 146-154.

- Sousa, A. D., Ribeiro, P. R. V., Canuto, K. M., Zocolo, G. J., Pereira, R. D. C. A., Fernandes, F. A. N., and Sousa de Brito, E.** (2018). Drying kinetics and effect of air-drying temperature on chemical composition of phyllanthus amarus and phyllanthus niruri. *Drying Technology*, 36(5), 609-616.
- Soysal, Y.** (2000). İşletme ölçeğinde çeşitli tıbbi ve aromatik bitkilerin kurutulmasına yönelik bir araştırma. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi)*, 137s, Adana.
- Soysal, Y., Öztekin, S., and Eren, O.** (2006). Microwavedrying of parsley: modelling, kinetics and energy aspects. *Biosystems Engineering*, 93(4), 403–413.
- Sun, Y., and Li, W.** (2017). Effects the mechanism of micro-vacuum storage on broccoli chlorophyll degradation and builds prediction model of chlorophyll content based on the color parameter changes. *Scientia Horticulturae*, 224, 206-214.
- Szychowski, P. J., Lech, K., Sendra-Nadal, E., Hernández, F., Figiel, A., Wojdyło, A., and Carbonell-Barrachina, Á. A.** (2018). Kinetics, biocompounds, antioxidant activity, and sensory attributes of quinces as affected by drying method. *Food Chemistry*, 255, 157-164.
- Takamiya, K. I., Tsuchiya, T., and Ohta, H.** (2000). Degradation pathway (S) of chlorophyll: what has gene cloning revealed?. *Trends in Plant Science*, 5(10), 426-431.
- Tan, E. S., Abdullah, A., and Maskat, M. Y.** (2013). Effect of drying methods on total antioxidant capacity of bitter gourd (Momordica charantia) fruit. *AIP Conference Proceedings*, 1571(1), 710-716.
- Tijskens, L.M.M., Barringer, S.A., and Biekman, E.S.A.** (2001). Modelling the effect of pH on the colour degradation of blanched broccoli. *Innovative Food Science Emerging Technology*, 315-322.
- Toğrul, İ. T., and Pehlivan, D.** (2002). Mathematical modelling of solar drying of apricots in thin layers. *Journal of Food Engineering*, 55(3), 209-216.
- Tontul, I., and Topuz, A.** (2017). Effects of different drying methods on the physicochemical properties of pomegranate leather (pestil). *LWT-Food Science and Technology*, 80, 294-303.
- Tunç, M., ve Mengeş, H. O.** (2010). Patlıcan kurutmada kurumanın çeşitli modellerle açıklanması. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24(1), 1-9.
- Türkmen, N., Poyrazoglu E. S., Sarı, F., ve Velioglu, Y. S.** (2006). Effects of cooking methods on chlorophylls, pheophytins and colour of selected green vegetables. *International Journal of Food Science and Technology*, 41, 281–288.
- Üretir, G.** (1995). Modeling computer controlled apple drying processes. *ODTÜ (Yüksek Lisans Tezi)*, 56s, Ankara.
- Vadivambal, R., and Jayas, D. S.** (2007). Changes in quality of microwave-treated agricultural products—a review. *Biosystems Engineering*, 98(1), 1-16.
- Vega, A., Fito, P., Andrés, A., and Lemus, R.** (2007). Mathematical modeling of hot-air drying kinetics of red bell pepper (var. Lamuyo). *Journal of Food Engineering*, 79(4), 1460-1466.
- Velioglu, Y. S., Mazza, G., Gao, L., and Oomah, B. D.** (1998). Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(10), 4113-4117.
- Vlachos, N.A., Karapantsios, T.D., Balouktsis, A.I., and Chassapis, D.** (2002). Design and testing of a new solar dryer. *Drying Technology*, 20 (6), 1243-1271.
- Walther, B. A., and Moore, J. L.** (2005). The Concepts of Bias, Precision and Accuracy, and Their Use in Testing The Performance of Species Richness Estimators, With A Literature Review of Estimator Performance. *Ecography*, 28(6), 815-829.

- Weemaes, C., Ooms, V., Ludikhuyze, L., Van Den Broeck, I., Van Loey, A., and Hendrickx, M.** (1999). Pressure-temperature degradation of green color in broccoli juice. *Journal of Food Science*, 64(3), 504-508.
- Wen Jia, L., Islam, M. R., and Mujumdar, A. S.** (2003). A simulation study on convection and microwave drying of different food products. *Drying Technology*, 21(8), 1549-1574.
- Wiriya, P., Paiboon, T., and Somchart, S.** (2009). Effect of drying air temperature and chemical pretreatments on quality of dried chilli. *International Food Research Journal*, 16(3), 441-454.
- Wojdyło, A., Figiel, A., Lech, K., Nowicka, P., and Oszmiański, J.** (2014). Effect of convective and vacuum–microwave drying on the bioactive compounds, color, and antioxidant capacity of sour cherries. *Food and Bioprocess Technology*, 7(3), 829-841.
- Wojdyło, A., Figiel, A., Legua, P., Lech, K., Carbonell-Barrachina, Á. A., and Hernández, F.** (2016). Chemical composition, antioxidant capacity, and sensory quality of dried jujube fruits as affected by cultivar and drying method. *Food Chemistry*, 207, 170-179.
- Xu, F., Jin, X., Zhang, L., and Chen, X. D.** (2017). Investigation on water status and distribution in broccoli and the effects of drying on water status using NMR and MRI methods. *Food Research International*, 96, 191-197.
- Yen, G.C., and Duh, P.D.** (1994). Scavenging effect of methanolic extracts of peanut hulls on free-radical and active oxygen species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42, 629-632.
- Yılar, M.** (2007). *Polygonum cognatum meissn.* (madımak)'un allelopatik potansiyelinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi)*, 73s, Tokat.
- Yıldırım, A., Mavi, A., and Kara, A. A.** (2003). Antioxidant and antimicrobial activities of *Polygonum cognatum Meissn* extracts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(1), 64-69.
- Yongsawatdigul, J., and Gunasekaran, S.** (1996). Microwave-vacuum drying of cranberries: Part II. Quality evaluation. *Journal of Food Processing and Preservation*, 20(2), 145-156.
- Yoshikawa, K., Inagaki, K., Terashita, T., Shishiyama, J., Kuo, S., and Shankel, D.M.** (1996). Antimutagenic activity of extracts from japanese eggplant. *Mutation Research*, 371, 65-71.
- Zhu, A., and Shen, X.** (2014). The model and mass transfer characteristics of convection drying of peach slices. *International Journal of Heat And Mass Transfer*, 72, 345–351.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel bilgiler

Adı Soyadı	Elif Uğur
Doğum Yeri ve Tarihi	Sivas, 17.08.1992
Medeni Hali	Bekâr
Yabancı Dil	İngilizce
İletişim Adresi	Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü 58140 Sivas
E-posta Adresi	ugurelif92@gmail.com

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise	Şehit Muhammet Onur Demir Anadolu Lisesi, 2010
Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2014
Yüksek Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2019

İş Tecrübesi

Tuğba Akabe Çiftlik Mamülleri Süt Yoğurt San. Tic. Ltd. Şti.	Gıda Mühendisi, 2014-2015
Özünden Gıda Ltd. Şti.	Gıda Mühendisi, 2015-2017
Beyaz Saray Yemekçilik	Gıda Mühendisi, 2017-2017
Biz Zara Süt A.Ş.	Gıda Mühendisi, 2018-

Kongreler ve Bildiriler

Ulusal	Maydanozun (<i>petroselinum crispum</i>) Mikrodalga Enerjisi ile Kurutulmasının Bazı Kalite Parametreleri Üzerine Etkisi 9.Gıda Mühendisliği Kongresi, İzmir
--------	--