



**FARKLI YÖNTEMLERLE KURUTULAN
ENGİNARLARIN (*Cynara cardunculus* L. Var. *Scolymus*)
FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI VE KURUTMA
KARAKTERİSTİKLERİNİN MATEMATİKSEL
MODELLENMESİ**

Kübra Gizem ŞAHİN



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI YÖNTEMLERLE KURUTULAN ENGİNARLARIN (*Cynara cardunculus* L. Var. *Scolymus*) FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI VE KURUTMA KARAKTERİSTİKLERİNİN MATEMATİKSEL MODELLENMESİ

Kübra Gizem ŞAHİN

Prof. Dr. Ömer Utku ÇOPUR
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDAMÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA– 2019

TEZ ONAYI

Kübra Gizem ŞAHİN tarafından hazırlanan “FARKLI YÖNTEMLERLE KURUTULAN ENGİNARLARIN (*Cynara cardunculus* L. Var. *Scolymus*) FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI VE KURUTMA KARAKTERİSTİKLERİNİN MATEMATİKSEL MODELLENMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Teknolojisi Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Ömer Utku ÇOPUR

Üye : Prof. Dr. Ömer Utku ÇOPUR
Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Doç. Dr. Canan Ece TAMER
Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Aycan ÇINAR
Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa
Bilimleri Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN
Enstitü Müdürü

..!./.....

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

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

beyan ederim.

31/07/2019

Kübra Gizem ŞAHİN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI YÖNTEMLERLE KURUTULAN ENGİNARLARIN (*Cynara cardunculus* L. *Var. Scolymus*) FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI VE KURUTMA KARAKTERİSTİKLERİNİN MATEMATİKSEL MODELLENMESİ

Kübra Gizem ŞAHİN

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ömer Utku ÇOPUR

Bu çalışmada Bayrampaşa enginar (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* L.) tablalarında 2 farklı ön işlem (suda haşlama ve buharda haşlama) ve farklı parametreler ile 3 farklı kurutma yöntemi (konveksiyonel kurutma, mikrodalgada kurutma ve vakum altında kurutma) uygulanarak kurutulan enginarların antioksidan aktiviteleri ve fizyolojik değişimlerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada taze enginar kabinde pH, titrasyon asitliği, toplam kuru madde analizleri yapılmış olup, hem taze enginar kalbinde hem de kurutulmuş enginarlarda antioksidan kapasite (DPPH, FRAP ve CUPRAC), toplam fenolik bileşik ve renk analizleri yapılmıştır. Bununla birlikte kurutulmuş enginar kalbi örneklerinin matematiksel olarak kurutma modellemeleri yapılmıştır. Taze enginar kalbinin pH değerinin 4,73, titrasyon asitliği değerinin 0,05 g/100 g ve toplam kuru madde miktarının ise 14,09 g/100 g olduğu belirlenmiştir. Kurutulmuş enginarlarda renk analizleri sonucunda *L* değerinin 28,35 - 46,25, *a* değerinin 2,27 - 7,85 ve *b* değerinin ise 11,84 - 25,51 arasında değiştiği görülmüştür. Antioksidan analiz yöntemlerine göre kurutulmuş enginar örneklerinde antioksidan miktarlarının genel olarak taze enginar kalbine göre oldukça düştüğü gözlemlenmiştir. Kurutulmuş enginar kalbinin antioksidan aktivitesi DPPH yönteminde 5,46 - 6,59 µmol troloks/g kuru ağırlık aralığında, CUPRAC yönteminde 1,40 - 66,98 µmol troloks /g kuru ağırlık FRAP yönteminde ise 1,13 - 20,78 µmol troloks/g kuru ağırlık olarak değişmiştir. Kurutulmuş enginar örneklerinin toplam fenolik bileşen içeriğinin ise 64,54 - 160,24 mg GAE**/100 g arasında olduğu gözlemlenmiştir. Kurutma işlemlerine uygulanan matematiksel modelleme sonucunda R^2 (0,9989), RMSE (0,0023) ve x^2 (0,00007) değerleri göz önüne alındığında, tüm kurutma yöntemlerinde en uygun sonucun Page ve Modifiye Page modellerinden alındığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Antioksidan aktivite, enginar (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* L.), kurutma, matematiksel modelleme
2019, ix+58 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

INVESTIGATION OF PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF ARTICHOKE (*Cynara cardunculus* L. Var. *Scolymus*) DRIED BY DIFFERENT METHODS AND MATHEMATICAL MODELLING OF DRYING CHARACTERISTICS

Kubra Gizem SAHIN

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Omer Utku COPUR

In the current study it was aimed to investigate the physiological changes and antioxidant activities of Bayrampaşa artichoke (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* L.) cultivar that was dried as slices by applying two different pretreatments (boiling and steaming) and three different drying methods (conventional, microwave and vacuum drying). Titration acidity, pH and total dry matter analyzes were carried on fresh artichoke hearts. Also, antioxidant capacity (DPPH, FRAP and CUPRAC), total phenolic compounds and color analyzes were measured in both fresh artichoke hearts and dried artichokes, and mathematical modeling was conducted in dried artichoke heart samples. Titration acidity, pH and total dry matter content were determined as 0,05 g/100 g, 4,3 and 14,09 g/100 g, respectively. As a result of the color analysis of dried artichokes, it was found that L value were between 28,35 – 46,25, a value of 2,27 – 7,85 and b value of 11,84 – 25,51, respectively. According to the antioxidant analysis methods, the amount of antioxidants in dried artichoke samples was observed to be considerably lower than fresh artichoke heart. The antioxidant activities of the dried artichoke heart were between 5,46 – 6,59 μmol trolox/g dry weight in DPPH method, 1,40 – 66,98 μmol trolox in CUPRAC method and 1,13 – 20,78 μmol trolox/g dry weight in FRAP method. The total phenolic content of the dried artichoke samples was determined between 64,54 – 160,24 mg gallic acid/g dry weight. Page and Modified Page models are the best fitted drying methods with the highest value of R^2 (both of them 0,9989) and the lowest values of RMSE (0,0023 for both) and x^2 (0,00007 – 0,00007) compared to other models.

Key words: Artichoke (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* L.), drying, mathematical modeling, antioxidant activity

2019, ix+58 pages.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımın her aşamasında yardımlarını ve hoşgörsünü esirgemeyen, kıymetli tecrübe ve bilgi birikimi ile yol gösteren değerli danışmanım sayın Prof. Dr. Ömer Utku ÇOPUR'a, çalışmalarımın her aşamasında katkılarını gördüğüm sayın Doç. Dr. Canan Ece TAMER'e, ve Doç. Dr. Bige İNCEDAYI hocalarıma, Araş. Gör. Dr. Senem SUNA ve Araş. Gör. Azime ÖZKAN KARABACAK'a, ayrıca tezimin düzenlenmesi ve kontrol edilmesi aşamalarında hoşgörü ve sabır ile desteklerini esirgemeyen Araş. Gör. Dr. Gülşah ÖZCAN SİNİR hocama, tezimin deneysel çalışmaları sırasında yardımcı olan değerli arkadaşım Feride DURMUŐ'a, tüm tez sürecinde gösterdiği anlayıő ve destek için Sayın Erkan ERK'e, eğitimim ve çalışmalarım süresince desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen annem Hülya ŞAHİN, babam İbrahim ŞAHİN ve kardeşim Oğuzhan ŞAHİN'e sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Kübra Gizem ŞAHİN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
2.1. Enginar.....	3
2.2. Kurutma Teknolojisi.....	6
2.3. Kurutma ile İlgili yapılan Çalışmalar.....	19
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	23
3.1. Materyal.....	23
3.2. Yöntem.....	23
3.3. Kurutulmuş enginar dilimlerinde yapılan analizler.....	26
3.4. Hesaplamalar.....	29
3.5. Modelleme Çalışmaları.....	30
3.6. İstatistiksel analiz.....	32
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	33
4.1. Taze enginara ait fizikokimyasal analiz sonuçları ve yorumlanması.....	33
4.2. Enginar dilimlerinin farklı kurutma teknikleri ile kurutulması sonucu elde edilen veriler ve yorumlanması.....	35
4.3. Kurutulmuş enginara ait fenolik madde ve antioksidan kapasite analiz sonuçları ve yorumlanması.....	41
4.4. Kurutulmuş enginar örneklerine ait renk değerlerinin yorumlanması.....	44
4.5. Kurutulmuş Enginarların Matematiksel modellemesi ve elde edilen veriler.....	45
5. SONUÇ.....	51
KAYNAKLAR.....	53
ÖZGEÇMİŞ.....	58

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
<i>a</i>	Rengin kırmızılığı (+) ya da yeşilliği (-)
<i>b</i>	Rengin sarılığı (+) ya da maviliği (-)
<i>L</i>	Parlaklık
nmol	nanomol
R ²	Korelesyon katsayısının karesi
μmol	mikromol

Kısaltmalar **Açıklama**

CCl ₄	Karbon tetraklorür
CUPRAC	Bakır(II) indirgeme kapasitesi
DPPH	2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl
E1	Ön işlemsiz 10 kPa vakum
E2	Ön işlemsiz 15 kPa vakum
E3	Ön işlemsiz 25 kPa vakum
E4	Ön işlemsiz 60°C konveksiyonel
E5	Ön işlemsiz 70°C konveksiyonel
E6	Ön işlemsiz 80°C konveksiyonel
E7	Ön işlemsiz 30 P mikrodalga
E8	Ön işlemsiz 50 P mikrodalga
E9	Ön işlemsiz 80 P mikrodalga
E10	60 sn suda haşlama 10 kPa vakum
E11	60 sn suda haşlama 15 kPa vakum
E12	60 sn suda haşlama 25 kPa vakum
E13	60 sn suda haşlama 60°C konveksiyonel
E14	60 sn suda haşlama 70°C konveksiyonel
E15	60 sn suda haşlama 80°C konveksiyonel
E16	60 sn suda haşlama 30 P mikrodalga
E17	60 sn suda haşlama 50 P mikrodalga
E18	60 sn suda haşlama 80 P mikrodalga
E19	60 sn buharda haşlama 10 kPa vakum
E20	60 sn buharda haşlama 15 kPa vakum
E21	60 sn buharda haşlama 25 kPa vakum
E22	60 sn buharda haşlama 60°C konveksiyonel
E23	60 sn buharda haşlama 70°C konveksiyonel
E24	60 sn buharda haşlama 80°C konveksiyonel
E25	60 sn buharda haşlama 30 P mikrodalga
E26	60 sn buharda haşlama 50 P mikrodalga
E27	60 sn buharda haşlama 80 P mikrodalga
FAO	Food and Agriculture Organization
FRAP	Ferrik iyon indirgeme antioksidan parametresi
GAE	Gallik asit eşdeğeri

HPLC	Yüksek basınçlı sıvı kromatografisi
SÇKM	Suda çözünür kuru madde
TE	Taze enginar
TPTZ	2,4,6-tris(2-pyridil)-s-triazine
Troloks	6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-karboksilik asit
TÜİK	Türkiye istatistik kurumu



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1: Enginar üretiminin dünya üzerindeki bölgesel dağılımı	3
Şekil 2.2: Enginar üretim miktarının ülkelere göre dağılımı	4
Şekil 3.2: Enginar dilimlerinin vakum kurutma işlem basamakları.....	24
Şekil 3.3: Enginar dilimlerinin mikrodalga kurutma işlem basamakları	25
Şekil 4.1: Ön işlem uygulanmayan enginar dilimlerinin konveksiyonel kurutmada zamana karşı nem içeriği.....	35
Şekil 4.2: Suda haşlanan enginar dilimlerinin konveksiyonel kurutmada zamana karşı nem içeriği.....	36
Şekil 4.3: Buharda haşlanan enginar dilimlerinin konveksiyonel kurutmada zamana karşı nem içeriği.....	36
Şekil 4.4: Ön işlem uygulanmayan enginar dilimlerinin vakum tipi kurutmada zamana karşı nem içeriği.....	37
Şekil 4.5: Suda haşlanan enginar dilimlerinin vakum tipi kurutmada zamana karşı nem içeriği.....	38
Şekil 4.6: Buharda haşlanan enginar dilimlerinin vakum tipi kurutmada zamana karşı nem içeriği.....	38
Şekil 4.7: Ön işlem uygulanmayan enginar dilimlerinin mikrodalga tipi kurutmada zamana karşı nem içeriği	39
Şekil 4.8: Suda haşlanan enginar dilimlerinin mikrodalga tipi kurutmada zamana karşı nem içeriği.....	40
Şekil 4.9: Buharda haşlanan enginar dilimlerinin mikrodalga tipi kurutmada zamana karşı nem içeriği.....	40

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1: İllere göre toplam enginar ekim alanı ve üretim miktarları	5
Çizelge 2.2 : Bazı kurutulmuş gıda gruplarına ait su aktivite değerleri.....	8
Çizelge 3.1: Page modelini ait eşitlik.....	31
Çizelge 3.2: Modifiye Page modeline ait eşitlik	31
Çizelge 3.3: Logaritmik modele ait eşitlik	31
Çizelge 3.4: Henderson and Pabis Modeline ait eşitlik.....	32
Çizelge 3.5: Lewis modeline ait eşitlik	32
Çizelge 4.1: Taze enginara ait fizikokimyasal analiz sonuçları.....	33
Çizelge 4.2: Taze enginara ait toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite analiz sonuçları	34
Çizelge 4.3: Kurutulmuş enginar dilimlerine ait antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde içeriği.....	41
Çizelge 4.4. Kurutulmuş enginar dilimlerine ait renk değerleri.....	44
Çizelge 4.5. Konveksiyonel kurutma yapılan enginarlara ait deneysel veriler	46
Çizelge 4.6 : Vakum kurutma yapılan enginarlara ait deneysel veriler	48
Çizelge 4.7: Mikrodalgada kurutma yapılan enginarlara ait deneysel veriler	49

1. GİRİŞ

Enginar (*Cynaracardunculus L. var. scolymus*) bitkisi M.Ö. 4. yy'dan beri bilinen *Asteraceae* familyasına ait çok yıllık otsu bir bitkidir. Eski Mısırlılar, Yunanlar ve Romalılar'dan günümüze kadar besin maddesi ve terapötik etkilerinden faydalanılmaktadır (Lattanzio ve ark. 2009).

Son yıllarda fonksiyonel gıdaların öneminin anlaşılması, enginarın öneminin de artmasını sağlamıştır. Yapılan *in vivo* ve *in vitro* çalışmalar enginarın sağlık üzerine pek çok faydası olduğunu ortaya koymuştur (Eljounaidi ve ark. 2015).

Antioksidan, antikarsinojenik, antigenotoksik, kolesterol düşürücü, hepatoprotektif, diüretik, anti-inflamatuar özelliklerinin yanı sıra antifungal, anti-HIV ve antibakteriyel özelliklerinin olduğu bilinmektedir (Lombardo ve ark. 2010).

Enginar bitkisi yüksek miktarda flavon, luteolin, apigenin, inülin ve kafeoilkuinik asit içerir. Kafeolkuinik asit (5-O-kafeolkuinik asit, 1,5-di-O-kafeolkuinik asit, 3,5-di-O-kafeolkuinik asit) ve flavonoller, polifenol grubunda yer almakta, antioksidan aktivite ve reaktif oksijenlere karşı süpürücü özellik göstermektedirler. Ayrıca polifenoller, gıdanın renk, doku ve duyuşal özelliklerinin niteliğinin belirlenmesinde önemli bir etkidir. İçeriğinde bulunan inülin, düşük kalorili bir lif olup, yağdan arındırılmış gıdaların üretiminde kullanılma potansiyeline sahiptir ve aynı zamanda bağırsak mikroflorasını düzenleyici özelliği bulunmaktadır. (Sihem ve ark. 2015).

Enginar içeriğindeki fenolik bileşikler, bitkinin kısımlarına, hasat zamanına, bitkinin olgunluğuna, işleme ve depolama koşullarına göre değişkenlik göstermektedir. Enginarın işlenmesinden sonra ayrılan yan ürünler, hayvan yemi olarak ve fonksiyonel katkı maddelerinin geri kazanılmasında kullanılmaktadır (Petropoulos ve ark. 2017).

Enginarın yenilebilir kısımları buğulanarak, haşlanarak, kızartılarak veya çiğ olarak tüketilmektedir (Machado ve ark. 2017). Ayrıca konserve ve dondurulmuş olarak muhafaza edilip, mevsim dışında da tüketiciye kolaylıkla ulaşması sağlanmaktadır.

Enginar yapraklarıyla ilgili mevcut çalışmalar yeterli düzeyde kabul edilebilecekken, enginar kalbiyle ilgili yapılan çalışmalar henüz kapsamlı düzeyde değildir (Reidah ve ark. 2013). Bu alışma kapsamında tüm veriler gözönüne alınarak enginar kurutma işlemi yapılmış ve enginarın daha uzun süre muhafaza edilmesi sağlanıp, pizza, bebek maması, hazır çorba gibi gıdalarda kullanılmasına olanak verilmesi planlanmıştır.

Kurutma işlemi, kontrollü şartlar altında ısı uygulaması ile gıdada var olan suyun direkt buharlaşması ya da dondurarak kurutma tekniğinde olduğu gibi süblimleşmesi sonucu uzaklaştırılması işlemi olarak tanımlanmaktadır (Soysal ve ark. 2009).

Kurutma ile meyve ve sebzelerin bünyesindeki % 80–95 oranındaki suyun % 10–20 oranına düşürülerek uzun süre dayanması sağlanabilmektedir.

Günümüze kadar kurutma teknolojisinde yapılan çalışmaların amaçları arasında; değişik ürünlerde en uygun kurutma koşullarını belirlemek, kurutucu tiplerini geliştirmek, kurutucu dizaynında gerekli olan verileri elde edebilmek ayrıca ek olarak daha kısa süreli ve yüksek verimli bir kurutma gerçekleştirebilmek olarak sıralanmaktadır.

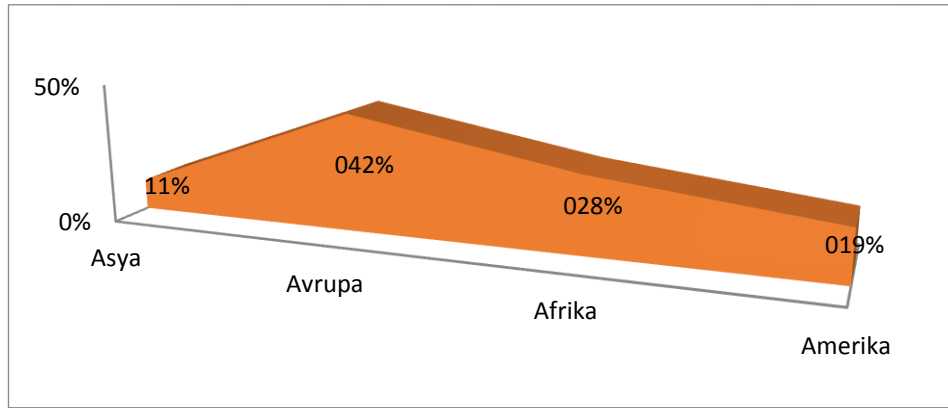
Bu tez çalışmasında Bursa ilinin Hasanağa ilçesindeki tarlalardan toplanan Bayrampaşa enginar tablalarında; 2 farklı ön işlem ve farklı parametreler ile 3 farklı kurutma yöntemi (konveksiyonel kurutma, mikrodalgada kurutma ve vakum altında kurutma) uygulanarak kurutulan enginarların antioksidan aktiviteleri ve fizyolojik değişimleri incelenmiştir. Ayrıca enginarların kurutma karakteristikleri Lewis, Page, Modified Page, Handerson ve Pabis, Logarithmic olmak üzere 5 farklı matematiksel modelleme yöntemi ile belirlenmiştir (Alibaş 2012).

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

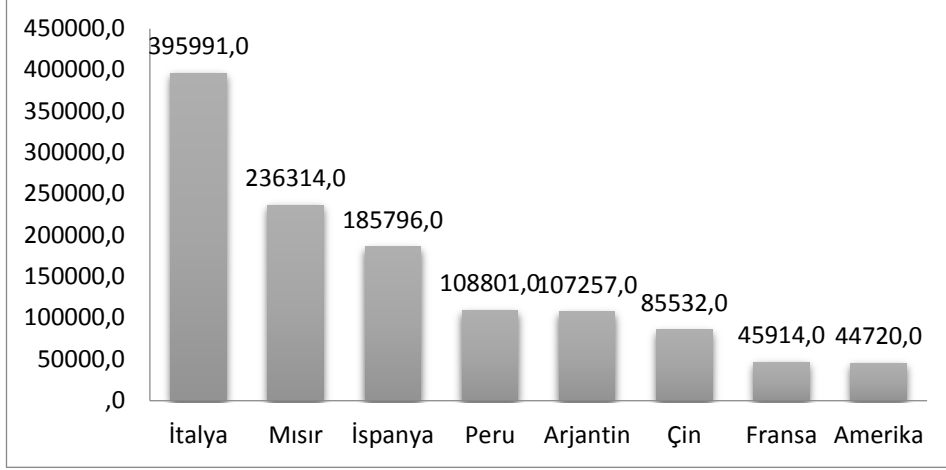
2.1. Enginar

Enginar (*Cynaracardunculus L. var. scolymus*) bitkisi, özellikle Akdeniz ikliminin etkisini gösterdiği yerlerde yetişen otsu bir bitkidir. Enginarın yenilebilir kısımları etli yaprakları ve haznesinden oluşan kapitula veya baş kısmını içeren olgunlaşmamış çiçek kısımlarıdır. Hasat zamanına bağlı olarak enginar bitkisinin baş (olgunlaşmamış çiçek) ağırlığı 150 g ile 600 g arasında değişkenlik gösterebilmektedir. Enginar bitkisi, dokuda yumuşama ve lif artışı gerçekleşmeden hasat edildiğinde daha yüksek kalitede tüketiciye ulaşmaktadır.

Enginar, özellikle Akdeniz ülkelerinde tarıma ayrılan kısmın büyük bir bölümünü kendisine yer edinmiştir. İtalya (365 991 ton), Mısır (236 314 ton), İspanya (185 801 ton), Çin (85 532 ton) ve Fransa(45 914 ton)'da yaygın olarak üretilmesinin yanı sıra Türkiye ve İran gibi Yakındoğu ülkelerinde, Fas, Cezayir, Tunus gibi Kuzey Afrika bölgesinde ve Güney Amerika'da üretilmektedir (FAO, 2018).



Şekil 2.1. Enginar üretiminin dünya üzerindeki bölgesel dağılımı



Şekil 2.2. Enginar üretim miktarının ülkelere göre dağılımı (ton)

Türkiye’de enginar üretimi de her geçen gün artış göstermektedir. Türkiye’de enginar üretimi daha çok vejetatif yöntemlerle gerçekleştirildiği için ağırlıklı olarak Bayrampaşa enginarı ve Sakız enginarı üretilmektedir Bunun yanı sıra yerli ve ithal enginarlar da konserve ve dondurularak muhafaza ile piyasaya sunulmaktadır. En çok enginar üretiminin yapıldığı iller; İzmir, Bursa, Aydın ve günümüzde geçmiş yıllara göre daha çok ekim alanı ayrılarak daha çok ürün elde edilen Sakarya’dır (TÜİK, 2018). Çizelge 2.1’de yıllara göre il bazında toplam ekim alanı ve üretim miktarları verilmiştir.

Çizelge 2.1. İllere göre yıl bazında toplam enginar ekim alanı ve üretim miktarları

YIL	İZMİR		AYDIN		BURSA		SAKARYA	
	Ekilen Alan (Dekar)	Üretim Miktarı (ton)	Ekilen Alan (Dekar)	Üretim Miktarı (ton)	Ekilen Alan (Dekar)	Üretim Miktarı (ton)	Ekilen Alan (Dekar)	Üretim Miktarı (ton)
2004	9 790	13 492	830	1 338	10 380	12 316		
2005	9 840	15 684	1 460	1 370	10 550	12 965	20	20
2006	9 975	11 371	1 535	2 247	10 630	13 320	10	10
2007	8 140	9 709	1 792	2 474	10 655	12 483	340	340
2008	8 000	9 530	1 965	2 604	10 745	12 537	374	374
2009	8 299	9 732	2 945	3 792	11 044	12 936	785	1 097
2010	8 504	10 547	2 894	3 766	5 555	6 268	726	1 043
2011	8 574	10 738	3 673	4 697	5 595	7 758	1 022	1 393
2012	8 450	10 606	4 312	5 437	4 385	5 041	1 020	1 389
2013	8 879	11 145	5 240	6 592	4 879	5 599	951	1 345
2014	8 818	11 339	5 189	650	5 019	5 716	1 225	1 757
2015	8 623	11 094	4 768	5 990	4 984	5 074	1 220	1 751
2016	8 673	11 085	4 910	6 219	4 934	5 047	3 505	5 188
2017	9 353	11 845	4 967	6 291	5 139	5 724	4 186	6 217

Enginar bitkisi, yüksek miktarda fenolik bileşen, mineral (K, Na, P), askorbik asit ve biyoaktif bileşen kaynağı olmasının yanı sıra içerdiği yüksek miktardaki inülininden dolayı zengin bir lif kaynağıdır. Enginar yaklaşık olarak 7,8 g/100 g karbonhidrat, 2,3-3 g/100 g protein, 0,2-0,3 g/100 g yağ ve 86,5 g/100 g su ihtiva eder. Ancak hasat sonrasında, mekanik, biyokimyasal ve fizyolojik bozulma ile yüksek solunum hızına sahip olduğundan, hızlı bir şekilde ağırlık kaybı, besin değerlerinde kayıplar ve bunların yanı sıra mikrobiyal bozulmaya uğrar. Bu nedenle enginar ile ilgili yapılan çalışmalar ağırlıklı olarak raf ömrünü uzatmaya yönelik yoğunlaşmıştır. Modifiye atmosfer uygulamaları, yenilikçi ambalajlar, anti-esmerleşme ajanları gibi pek çok teknolojik yöntem taze enginar tablaları üzerinde raf ömrünü uzatmak ve kalitesini stabil tutmak adına pek çok çalışmada uygulanmıştır.

2.2. Kurutma Teknolojisi

Kurutma işlemi, gıdaların uzun süreli muhafaza edilmesi için çok eski zamanlardan günümüze kadar kullanılan yöntemlerden biridir. Kurutma, ürüne uygulanan sıcaklık ile ihtiva ettiği nemin doğrudan buharlaşarak uzaklaşması veya dondurarak kurutma yönteminde olduğu gibi ürünün önce katı faza getirilip daha sonra süblimleşme ile içeriğindeki nemin kontrollü şartlar altında uzaklaştırılması işlemidir (Cemeroğlu ve ark. 2013). Kurutma işleminde ısı ve kütle aktarımı beraber gerçekleşmektedir (Pinelo ve ark. 2005). Kurutulan ürüne bağlı olarak, genellikle, kurutma işleminin ardından ihtiva ettiği nem miktarı, kurutma öncesi olan yaş baza göre %1 ile %15 arasında değişkenlik göstermektedir.

Gıdaların kurutularak dayandırılması, insanoğlunun ilk çağlardan itibaren doğadan öğrendiği ve teknolojik gelişmelerle beraber gıda muhafazasında oldukça geniş yer tutan en eski muhafaza yöntemlerinden biridir. Gıdaların kurutularak muhafaza edilmesinin endüstriyel ortama taşınması 18.yy'a tekabül etmektedir. Yapılan araştırmalarda çok eski tarihlerde incir, üzüm, et, balık gibi gıdaların rüzgar ve güneşten faydalanılarak kurutulduğu belirlenmiştir. Teknolojik gelişmelerin olmadığı ilk çağlarda insanların gıdaları muhafaza etmek için başvurdukları yöntemler; dumanlama, turşu yapma, tuzlama ve kurutma olarak tespit edilmiştir (Yılmaz 2000).

15.yy ve 16.yy'da denizcilerin uzun süren seyahatlerinde gıdalarını kurutarak sakladıkları bilinmektedir. Hatta Kristof Colomb'un keşif için çıktığı deniz yolculuklarında yanında kuru gıdalar aldığı kaynaklarda yer edinmiştir (Dadalı 2007). 17. ve 18.yy'lara gelindiğinde özellikle savaşların başlaması ile birlikte gıdaların uzun süreli muhafazasına oluşan ihtiyaçtan dolayı gıdaların kurutulması sanayide yer edinmiş ve Fransızların ilk fırın tipi kurutucuyu geliştirmesi ile meyve-sebze kurutulması endüstriyel boyuta geçiş yapmıştır. Kurutma teknolojisinin gelişmesi ve yaygınlaşmasında en büyük etken askeri amaçlı kullanım ihtiyacıdır. Özellikle savaş dönemlerinde, gıdanın daha uzun süre muhafaza edilebilmesi ve ürünün ağırlığı ile kapladığı alanın azalması gibi nedenlerden dolayı kurutulmuş gıdalar tercih edilmiştir. Kırım savaşı döneminde İngilizlerin, kendi ülkelerinden kurutulmuş gıda taşıdıkları bilinmektedir. Ayrıca 1. Dünya Savaşı zamanında 4 500 ton kurutulmuş gıda Amerika

Birleşik Devletleri tarafından cephelere gemiler ile taşınmıştır. 1900'lü yılların başında Amerika Birleşik Devletleri'nde meyve ve sebze kurutulması yaygınlaşmış, özellikle patates, tatlı mısır, ıspanak, lahana, kereviz, havuç ve şalgam endüstriyel boyutta kurutulmaya başlanmıştır (Barbosa ve Vega 1996). Daha sonraları püskürtmeli ve valsli kurutucular geliştirilerek güneş ile doğal kurutma yerine teknolojik olarak yumurta ve süt kurutulmaya başlanmıştır (Saldalı ve Saldamlı 2004).

Eski zamanlarda rüzgar ve güneş yardımı ile yapılan kurutma işlemi 20.yy'a gelindiğinde teknolojik olarak büyük önem kazanmıştır. Gıdaların kurutulması günümüzde sadece bir muhafaza yöntemi olarak değerlendirilmemekte aynı zamanda ürününün kurutulduktan sonra hacim ve ağırlık azalması ile depolama, paketlenme ve taşıma aşamalarında büyük kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca, patates püresi, çay ve çözünebilir kahve gibi gıda maddelerinin kurutma teknolojisinin gelişmesiyle üretimi sağlanabilmiştir (Hatipoğlu 2002).

Gıda endüstrisinde çok önemli bir yer edinen kurutma teknolojisindeki temel amaç, ürünün ihtiva ettiği serbest suyun uzaklaştırılarak, üründe oluşabilecek kimyasal ve biyolojik aktivitelerle beraber, mikroorganizmaların gelişmesini sınırlandırarak veya durdurarak, gıda maddelerinin daha uzun bir süre bozulmadan dayandırılmasını sağlamaktır (Pinelo ve ark. 2005). Kurutma işlemi ile birlikte su aktivitesinin ve nem miktarının azaltılmasıyla mikrobiyal aktivitenin düşürülmesinin yanı sıra enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının sınırlandırılmasını sağlamaktadır (Karel ve Lund 2003).

Mikrobiyal gelişme ve kimyasal tepkimeler için gerekli olan serbest suyun ölçümü, su aktivitesini (a_w) ifade eder. Teorik olarak su aktivitesi, ürün içerisindeki serbest suyun buhar basıncının, aynı sıcaklık değerindeki saf suyun buhar basıncına oranı olarak tanımlanır ve ürünlerin kurutulması ile su aktivitesi, mikrobiyolojik gelişmenin olmayacağı değerler aralığına getirilmiş olur (Zhao ve ark. 2002).

Gıda ürünlerinde bozulma etmeni olan küflerin yaşamsal faaliyetlerini devam ettirebilmeleri için gerekli olan su aktivitesi değerlerinin alt sınırı 0,70 olarak kabul edilirken, bakteriler için ise bu değer 0,90 kabul edilmektedir (Troller 1980).

Taze sebze ve meyvelerin su aktivite değerleri genellikle 0,970 ile 0,996 arasında değişiklik göstermektedir (Cemeroğlu 2004).

Çizelge 2.2. Bazı kurutulmuş gıda gruplarına ait su aktivite değerleri (Jay 2000)

Su aktivitesi (a_w)	Ürünler
0,60-0,75	Kuru meyveler
0,30-0,40	Kuru Sebzeler
0,80-0,91	Reçel ve Marmelat
0,79-0,84	Meyve suyu konsantreleri
0,65-0,75	Tahıl ve Baklagiller

Kurutma Hızının Bağlı Olduğu Etmenler

Ürün Boyutu: Gıda ürünlerinin kuruma hızı, kalınlığı ile ters orantılı iken yüzey alanlarının ölçütleriyle doğru orantılıdır. Kurutulan bir gıda maddesi ne kadar kalınsa, yüzey alanı o kadar az ve kuruma hızı da bu doğrultuda yavaş olacaktır. Ürünler kurutulurken kalınlıklarından kaynaklanacak olan kuruma hızı farkı, kurumanın ilk safhasında belirgin ölçüde görülemezken, azalan kuruma hızı sürecine girildiğinde, suyun ürün dokusundan yüzeye difüzyonu zor olacağından bu safhada kuruma hızının ince doğranmış ürüne göre daha yavaş olduğu belirgin şekilde ortaya çıkmaktadır. Süt tozu, meyve suyu tozu gibi ürünlerin eldesinde kullanılan püskürtmeli kurutucularda ürün boyutu minimum düzeye indirilerek yüzey alanı artırılır. Bu sayede çok kısa bir sürede etkin bir kurutma gerçekleştirilmiş olmaktadır (Geankoplis 1993).

Ürünün Bileşimi: Kurutulan gıdalarda kurutma süreci esnasında ürün bileşimi, süreçle beraber değişiklik göstermektedir. İçeriğinde pektin ve nişasta gibi molekülleri ihtiva eden gıda ürünlerinde, su bu bileşenler tarafından tutularak jel bir yapı oluşacağından, üründen uzaklaşması çok zordur. Buna ilave olarak yapısında yüksek miktarda yağ ve şeker içeren gıdalarda suyun buharlaşması daha zor olduğundan, kuruma da yavaş gerçekleşir.

Ürün Miktarı: Meyve ve sebzelerin kurutma işlemleri sırasında taneler düzgün formda üst üste gelmeyecek şekilde dizilerek kurutma yapılmalıdır. Kurutulacak ürünün birim miktarının fazla oluşu kuruma sürecini uzatacaktır. Örneğin konveksiyonel kurutma işleminde kurutulacak olan ürünün dizilimi ne kadar kalın olursa sıcak havanın ürüne nüfus etmesi o kadar zor ve kuruma işlemi de o kadar uzun sürecektir (Mujumdar 2004).

Kurutma sıcaklığı: Kurutulacak olan ürünlere uygulanan kurutma havasının sıcaklığı arttıkça birim zamanda üründen buharlaşan su miktarı da buna bağlı olarak artmaktadır. Ancak bunun yanı sıra kurutma sıcaklığı, kurutma yapılacak ürünün niteliklerine göre belirlenmelidir. Fazla miktarda uygulanacak olan sıcaklık üründe istenmeyen renk değişimleri, yüzeyde deformasyon gibi belirtilerle kendini gösterebilmektedir (Mujumdar 2004) .

Kurutucudaki hava hızı: Kurutulan ürünün özellikle ilk kuruma evresinde, kurutucu içerisindeki hava hızı ne kadar yüksek ise ürünün kuruma hızı da o kadar yüksek olur. Kurutucudaki hava, gıdanın yüzeyinde oluşmuş olan sabit buhar tabakasını gıda yüzeyinden alarak, ihtiva ettiği nemin daha kısa sürede dokudan ayrılmasına yardımcı olmaktadır (Mujumdar 2004).

Kurutma Ortamının Sahip Olduğu Basınç: Kurutma ortamının sahip olduğu basınç ile gıdanın ihtiva ettiği suyun buharlaşma sıcaklığı doğru orantılı olarak değişkenlik göstermektedir. Kurutma ortamının basıncı yükseldikçe, suyun buharlaşma sıcaklığı da yükseliş göstermektedir. Dolayısıyla ortamdaki vakum arttıkça (ortam basıncı azaldıkça), buharlaşan su miktarı artacak ve kurutma daha kısa sürede gerçekleşecektir (Cemeroğlu 2004).

Kurutma sürecinde ürünün karıştırılması: Meyve ve sebzelerin kurutma sürecinde buldukları konumlar belirli sürelerle veya sürekli olarak titreştirme gibi işlemlere tabi tutularak kurumanın daha hızlı ve etkin gerçekleşmesi sağlanabilmektedir (Cemeroğlu 2004).

Gıdaların Kurutulması ile Yapılarında Meydana Gelen Değişimler

Kurutma işlemine tabi tutulan gıda ürünlerinde, hem kurutma sırasında hem de kurutma sonrasındaki süreçte fizyolojik, biyolojik ve kimyasal olarak pek çok değişiklik meydana gelmektedir. Bu değişiklikler pozitif yönde olabileceği gibi, istenmeyen renk ve tat oluşumu, besin değerlerinde kayıplar olarak negatif yönde oluşabilmektedir. Oluşacak değişiklikler gıdaya özgü niteliklere, kurutma parametrelerine ve depolama şartlarına göre kendini göstermektedir (Baker 1997).

Kitle yoğunluğunda azalma: Birim hacmin ağırlığı olarak tanımlanan kitle yoğunluğu kurutulmuş gıdalar için bir kalite göstergesidir. Kurutulan üründe, kurutma başlangıcı ve sonunda boyut değişikliği yani herhangi bir büzülme tespit edilmediği takdirde ürünün kaybettiği su miktarı kadar kitle yoğunluğunda bir azalma meydana gelir. Ancak özellikle elastik yapı gösteren sebze ve meyvelerde mutlaka kurutma sonunda bir miktar büzülme gözlemlenir. Büzülme oranı lifli yapı gösteren sebze ve meyve gibi gıda ürünlerinde %50 ye kadar yükselebilir (Dadalı 2007). Bu oranın azaltılması gıdanın daha düşük sıcaklık ve daha yüksek bir nem ortamında kurutulmasına bağlıdır. Mikrodalgada kurutulan gıdalarda, kurutucu prensibinden kaynaklı olarak daha az oranda büzülme göstermektedirler (Panyawong ve Devahastin 2007). Çoğunlukla kurutma sürecinin ilk safhalarında oluşan büzülme, gıdalarda yapının içe doğru çökmesi ile gerçekleşir. Sebze ve meyveler su oranı yüksek olan gıda maddeleri olmasından dolayı camsı geçiş sıcaklıkları buna bağlı olarak çok düşük değerlerdedir. Camsı geçiş sıcaklığına yakın değerlerde bir kurutma işlemi yapıldığında büzülmenin önüne geçilebilir ancak bu sıcaklıklarda yapılan kurutma işlevsel olmayacağından dolayı sebze ve meyvelerin kurutulmasında mutlaka değişik miktarlarda büzülme ile karşılaşmaktadır (Canovas ve Mercado 1996). Ürün niteliklerine ve kurutma parametrelerine bağlı olarak kitle yoğunluğunda değişim miktarı değişiklik göstermektedir (Geankoplis 1993).

Kabuk bağlama: Kurutulacak olan ürüne uygun olmayan kurutma parametrelerinin uygulanması ile meydana gelen bir durumdur. Genellikle kurutma işleminin ilk evresinde ürüne yüksek sıcaklık verilmesi ile yüzey tabaka hızla su kaybederek sert bir kabuk formuna dönüşürken alt tabaka nemli olarak kalır. Kabuk bağlayan gıda

materyalinde ısı merkeze daha zor ve geç iletileceğinden kuruma hızında hızlı bir düşüş gözlemlenir (Cemeroğlu ve Acar 1986).

Çözünür madde göçü: Gıdanın kurutulması esnasında merkezden yüzeye doğru difüzyon ile bir nem transferi gerçekleşmektedir. Bu transfer ile serbest su içerisinde bulunan çözünmüş moleküller de nem ile birlikte hücrenin sahip olduğu yarı geçirgen zarın yapısına göre hücre duvarında difüzenmektedir. Yüzeye taşınan su hücreden ayrıldıktan sonra hücre duvarı boyunca bir kuru madde birikmesi gözlenir. Yüzeydeki bu birikim miktarı arttıkça konsantrasyon eşitlenene kadar daha sonraki aşamada yüzeyden iç kısma doğru çözünür madde difüzyonu gerçekleşir. Uçucu olmayan çözünür maddelerin göçü ise sıvı çözeltinin hareket etmesi ile gerçekleşmektedir ve buhar hareketine bağlı değildir. Şeker içeriği yüksek olan meyveler kurutma işlemine tabi tutulduklarında çözünür madde göçüne bağlı olarak kabuk oluşumu görülmektedir. Oluşmuş olan kabuk zambak veya camısı görünümüne sahip olup, su difüzyonunun gerçekleşmesini engeller ve dolayısıyla iç kısımdaki nem kabuk nedeniyle dışarı atılamadığından istenmeyen bir kurutma sonucu elde edilir.

Rehidrasyon yeteneğindeki değişim: Kurutulmuş olan ürünün suda belli bir miktar bekletilmesi sonucu kazandığı su miktarının ölçüsü rehidrasyon yeteneğidir. İyi bir kurutma işleminin ölçütlerinden biri, kurutulmuş ürünün suda bekletildikten sonra taze halindeki şekil ve nem miktarına erişmesidir. Rehidrasyon yeteneği, parça halindeki gıda ürünlerinin yanı sıra püre veya sıvı halde kurutulmuş granül hale getirilen süt tozu, meyve tozu gibi kurutulmuş ürünlerde de mevcuttur. Bu tip ürünlerin instant özellik göstermesi yani toz formundaki ürünün sıvı içerisinde hızla eriyip dağılması beklenir (Arsdel ve Copley 1963).

Renk değişimleri: Enzimatik veya enzimatik olmayan yollarla gerçekleşen renk esmerleşmesi, kurutma sonrası depolama sürecinde ve kurutma sürecinde gerçekleşebilen bir reaksiyondur. Esmerleşme reaksiyonlarının gerçekleşmesi ile birlikte kurutulmuş olan meyve-sebzede görünüm ve renk değişiminin yanı sıra, tat ve besin değerlerinde negatif yönde bir değişiklik gözlenmektedir. Esmerleşme reaksiyonları kurutulan gıdanın içerdiği nem miktarına, kurutma süresi ve hızına ayrıca ürünün bileşimine bağlılık gösterir. Enzimatik esmerleşmelerin durdurulabilmesi/

sınırlandırılabilmesi için, meyve ve sebzelerde kurutma öncesinde haşlama işlemine tabi tutulması, osmotik dehidrasyon ve su aktivitesinin düşürülmesi olumlu anlamda etki edebilmektedir (Maskan 2001). Enzimatik esmerleşmelerde, enzimlerin çalıştığı su aktivite değer aralıkları önem arz etmektedir. Peroksidaz, fenoloksidaz ve amilaz enzimleri su aktivitesi 0,85 değerinin altına düştüğü zaman inaktif duruma gelirler. Ancak su aktivitesi 0,25 değerinde bile aktif durumda olabilen lipaz enzimi kurutulmuş gıdaların bozulmasında etkin rol oynadığı bilinmektedir.

Enzimatik esmerleşmenin yanı sıra kurutulmuş ürünlerde daha çok enzimatik olmayan esmerleşmeler görülmektedir. Enzimatik olmayan esmerleşmeler kurutma esnasında gerçekleştiği gibi depolama koşullarının elverişsiz olduğu ortamlarda da devam etmektedir. Maillard reaksiyonu adı verilen enzimatik olmayan esmerleşmelerde proteinlerin amino grupları ile şekerlerin aldehit grupları rol oynar. Maillard reaksiyonu %15-20 su oranı bulunan ortamlarda maksimum hızda gerçekleşmekte iken nem oranı %15'in altına düştüğü takdirde azalmakta ve %2'nin altında ise reaksiyon durmaktadır. Ortam sıcaklığı ve reaksiyona giren besin konsantrasyonu (indirgen şeker gibi) arttıkça, maillard reaksiyonunda da hızlanma görülür. Reaksiyonun gerçekleşmesi ile birlikte renk değişimleri, ürün niteliğine bağlı olarak Hidroksimetilfurfural (HMF) oluşumu, besin ve aroma kayıpları gibi olumsuz sonuçlar meydana gelmektedir (Gedik 2001).

Besin kayıpları: Gıdaların kurutulmasıyla birlikte ihtiva ettikleri besinlerin (protein, yağ, karbonhidrat, madensel maddeler vs.) yoğunlukları artmaktadır. Uygulanan kurutma tekniği ve kurutma parametrelerine bağlı olarak besin değerlerinde kayıplar oluşmaktadır. Ayrıca ürün içerisinden buharlaşan su ile birlikte uçucu bileşenler de üründen uzaklaşarak aroma kaybı meydana gelmektedir. Sebze-meyvenin içerdiği vitaminler kurutma ile birlikte oluşan oksidasyon ürünleri ile tepkimeye girdiğinde bir miktar kayba uğramaktadırlar. Özellikle Kükürt dioksit ve sıcaklığa çok duyarlı olan Tiamin, kurutma öncesi kükürtlemeye tabii tutulması ile büyük oranda kayba uğrar. Asitliği yüksek olan sebze ve meyvelerde sakkaroz inversiyona uğrayarak ürünün yapı ve lezzetinde değişiklik meydana getirmektedir. Yapılan araştırmalarda proteinlerin ise kurutma işlemine tabi tutulan ürünlerde biyolojik değerinin kaybolmadığı bildirilmiştir (Hernandez ve ark. 2006). Besin değerlerinde oluşan kayıpların minimize edilmesi için kurutma koşullarının ürüne uygun olmasının yanı sıra, kurutma sonrası ürünün

depolama safhasında oksijen oranı, nem miktarı ve sıcaklığı düşük olan ortamlar tercih edilmelidir (Karabulut ve ark. 2007).

Mikrobiyolojik Değişimler: Kurutulmuş gıdaların içerdiği su miktarının azalması ile birlikte mikroorganizmaların faaliyetleri sınırlandırılır. Ancak yapılan araştırmalarda özellikle patojen mikroorganizmaların kurutulmuş sebze-meyvelerde uzun süre aktivitesini koruduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle mikroorganizma yükü açısından tehdit oluşturmayacak kuru bir gıda elde etmek için en doğru seçenek, kullanılan hammaddenin sağlıklı olması, kurutmaya hazırlama ve kuruma aşamalarında hijyen kurallarına dikkat edilerek ürünün kontamine olmasının önüne geçilmesidir.

Kuru sebze ve meyveler için su aktivite değeri 0,7 olduğunda mikroorganizma tehdidi büyük oranda engellenmiş olur. Ancak bazı ozmofilik mayaların 0,6 su aktivitesi değerinde faaliyet gösterdikleri tespit edilmiştir (Karaçalı 2002).

Meyve ve Sebzelerde Kurutma Öncesi Uygulanan İşlemler

Meyve ve sebzelerin kurutulmalarından önce bir takım ön işlemlere tabi tutulması son ürün kalitesi üzerine pozitif anlamda etki göstermektedir. En yaygın kullanılan ön işlem teknikleri açıklamaları ile birlikte belirtilmiştir.

Haşlama: Kurutma yapılmadan önce meyve ve sebzelerin haşlanması enzim inaktivasyonunu sağlayacağı için kurutma işlemi sırasında oluşabilecek enzimatik esmerleşme reaksiyonlarının minimize edilmesini sağlamaktadır.

Askorbik asit ile muamele: Meyve sebzeler kurutma işleminden önce askorbik asit çözeltisine daldırıldıklarında esmerleşme reaksiyonunun önüne geçilmesine rağmen bu durum geçici bir süre etkinliğini sürdürmektedir.

Sülfür ile muamele: Meyve ve sebzeler kurutulduktan sonra niteliklerinin uzun süre muhafaza edilmesinin sağlanması için sülfür çözeltisine daldırma veya kapalı alanlarda sülfür gazı ile muamele edilmektedir. Buna ilave olarak, sodyum metasülfür tuzları, sodyumsülfür ve bisülfür molekülleri de meyve ve sebzelerde aynı muhafaza etkisini gösterebilmektedir.

Kabuk parçalama (çizikleme): Yöntemde meyve öncelikle kaynayan su içerisine daha sonra buzlu su içerisine daldırılıp çıkarılarak suyundan arındırılır. Meyve yüzeyine mumsu bir tabaka bulunan yabanmersini, erik, üzüm, kiraz ve vişne gibi meyvelerde kuruma esnasında meyvenin yüzeyden çatlamasını engellemek amacıyla koruyucu bir yöntem olarak kullanılmaktadır (Cemeroğlu 2004).

Kurutma Çeşit ve Teknikleri

Kurutma işleminde, kurutulacak olan ürünün içerdiği nem, sahip olduğu hacim, kendisine özgü tekstür özellikleri, yasal düzenlemeler ve son ürün için istenen nitelikler, uygulanacak olan kurutma tekniğinin ve parametrelerinin belirlenmesinde rol oynamaktadır.

Kurutma işlemi, kurutulacak olan maddenin ihtiva ettiği suyu uzaklaştırmak amacıyla uygulanacak olan ısının taşınma şekline göre kontakt kurutmaya, konveksiyonel kurutma ve radyasyon kurutma olarak adlandırılmaktadır. Kontakt kurutma işleminde, kurutulacak olan ürün hareketli veya hareketsiz şekilde dururken, aynı zamanda temas halinde olduğu sıcak yüzeyden ısı geçişi gerçekleşmektedir. Yani kondüksiyon ile evaporasyon için ihtiyaç duyulan ısı taşınmaktadır. Endüstride kullanılan en tipik örneği silindirik (valsli) kurutma sistemleridir. Sıcak hava tekniği olarak da bilinen konveksiyon ile kurutmaya işleminde, ürünün içerdiği suyun buharlaştırılarak uzaklaştırılması için ihtiyaç duyulan ısı, bir gaz aracılığıyla yani genellikle hava ile taşınmaktadır. Kurutulacak olan ürünün üzerinden, içinden ve aralarından sıcak hava geçirilmektedir. Radyasyon ile kurutma işleminde ise infrared, dielektrik veya mikrodalga gibi elektromanyetik enerji kaynaklarından faydalanılmaktadır. Yani, kurutulacak olan ürüne uygulanan ısı, herhangi bir maddi taşıyıcıya ihtiyaç duyulmadan sistem içerisindeki bir radyasyon kaynağı ile ulaştırılmaktadır (Garcia ve ark 1988).

Biyokimyasal ve kimyasal süreçlerde oldukça büyük öneme sahip olan kurutma teknolojisi kendi içerisinde uygulanma şekline göre doğal ve yapay kurutma olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Çok eski zamanlardan itibaren insanoğlunun kullandığı, güneş ışınlarının enerji kaynağı olarak kullanılıp, ürün bünyesindeki su (nem) miktarını azaltması ile gerçekleşen kurutma; “doğal kurutma” olarak adlandırılır. Doğal kurutma, doğada herhangi bir insan müdahalesi olmadan da gerçekleşebilmektedir. Baklagil ve

tahıl grubunun tarlalarda kendiliğinden kurumması buna örnek olarak gösterilebilir. Bu yöntem ekonomik açıdan elverişli olsa da, ürünün toz, yağmur, böcek ve kemirgen gibi dış faktörlere maruz kalması, kalite kaybına neden olmaktadır. Ayrıca güneşte kurutma işlemine tabi tutulan ve klimakterik davranış sergileyen meyve ve sebzelerde solunum bir süre devam etmekte ve buna bağlı olarak fermentasyon görülmektedir (Saçılık ve Eliçin 2006). Bu durum istenen verimi düşürdüğünden yapay kurutma işlemine göre bir dezavantaj olarak belirmektedir. Güneşte kurutma yapabilmek için kurutma yapılacak ürünün miktarına bağlı olmakla birlikte geniş alanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bununla birlikte her ürün fiziksel ve kimyasal yapıları göz önüne alındığında güneşte kurutulmaya elverişli değildir. Teknolojik kurutma yöntemlerine göre kurutma süresi daha uzundur. Üründe oluşabilecek renk değişimleri ve mikrobiyolojik yük miktarında artış gerçekleşmektedir. Ayrıca son ürünün ihtiva ettiği nem oranı yapay kurutmada olduğu gibi minimize edilememekte genellikle %15 civarında sabitlenmektedir. Bu nedenle kurutma işleminde teknolojik gelişmelere ihtiyaç duyulmuştur (Soysal 2004).

Yapay kurutma tekniklerinde ise, gıda maddesi kontrollü şartlar altında ve kapalı bir alanda kurutma işlemine tabii olmaktadır. Doğal kurutma ile kıyaslandığında işletme ve yatırım maliyetleri çok daha fazla olmasına rağmen, ürün kalitesi daha yüksek olmakta, vitamin ve besin değerlerinde çok daha az kayıp yaşanmakta, kurutma işlemi çok daha kısa sürmekte ve kurutulan ürün istenilen nem içeriğine getirilebilmektedir (Dadalı, 2007). Yapay kurutma tekniğinde güneş enerjisi de enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Ancak diğer enerji kaynaklarından daha çok faydalanılmaktadır. Günümüzde teknolojinin gelişmesi ile beraber kurutma işleminin endüstriyel boyuta taşınmasını sağlayan pek çok kurutma sistemi geliştirilmiştir. Bu sistemlere örnek olarak, kabin tipi kurutucular, akışkan yataklı kurutucular, tünel kurutucular, vakum kurutucular, mikrodalgalı kurutucular, püskürtmeli kurutucular ve dondurarak kurutma yapan kurutucular gösterilebilir (Doymaz 2003).

Gıda Maddelerinde Yaygın Olarak Kullanılan Bazı Kurutma Teknikleri

Sıcak Hava ile Kurutma Tekniği:

Bu teknikte kurutulacak olan ürüne konveksiyon ile ısı aktarımı gerçekleşir. Sıcak havalı kurutucuların içerisinde ısıtılmış olan hava sirküle edilmektedir. Havanın hareketi

genellikle vantilatör ve fan sistemleri ile sağlanarak, sıcak hava, kurutulacak olan ürünün, içinden, arasından veya üzerinden geçirilmektedir. Sıcak havalı kurutucularda, sıcak havanın ürünle olan temasına göre doğru, ter, çapraz ve paralel olarak gruplandırılır. İçerideki havanın ısıtılması doğrudan veya dolaylı olarak yapılabilir. Doğrudan ısıtmada, hava alev ile direkt olarak temas edilerek ısınır. Dolaylı ısıtmada ise hava, alevle, buharla ya da elektriksel bir kaynakla ısı taşınım, ısı iletim veya bunların kombinasyonu ile ısıtılır. Elektriksel yöntem ile ısıtılan havanın kullanıldığı kurutucular, genellikle, kurutmak için yüksek sıcaklığa ihtiyaç duymayan ürünlerde kullanılmaktadır (Saldamlı ve Saldamlı 2004). Sıcak havalı kurutucuların en tipik örneği kabin tipi kurutuculardır. Kabin tipi kurutucular, içerisindeki düz, delikli veya ızgaralı kerevetlere, kurutulacak olan gıdanın dilimlenmiş, püre veya bütün halde ince bir tabaka oluşturacak biçimde yerleştirilerek, sıcak havanın hareketsiz olan kerevetler arasında dolaşıp daha sonra belli bir kanaldan dışarı çıkarılması prensibine dayanmaktadır. Kabin tipi kurutucularda havanın kullanımı iki şekilde gerçekleşmektedir. İlkinde hava sirküle edilerek, sıcak havanın kurutulan gıdadan aldığı nem, bir kondensör veya bir silikajelden geçirilerek, taşıdığı nem tutulup tekrar ısıtıcıya gönderilir. Diğer tipte ise hava tek kullanımlıdır ve kurutulan üründen nemi aldıktan sonra çıkış kanalından hava dışarı atılır (Yağcıoğlu 1999). Kabin kurutucular genellikle çok fazla miktarda ürün kurutulmasında değil, birkaç ton kadar ürünün kurutulmasında kullanılmaktadır. Kuruma süresi ürüne ve istenilen son nem içeriğine bağlı olarak değişmektedir (Gürlek ve ark. 2015). Uygulanan havanın sıcaklığı, nemi ve hızı kabin kurutuculardaki kerevetlerin her yerinde aynı oranda olmayabilir. Bundan dolayı kerevetlerin her yerinde kuruma hızı aynı olmayabilir. Kuruma esnasında hava akışının yönü değiştirilerek bu durum engellenmektedir (İspir 2006).

Vakum Kurutucular ile Kurutma Tekniği:

Vakum kurutucu prensibi, sıcaklığın yüksek olması durumunda olumsuz olarak etkilenen gıdaların, vakum altında ve düşük sıcaklıklarda hızla kurutulmasına dayanmaktadır. Çoğunlukla püre ve sıvı formdaki gıdaların kurutulmasında kullanılmakla birlikte katı formdaki gıdaların kurutulmasında da bu teknik kullanılabilir.

Vakum ortamı, bir buhar enjektörü veya vakum pompası tarafından emilerek $2,5 \times 10^{-3}$ - 7×10^{-3} bar aralığında olacak şekilde vakum hücresindeki havanın ayarlanması ile sağlanır. Kondüksiyon, konveksiyon ya da radyasyonla ısı iletimi alternatiflerinden bir ya da bir kaçının kullanılması ile gıda ısıtılarak ihtiva ettiği suyun buharlaşması sağlanmaktadır. Buhar enjektörlü tiplerde bir yoğuşturucuya gerek yok iken, vakum pompası olan kurutucularda buharlaşmış olan su, bir yoğuşturucu vasıtasıyla sıvı forma dönüştürülerek, vakum hücresinin dışına atılmaktadır. Okside olma özelliği gösteren gıdaların kurutulmasında, vakum hücresi içerisindeki havanın çok düşük seviyeye indirilmesi oksidasyon tehlikesini ortadan kaldırmaktadır. Vakum tipi kurutucularda uygulanan sıcaklık düzeyi nispeten diğer kurutuculara göre daha düşük olduğundan dolayı, yüksek sıcaklıkta kurutulan ürünlerin yüzeyinin hızlı bir şekilde kuruyup sertleşmesi ve iç katmanlardan yüzeye nem difüzyonunun engellenmesi nedeniyle homojen bir kurutma sağlanamamasın önüne geçmektedir. Sıcaklığın ve ortamdaki havanın daha düşük olması, renk, besin ve aroma kayıplarını minimize etmektedir. Ancak vakum kurutucuların pek çok kurutucu tipine göre çok daha maliyetli olması en büyük dezavantajıdır. Endüstride kullanılabilirliğini sağlamak amacıyla tavsiye edilen yöntem, bir ürünün tüm kuruma aşamalarının vakum kurutucuda gerçekleştirilmesinden önce, sıcak hava ile kurutma yöntemlerinden biri ile ürünün mevcut nemi %35-40 dolaylarına kadar ön kurutma yaparak, ikinci aşama olarak nem değerini vakum kurutucular ile %10-15 dolaylarına düşürmektedir (Saldamlı ve Saldamlı 2004).

Mikrodalga ile Kurutma Tekniği:

Sözcük anlamı olarak mikrodalga, 1 metreden kısa elektromanyetik dalga boyunu ifade etmektedir. Elektromanyetik spektrumun bir parçası olan mikrodalgalar, 1mm ile 1 m arasında dalga boyuna ve 300 MHz ile 300 000 MHz frekans aralığına sahiptir. Mikrodalga fırınlarda kullanıma uygun olarak belirlenen frekans, suyun rezonans frekansı olması sebebiyle 2450 MHz'dir (Uslu ve Certel 2006). Kullanılacak olan mikrodalga frekansı, tıbbi, endüstriyel ve bilimsel kullanım alanlarına göre, Amerika Birleşik Devletleri Federal Kominikasyon Komitesi tarafından, 915 MHz, 2 450 MHz, 5 800 MHz ve 24 225 MHz değerleri ile sınırlandırılmıştır. Mikrodalganın içeriği farklı dalga boyları gıdanın içerisine nüfus etme miktarını etkilemektedir. Örneğin, 2 450

MHz frekansa sahip olan dalga boyları, 915 MHz frekansa sahip olanlara göre gıda içerisine daha az nüfus etmektedir (Drouzas ve ark. 1999).

Mikrodalga fırın, fırın boşluğu (aplikatör), mikrodalğanın yayılmasını sağlayan dalga yayıcı ve magnetrondan oluşmaktadır. Magnetron, fırın içerisinde bulunan, elektrik enerjisini mikrodalgaya dönüştüren bir vakum tüpüdür. Magnetron, merkezde bulunan elektron yayıcı bir katot ve delikli silindirik bir anottan oluşmaktadır. Oluşturduğu mikrodalgalar, düşük enerji seviyesine sahip fotonlar şeklinde kurutulacak olan gıdaya nüfus eder (Afzal ve Abe 2000). Mikrodalgaların gıda üzerine düzgün yayılmasını sağlamak amacıyla fırın içerisinde, pervane ya da döner tabla bulunmaktadır. Kullanılacak olan tabla genellikle kağıt, tahta, plastik ve en çok cam olarak tercih edilmektedir. Metal tabla kullanılması durumunda, metal yüzey, ışını tekrar yansıtacağından dolayı kurutma süresinin uzamasına ve kuruma veriminin düşmesine neden olacaktır. Derinliği fazla ve köşeli kaplara göre derinliği az ve yuvarlak olan tablalar kurutma işleminde daha fazla verim elde edilmesini sağlamaktadır.

Mikrodalga kurutucular, diğer yapay kurutma yöntemlerine göre kurutma süresinin kısalığı, yüksek kurutma etkinliği, kullanım kolaylığı ve ortam ile kurutma kabının ısınması için bir enerji harcanmadığından daha ekonomik oluşu nedeniyle pek çok avantajı bulunmaktadır. Isınma işlemi diğer kurutma yöntemlerinde olduğu gibi içten dışa gerçekleşmez. Ürünün tüm noktaları merkezden en dışa kadar aynı anda yani eş zamanlı olarak ısınmaya başlar (Drouzas ve ark. 1999). Mikrodalga tipi kurutmada belirtilen avantajların yanı sıra, hızlı kütle kaybı sebebi ile tekstürde hasar, buna bağlı olarak dokuda istenmeyen değişimlerin gözlemlenmesi, kuruyan ürünün ulaştığı son sıcaklık değerinin kontrol edilmesinin zor oluşu gibi olumsuz durumların gözlemlenebilmektedir. Bundan dolayı konveksiyonel kurutma yöntemleri ile kombine edilerek kullanılıp, bu tip istenmeyen durumların önüne geçilebilmekte ve kurutma verimi yükseltilebilir (Barbosa ve Vega 1996).

Diğer kurutucu tiplerine göre mikrodalga kurutucularda, ürün yapısında oluşan ısı birikimi, çok daha hızlı gelişmekte ve dokunun ihtiva ettiği nemi hızlı bir şekilde su buharına dönüştürmektedir. Oluşan su buharı, kurutulan üründen ayrılırken, üründe deformasyonlara neden olabilmektedir. Bu nedenle kullanım amacı da dikkate alınarak

gıda ince dilimler halinde kesilip veya püre haline getirilirse kurutma verimi daha iyi olacaktır. Kurutulacak olan ürünün parçalanma veya dilimlenme kalınlığı kurutma parametrelerinin belirlenmesinde önemli bir kriterdir. Dilimlerin 2 mm'yi geçmemesi gerektiği yapılan çalışmalarda belirtilmiştir. Ürün kalınlığı ne kadar fazla olursa, tekstür o kadar deforme olacak ve kurutma verimi düşecektir (Karaarslan 2008). Mikrodalganın kurutma sürecindeki belirlenen gücü, kurutulacak olan gıdanın başlangıç nemi ve ürünün şekli kurutma etkinliği açısından son derece önemli parametrelerdir. Ürün niteliği açısından esmerleşme reaksiyonu gerçekleştireceği için şeker ihtiva eden ürünler, şekersiz ürünlere göre daha düşük güç uygulanarak kurutma sağlanmalıdır. Bunlara ek olarak, iyi bir sonuç için kurutulacak olan ürünün homojen nitelik göstermesi önemlidir. Örneğin kurutulacak olan bir sebzenin sap ve yaprak kısımları homojen özellik göstermediğinden beraber kurutmaya alınması iyi bir kurutma sonucunun önüne geçmektedir (Toğrul ve Pehlivan 2003).

2.3. Kurutma ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Hedayatzadeh ve Chaji (2016), kurutma parametreleri ve kurutma öncesi uygulanan ön işlemlerin son ürünlerdeki besin değeri ve renk değişimi üzerine bir çalışmaları derlemiştir. Çalışmalarında Cinquante ve arkadaşlarının, 3 farklı eriği (angeleno, empress ve stanley) alkali çözeltilisine daldırdıktan sonra kurutma işlemine tabi tutmuşlar ve ön işlemsiz kurutma yapılan eriklere göre son ürünlerdeki fruktoz ve glikoz oranının daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Kutlu ve İşçi (2016), yaptıkları bir çalışmada dilimlenmiş patlıcanları (*solanum melongena*) farklı sıcaklık parametrelerinde (60, 70 ve 80°C) tepsili kurutucuda ve farklı güç değerlerinde (180, 450 ve 720 W) mikrodalgada kurutma işlemine tabi tutmuşlardır. Bununla beraber deneysel veriler, farklı 13 modele uyarlanmış ve katsayılar doğrusal olmayan regresyon analizleri ile hesaplama işlemine tabi tutulmuştur. Sonuçlar değerlendirildiğinde mikrodalga gücü ve sıcaklığın artmasıyla birlikte efektif difüzyon katsayılarında artış görülmüştür. Mikrodalgada yapılan kurutma işlemi sonucu aktivasyon enerjisi, mikrodalga gücü ile tepsili kurutucuda kurutma işlemine tabi tutulan patlıcan dilimlerinde ise aktivasyon enerjisi sıcaklıkla

ilişkilendirilmiştir. Mikrodalgada kurutma için 180 W, tepsili kurutma için ise 60°C en yüksek rehidrasyon gözlemlenen değerler olarak kaydedilmiştir.

Aktaş ve Kara (2013), ısı pompalı ve güneş enerjili bir kurutucu tipi tasarlayarak, 5 mm kalınlığında dilimledikleri kivileri kurutarak deneysel olarak incelemişlerdir. Başlangıç nem içeriği 6 g su/g kuru madde olan kivi dilimleri 0,1-1,0 m/s aralığında değişen hava hızı ile, 35 °C sıcaklıkta (8,5 saat) 0,53 g su/g kuru madde; 40 °C sıcaklıkta (7,5 saat) 0,25 g su/g kuru madde; 45°C sıcaklıkta (7,5 saat) 0,14 g su/g kuru madde ve 50 °C sıcaklıkta (6,5 saat) 0,15 g su/g kuru madde nem içeriğine ulaşmaya dek kurutulmuşlardır. Sistemin ortalama ısı performans katsayıları (2,90 ve 2,27) ve güneş kolektörü verimi (% 56,7) de göz önüne alınarak sonuçlar değerlendirildiğinde kivi dilimleri için en uygun kurutma sıcaklığının 50 °C olduğu belirtilmiştir.

Demiray ve Tülek (2016) yapmış oldukları bir çalışmada, güneşte bütün olarak kurutulmuş bamyaya örneklerine üç farklı rehidrasyon sıcaklığının (25, 35 ve 45°C), rehidrasyon kinetiği üzerine etkisi incelenmiştir. Dört farklı modelle, rehidrasyonda elde edilen deneysel sonuçların uygunluğu doğrusal olmayan regresyon analizi uygulanarak karşılaştırılmış ve modellere ait katsayılar hesaplanmıştır. Peleg ve Weibull modellerinin deneysel sonuçlara en iyi uyum gösteren modeller olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde yüksek sıcaklıkta (45°C) yapılan rehidrasyon işleminde nem kazanımının daha hızlı olduğu tespit edilmiştir.

Yoğurtçu (2014), yapmış olduğu çalışmada 8 mm kalınlığındaki limon dilimlerini mikrodalgada farklı güç değerlerinde (90, 180, 360, 600 W) kurutularak ince tabaka kuruma kinetiği incelenmiş ve zamana karşı limon dilimlerindeki kütle değişimi takip edilmiştir. 90, 180, 360 ve 600 W mikrodalgaya çıkış güçlerinde kurutulan limon dilimlerinin son nem içeriklerine sırasıyla 52, 16, 8 ve 5,5 dk sonunda ulaşıldı. Deneysel verileri değerlendirmek için Henderson & Pabis, Page ve Logaritmik ince tabak kuruma modelleri kullanılarak R^2 , x^2 ve RMSE istatistik parametreleri kıyaslanmıştır. Uygulanan modeller içerisinde limon dilimlerinin mikrodalgaya kuruma davranışını en iyi ifade eden modelin, Page modeli olduğu tespit edilmiştir.

Hastürk ve ark. (2012), iki farklı sıcaklık derecesinde ve farklı ön işlemlerde, vakum altında kurutmanın dilimlenmiş olan domateslerin kurutma karakteristiklerine ve kuru

madde, pH, titrasyon asitliği, renk, toplam şeker, indirgen şeker, askorbik asit, likopen, potasyum ve sodyum içeriği gibi kalite kriterlerine olan etkisi incelenmiştir. Kurutma işlemi 10 kPa vakum basınçta, 65 ve 75°C sıcaklık uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Uygulanan kurutma tekniklerinde ön işlem olarak domatesler önce bütün halde %2 etil oleat + %4 potasyum karbonat karışımına daldırılmış, daha sonra ise dilimlenen domatesler iki gruba ayrılarak, bir grup %2 sodyum metabisülfid çözeltisine, diğer grup ise %1 sitrik asit + %1 askorbik asit karışımına daldırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, ön işlem uygulamalarının kuruma sürelerini kısalttığı ve ön işlem uygulamalarının tüm renk kriterleri üzerine olumlu anlamda etki ettiği belirlenmiştir. Ön işlem uygulamalarıyla kurutulan domateslerin şeker içerikleri, ön işlem uygulanmadan yapılan kurutma işlemlerine göre nispeten daha düşük değerde kalmıştır. Sitrik+askorbik asit uygulaması pH değerlerinde düşme meydana getirirken, titrasyon asitliği değerlerini yükseltmiştir. Tüm kurutma işlemlerinde, kurutulmuş olan domateslerin askorbik asit değerleri düşmüş ve bununla beraber artan kuru madde içeriği ile birlikte likopen, potasyum ve sodyum miktarlarında artışlar olmuştur.

Tülek ve Demiray (2014) Trabzon hurmalarını, sakaroz çözeltisinde(%20'lik) ozmotik ön kurutma işlemi ile 80°C su içerisinde 15 dakika bekleme süresinin ardından kabin tipi kurutucuda, üç farklı ortam sıcaklığı (55, 65 ve 75°C) uygulayarak, Trabzon hurmalarının kuruma karakteristikleri ve renk özelliklerindeki değişimleri incelemişlerdir. Sonuçlar incelendiğinde kurutma sıcaklığındaki artışla beraber kuruma süresinin kısaldığı ancak yüksek sıcaklıkların renk karakteristiklerini olumsuz olarak etkilediği gözlemlenmiştir. 80°C su içerisinde yapılan bekletme işleminin ozmotik ön kurutma işlemine göre renk karakteristikleri üzerine daha olumlu etki yaptığı ve ozmotik ön kurutma uygulanan Trabzon hurmalarına ait kuruma sürelerinin daha kısa olduğu belirlenmiştir.

Alibaş (2007), yaptığı çalışmada ısırgan otu bitkisinin yapraklarını sıcak havada(50, 75, 100 ve 125°C), vakumda (20 ve 50 mm Hg) ve mikrodalga sisteminde (500, 650, 750 ve 850W) kurutma işlemine tabi tutmuş ve renk parametreleri ile enerji tüketim değerlerini karşılaştırmıştır. Deney sonuçlarını page modele uygulamış ve en uygun kurutma ve parametre olarak 850W güçde mikrodalga kurutma olduğunu tespit etmiştir.

Bondaruk ve ark. (2007), kurutulmuş olan patatesin şeker ve nişasta miktarı, mekanik özellikleri ve renk özelliklerindeki değişimi tespit etmek amacıyla çalışma yapmışlardır. Sonuçlar değerlendirildiğinde tüm kurutma işlemlerinde taze ve kurutulmuş patateslere ait renk değerleri arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Uygulanan kurutma tekniklerinde vakum-mikrodalga kombinasyonunun, diğer kurutma yöntemlerine göre nispeten renk değişiminin daha az olduğu gözlemlenmiştir. Kuruma süresi ve besin değerleri açısından incelendiğinde ise en uygun kurutma metodu ve parametrenin mikrodalga (24 kPa) olduğu belirtilmiştir.

Kamer ve ark, (2016) yapmış oldukları çalışmada materyal olarak kullandıkları kabak ve patlıcanı aynı boyutta keserek deneysel olarak kuruma davranışlarını incelenmiştir. Konveksiyonel kurutma işlemi uygulanan dilimlerde üç farklı sıcaklık (40, 50, ve 60 °C) ve üç farklı hava hızı (0,5, 1,0 ve 1,5 m/s) ile çalışılmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde sıcaklık ve hız artışıyla birlikte kuruma süresinin kısaldığı gözlemlenmiş ve bununla beraber kabak ve patlıcan dilimlerinin kuruma karakteristiklerini tanımlamada en uygun modellerin Henderson-Pabis ve iki-terimli eksponansiyel modellerinin olduğu tespit edilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışma materyali olarak Bursa İli'nin Hasanağa ilçesinden hasat edilen Bayrampaşa enginar tablaları mevsiminde taze olarak vakumlu ambalajlar içerisinde satın alınmıştır. Çalışmada kullanılacak olan enginar tablalarının eşit hacimlerde ve düzgün şekilde olmasına dikkat edilmiştir.

Taze olarak soyulmuş ve vakumlanmış olan enginar tablaları 1x2 cm ebatlarında ve kalınlığı 2 mm olacak şekilde dilimlenmiştir. Dilimlenmiş olan enginar tablaları polifenoloksidaz enzim aktivitesini sınırlamak amacıyla kurutma işlemine kadar %0,2'lik sitrik asit çözeltisinde bekletilmiştir.

3.2. Yöntem

Ön deneme çalışmaları

Yapılan çalışma kapsamında asıl kurutma işlemlerinden önce, vakum kurutucu, mikrodalga ve sıcak havalı kabin tipi kurutucularda ön denemeler yapılarak kurutma işleminin tamamlanması için uygun nem içerikleri, bunun için gerekli olacak süre ve kurutmada kullanılacak olan enginar dilimlerinin kurutma işlemi için en uygun ebatları tespit edilmiştir.

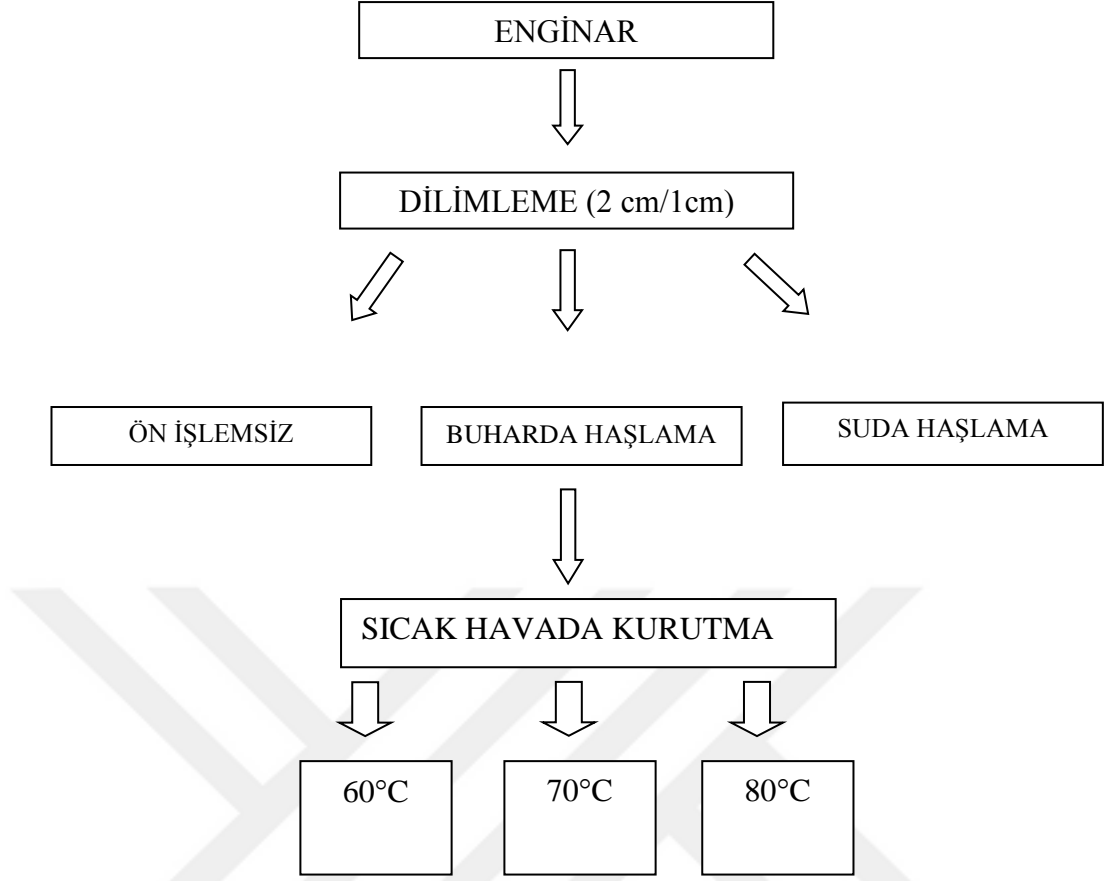
Kurutma yöntemleri

Kabin tipi kurutucuda konveksiyonel kurutma çalışmaları:

Dilimlenmiş enginar tablaları ön işlem uygulanmadan, buharda 60 sn haşlanarak ve suda 60 sn haşlanarak, her biri 3 farklı sıcaklık derecesinde (60, 70 ve 80°C) kurutma işlemine tabii tutulmuşlardır.

Kurutma işlemi süresince başlangıç anından itibaren 20 dk aralıklarla enginar dilimleri kurutma kabininden çıkartılıp tartılarak veriler kayıt altına alınmıştır.

İşlem basamakları ve çalışılan parametreler Şekil 3.1'de verilmiştir.



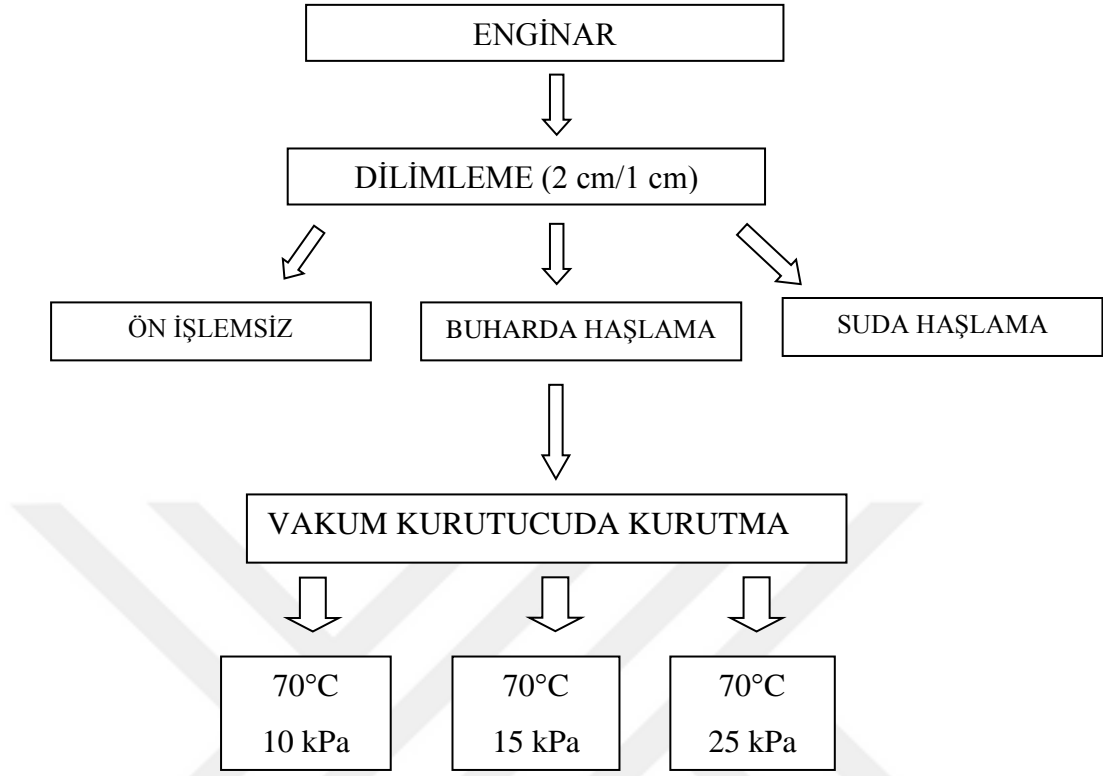
Şekil 3.1. Enginar dilimlerinin konveksiyonel kurutma işlem basamakları

Vakum tipi kurutucuda kurutma çalışmaları:

Dilimlenmiş enginar tablaları ön işlem uygulanmadan, buharda 60 sn haşlanarak ve suda 60 sn haşlanarak, her biri 70 °C sıcaklıkta 3 farklı mutlak basınç altında (10,15 ve 25 kPa) kurutma işlemine tabii tutulmuşlardır.

Kurutma işlemi süresince başlangıç anından itibaren 20 dk aralıklarla enginar dilimleri kurutma kabininden çıkartılıp tartılarak veriler kayıt altına alınmıştır.

İşlem basamakları ve çalışılan parametreler Şekil 3.2’de verilmiştir.

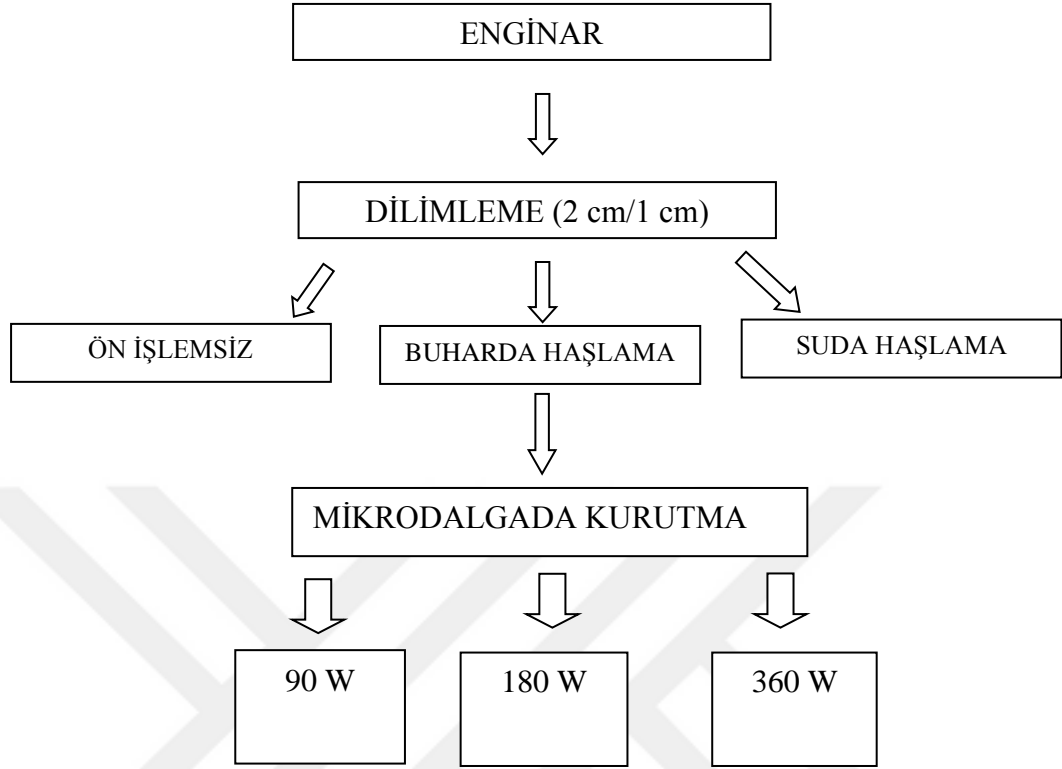


Şekil 3.2. Enginar dilimlerinin vakum kurutma işlem basamakları

Mikrodalga ile yapılan kurutma çalışmaları:

Dilimlenmiş enginar tablaları ön işlem uygulanmadan, buharda 60 sn haşlanarak ve suda 60 sn haşlanarak, her biri 90W, 180W ve 360W gücünde mikrodalgada kurutma işlemine tabii tutulmuşlardır.

İşlem basamakları ve çalışılan parametreler Şekil 3.3’de verilmiştir.



Şekil 3.3. Enginar dilimlerinin mikrodalgada kurutma işlem basamakları

3.3. Kurutulmuş Enginar Dilimlerinde Yapılan Analizler

Hammadde olarak kullanılan taze enginarlarda kuru madde içerikleri, pH, toplam asitlik tayini, toplam fenolik madde ve antioksidan analizleri (DPPH, CUPRAC, FRAP) yapılmıştır.

Kurutulmuş enginar örneklerinde Toplam fenolik madde tayini ve antioksidan analizlerinden DPPH, CUPRAC, FRAP analizleri yapılarak antioksidan aktiviteleri belirlenmiştir. Uygulanan farklı kurutma (mikrodalgada kurutma, vakum altında kurutma ve kabin tipi kurutucuda kurutma) yöntemlerine göre elde edilen kurutma verilerden yararlanılarak çeşitli matematiksel modeller uygulanmıştır.

Toplam kuru madde tayini

105°C'de etüv sıcaklığında sabit ağırlığa getirilip darası alınan kum + baget içerikli nikel kaplara yaklaşık 3-5 g taze enginar dilimleri ilave edilmiş ve sabit ağırlığa gelene kadar periyodik olarak tartımları alınmıştır (Kirk ve Sawyer 1991).

pH tayini

Taze enginar örnekleri blender yardımı ile püre haline getirilerek, pH değerleri, pH metre SevencompactpH/IonMettlerToledo ile oda sıcaklığında ölçüm yapılarak saptanmıştır (Cemeroğlu 2007).

Toplam asitlik tayini:

Püre haline getirilmiş taze enginarlarda toplam asitlik tayini, potansiyometrik yöntemle yapılmıştır. Örneklerin pH değeri 0,1 N NaOH ile titre edilerek pH= 8,1'e getirilip, elde edilen sarfiyata göre toplam asitlik değeri sitrik asit cinsinden g/100 mL olarak hesaplanmıştır (Cemeroğlu 2007).

Renk tayini:

Kurutulmuş enginar örneklerinde renk analizi, HunterLabMiniScan EZ4500L (Virginia, USA) marka renk tayin cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. *L*, *a*, *b* değerleri ölçülmüştür.

Toplam fenolik madde miktarı tayini:

Fenolik madde ve toplam antioksidan kapasite ekstraksiyonu:

Taze enginarlar ve kurutulmuş enginar örneklerinden 2 g tartılarak üzerine 20 mL ekstraksiyon çözeltisi (HCl: metanol: su, 1:80:10) eklenmiştir. (Beta ve ark. 2005, Vitali ve ark. 2009) 20°C 2 saat çalkalamalı su banyosunda (Memmert WNB 22 çalkalamalı su banyosu) bekletilmiştir. Süre sonunda 3500 rpm'de 10 dk santrifüj işlemi yapılarak daha sonra supernatant kaba filtre kağıdı kullanılarak filtre edilmiş ve böylece polifenollerin ekstraksiyonu gerçekleştirilmiştir. Ekstraktlar analiz edilene kadar -18°C de depolanmıştır.

Toplam fenolik madde tayini:

0,25 mL ekstrakt kapaklı cam tüpe alınır, üzerine 2,3 mL damıtık su ve 0,15 ml Folin-Ciocalteu (FC) ayıracı (1 birim FC: 5 birim saf su kullanılarak hazırlanmıştır) eklenmiştir ve karışım 15 saniye süreyle vortekslenmiştir. 5 dakika sonra üzerine 0,3 mL doymuş Na₂CO₃ (%35) çözeltisinden eklenmiş ve tüp içeriği çalkalanarak karanlık ortamda 2 saat bekletilmiştir. Süre sonunda tüpten alınan örneğin absorbansı, damıtık su ile hazırlanan tanık örneğe karşı 725 nm’de okunmuş ve sonuç, hazırlanan gallik asit kurvesi (R²=0,9835) yardımıyla elde edilen formülden “mg gallik asit eşdeğeri / 100 g” olarak hesaplanmıştır (Zhang ve Hamauzu 2004).

Antioksidan aktivite tayini:

Antioksidan kapasitenin belirlenmesinde DPPH, FRAP ve CUPRAC metodları kullanılmış, ölçümler spektrofotometrik olarak gerçekleştirilmiştir (Benzie ve Strain 1996, Apak ve ark. 2005, Katalinic ve ark. 2006).

DPPH yöntemi:

0,1 mL ekstrakt üzerine 3,9 mL 6x10⁻⁵ M DPPH çözeltisi eklenmiş ve 30 dk karanlık ortamda bekletildikten sonra 515 nm’de okuma yapılmıştır. Kontrol olarak şahit ölçülmüştür. Antioksidan kapasite kalibrasyonu için 0,0256 g (1x10⁻³) M troloks tartılmış ve saf metanol ile 100 mL’ye tamamlanmıştır. Antioksidan kapasite değeri hesaplanan kalibrasyon denklemi kullanılarak taze enginar ve kurutulmuş enginar örneklerinde µmol troloks/g örnek olarak hesaplanmıştır.

Kalibrasyon denklemi:

$$\% \text{ İnhibisyon} = [(A_{\text{tanık}} - A_{\text{örnek}}) / (A_{\text{tanık}})] \times 100$$

CUPRAC yöntemi:

1 mL Cu(II) klorür çözeltisi (1x10⁻² M bakır klorür çözeltisi: 0,4262 g CuCl₂.2H₂O suda çözdürülerek saf su ile 100 mL’ye tamamlanmıştır), 1 mL neokuproin alkoldeki çözeltisi (7,5x10⁻³ M neokuproin çözeltisi: 0,0390 g neokuproin etanolde (%96) çözdürülerek 25

mL'ye etanol ile seyreltilmiştir) ve 1 mL amonyum asetat çözeltileri (1M amonyum asetat tampon çözeltisi: 19,27 g NH₄Ac suda çözdürülerek 250 mL'ye saf su ile seyreltilmiştir) karıştırılmıştır. Üzerine x mL ekstrakt, (1-x) mL saf su eklenir. 30 dk sonunda, içeriğinde antioksidan madde bulunmayan örneğe karşı 450 nm'de absorbans değerleri okunmuştur. Antioksidan kapasite değeri hesaplanan kalibrasyon denklemi kullanılarak taze enginar ve kurutulmuş enginar örneklerinde µmol troloks/g örnek olarak hesaplanmıştır (Apak ve ark. 2005).

FRAP yöntemi:

FRAP yönteminde, günlük hazırlanan FRAP çözeltisinden (37°C'de inkübe edilmiş) 3 mL alınarak 300 µL saf su ve 100 µL test edilecek örnek (veya tanık için ekstraksiyon çözeltisi) ile karıştırılmıştır. Analiz edilecek örnekler ve tanık örnek 37°C'de 60 dk. inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda bekletilmeden 595 nm'de okuma yapılmıştır. FRAP çözeltisi: 25 mL 0,3 mol/L asetat tampon çözeltisi (pH 3,6), 2,5 mL 20 mmol/L Fe₃Cl x 6H₂O ve 2,5 mL 10 mmol/L TPTZ çözeltisi (40 mmol/L HCl ile hazırlanan) karıştırılarak hazırlanmıştır. Antioksidan kapasite değeri kalibrasyon grafiğinden elde edilen denklem kullanılarak taze enginar ve kurutulmuş enginar örneklerinde µmol troloks/g örnek cinsinden hesaplanmıştır (Benzie ve Strain 1996).

3.4. Hesaplamalar

Nem içeriğinin hesaplanması

Enginar dilimlerinin kurutulması sırasında, nem içeriği değerleri aşağıdaki eşitlikten faydalanılarak hesaplanmıştır;

$$M_t = (m - KM) / KM$$

Burada;

M_t: Herhangi bir t anındaki nem içeriği (kg su / kg kuru madde)

m: Örneğin ağırlığı (g)

KM: Örneğin içerdiği kuru madde miktarı (g)'dir.

Nem oranının hesaplanması

Kurutma işlemine tabii tutulan enginar dilimlerine ait nem oranı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$MR = (Mt - Me) / (M0 - Me)$$

Burada;

MR: Nem oranı (birimsiz)

Mt : Herhangi bir t anındaki nem içeriği (kg su / kg kuru madde)

Me: Denge anındaki nem içeriği (kg su / kg kuru madde)

M0: Başlangıçtaki nem içeriğini (kg su / kg kuru madde) tanımlamaktadır.

Gıdaların sıcak hava ile kurutulması işleminde; Me değeri Mt ve M0 ile kıyaslandığında çok küçük olduğu saptanabilir. Bu nedenle hesaplamalarda Me değerinin sıfır alınabileceği belirtilmektedir (Maskan 2001). Bu nedenle MR değerleri hesaplanırken, Me değeri sıfır alınarak işlemler yapılmıştır.

3.5. Modelleme Çalışmaları

Mühendislik uygulamalarında matematiksel modellemenin yeri oldukça önemlidir. Gıdalara uygulanan dondurma, kurutma, ısıtma ve soğutma gibi proseslerin değerlendirilmesi aşamasında modelleme metotlarından faydalanılmaktadır. Hem ekonomik hem de pratik açıdan deneysel uygulamalara alternatif olarak matematiksel modelleme yöntemlerinden faydalanılmaktadır. Gıda mühendisliği uygulamalarında matematiksel modellemelerden faydalanılmaya başlanması ile birlikte zaman ve maddi kayıplar minimize edildiğinden özellikle tasarım, arge ve üretim aşamalarında büyük bir uygulama alanı bulunmaktadır (Devres ve Pala 1993).

Page Model

Gıdaların kuruma kinetiğinin açıklanması sırasında en çok kullanılan modellerden olan Page modeli, Çizelge 3.1'de sunulmuştur (Sarsavadia ve ark. 1999).

Çizelge 3.1. Page modelini ait eşitlik

$MR = \exp (-ktn)$
k: Kinetik sabit (min-1)
n: Page modele ait katsayı
t: Kuruma zamanı (min)

Modifiye Page Model

Modifiye Page model Çizelge 3.2’de sunulmuştur (Yaldız ve ark. 2000).

Çizelge 3.2. Modifiye Page modeline ait eşitlik

$MR= \exp [(-kt)n]$ (2.12)
k: Kinetik sabit (min-1)
t: Kuruma zamanı (min)
n:Modele ait katsayı

Logaritmik Model

Logaritmik model, Çizelge 3.3’de sunulmuştur (Ertekin ve Yaldız 2001).

Çizelge 3.3.Logaritmik modele ait eşitlik

$MR= a \exp (-kt) + b$
a: Katsayı (birimsiz)
b: Katsayı (birimsiz)
k: Kinetik sabit (min-1)
t: Kuruma zamanı (min)

Henderson ve Pabis Model

Henderson ve Pabis modeli, Çizelge 3.4’de sunulmuştur (Bengston ve ark. 1998).

Çizelge 3.4. Henderson and Pabis Modeline ait eşitlik

MR = a exp (-kt) (2.9)
a: Katsayı (birimsiz)
k: Kinetik sabit (min-1)
t: Kuruma zamanı (min)

Lewis Model

Lewis modeli, Çizelge 3.5’de sunulmuştur (Dadalı 2007).

Çizelge 3.5. Lewis modeline ait eşitlik

MR = exp (-kt) (2.10)
k: Kinetik sabit (min-1)
t: Kuruma zamanı (min)

3.6. İstatistiksel analiz

Araştırmada 27 farklı örneğe ait saptanan veriler “Tasadüf Parselleri Deneme Deseni” ne göre üç tekerrürlü olarak varyans analizine tabi tutulmuştur (Turan 1998). Ortalamalar arasındaki farklılığın hesaplanmasında ise %5 olasılık düzeyinde LSD testi kullanılmıştır. Hesaplamalar “JMP 14” istatistik programı ile yapılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Taze Enginara Ait Fizikokimyasal Analiz Sonuçları ve Yorumlanması

Taze enginar sebzesine ait fizikokimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2 'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Taze enginara ait fizikokimyasal analiz sonuçları

ANALİZ	DEĞER
Toplam kuru madde (g/100g)	14,09±0,02
Toplam Asitlik (g/100g*)	0,05±0,00
pH	4,73±0,04
L	67,30±2,21
A	0,39±0,56
B	23,35±0,69

*: sitrik asit cinsinden

Taze enginar kalbinde toplam kuru madde 14,09±0,02 g/100 g olduğu belirlenmiştir. Yapılan bir çalışmada enginar kalbi örneklerinin toplam kuru madde değerlerinin 7,2 ile 20,6 g/100g aralığında tespit edildiği bildirilmiştir (Sekara 2012). Ayrıca toplam asitlik ve pH değerleri sırası ile 0,05±0,00 g/100 g ve 4,73±0,04 olarak bulunmuştur. Rayman-Ergün ve ark. (2015), dondurulmuş değerinin 2,78'den 4,43'e artış gösterdiğini belirtmişlerdir. Buna göre enginar kalbinde toplam asitlik değerinin 4 aylık depolama sonrasında 0,25'ten 0,18 g/100 g değerine düştüğünü, pH iki çalışmada kullanılan hammaddelere uygulanan depolama işlemlerinin farklı olmasından dolayı elde edilen değerler de farklılık göstermektedir.

Gıdaların görsel açıdan dikkat çeken en önemli özelliği renk olduğundan tüketim tercihi açısından da önem arz etmektedir. Bu sebeple satın alma tercihlerinin etkilenmesinde önemli rol oynamaktadır (Ellis ve Kok 2017). Taze enginar kalbi örneklerinin *L* değeri 67,30±2,21, *a* değeri 0,39±0,56, *b* değeri ise 23,35±0,69 olarak bulunmuştur. Enginar kalbi üzerine yapılan bir araştırmada *L* değerinin 66,7±1,2, *a* değerinin 2,7±0,7, *b*

değerinin $16,3\pm 0,3$ olduğu saptanmıştır (Guillen ve ark. 2017). Çalışmada elde edilen renk değerleri ile literatür arasında önemli bir farklılık olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. Taze enginara ait toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite analiz sonuçları

ANALİZ	DEĞER
DPPH ($\mu\text{mol TE}^*/\text{g KM}$)	$38,24\pm 0,28$
CUPRAC ($\mu\text{mol TE}^*/\text{g KM}$)	$107,19\pm 0,34$
FRAP ($\mu\text{mol TE}^*/\text{g KM}$)	$76,54\pm 0,72$
Toplam Fenolik Bileşik (mg GAE**/ 100 g)	$836,61\pm 2,81$

TE*: Troloks eşdeğeri, GAE**: Gallik asit eşdeğeri

Antioksidan bileşiklerin aktivitesi temel olarak indirgeyici ajanlar, hidrojen vericiler, tekli oksijen bağlayıcılar ve metal şelatörler olarak etki etmelerini sağlayan redoks özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla, bahsedilen bileşiklerin tümü, bazı kanserlere karşı potansiyel etki olarak antioksidan aktivite gösterir, bağışıklık sistemini uyarır, kardiyovasküler hastalıkları önler ve yaşlanma sürecini diğer biyolojik aktiviteler arasında geciktirir (Vega-Galvez ve ark. 2009).

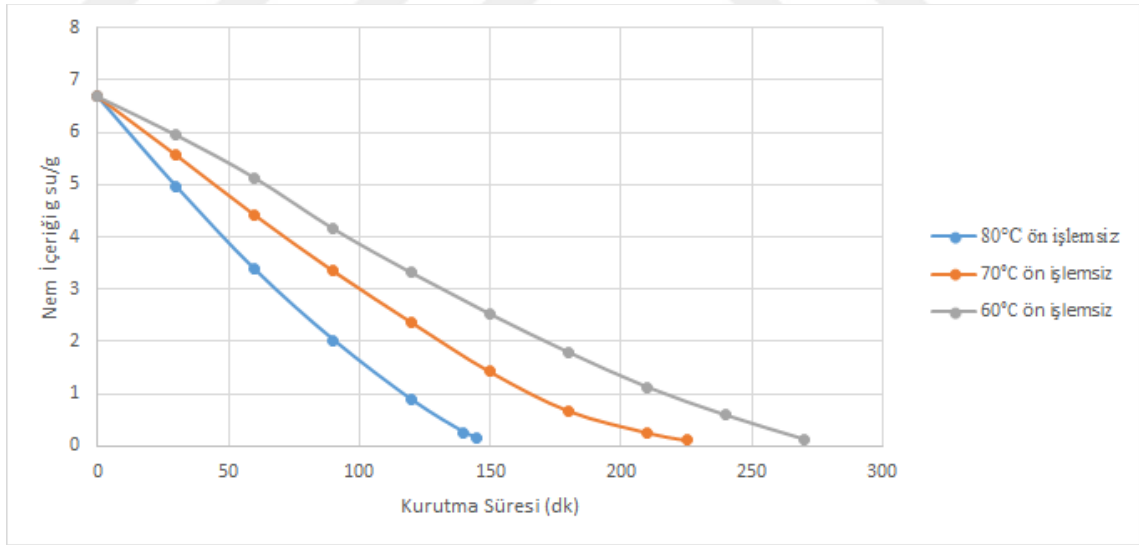
Taze enginar kalbinde antioksidan içeriğinin DPPH, CUPRAC ve FRAP yöntemlerine göre sırasıyla, $38,24\pm 0,28$, $107,19\pm 0,34$ ve $76,54\pm 0,72$ $\mu\text{mol TE/g}$ kuru ağırlık olduğu belirlenmiştir. Taze enginar kalbi üzerine yapılan bir çalışmada DPPH yöntemi uygulanarak antioksidan miktarı $34,58$ ile $50,20$ $\mu\text{mol troloks/ 100 g}$ kuru ağırlık aralığında tespit edilmiştir (Zakynthinos ve Varzakas 2016). Yapılan başka bir çalışmada ise FRAP yöntemi ile yapılan antioksidan analizleri sonucunda taze enginarın antioksidan içeriği 235 ± 15 $\mu\text{mol TE/g}$ kuru ağırlık olarak tespit edilmiştir (Jimenez-Escrig ve ark. 2003). Çalışmada hammaddeye uygulanan işlemler ve depolama sürelerinden kaynaklanan farklılıklar nedeni ile elde edilen değerler ile literatür arasında farklılıklar gözlenmiştir. Ayrıca, kullanılan antioksidan kapasite yöntemlerinin sonuçları arasında gözlenen farklılığın sebebi ise her yöntemde kullanılan kimyasal solventlerin etki ettikleri bileşiklerin farklı olmasından kaynaklanmaktadır (Schwarz ve ark. 2001).

Toplam fenolik madde miktarı taze enginarlarda $836,61 \pm 2,81$ mg GAE/ 100 g olarak bulunmuştur. Gouveia ve ark. (2012), yaptıkları araştırmada enginar yapraklarında toplam fenolik içeriğinin $233,60 \pm 1,4$ mg GAE/100 g olduğunu bildirmişlerdir. Literatür ile görülen farklılık enginarın farklı bölümlerinin incelenmiş olmasından dolayı değişiklik göstermiştir. Ancak buna rağmen enginar kalbinde toplam fenolik bileşik içeriğinin daha fazla olduğu şeklinde yorumlanmıştır.

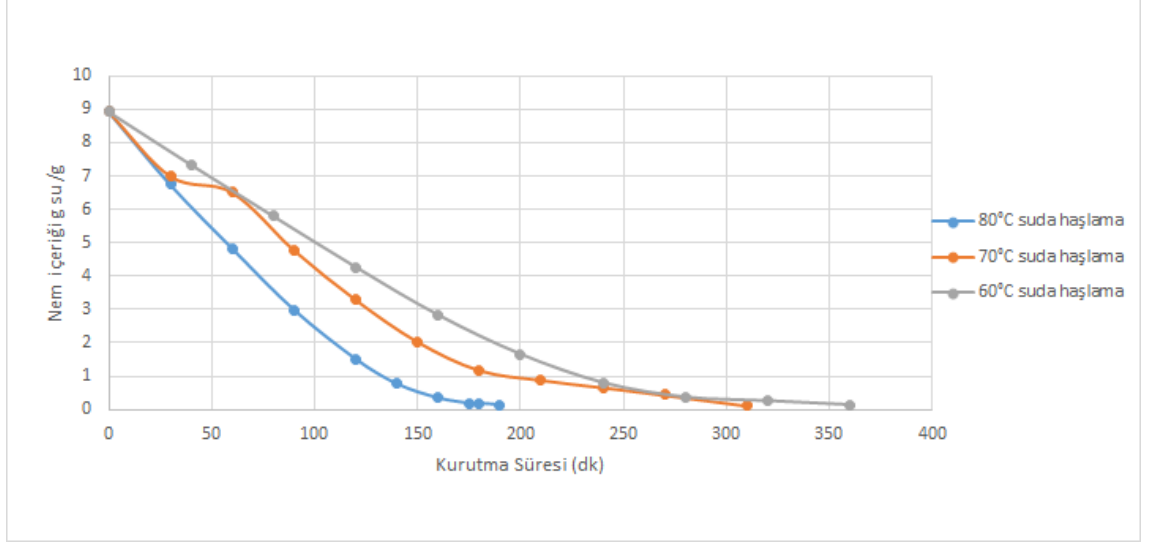
4.2. Enginar Dilimlerinin Farklı Kurutma Teknikleri ile Kurutulması Sonucu Elde Edilen Veriler ve Yorumlanması

Kurutma sıcaklığının konveksiyonel kurutma esnasında enginar dilimleri üzerine etkisi

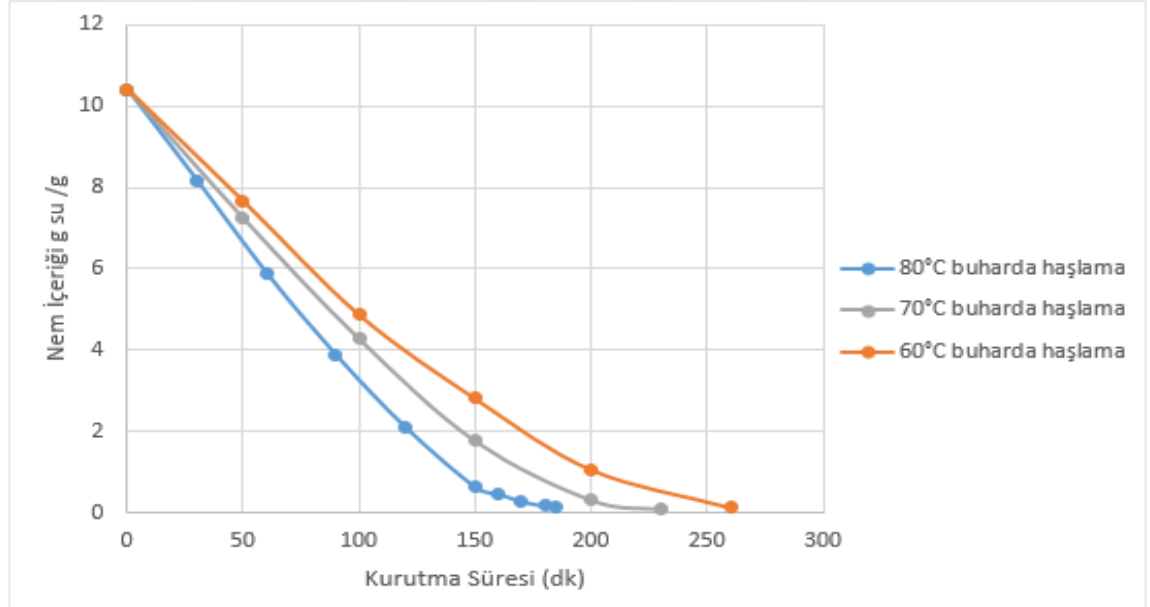
Suda haşlanan, buharda haşlanan ayrıca ön işleme tabii tutulmadan dilimlenmiş olan enginar örneklerinin belirlenmiş olan 3 farklı kurutma sıcaklığında (60, 70 ve 80°C) kurutulması sonucu içerdikleri nem miktarlarının zamana bağlı değişimi Şekil.4.1, Şekil.4.2 ve Şekil 4.3 de gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Ön işlem uygulanmayan enginar dilimlerinin konveksiyonel kurutmada zamana karşı nem içeriği



Şekil 4.2. Suda haşlanan enginar dilimlerinin konveksiyonel kurutmada zamana karşı nem içeriği



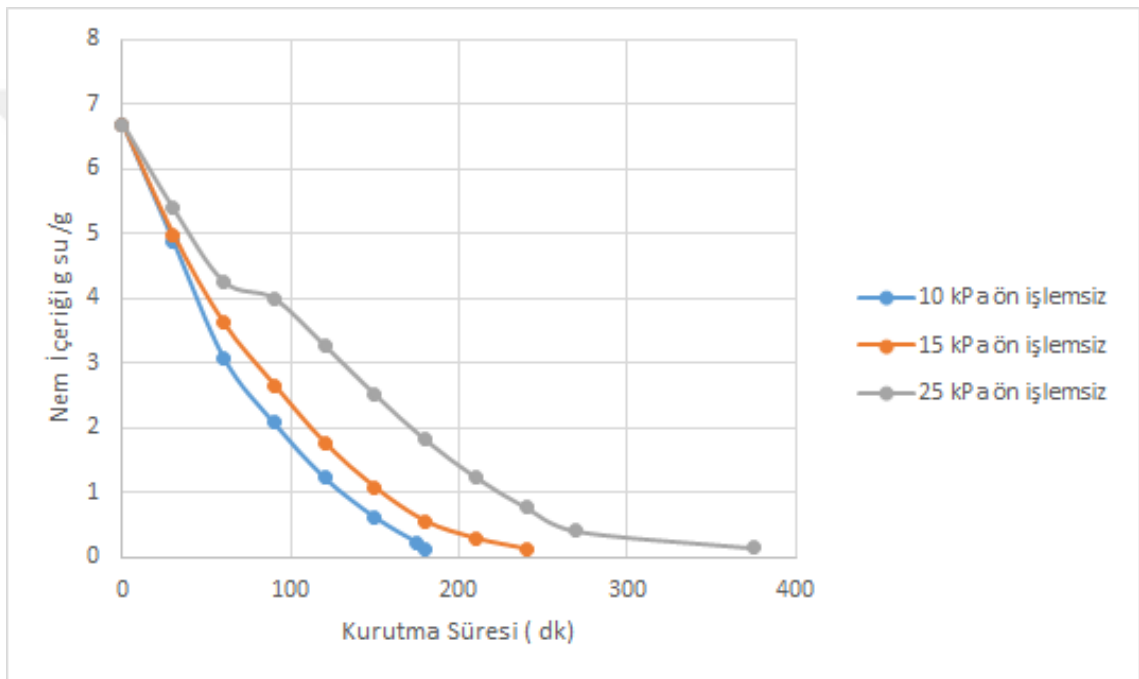
Şekil 4.3. Buharda haşlanan enginar dilimlerinin konveksiyonel kurutmada zamana karşı nem içeriği

İlgili grafikler incelendiğinde kurutma sıcaklığı ile kuruma süresi arasında ters bir orantı olduğu gözlemlenebilir. Yani kurutma sıcaklığı arttıkça buna bağlı olarak kuruma süresinin azaldığı belirlenmiştir. Örneğin ön işlem uygulanmadan kurutulmuş olan enginar dilimlerinden 80°C de yapılan kurutma 145 dk sürerken, 60°C için 270 dk sürmüştür. Enginar dilimlerine uygulanan ön işlemlere göre ise suda haşlama işlemine

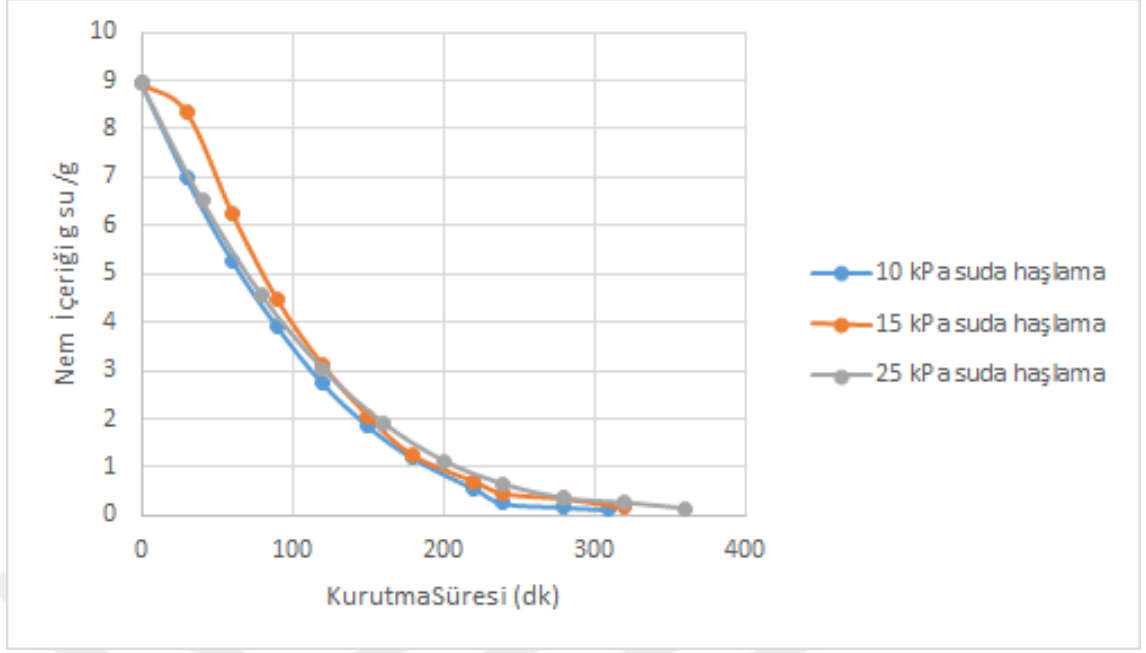
tabii tutulan örneklerde en geç kuruma sağlanırken, ön işlemsiz olan enginar dilimlerinin ise en önce kurutma sağlandığı tespit edilmiştir.

Kurutma basıncının vakum kurutma esnasında enginar dilimleri üzerine etkisi

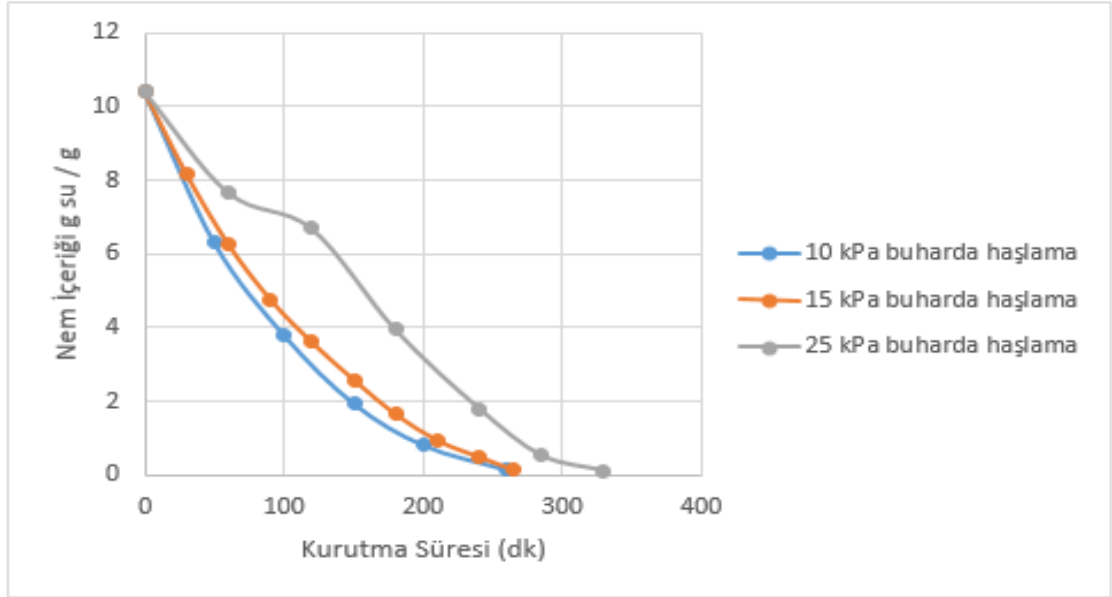
Suda haşlanan, buharda haşlanan ve ön işleme tabii tutulmadan dilimlenmiş olan enginar örnekleri 70°C sabit sıcaklıkta 10 kPa, 15 kPa ve 25 kPa vakumda kurutulması sonucu içerdikleri nem miktarlarının zamana bağlı değişimi Şekil.4.4, Şekil.4.5 ve Şekil 4.6' da belirtilmiştir.



Şekil 4.4. Ön işlem uygulanmayan enginar dilimlerinin vakum tipi kurutmada zamana karşı nem içeriği



Şekil 4.5. Suda haşlanan enginar dilimlerinin vakum tipi kurutmada zamana karşı nem içeriği



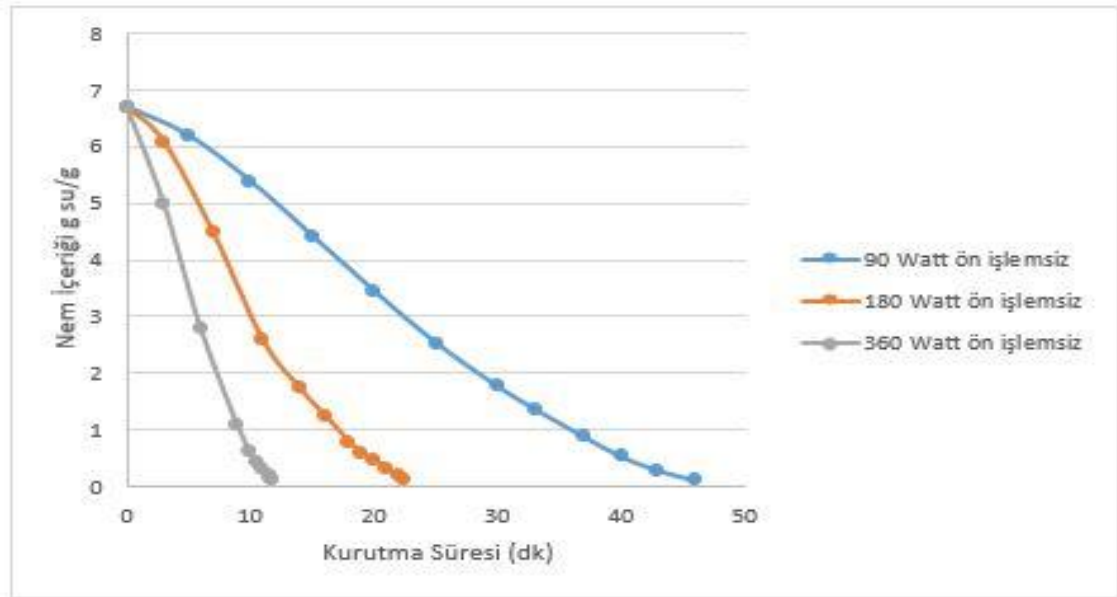
Şekil 4.6. Buharda haşlanan enginar dilimlerinin vakum tipi kurutmada zamana karşı nem içeriği

Grafikler incelendiğinde kurutma sırasındaki mutlak basınç ile kuruma süresi arasında doğru orantı olduğu gözlemlenebilir. Yani mutlak basınç arttıkça buna bağlı olarak kuruma süresi de artmaktadır. Örneğin 60 sn buharda haşlama yapılarak kurutulmuş olan enginar dilimlerinden 10 kPa da yapılan kurutma 260 dk sürerken, 25 kPa için 330

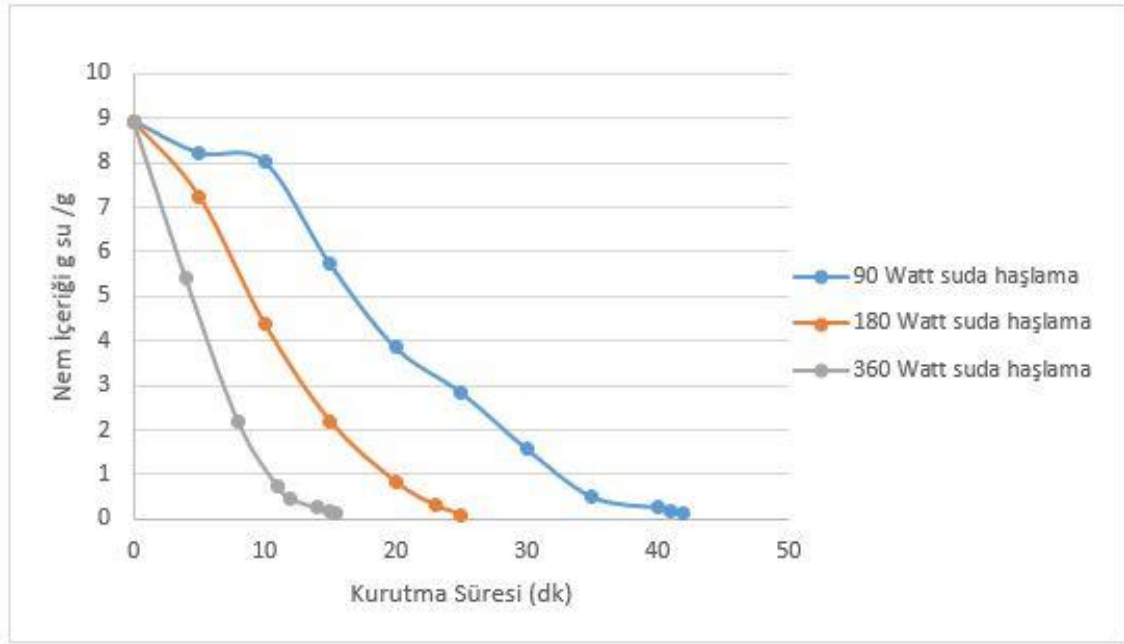
dk sürmüştür. Enginar dilimlerine uygulanan ön işlemlere göre ise suda haşlama işlemine tabii tutulan örneklerde en geç kuruma sağlanırken, ön işlemsiz olan enginar dilimlerinde ise en önce kuruma sağlandığı tespit edilmiştir.

Mikrodalga kurutma işleminde uygulanan gücün enginar dilimleri üzerine etkisi

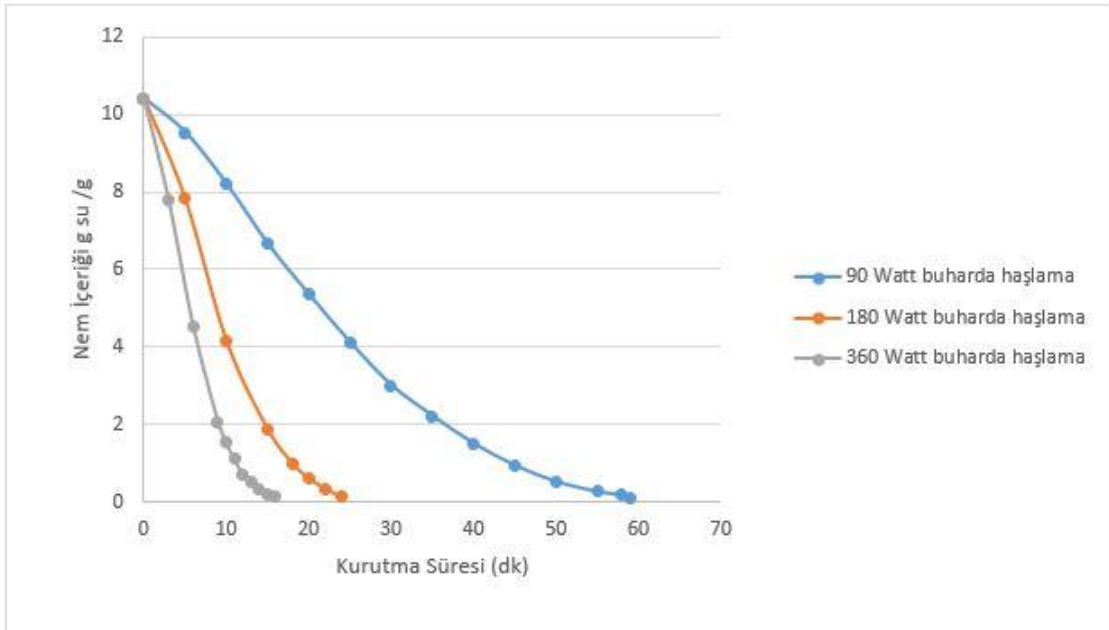
Suda haşlanan, buharda haşlanan ve ön işleme tabii tutulmadan dilimlenmiş olan enginar örnekleri 90, 180 ve 360 Watt'da mikrodalga kurutulması sonucu içerdikleri nem miktarlarının zamana bağlı değişimi Şekil.4.7, Şekil.4.8 ve Şekil 4.9' da belirtilmiştir.



Şekil 4.7. Ön işlem uygulanmayan enginar dilimlerinin mikrodalga tipi kurutmada zamana karşı nem içeriği



Şekil 4.8. Suda haşlanan enginar dilimlerinin mikrodalga tipi kurutmada zamana karşı nem içeriği



Şekil 4.9. Buharda haşlanan enginar dilimlerinin mikrodalga tipi kurutmada zamana karşı nem içeriği

Grafikler incelendiğinde kurutma sırasındaki mikrodalga gücü ile kuruma süresi arasında ters bir orantı olduğu tespit edilmiştir. Yani mikrodalga gücü arttıkça, kuruma süresinin azaldığı belirlenmiştir. Örneğin, suda haşlama yapılarak kurutulmuş olan

enginar dilimlerinde 90 W'da yapılan kurutma 42 dk sürerken, 360 W'da yapılan kurutma için süre 15 dk'ya düşmüştür. Enginar dilimlerine uygulanan ön işlemlere göre ise suda haşlama işlemine tabii tutulan örneklerde en geç kuruma sağlanırken, ön işlemsiz olan enginar dilimlerinin ise en önce kuruma sağlandığı tespit edilmiştir.

4.3. Kurutulmuş Enginara Ait Fenolik Madde ve Antioksidan Kapasite Analiz Sonuçları ve Yorumlanması

Kurutulmuş enginar kalbi örneklerinin antioksidan kapasite ve toplam fenolik bileşik içerikleri Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Kurutulmuş enginar dilimlerine ait antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde içeriği

ÖRNEK	DPPH ($\mu\text{mol TE}^*/\text{g KM}$)	CUPRAC ($\mu\text{mol TE}^*/\text{g KM}$)	FRAP ($\mu\text{mol TE}^*/\text{g KM}$)	Toplam Fenolik Bileşik (mg GAE**/100 g)
E1	5,73±0,04e	1,73±0,01d	1,13±0,02d	73,40±0,45c
E2	5,73±0,02e	1,96±0,07d	0,65±0,04d	81,03±0,33c
E3	5,89±0,07d	1,40±0,08d	0,96±0,06d	72,12±0,34c
E10	6,21±0,02b	23,80±1,11a	20,28±0,02a	156,10±0,42a
E11	6,38±0,01a	19,70±1,40abc	15,26±0,10b	160,24±0,16a
E12	6,22±0,02b	22,20±0,12ab	14,60±0,08b	149,83±0,34ab
E19	6,06±0,04c	10,40±0,08c	14,39±0,06b	124,54±0,62ab
E20	5,91±0,03d	20,17±0,60ab	12,97±0,03b	152,97±0,48ab
E21	5,98±0,02d	22,63±0,09bc	10,33±0,50b	152,44±0,27b
E4	5,74±0,06e	0,93±0,04g	0,55±0,13h	64,54±0,42h
E5	5,74±0,05e	41,13±0,76a	0,48±0,06h	76,80±0,27g
E6	6,05±0,04bc	10,25±0,25d	7,31±0,03g	116,80±0,43f
E13	5,75±0,04e	2,44±0,77f	20,29±0,03a	146,84±0,18b
E14	6,12±0,03b	16,12±0,03b	9,96±0,13e	144,43±0,16c
E15	6,27±0,02a	10,24±0,92d	17,42±0,09b	156,79±1,97a
E22	6,03±0,02c	14,52±0,10c	10,34±0,08d	129,32±0,49e
E23	5,88±0,02d	16,65±0,19b	9,36±0,03f	139,21±0,09d
E24	6,06±0,03bc	8,60±0,09e	16,64±0,03c	117,05±0,38f
E7	5,51±0,06f	20,90±0,63e	14,57±0,08f	155,10±1,15a
E8	6,20±0,01c	22,50±0,09e	9,94±0,00g	128,02±0,18e
E9	5,67±0,05e	42,10±1,90d	19,40±0,17e	144,27±0,66d
E16	6,53±0,02ab	53,76±2,87c	20,33±0,02d	144,47±0,56d
E17	6,13±0,03d	63,19±1,68b	20,45±0,01cd	148,50±0,86c
E18	6,50±0,04b	66,98±1,31a	20,60±0,00b	150,97±1,30b
E25	5,46±0,02f	17,39±1,25f	20,41±0,10cd	116,81±0,70g
E26	6,59±0,03a	55,05±1,42c	20,53±0,02bc	121,39±0,63f
E27	6,55±0,05ab	54,89±2,57c	20,78±0,72a	117,80±0,19g

TE*: Trolox eşdeğeri, GAE**: Gallik asit eşdeğeri

Vakum kurutma yönteminde, DPPH yöntemi göre elde edilen en iyi antioksidan miktarlarına sahip örneklerin sırasıyla, $6,38 \pm 0,01$ ve $6,22 \pm 0,02$ $\mu\text{mol TE/g}$ kuru ağırlık değerleri ile ön işlem olarak suda haşlama uygulanan “E11” ve “E12” örnekleri olduğu belirlenmiştir. Konveksiyonel kurutmada yine suda haşlama ön işlemi uygulanan “E14” ve “E15” örneklerinin (sırasıyla $6,12 \pm 0,03$ ve $6,27 \pm 0,02$ $\mu\text{mol TE/g}$ kuru ağırlık) en yüksek antioksidan miktarına sahip olduğu belirlenmiştir. Mikrodalga tipi kurutucuda kurutulan örneklerden ise buharda haşlama ile ön işleme tabi tutulan “E26” ($6,59 \pm 0,03$ $\mu\text{mol TE/g}$ kuru ağırlık) ve “E27” ($6,55 \pm 0,05$ $\mu\text{mol TE/g}$ kuru ağırlık) örneklerinin en iyi antioksidan kapasiteye sahip olduğu saptanmıştır. Genel olarak kıyaslama yapıldığında ise DPPH yöntemi ile yapılan antioksidan analizleri sonucunda en iyi antioksidan kapasitesine sahip örneklerin buharda haşlama ile mulamele edilen ve mikrodalga yöntemi ile kurutulan örnekler (E26 ve E27) olduğu belirlenmiştir.

CUPRAC yöntemi ile yapılan antioksidan analiz sonuçlarına göre vakum altında kurutulan örneklerden en iyi antioksidan içeriğine sahip örneğin $23,80 \pm 1,11$ $\mu\text{mol TE/g}$ kuru ağırlık değeri ile suda haşlama ile ön işleme maruz bırakılan ve 10 kPa basınçta kurutulan “E10” örneği olduğu belirlenmiştir. Konveksiyonel kurutma yöntemiyle kurutulan örneklerden ise herhangi bir ön işlem uygulanmamış olan “E5” örneğinin (70°C) en yüksek antioksidan miktarına sahip olduğu tespit edilmiş ve bu değer $41,13 \pm 0,76$ $\mu\text{mol TE/g}$ kuru ağırlık olarak belirlenmiştir. Mikrodalga ile kurutulan örneklerin en yüksek antioksidan kapasite değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu örneklerin sırasıyla $63,19 \pm 1,68$ ve $66,98 \pm 1,31$ $\mu\text{mol TE/g}$ kuru ağırlık değerleri ile suda haşlama yöntemi ile ön işlem uygulanan “E17” ve “E18” örnekleri olduğu saptanmıştır.

FRAP yöntemine göre genel olarak en iyi antioksidan kapasiteye sahip örneklerin mikrodalga kurutucuda kurutulan enginar örnekleri olduğu belirlenmiştir. Buna göre ön işlem olarak buharda haşlanan “E27” örneğinin en yüksek antioksidan içeriğine ($20,78 \pm 0,72$ $\mu\text{mol TE/g}$ kuru ağırlık) sahip olduğu belirlenmiştir. Konveksiyonel kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerde ön işlem olarak suda haşlanan ve 60°C fırın sıcaklığında kurutulan “E13” örneğinin en yüksek antioksidan içeriğine ($20,29 \pm 0,03$ $\mu\text{mol TE/g}$ kuru ağırlık) sahip olduğu görülmüştür. Vakum altında kurutulan

örneklerden ise en fazla antioksidan bileşik miktarına sahip olan örneğin $20,28 \pm 0,02$ $\mu\text{mol TE/g}$ kuru ağırlık değeri ile “E10” olduğu tespit edilmiştir.

DPPH, CUPRAC ve FRAP antioksidan aktivite tayin yöntemlerine göre genel olarak tüm kurutulmuş ürünlerin antioksidan içeriklerinin oldukça farklı olduğu gözlemlenmiştir. Buna göre hammaddeye başlangıçta uygulanan ön işlemlerin farklılığı ve kurutma işlemlerindeki yöntem ve parametre farklılıklarının antioksidan miktarlarını etkilediği sonucuna varılmıştır.

Folin-Ciocalteu yöntemiyle yapılan toplam fenolik bileşik analizleri sonucunda kurutma işleminin fenolik bileşikler üzerinde oldukça yüksek miktarda kayıplara neden olduğu belirlenmiştir. Buna rağmen kurutma işlemi sonrasında en yüksek miktarda fenolik bileşik içeren örneklerin suda haşlama sonrasında vakum altında ve konveksiyonel yöntemle kurutulan “E10”, “E11” ve “E15” örnekleri olduğu belirlenmiştir. Bu örneklere ait toplam fenolik madde içerikleri sırası ile $156,10 \pm 0,42$, $160,24 \pm 0,16$ ve $156,79 \pm 1,97$ mg GAE/ 100 g olarak bulunmuştur.

Şat, i.G ve Öz, Ö.(2015), yaptıkları bir çalışmada, maydonoz, ıspanak, tere, pazı, karalahana, nane ve rokadan oluşan 7 farklı sebze türünde haşlama ve kurutma işlemleri uygulayarak, bileşimlerinde meydana gelen değişimleri incelemişlerdir. Çalışma sonucunda veriler değerlendirildiğinde toplam antioksidan aktivite ve DPPH analiz sonuçlarının haşlama ve kurutma işlemleri ile azaldığı belirlenirken, toplam fenolik madde değerlerinde artış gözlemlenmiştir.

Çalışmada taze roka için DPPH değeri $124,36$ mg/ml, yüzde toplam antioksidan miktarı $59,82$ ve toplam fenolik madde miktarı $34,20$ mg GAE/100 g olarak tespit edilmiştir. Haşlama yapıldıktan sonra bu değerler sırası ile $66,60$ mg/ml, $16,60$ ve $54,74$ mg GAE/100 g olarak değişmiştir. Kurutma işlemi uygulandıktan sonra ise değerler; $9,40$ mg/ml, $67,81$ ve $86,08$ mg GAE/100 g olarak belirlenmiştir.

Türkmen ve ark. 2005, biber, kabak, yeşil fasulye, bezelye, pırasa, brokoli ve ıspanağın antioksidan aktivitesi ve toplam fenolik madde miktarları üzerinde farklı pişirme metotlarının etkilerini araştırdıkları bir çalışmada, biber, yeşil fasulye ve brokolinin toplam fenolik içeriğinin pişirme metodunun türüne bağlı olarak önemli derecede arttığını ve ısıl işlemin serbest flavanollerin miktarını artırdığını bildirmişlerdir.

4.4. Kurutulmuş Enginar Örneklerine Ait Renk Değerlerinin Yorumlanması

Çizelge 4.4. Kurutulmuş enginar dilimlerine ait renk değerleri

ÖRNEK	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
E1	29,30±1,67e	5,71±0,19a	13,77±0,97de
E2	30,33±1,62e	6,27±0,29a	15,52±0,60bc
E3	30,79±0,62de	5,84±0,08a	14,62±0,24cd
E10	37,86±2,06b	4,56±1,81bc	17,42±0,71a
E11	43,11±1,04a	2,67±0,27de	16,30±0,23ab
E12	36,39±0,58b	2,27±0,19e	11,84±0,28f
E19	33,02±2,46cd	5,24±0,61ab	15,18±1,33bc
E20	30,31±1,99e	4,10±0,13c	12,63±1,07ef
E21	33,49±0,89c	3,80±0,27cd	14,29±0,42cd
E4	29,36±1,56e	5,29±0,30ab	13,52±0,91cd
E5	28,67±1,62e	5,57±0,28a	13,47±1,02cd
E6	28,35±0,32e	4,98±0,12bc	12,84±0,39d
E13	36,67±2,26b	2,44±0,12e	12,71±0,66d
E14	40,87±1,73a	3,18±0,14d	16,03±0,74ab
E15	40,34±1,04a	3,48±0,17d	16,32±0,69a
E22	32,93±1,28cd	4,77±0,44c	14,65±0,20bc
E23	34,20±3,24bc	3,45±0,06d	14,69±1,58bc
E24	29,93±1,18de	4,71±0,21c	12,83±0,74d
E7	34,79±1,77e	6,37±0,25b	17,83±0,84e
E8	37,51±1,93d	5,96±0,17bc	19,11±0,71d
E9	36,56±2,04de	5,04±0,47de	18,52±1,21de
E17	44,69±0,67bc	5,28±0,35cd	24,74±0,21a
E18	47,54±1,62a	5,68±0,16bcd	25,51±0,63a
E19	33,02±2,46cd	5,24±0,61ab	15,18±1,33bc
E25	42,11±2,17c	5,11±0,74cde	20,92±0,80c
E26	43,00±0,37c	5,44±0,35cd	21,54±0,39bc
E27	42,06±0,39c	7,85±0,84a	22,71±0,69b

Sebze ve meyvelere ısı işlem uygulamasından kaynaklanan önemli değişiklikler meydana gelebilmektedir. Aydınlığı temsil *L* değerinin azalması rengin koyulaştığını ifade etmektedir ve kurutulmuş enginar örneklerinde bu değer taze enginara oranla azaldığı görülmüştür. *L* değerlerindeki en fazla düşüş ön işlem uygulanmadan konveksiyonel yöntemle kurutulmuş olan enginar örnekleri olan “E4, E5 ve E6” örneklerinde gözlemlenmiştir. Kırmızılık (+) ve yeşillik (-) göstergesi olan *a* değerinin oldukça artış gösterdiği ve en yüksek *a* değerine sahip örneğin 7,85±0,84 değeri ile

buharda haşlama işlemine tabi tutularak mikrodalga ile kurutulan “E27” olduğu belirlenmiştir. Sarılık (+) ve maviliği (-) ifade eden b değerinin ise ön işlem olarak suda haşlanan ve mikrodalga yöntemi ile kurutulan örnekler dışındaki tüm örneklerde taze enginara göre azaldığı belirlenmiştir. Buna göre mikrodalga yöntemi ile kurutulmuş suda haşlanmış “E16”, “E17” ve “E18” enginar örneklerinin b değerleri sırası ile $24,67\pm 0,22$, $24,74\pm 0,21$ ve $25,51\pm 0,63$ olarak bulunmuştur.

4.5. Kurutulmuş Enginarların Matematiksel Modellemesi ve Elde Edilen Veriler

Deneysel veriler değerlendirilirken modellemede elde edilen korelasyon katsayısı olan R^2 en uygun matematiksel modelin belirlenmesinde önemli olan istatistikî değerdir. Ayrıca her bir model için hesaplanan x^2 ve RMSE değerleri de en uygun matematiksel modelin belirlenmesini sağlamıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda R^2 değerinin en yüksek, x^2 ve RMSE değerlerinin en düşük olduğu model en uygun matematiksel model olarak ifade edilmiştir (Avhad ve ark. 2016).

Konveksiyonel kurutma yapılan enginar dilimlerinin modellenmesi

Konveksiyonel kurutma işlemine tabi tutulan enginar dilimlerine ait deneysel veriler Çizelge 4.5 de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Konveksiyonel kurutma yapılan enginarlara ait deneysel veriler

PAGE	E4	E5	E6	E13	E14	E15	E22	E23	E24	
	n	1,5315	1,5153	1,5774	1,4483	1,3032	1,5179	1,5497	1,6679	1,613
	k	0,0005	0,0009	0,0012	0,0008	0,0021	0,0014	0,0006	0,0005	0,0008
	RMSE	0,010187	0,011336	0,013908	0,006931	0,011256	0,008256	0,010753	0,012114	0,010077
	x²	0,001297	0,001487	0,001896	0,0006	0,001703	0,000852	0,001041	0,001321	0,001269
	R²	0,9764	0,9785	0,97	0,9923	0,9672	0,9874	0,9829	0,9837	0,9835
MOD.PAGE	n	1,5315	1,5153	1,5774	1,4483	1,3032	1,5179	1,5497	1,6679	1,613
	k	0,0072	0,0056	0,0141	0,0074	0,0088	0,0131	0,0087	0,0102	0,0124
	RMSE	0,010187	0,011336	0,013908	0,006931	0,011256	0,008256	0,010753	0,012114	0,010077
	x²	0,001297	0,001487	0,001896	0,0006	0,001703	0,000852	0,001041	0,001321	0,001269
	R²	0,9764	0,9785	0,97	0,9923	0,9672	0,9874	0,9829	0,9837	0,9835
	LOGARİTMİK	k	0,0103	0,0166	0,0262	0,0136	0,0127	0,0291	0,0117	0,018
a		1,319	1,5613	1,5986	1,678	1,3063	2,1784	1,205	15226	2,1615
c		0,0187	0,0175	0,0225	0,0151	0,0132	0,0156	0,0144	0,0096	0,0141
RMSE		0,039562	0,070012	0,093563	0,073984	0,034744	0,122882	0,041954	0,093515	0,21574
x²		0,022359	0,066173	0,107237	0,078195	0,018258	0,215715	0,021121	0,10494	0,211148
R²		0,9218	0,8862	0,8395	0,9364	0,9774	0,8878	0,9456	0,8902	0,8661
LEWIS	k	0,012	0,0139	0,0208	0,0125	0,0106	0,0197	0,0181	0,0222	0,0196
	RMSE	0,058314	0,045139	0,04869	0,04851	0,024965	0,035747	0,083383	0,082458	0,041549
	x²	0,037784	0,02036	0,019361	0,026147	0,007541	0,014198	0,050059	0,048955	0,019181
	R²	0,835	0,8625	0,8595	0,9755	0,9665	0,9236	0,902	0,9655	0,8984
HENDERSON PABİS	k	0,0126	0,017	0,0249	0,0122	0,0132	0,0233	0,0155	0,0199	0,0236
	a	1,6439	1,6777	1,6045	1,5558	1,4336	1,6976	1,6232	1,7683	1,8148
	RMSE	0,072595	0,081519	0,091197	0,05968	0,044923	0,072776	0,107684	0,132042	0,085194
	x²	0,065883	0,076896	0,081506	0,044521	0,027131	0,066205	0,104362	0,156917	0,090725
	R²	0,849	0,9053	0,8928	0,9679	0,9593	0,9523	0,9014	0,9147	0,9331

Yapılan matematiksel modellemeler sonucunda elde edilen verilere göre en yüksek R^2 değeri ve en düşük x^2 ve RMSE değerleri Page ve Modifiye Page modele ait olduğu belirlenmiştir. Kurutma işlemi boyunca deneysel olarak belirlenen nem oranı değerlerindeki azalmayı tüm kurutma sıcaklıklarında Page ve Modifiye Page modellerinin daha iyi temsil ettiği saptanmıştır. Demiray ve Tulek (2012), dilimlerinin kabin tipi kurutucuda domates dilimlerinin kurutma karakteristiklerini inceledikleri bir çalışmada ise kurutma koşulları 0,2 m/s kurutma havası hızı ve değişken sıcaklıklar (60-100°C) olarak belirlenmiştir. Elde edilen veriler incelendiğinde en uyumlu modellerin

Page ve Modified Page olduğunu belirlemişlerdir. Akpınar ve Biçer (2005), 6 mm kalınlığında doğradıkları patlıcan dilimleri ile yaptıkları bir çalışmada, siklon tipi bir kurutucuda farklı hava hızları (1 ve 1,5 m/s) ve farklı sıcaklıklar (55, 65 ve 75 °C) uygulayarak, sıcaklık ve hava hızının artması ile kuruma süresinde azalma tespit etmişlerdir. Deneysel veriler incelendiğinde kurutma havasının hızı ve sıcaklığı arttıkça kurutma süresinin kısaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca nem verileri 8 farklı modele uygulanarak, en iyi uyumun Page modelinde olduğu belirtilmiştir.

Vakum kurutma yapılan enginar dilimlerinin modellenmesi

Vakum kurutma işlemine tabi tutulan enginar dilimlerine ait deneysel veriler Çizelge 4.6' da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Vakum kurutma yapılan enginarlara ait deneysel veriler

PAGE		E1	E2	E3	E10	E11	E12	E19	E20	E21
	n	1,3551	1,2536	1,1649	1,2583	1,6626	1,1929	1,2679	1,2627	1,594
	k	0,0029	0,0037	0,0034	0,0031	0,0003	0,0037	0,0032	0,0029	0,0003
	RMSE	0,00803	0,007481	0,013177	0,005097	0,008886	0,002313	0,008835	0,008589	0,025247
	x²	0,000688	0,000648	0,002335	0,000349	0,001062	0,000067	0,000703	0,000922	0,006247
	R²	0,9824	0,9882	0,9652	0,993	0,9829	0,9989	0,9833	0,9774	0,9172
MOD.PAGE	n	1,3551	1,2536	1,1649	1,2583	1,6626	1,1929	1,2679	1,2627	1,594
	k	0,0136	0,0114	0,0076	0,0101	0,008	0,0092	0,0108	0,0097	0,0064
	RMSE	0,00803	0,007481	0,013177	0,005097	0,008886	0,002313	0,008835	0,008589	0,025247
	x²	0,000688	0,000648	0,002335	0,000349	0,001062	0,000067	0,000703	0,000922	0,006247
	R²	0,9824	0,9882	0,9652	0,993	0,9829	0,9989	0,9833	0,9774	0,9172
	LOGARİTMİK	k	0,0212	0,0168	0,0108	0,0178	0,0147	0,0137	0,0134	0,0132
a		1,4102	1,3457	1,3021	1,6991	1,4996	1,3656	1,1289	1,2845	1,4518
c		0,0168	0,0175	0,0204	0,0142	0,0175	0,0157	0,0144	0,013	0,0113
RMSE		0,055541	0,043555	0,05023	0,070038	0,050318	0,039864	0,026677	0,033309	0,076146
x²		0,039485	0,025609	0,038161	0,074192	0,038294	0,22702	0,00854	0,015849	0,07028
R²		0,9185	0,947	0,9146	0,9277	0,9723	0,9774	0,9779	0,9512	0,8528
LEWIS	k	0,0182	0,0144	0,0092	0,013	0,0116	0,011	0,0139	0,0125	0,01
	RMSE	0,030009	0,024585	0,025795	0,02219	0,032495	0,015412	0,028546	0,026975	0,064746
	x²	0,008234	0,00612	0,008051	0,005958	0,012777	0,002639	0,005867	0,008085	0,034235
	R²	0,9046	0,9427	0,9374	0,9607	0,9652	0,9866	0,9331	0,8874	0,803
HENDERSON PABIS	k	0,0209	0,0164	0,0105	0,0146	0,0132	0,0118	0,0157	0,0146	0,0126
	a	1,4626	1,3949	1,3578	1,3938	1,4152	1,2264	1,3811	1,4885	1,8623
	RMSE	0,060115	0,047224	0,040708	0,038733	0,039174	0,023732	0,065722	0,053952	0,13235
	x²	0,038547	0,025806	0,022279	0,02017	0,020632	0,00704	0,038874	0,036386	0,171661
	R²	0,9264	0,9621	0,9599	0,976	0,9856	0,9931	0,9501	0,9143	0,8519

Yapılan matematiksel modellemeler sonucunda elde edilen verilere göre en yüksek R^2 değeri ve en düşük x^2 ve RMSE değerleri Page ve Modifiye Page modele ait olduğu belirlenmiştir. Kurutma işlemi boyunca deneysel olarak belirlenen nem oranı değerlerindeki azalmayı tüm kurutma sıcaklıklarında Page ve Modifiye Page modellerinin daha iyi temsil ettiği saptanmıştır. Özkan Karabacak ve ark (2018), kereviz dilimlerinde, konveksiyonel (70, 85 ve 100 °C), vakum (50, 60 ve 70 kPa) ve mikrodalgada (190, 375 ve 680 W) kurutma işlemine tabi tutmuşlar ve elde ettikleri

deneysel verileri incelediklerinde, en iyi uyumun page ve modifiye page modellerinde gösterdiğini belirtmişlerdir.

Mikrodalgada kurutma yapılan enginar dilimlerinin modellenmesi

Mikrodalgada kurutma işlemine tabi tutulan enginar dilimlerine ait deneysel veriler Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Mikrodalgada kurutma yapılan enginarlara ait deneysel veriler

PAGE		E7	E8	E9	E16	E17	E18	E25	E26	E27
	n	1,7375	1,7993	1,8917	1,6771	1,7695	1,7193	1,5691	1,6834	1,6187
	k	0,0041	0,0126	0,0332	0,0044	0,0131	0,0407	0,0064	0,0187	0,0472
	RMSE	0,007285	0,003959	0,006948	0,005026	0,00711	0,003981	0,003887	0,002398	0,001765
	x²	0,000765	0,000226	0,000603	0,000388	0,000585	0,000155	0,000247	0,000061	0,000042
	R²	0,9884	0,9955	0,9844	0,9929	0,9883	0,9949	0,9962	0,9976	0,9991
MOD.PAGE	n	1,7375	1,7993	1,8917	1,6771	1,7695	1,7193	1,5691	1,6834	1,6187
	k	0,042	0,088	0,1653	0,0393	0,0862	0,1554	0,0398	0,0942	0,1516
	RMSE	0,007285	0,003959	0,006948	0,005026	0,00711	0,003981	0,003887	0,002398	0,001765
	x²	0,000765	0,000226	0,000603	0,000388	0,000585	0,000155	0,000247	0,000061	0,000042
	R²	0,9884	0,9955	0,9844	0,9929	0,9883	0,9949	0,9962	0,9976	0,9991
	LOGARİTMİK	k	0,0762	0,1867	0,402	0,0788	0,1932	0,2919	0,0813	0,1722
a		1,6439	1,8865	2,1481	1,8668	2,0113	1,4951	1,9844	1,5281	1,924
c		0,0165	0,0191	0,0177	0,0143	0,0155	0,0154	0,0123	0,0135	0,0141
RMSE		0,061475	0,079421	0,119136	0,075425	0,116923	0,077426	0,079233	0,069715	0,086485
x²		0,060475	0,100924	0,202764	0,096143	0,184559	0,073437	0,111862	0,062211	0,11313
R²		0,8752	0,8571	0,805	0,8724	0,8556	0,9296	0,8926	0,9372	0,9065
LEWIS	k	0,0622	0,1369	0,2798	0,0597	0,1412	0,2469	0,0597	0,1466	0,2316
	RMSE	0,044134	0,036128	0,040073	0,041439	0,044872	0,040882	0,035167	0,040977	0,029638
	x²	0,025498	0,017087	0,017842	0,024184	0,020387	0,013649	0,018646	0,015352	0,010628
	R²	0,8143	0,87	0,861	0,8561	0,8736	0,9087	0,8962	0,9081	0,9269
HENDERSON PABİS	k	0,0798	0,1675	0,3377	0,0749	0,1709	0,2861	0,073	0,1727	0,2746
	a	1,813	1,7528	1,8062	1,827	1,809	1,5666	1,7884	1,632	1,694
	RMSE	0,075261	0,066267	0,083353	0,070998	0,092743	0,084384	0,062775	0,080953	0,064235
	x²	0,081564	0,063236	0,087211	0,077444	0,099529	0,069782	0,064366	0,069902	0,055473
	R²	0,8707	0,9087	0,8928	0,9068	0,9087	0,9313	0,9389	0,9364	0,9558

Yapılan matematiksel modellemeler sonucunda elde edilen verilere göre en yüksek R^2 değeri ve en düşük x^2 ve RMSE değerleri Page ve Modifiye Page modele ait olduğu belirlenmiştir. Kurutma işlemi boyunca deneysel olarak belirlenen nem oranı değerlerindeki azalmayı tüm kurutma sıcaklıklarında Page ve Modifiye Page modellerinin daha iyi temsil ettiği saptanmıştır

Ozkan ve ark. (2007), yaptıkları çalışmada ıspanak yapraklarında farklı mikrodalga güçlerinde (90-1000 W) kurutma işlemi gerçekleştirmişlerdir. Kurutulan yapraklara ait askorbik asit içerikleri incelenerek en iyi antioksidan değerlerinin 650 W mikrodalga gücünde, en düşük antioksidan değerleri ise 90 W gücünde kurutulan örnekler için tespit edilmiştir. Bununla birlikte kurutma ile birlikte zamanla değişen nem içerikleri göz önüne alınarak elde edilen verilerden, en iyi uyumun Page modeli ile sağlandığı belirtilmiştir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada Bayrampaşa enginar (*Cynara cardunculus var. scolymus* L.) çeşidi tablalarına farklı ön işlemler ve farklı parametreler ile üç ayrı kurutma yöntemi uygulanarak kurutulan enginar örneklerinin antioksidan aktiviteleri ve fizyolojik değişimleri incelenmiştir. Çalışmada farklı kurutma teknikleri ve koşullarının kurutulmuş enginar kalbi örneklerinde kuruma süresi ve nem içeriğine etkisi, renk değerlerine, antioksidan kapasitesi ve toplam fenolik bileşen içeriğine etkileri incelenmiş olup uygun koşullar belirlenmiştir.

Araştırma sonucunda elde edilen başlıca bulgular aşağıda maddeler halinde sunulmuştur:

- Konveksiyonel kurutma ile 60, 70 ve 80°C sıcaklık altında kurutulan enginar örneklerinin kurutma sıcaklığı arttıkça kuruma sürelerinin de kısaldığı saptanmıştır. Sıcaklığı sabit tutularak 10, 15 ve 25 kPa basınç altında kurutulan örneklerde ise vakum basıncının artması ile birlikte kuruma süresinin uzadığı belirlenmiştir. Mikrodalga kurutma işlemi, 90, 180 ve 360 W mikrodalga güçleri altında yürütülmüş olup en uzun kurutma süresine sahip örneklerin buharda haşlama ön işlemine tabi tutulanlar olduğu, ön işlemsiz ve suda haşlanan örneklerde ise bu sürelerin birbirine çok yakın olduğu bulunmuştur. Mikrodalga tipi kurutucuda kurutulan tüm örneklerin konveksiyonel ve vakum kurutma yöntemlerine göre çok daha kısa sürede istenilen nem içeriğine ulaştığı belirlenmiştir.
- Tüm kurutma çalışmaları sırasında belirli zaman aralıklarında örneklerin tartımları alınmış olup tartım sonuçlarından faydalanılarak hesaplanan deneysel nem içeriği değerlerine göre en iyi yaklaşımı veren teorik modeli tanımlamak için beş farklı matematiksel model (Logaritmik, Lewis, Henderson-Pabis, Page ve Modifiye Page) kullanılmıştır. Yapılan matematiksel modellemeler sonucunda elde edilen verilere göre kurutma işlemi boyunca deneysel olarak belirlenen nem oranı değerlerindeki azalmayı tüm kurutma sıcaklıklarında Page ve Modifiye Page modellerinin en iyi temsil eden modeller olduğu saptanmıştır.
- Tüm kurutma yöntemleri ile farklı koşullarda kurutulan enginar kalbi örneklerinin Hunter L , a ve b değerleri hesaplanmıştır. Buna göre taze enginar

kalbi ile kıyaslandığında tüm örneklerde aydınlık ve parlaklık göstergesi olan L değerinin düşüş gösterdiği, kırmızılık (+) ve yeşillik (-) göstergesi olan a değerinde artış meydana geldiği belirlenmiştir. Sarılık (+) ve maviliği (-) ifade eden b değerinin ise ön işlem olarak suda haşlanan ve mikrodalga yöntemi ile kurutulan örnekler dışındaki tüm örneklerde taze enginara göre azaldığı belirlenmiştir.

- Antioksidan aktivite tayin yöntemlerine göre genel olarak tüm kurutulmuş ürünlerin antioksidan içerikleri değişiklik göstermiştir. Buna göre hammaddeye başlangıçta uygulanan ön işlemlerin farklılığı ve kurutma işlemlerindeki yöntem ve parametre farklılıklarının antioksidan miktarlarını etkilediği sonucuna varılmıştır. DPPH ve FRAP yöntemlerine göre vakum ve konveksiyonel kurutma uygulamalarında suda haşlama ön işlemine tabi tutulan, mikrodalga kurutma yönteminde ise buharda haşlama ile ön işleme maruz bırakılan örneklerin en yüksek antioksidan miktarına sahip örnekler olduğu tespit edilmiştir. CUPRAC yönteminde ise en yüksek antioksidan miktarına sahip örneklerin konveksiyonel kurutma ile kurutulan ön işlemsiz, mikrodalga ve vakum kurutma yöntemlerinde ise suda haşlanan örnekler olduğu belirlenmiştir.
- Folin-Ciocalteu yöntemiyle yapılan toplam fenolik bileşik analizleri sonucunda en yüksek miktarda fenolik bileşik içeren örneklerin suda haşlama sonrasında vakum altında ve konveksiyonel yöntemle kurutulan enginar örnekleri olduğu saptanmıştır.

KAYNAKLAR

- Abu-Reidah, İ.M., Roman, D.A., Carretero, A.S., Gutierrez, A.F. 2013.** Extensive characterisation of bioactive phenolic constituents from globe artichoke (*Cynara scolymus* L.) by HPLC–DAD-ESI-QTOF-MS. *Food Chemistry*, 141(3):2269-2277.
- Afzal, T.M., Abe, T., 2000.** Simulation of moisture changes in barley during far infrared radiation drying. *Computers and Electronics in Agriculture*, 26(2):137-145.
- Aktaş, M., Kara, M.Ç. 2013.** Güneş enerjisi ve ısı pompalı kurutucuda dilimlenmiş kivi kurutulması. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 28(4):733-741.
- Alibas, I. 2007.** Energy Consumption and Colour Characteristics of Nettle Leaves During Microwave, Vacuum and Convective Drying. *Biosystems Engineering*, 96(4):495-502.
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., Karademir, S.E., Altun, M. 2005.** Total antioxidant capacity assay of human serum using copper (II)-neocuproine as chromogenic oxidant: The CUPRAC method. *Free Radic Res*, 39: 949-961.
- Arsdel, B.S.V. and Copley, M.J. 1963.** "Food Dehydration": The AVI Publishing Company Inc., Conneticut, USA, 328 pp.
- Baker, G. J. C. 1997.** Industrial Drying of Foods, Chapman & Hall Publication, New York, 299s.
- Bengston, G., Rahman, M.S., Stanley, R. and Perera, C.O. 1998.** "Effect Specific Pretreatment on the Drying Behaviour of Apple Rings", New Zeland Inst. of Food Science and Technology and The Nutrition Society of New Zealand Conference, Nelson, 18-21 March 1998.
- Benzie, I.F.F., Strain, J.J. 1996.** The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Anal Biochem*, 239:70-76.
- Bondaruk, J., Markowski, M., Blaszcak, W., 2007.** Effect of drying conditions on the quality of vacuum-microwave dried potato cubes. *Journal of Food Engineering*, 81:306-312.
- Cánovas, G.V.B. and Mercado, H.V. 1996.** Dehydration of Foods, Chapman & Hall Publication. First Edition, New York, USA, 327pp.
- Cemeroğlu, B., Acar, J. 1986.** Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No:6, Sanem Matbacılık A.Ş., Ankara, Türkiye, 508 s.
- Cemeroğlu, B., Karadeniz, F., Özkan, M. 2003.** Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No:28, Ankara, Türkiye, 690 s.
- Cemeroğlu, B. 2004.** "Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi", Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları. No:36, Ankara, Türkiye, 570 s.
- Cemeroğlu, B. 2007.** Gıda Analizleri. Gıda Teknolojisi Yayınları No:34. Ankara, Türkiye, 557 s.
- Dadalı, G. 2007.** Bamya ve ıspanağın mikrodalga tekniğini kullanarak kurutulması, doku ve renk özelliklerinin incelenmesi ve modellenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 195s.

- Demiray, E., Tülek, Y. 2016.** Güneşte Kurutulmuş Bamyaların Rehidrasyon Kinetiği. *Akademik Gıda Dergisi*, 14(4):368-374.
- Devres, Y.P., ve Pala, M. 1993.** Gıda Sanayiinde Matematiksel Modellemenin Önemi ve Uygulama Alanları. *Gıda dergisi*, 18(3):173-181.
- Doymaz, İ. 2003.** Convective Air Drying Characteristics of Thin Layer Carrots. *Journal of Food Engineering*, No:61, 359-364.
- Drouzas, A. E., Tsami, E., & Saravacos, G. D. 1999.** Microwave/vacuum drying of model fruit gels. *Journal of Food Engineering*, 39(2):117-122.
- Ellis, L.P., Kok, C. 2017.** Colour changes in Blanc de Noir wines during ageing at different temperatures and its colour preference limits. *S Afr J Enol Vitic*, 8:16-22.
- Ertekin, C. ve Yıldız, O. 2001.** “Patlıcan kurutmada kurumunun çeşitli modellerle açıklanması” Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi, Şanlıurfa.
- Geankoplis, C.J. 1993.** Transport Processes and Unit Operations. 3rd Edition, Prentice-Hall Inc, London, England, 1040 pp.
- Gedik, A. 2001.** Kuru soğanların kurutulması ve depolanması s ırasında bazı kalite karakteristiklerinin (renk, aroma) bozunma kinetiği ve modellenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Gouveia, S.C., Castilho, P.C. 2012.** Phenolic composition and antioxidant capacity of cultivated artichoke, Madeira cardoon and artichoke- based dietary supplements. *Food Res Int*, 48:712-724.
- Guillén, S., Mir-Bel, J., Oria, R., Salvador, M.L. 2017.** Influence of cooking conditions on organoleptic and health-related properties of artichokes, green beans, broccoli and carrots. *Food Chemistry*, 217:209-216.
- Hastürk-Şahin, F., Ülger, P., Aktaş, T., Orak, H.H. 2012.** Farklı Ön işlemlerin ve Vakum Kurutma Yönteminin Domatesin Kuruma Karakteristikleri ve Kalite Kriterleri Üzerine Etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(1):11.
- Hatipoğlu, N. 2002.** Ozmotik ön işlemlerin kayısı ve kavunların kurutulması ve depolanma stabilitesine etkileri. *Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Hedayatizadeh, M., Chaji, H. 2016.** A review on plum drying. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56:362-367
- Hernandez, Y., Lobo, M.G. and Gonzalez, M. 2006.** Determination of Vitamin C in Tropical Fruits: A Comparative Evaluation of Methods, *Food Chemistry*, 96:654-664.
- Jay, J.M., 2000.** Modern Food Microbiology. Apsen Publishers, Inc., Gacithersburg, Maryland, 245 pp.
- Jiménez-Escrig, A., Dragsted, L.O., Daneshvar, B., Pulido, R., Saura-Clixto, F. 2003.** In Vitro Antioxidant Activities of Edible Artichoke (*Cynara scolymus* L.) and Effect on Biomarkers of Antioxidants in Rats. *J Agric Food Chem*, 51:5540-5545.
- Anonim 2019.** JMP®, JMP Statistical Software, Version 14. SAS Institute, Cary, USA.

- Kamer, M.S., Şahin, H.E., Sönmez, K., İmal, M. 2016.** Kabak ve Patlıcan Dilimlerinin Kuruma Davranışlarının Deneysel İncelenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(2):1-8.
- Karaaslan, S. 2008.** Sebze ve Endüstri Bitkilerinin Mikrodalgayla Kurutulması Üzerine Çalışmalar. *Doktora Tezi*, Çukurova Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Adana.
- Karabulut, I., Topcu, A. , Duran, A., Turan, S. and Ozturk, B. 2007.** Effect of hot air drying and sun drying on color values and B-carotene content of apricot (*Prunus armenice L.*). *Food Science and Technology*, 40(5):753-758.
- Karaçalı, İ. 2002.** Meyve ve Sebze Değerlendirme. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ders Notları: 9/5, İzmir.
- Karel, M. and Lund, D.B. 2003.** Physical Principles of Food Preservation. Second Edition, Marcel Dekker Inc, London, 387 pp.
- Katalinic, V., Milos, M., Kulisic, T., Jukic, M. 2006.** Screening of 70 medicinal plant extracts for antioxidant capacity and total phenols. *Food Chem*, 94:550–557.
- Kirk, S., Sawyer, R. 1991.** Pearson's composition and analysis of foods. Wiley, New York, USA, 708 pp.
- Kutlu, N., İşçi, A. 2016.** Farklı Kurutma Yöntemlerinin Patlıcanın Kurutma Karakteristikleri Üzerine Etkisi ve Kurutmanın Matematiksel Modellenmesi. *Akademik Gıda Dergisi*, 14(1):21-27
- Lattanzio, V., Kroon, P.A., Linsalata, V., Cardinali, A. 2009.** Globe artichoke: A functional food and source of nutraceutical ingredients. *J Funct Foods*, 1:131-144.
- Lombardo, S., Pandino, G., Mauromicale, G., Knödler, M., Carle, R., Schieber, A. 2010.** Influence of genotype, harvest time and plant part on polyphenolic composition of globe artichoke [*Cynara cardunculus L. var. scolymus (L.) Fiori*]. *Food Chem*, 119: 1175-1181.
- Machado, I., Cesio, M.V., Piston, M. 2017.** *In vitro* bioaccessibility study of As, Cd, Cu, Fe, Ni, Pb and Zn from raw edible artichoke heads (*Cynara cardunculus L. subsp. Cardunculus*). *Microchemical Journal*. 133:663–668.
- Maskan, M. 2001.** Drying, Shrinkage and Rehydration Characteristics of Kiwifruits During Hot Air and Microwave Drying. *Journal of Food Engineering*, 48(2):177-182.
- Mujumdar, A.S. 2004.** “Drying 2004”, Proceedings of the 14th International Drying Symposium, 101-18, São Paulo, Brazil, 22-25 August 2004.
- Muratore, G., Restuccia, C., Licciardello, F., Lombardo, S., Pandino, G., Mauromicale, G. 2015.** Effect of packaging film and antibrowning solution on quality maintenance of minimally processed globe artichoke heads. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 31:97-104.

- Pandino, G., Lombardo, S., Monaco, A., Mauromicale, G. 2013.** Choice of time of harvest influences the polyphenol profile of globe artichoke. *Journal of Functional Foods*, 5(4):1822–1828.
- Panyawong, S. and Devahastin, S., 2007.** Determination of Deformation of a Food Product Undergoing Different Methods and Conditions Via Evolution of a Shape Factor. *Journal of Food Engineering*, 78:151-161.
- Pinelo, M., Sineiro, J., and Nunez, M.J., 2005.** Mass transfer during continuous solid–liquid extraction of antioxidants from grape byproducts. *Journal of Food Engineering*, 77:57-63.
- Rayman-Ergun, A., Sözer, İ., Demirdöven, A., Baysal, T. 2015.** Effects of Thawing and Cooking Methods on Quality of Frozen Artichoke and Spinach. *Akademik Gıda*, 13(3):198-208.
- Ricceri, J., Barbagalla, R.N. 2016.** Role of protease and oxidase activities involved in some technological aspects of the globe artichoke processing and storage. *Food Science and Technology*, 71:196-201.
- Sacilik, K. and Elicin, A.K. 2006.** The thin layer drying characteristics of organic apple slices, *Journal of Food Engineering*, 73(3):281-289.
- Saldamlı, İ. ve Saldamlı, E. 2004.** Gıda Endüstrisi Makineleri, Savaş Kitapevi, 318-330, Ankara.
- Schwarz, K., Bertelsen, G., Nissen, R.L., Gardner, P.T., Heinonen, M.I., Hopia, A., Huynh-Ba, T., Lambelet, P., McPhail, D., Skibsted, L.H., Tijburg, L. 2001.** Investigation of plant extracts for the protection of processed foods against lipid oxidation. Comparison of antioxidant assays based on radical scavenging, lipid oxidation and analysis of the principal antioxidant compounds *Eur Food Res Technol*, 212(3): 319-328.
- Sekara, A., Kalisz, A., Gruszecki, R., Grabowska, A., Kunicki, E. 2015.** Globe artichoke – a vegetable, herb and ornamental of value in central Europe. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 90(4):365-374.
- Soysal, Y. 2004.** Microwave Drying Characteristics of Parsley. *Biosystems Engineering*, 89:(2)167-173.
- Sarsavadia, P., Sawhney, R., Pangauhane, D.R., Singh, S.P. 1999.** Drying Behaviour of Brined Onion Slices. *Journal of Food Engineering*, 40:219-226.
- Şat, İ. Özkan Ö. 2015.** Haşlama ve Kurutmanın Bazı Sebzelerin Bileşimi Üzerine Etkisi. *Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 2(3):54-62.
- Togrul, I.T., Pehlivan, D. 2003.** Modeling of thin layer drying kinetics of single apricot. *Journal of Food Engineering*, 58:23-32.
- Troller, J. 1980.** Influence of water activity on microorganisms found in foods. *Food Technology*, 34(5):76.
- Tülek, Y., Demiray, E. 2014.** Sıcak Hava Kurutma Yönteminde Farklı Sıcaklık ve Ön İşlemlerin Trabzon Hurmasının Renk ve Kuruma Karakteristiklerine Etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(1):27-37.

- Turkmen, N., Sarı, F., Veliöğlu, Y.S. 2005.** The Effect of Cooking Methods on Total Phenolics and Antioxidant Activity of Selected Green Vegetables, *Food Chemistry*, 93, 713-718.
- Uslu, M.K. ve Certel, M. 2006.** Dielektrik ısıtma ve gıda işlemede kullanımı. *Gıda Teknolojisi Dergisi*,3:61-69.
- Vega-Gálvez, A., Scala, K., Rodríguez, K., Lemus-Mondaca, R.,Miranda, M., López J., Perez-Won, M. 2009.** Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annum*, L. var. Hungarian). *Food Chemistry*,117:647-653.
- Yağcıoğlu, A. 1999.** Tarım Ürünlerinde Kurutma Tekniği, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, İzmir, Türkiye, 536 s.
- Yaldız, O., Ertekin, C. ve Uzun, H.İ. 2000.** Çekirdeksiz üzümün ince tabaka halinde güneş enerjisi ile kurutulmasının matematiksel modellenmesi üzerinde bir araştırma Tarımsal Mekanizasyon 19. Ulusal Kongresi, Erzurum, 15-16 Eylül 2000.
- Yılmaz, H. 2000.** Güneş pili tahrikli model bir güneşli kurutucunun geliştirilmesi ve kurutulmuş domates üretiminde teorik ve deneysel incelenmesi. *Doktora Tezi*. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İzmir.
- Yoğurtçu, H. 2014.** Mikrodalga Fırında Limon Kurutma: Kinetiği ve Modellenmesi. *Fırat Üniv. Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(1):27-33.
- Zhang, D., Hamauzu, Y. 2004.** Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. *Food Chem*, 88:503-509.
- Zhao F, Yin Y, Lu WW. 2002.** Preparation and histological evaluation of biomimetic three-dimensional hydroxyapatite/chitosan–gelatin network composite scaffolds, *Biomaterials*, 23(32):27-34.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Kübra Gizem ŞAHİN
Doğum Yeri ve Tarihi : Ankara,1991
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu
Lise : Baki Ayşe Simitçioğlu Anadolu Lisesi,2010
Lisans : Sakarya Üniversitesi,2015
Yüksek Lisans :

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Martaş Yemek Sanayii A.Ş.

İletişim (e-posta) : k.gizem.sahin@hotmail.com

Yayınları :