

**FARKLI ÖN İŞLEMLER UYGULANARAK VAKUM
ALTINDA KURUTULAN KÜP KESİM ELMALARIN
KURUMA KARAKTERİSTİKLERİNİN VE BAZI
KALİTE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Melisa YAGCILARI



T.C.

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI ÖN İŞLEMLER UYGULANARAK VAKUM ALTINDA KURUTULAN
KÜP KESİM ELMALARIN KURUMA KARAKTERİSTİKLERİNİN VE BAZI
KALİTE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Melisa YAGCILARI

0000-0002-5190-2798

Prof. Dr. Ömer Utku ÇOPUR

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2020

TEZ ONAYI

Melisa YAGCILARI tarafından hazırlanan “FARKLI ÖN İŞLEMLER UYGULANARAK VAKUM ALTINDA KURUTULAN KÜP KESİM ELMALARIN KURUMA KARAKTERİSTİKLERİNİN VE BAZI KALİTE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Ömer Utku ÇOPUR

Başkan : Prof. Dr. Ömer Utku ÇOPUR
0000-0002-1951-7937
Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Üye : Doç. Dr. Senem SUNA
0000-0002-6947-2167
Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Aycan CINAR
0000-0003-2038-725X
Bursa Teknik Üniversitesi
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN
Enstitü Müdürü

../././..

B.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.

Melisa YAGCILARI

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI ÖN İŞLEMLER UYGULANARAK VAKUM ALTINDA KURUTULAN KÜP KESİM ELMALARIN KURUMA KARAKTERİSTİKLERİNİN VE BAZI KALİTE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Melisa YAGCILARI

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ömer Utku ÇOPUR

Bu çalışmada, baharatlı saf su ve sakkaroz çözeltilerine daldırılarak etüv (75°C’de atmosferik basınçta 9dk) ve vakum impregnasyon (75°C’de 600 mbar 9dk) ön işlemleri ile hazırlanan elma örneklerinin, vakum altında kurutulması (75°C’de 100, 200 ve 300 mbar) ile sağlıklı bir atıştırılabilir ürünün elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla üretilen elma küplerinin kurutma kinetikleri ile birlikte fizyokimyasal özellikleri ve biyoaktif bileşenleri incelenmiştir. Kurutulmuş elma küplerinin L^* , a^* ve b^* değerleri sırasıyla 50,64 - 65,28; 0,93 - 9,85 ve 26 - 62,41 aralığında bulunmuştur. Kurutulan örneklerin toplam fenolik madde miktarı (TFM) ve toplam antioksidan kapasite (TAK) değerleri taze elmaya göre artış göstermiştir. Kurutulmuş elmaların TFM miktarları 124,70-174,5 mg GAE/100 g kuru madde (km) arasında değişirken; TAK miktarları DPPH, FRAP ve CUPRAC yöntemleri için sırasıyla 5,17 - 5,69 μmol troloks/g km, 9,5 - 18,77 μmol troloks/g km ve 9,23 - 65,17 μmol troloks/g km arasında değişim göstermiştir. Örneklerin kurutma kinetikleri incelendiğinde en kısa kurutma süresinin, 240 dk ile VI-SA-100 (vakum impregnasyon ön işlemi 75°C’de/ 600 mbar’da baharatlı sakkaroz çözeltilerine daldırma olan ve 75°C/ 100 mbar vakumda kurutulan örnek) örneğinden elde edildiği görülmüştür. Uygulanan matematiksel modelleme sonuçlarına göre R^2 , RMSE ve χ^2 değerleri sırasıyla 0.8265- 0.9993, 0.004422 - 0.095429 ve 0.000345 - 0.121394 aralığında saptanmış olup, elma küplerinin kurutulmasına uyum en iyi modellerin Page, Modifiye Page ve Wang ve Sing olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elma, ön işlem, vakum kurutma, antioksidan kapasite

ABSTRACT

MSc Thesis

DETERMINATION OF DRYING CHARACTERISTICS AND SOME QUALITY PARAMETERS OF VACUUM DRIED DICED APPLES DIFFERENTLY PRETREATED

Melisa YAGCILARI

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

Supervisor: Prof. Dr. Omer Utku COPUR

In this study, apple samples prepared by dipping in a spicy pure water and sucrose solutions in an oven (at 75 ° C at atmospheric pressure 9 min) and vacuum impregnation (at 75 ° C/ 600 mbar 9 min) were dried under vacuum (75 ° C with 100, 200 and 300 mbar). It was aimed to obtain a healthy snack product. The drying kinetics, physicochemical properties and bioactive components of apple cubes produced for this purpose were investigated. L^* , a^* and b^* values of the dried apple cubes were found between 50.64 - 65.28, 0.93 - 9.85 and 26 - 62.41 respectively. Total phenolic content (TPC) and total antioxidant capacity (TAC) values of the dried samples increased compared to fresh apples. While TPC amounts of dried apple cubes varied between 124.70-174.5 mg GAE / 100 g dry matter (dm); TAC amounts were changed among 5.17 - 5.69, 9.5 - 18.77 and 9.23 - 65.17 $\mu\text{mol trolox /g dm}$ for DPPH, FRAP and CUPRAC assays respectively. When the drying kinetics of the samples were examined, the shortest drying time was obtained from the sample VI-SA-100 (vacuum impregnation pretreatment dipped in a spicy sucrose solution at 75°C/ 600 mbar and dried in vacuum at 75°C/ 100 mbar) with 240 min. According to the applied mathematical modeling R^2 , RMSE and χ^2 values were ranged between 0.8265- 0.9993, 0.004422 - 0.095429 and 0.000345 - 0.121394 respectively while Page, Modified Page and Wang and Singh were found as the best models fitted to the drying method.

Key words: Apple, pre-treatments, vacuum drying, antioxidant capacity

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarımın her aőamasında yardımlarını ve hoőgörösünü esirgemeyen, bilgi ve tecrübeleriyle daima yol gösteren değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ömer Utku ÇOPUR'a, tezimin düzenlenmesi ve kontrol edilmesi aşamalarında hoőgörü ve sabır ile desteklerini esirgemeyen hocam Sayın Doç. Dr. Senem SUNA'ya, çalıőmalarımın her aőamasında katkılarını gördüğüm Sayın Araő. Gör. Azime ÖZKAN KARABACAK'a, tüm bu süreç boyunca yanımda olan değerli yol arkadaőım Meltem ELŐANI'ye, desteği ve sabrıyla her daim yanımda olan sevgili aileme sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Melisa YAGCILARI

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ŞİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	15
2.1. Kurutma ile ilgili temel kavramlar	15
2.1.2. Kurutma hızını etkileyen unsurlar.....	16
2.1.3. Kurutma yöntemleri	17
2.1.4. Kurutma sistemleri.....	17
2.2. Kurutma ile ilgili yapılan çalışmalar.....	23
3. MATERYAL YÖNTEM	30
3.1. Materyal	30
3.2. Yöntem	32
3.2.1. Uygulanan ön işlemler.....	32
3.2.2. Uygulanan kurutma yöntemleri.....	33
3.3. Analiz yöntemleri.....	39
3.3.1. Nem tayini.....	39
3.3.2. Renk tayini	40
3.3.3. Toplam fenolik madde tayini	41
3.3.4. Toplam antioksidan kapasite tayini.....	42
3.3.5. Matematiksel modelleme	44
3.3.6. İstatistiksel analiz.....	45
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	46
4.1. Renk analizi.....	46
4.2. Toplam antioksidan kapasitenin ve toplam fenolik madde.....	51
4.3. Elma dilimlerinin kurutulması sonucu elde edilen veriler ve yorumlanması	57
4.4. Kurutulmuş elmaların matematiksel modellemesi ve elde edilen veriler	64
5. SONUÇ.....	70
KAYNAKLAR	71

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
C^*	Chroma (Kroma)
h°	Hue açısı
a^*	Kırmızı (+) ya da yeşil (-) renk
R^2	Korelesyon katsayısının karesi
L^*	Parlaklık
b^*	Sarı (+) ya da mavi (-) renk
Kısaltmalar	Açıklama
ABTS	2,2-azinobis-3etilbenzotiazolin-6sulfonik asit
CUPRAC	Bakır(II) indirgeme kapasitesi
DPPH	2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl
FRAP	Ferrik iyon indirgeme antioksidan parametresi
GAE	Gallik asit eşdeğeri
FAO	Gıda ve tarım örgütü
g	Gram
Trolox	6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-karboksilik asit
Km	Kuru madde
μmol	Mikromol
mg	Milligram
mL	Mililitre
mmol	Milimol
TÜİK	Türkiye istatistik kurumu
TAK	Toplam antioksidan kapasite
TFM	Toplam fenolik madde

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Granny smith.....	30
Şekil 3.2. Ön işlem için hazırlanan baharat çözeltileri.....	32
Şekil 3.3. Deneme deseni	34
Şekil 3.4. Vakumlu kurutucuda elma örneklerinin kurutulması	38
Şekil 3.5. Kurutulmuş elma örneği	38
Şekil 3.6. Nem tayin cihazı	39
Şekil 3.7. Renk ölçüm cihazı.....	41
Şekil 3.8. Spektrofotometre.....	43
Şekil 4.1. Ön işlemsiz ve ön işlemlili elma örneklerine ait görseller.....	46
Şekil 4.2. Kurutulmuş elma dilimlerine ait nem içerik-kuruma süresi eğrileri.....	58
Şekil 4.3. Kurutulmuş elma dilimlerine ait nem oranı-kuruma süresi eğrileri.....	59
Şekil 4.4. Kurutulmuş elma dilimlerine ait kuruma hızı-nem içerik eğrileri	60

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 1.1. Elmanın genel kimyasal bileşimi	3
Çizelge 1.2. Elma üretim miktarları	4
Çizelge 1.3. Taze ve kurutulmuş elmanın besin değerleri	5
Çizelge 1.4. Kurutulmuş elmada bulunan fenolik bileşik değerleri.....	6
Çizelge 1.5. Dünya ihracat ve ithalat rakamları	7
Çizelge 1.6. Türkiye ihracat ve ithalat rakamları	7
Çizelge 1.7. Türkiye'nin yaş ve kuru meyve sebze ihracatı	8
Çizelge 1.8. Meyveler, içecek ve baharat bitkilerin üretim miktarları.....	8
Çizelge 3.1. Elma örneklerine uygulanan ön işlemler ve kurutma parametreleri.....	37
Çizelge 3.2. Elma örneklerine ait başlangıç nem değerleri.....	40
Çizelge 3.3. Uygulamada kullanılan matematiksel modeller.....	44
Çizelge 4.1. Hammadde ve son ürün renk sonuçları	47
Çizelge 4.2. Hammadde ve kurutulmuş ürünlere ait TAK ve TFM değerleri	51
Çizelge 4.3. Kurutulmuş elmalara ait deneysel veriler	65

1. GİRİŞ

Meyve ve sebzeler, sağlık üzerine olumlu etkileri olan, canlının hayatta kalmasını ve zorlu yaşam koşullarına dayanma gúcünü arttıran biyoaktif bileşenler içermektedir. Bununla birlikte meyve ve sebzeler, temel beslenme ihtiyacının dışında insan fizyolojisi ve metabolik fonksiyonlara fayda sağlayan, sağlıklı ve kaliteli bir yaşam sürdürmede büyük etki gösteren gıdalar oldukları için, küresel pazarda “doğal fonksiyonel gıdalar” olarak değerlendirilmektedir (Demirkol ve ark. 2017).

Meyve-sebze/Meyve-sebze ürünleri, günlük diyetle tüketilen önemli ürünler arasındadır. Sağlıklı, doğal ve fonksiyonel gıdalara olan tüketici talebi, meyve-sebze ürünlerinin besleyici bileşimlerinin optimize edilerek yeni atıştırmalıklar şeklinde sunulması gerekliliğini ortaya koymuştur (Bhaskaran ve Hardley 2002, Gray ve ark. 2003).

Meyve ve sebzelerin içeriğinde bulunan organik bileşenler ve % 80-95 su oranı, mikrobiyolojik ve kimyasal bozulmalara ortam hazırlamaktadır. Dolayısıyla bozulmaları önlemek, üretildikleri mevsim dışında veya hiç üretilmeyen bölgelerde tüketimini sağlamak, hasat sonrası oluşan kalite kayıplarını azaltmak ve ürün yelpazesini genişletmek amacıyla farklı muhafaza yöntemleri geliştirilmektedir.

Meyveler doğal bir enerji kaynağı olup, vitamin, mineral ve lif içermektedir. Karbonhidrat oranı % 10 ile % 25 arasında değişirken, % 1.0'dan daha az protein ve çok az miktarda (% 0.5'in altında) yağ içermektedir. Meyvelerde bulunan başlıca mineraller Na, K, Mg, Ca, P, S ve Cl olup, yapılarında ayrıca daha az miktardlarda Mo, Mn, Fe, Co, Cu, Zn ve I bulunmaktadır. Potasyum, meyvelerde en çok bulunan mineraldir ve bunu kalsiyum takip etmektedir (Kader ve Barret 1996).

Taze meyveler, A, C ve E gibi vitaminler, mineraller, folatlar, glukozinolatlar, karotenoidler, flavonoidler ve fenolik asitler gibi fitokimyasallar içermektedir. Bunun yanında yapılarında likopen, selenyum ve diyet lifi gibi birçok besleyici ve sağlıklı bileşenler de bulunmaktadır. Polifenoller, antiinflamatuvar, antihistaminik ve antitümör aktivitetlerine sahip oldukları ve ayrıca kardiyovasküler hastalıklara karşı koruyarak serbest radikal temizleyici etki

gösterdikleri için insan sağlığı bakımından son derece önem taşımaktadır (Diaz ve ark. 1997, Seeram ve ark. 2006). Özellikle elma ve ürünleri, fenolik bileşikler, renk, tat ve lezzet özellikleri bakımından zengin olup, insan sağlığı açısından önem arz etmektedir. Hertog (1992)'a göre, en temel antioksidan kaynaklarını oluşturan gıdaların başında çay, soğan ve elma yer almaktadır. Fenolik bileşikler, bitkilerde aromatik aminoasit metabolizması sırasında meydana gelen ikincil metabolitler olup, meyve ve sebzelere özgü buruk tadı veren maddeler şeklinde tanımlanmaktadır (Saldamlı 1998, Wahle ve ark. 2010).

Elma (*Malus domestica*) her mevsim tüketilebilme özelliğinin yanında, lezzetli, hoş bir aromaya sahip olması, uzun süre dayanabilmesi ve ekonomik olması ile çok tüketilen bir meyve çeşidi haline gelmiştir. Tarihi bilgilere bakıldığında elmanın anavatanının Kafkasya yöresi olduğuna rastlanılmıştır. Türkiye'de en çok yetiştirilen meyvelerin başında yer almaktadır. Elma (*Malus domestica*) üretiminin, İç Anadolu'da Konya, Niğde, Nevşehir dolaylarında, Orta Karadeniz'de Amasya, Akdeniz'de Burdur, Antalya ve Isparta dolaylarında yaygın olduğu bilinmektedir (Özçağırın ve ark. 2004).

Elma (*Malus domestica*), gülgiller (Rosaceae) familyasından kültürü elde edilebilen bir meyve çeşididir. Tarihe bakıldığında elmaya ilk olarak Kuzey Anadolu bölgesinde, Güney Kafkaslar'da, Rusya'nın güneybatı bölgesinde ve Orta Asya çevresinde rastlanmıştır. Uzunluğu yaklaşık 5–12 m olup, geniş taç yaprağına sahip, küçük ve yaprak döken bir ağaç türüdür. pH değeri 6-7 olan topraklarda yetişmektedir. -36 °C soğuklara kadar dayanıklı yapıya sahip bir meyve çeşididir.

Yapılan çalışmalar sonucunda elmada bulunan fitokimyasallar ve antioksidanların insan sağlığı üzerinde önemli etkileri olduğu kanısına varılmıştır. Elmanın (*Malus domestica* Borkh. var. Granny Smith) genel kimyasal bileşimi Çizelge 1.1.'de gösterilmiştir. Ayrıca elma tüketimi araştırıldığında, diyabet, kanser ve kardiyovasküler gibi hastalıkların görülme riskini ve lipit oksidasyonunu azalttığı ortaya konulmuştur (Küçükkömürler ve Karakuş 2009).

Çizelge 1.1. Elmanın (*Malus domestica* Borkh. var. Granny Smith) genel kimyasal bileşimi (USDA Food Data Central)

MADDE ADI	MİKTARI (100 g için)
SU	85.1 g
PROTEİN	0.27 g
YAĞ	0.14 g
KARBONHİDRAT	14.2 g
KALORİ	56.0 kcal
VİTAMİN B6	0.028 mg
TİYAMİN B1	0.018 mg
RİBOFLAVİN B2	0.075 mg
NİYASİN	0.11 mg
KALSİYUM (Ca)	5 mg
FOSFOR (P)	10 mg
DEMİR (Fe)	0.07 mg
SODYUM (Na)	2 mg
ÇİNKO (Zn)	0.02 mg
BAKIR (Cu)	0.035 mg
POTASYUM (K)	116 mg
MANGANEZ (Mn)	0.039 mg

Elma (*Malus domestica*) ayrıca yumuşak çekirdekli meyve türleri arasında en çok tüketilen ve insan sağlığı açısından büyük önem taşıyan bir besindir (Soylu ve ark. 2003). Ayrıca, her bölgede yetiştirilebilen bir meyve olan elma, üretim miktarı bakımından yumuşak çekirdekli meyve çeşitleri arasında birinci sırada yer almaktadır. Günümüzde, dünya çapında 10 000 kadar elma çeşitleri bulunurken, Türkiye’de yaklaşık 500 civarındadır (Özongun ve ark. 2014).

FAOSTAT, BM Gıda ve Tarım Örgütü (2018) istatistik verilerine göre elma üretim miktarları ülkeler arasında değişim göstermiştir. Çizelge 1.2. ‘de verildiği gibi 2018 yılında yapılan araştırmalara göre en fazla üretim 39.2 milyon ton ile Çin’de gerçekleştirilmektedir. Sıralamayı A.B.D. 4.7 milyon ton, Polonya 4.0 milyon ton ve Türkiye 3.6 milyon ton elma üretimi ile takip etmektedir. Dünya çapında en çok elma üretilen ülkeler arasında Türkiye 4. sırada yer almaktadır.

Çizelge 1.2. Elma üretim miktarları (2018)

Elma üretimi (2018)	
Ülke	Miktar (milyon ton)
Çin	39.2
ABD	4.7
Polonya	4.0
Türkiye	3.6
İran	2.5
İtalya	2.4
Hindistan	2.3
Dünya	86.1

Daha iyi ve kaliteli kurutulmuş bir elma için, meyvenin olgun, sert, esmerleşmeye dirençli ve yüksek oranda suda çözünen kurumadde içeriğine sahip olması gerekmektedir. Golden Delicious, Kome, Granny Smith ve Norther Spy elma çeşitleri bu özelliklere sahip olup kurutmaya en uygun meyvelerdir (Çelik 1999). Taze ve kurutulmuş elmaya (100 g için) ait

besin değerleri izelge 1.3.'de gösterilmiştir. Ayrıca kurutulmuş elmada bulunan fenolik bileşenlerin değerleri izelge 1.4.'de verilmiştir.

Çizelge 1.3. Taze ve kurutulmuş elmanın (100 g için) besin değerleri

ÜRÜN	SU (g)	ENERJİ (kcal)	PROTEİN (g)	YAĞ (g)	KARBONHİDRAT (g)	LİF (g)
Taze elma	85.56	52	0.26	0.17	13.81	2.4
Kurutulmuş elma	31.76	243	0.93	0.32	65.89	8.7

Taze meyvelerin raf ömrünü uzatmak için, güneşte kurutma veya çeşitli modern kurutma teknikleri kullanılarak ürünün nem oranının azaltılması amaçlanmaktadır. Kurutulmuş meyveler, sağlıklı atıştırmalık olarak dünya çapında giderek önem kazanmaktadır. Depolanması ve dağıtımının kolay olmasının yanı sıra, sağlıksız, aşırı şekerli, yüksek kalorili atıştırmalıklara göre daha sağlıklı bir alternatif olması, kuru meyvelerin tüketimini arttırmaktadır (Alasalvar ve Shahidi 2013a,2013b). Meyve ve sebzelerde bulunan besleyici bileşiklerin çoğu sıcaklık değişimlerine ve oksijene duyarlı maddelerdir (Damodaran ve ark. 2010). Bu sebeple ürünlere uygulanacak kurutma yöntemi, sıcaklığı ve süresi özenle seçilmelidir.

Kurutma, değişken bir durumda ısı ve nem transferini içeren termal bir prosestir. Bu ısıl işlemde, gıda maddelerinde bulunan suyu buharlaştırmak ve su buharını ürün yüzeyinden uzaklaştırmak amaçlanmaktadır (Khraisheh ve ark. 1997). Kurutma, meyve ve sebzelerin içerdiği % 90 oranındaki suyu yaklaşık olarak % 10–20 oranına düşürerek raf ömrünün uzatmaya yarayan bir teknolojidir (Cemeroğlu 2004). Kurutma işleminin gıda maddelerine uygulanması gıda endüstrisi için son derece önem taşımaktadır. Kurutma, rndeki nem oranını azaltarak mikrobiyal ve kimyasal bozulmayı büyük ölçüde önlemektedir (Doymaz ve Pala 2003). Ayrıca, ürünün hacim ve ağırlığını azaltarak depolama ve sevkiyat aşamalarında da avantajlar sağlamaktadır.

Çizelge 1.4. Kurutulmuş elmada bulunan fenolik bileşiklerin değerleri (Chang ve ark.2016)

Fenolik bileşik çeşitleri		Birim	İçerik	Referanslar
Dihidrokalonlar	Phloridzin	mg / 100g	35.44	Joshi ve ark. 2011
	Phloretin	mg / 100g	0.32	
Flavan-3-oller	Catechin	mg / 100g	0.26	Joshi ve ark. 2011
	Epicatechin	mg / 100g	3.11	
Flavonoller	Cyanidin-3-O-galactoside	mg / 100g	2.97	Joshi ve ark. 2011
	Quercetin-3-O-rutinoside	mg / 100g	1.71	
	Quercetin-3-O-galactoside	mg / 100g	10.49	
	Quercetin-3-O-glucoside	mg / 100g	5.93	
	Quercetin-3-O-rhamnoside	mg / 100g	9.21	
Fenolik asitler	Chlorogenic acid	mg / 100g	139	Joshi ve ark. 2011
Flavonoller	Quercetin-3-O-galactoside	% Toplam quersetin türevleri	36.2	Schulze ve ark. 2014
	Quercetin-3-O-glucoside	%	12.2	
	Quercetin-3-O-xyloside	%	6.7	
	Quercetin-3-O-arabinoside	%	25.9	
	Quercetin-3-O-rhamnoside	%	14.1	
	Quercetin	%	4.9	

Türkiye’de ve dünya çapında yaş ve kuru meyve sebzelerin ithalat ve ihracat verileri Çizelge 1.5. ve Çizelge 1.6.’da verilmiştir.

Çizelge 1.5. Dünya ihracat ve ithalat rakamları

Ürün (Kurutulmuş) (1.000 USD)	2009		2010		2011		2012		2013	
	İhracat	İthalat	İhracat	İthalat	İhracat	İthalat	İhracat	İthalat	İhracat	İthalat
Kayısı	385.588	394.567	460.438	447.463	463.962	478.757	389.031	398.162	416.838	418.843
Erik	466.541	454.494	485.401	470.620	482.723	455.390	488.224	469.358	577.917	555.756
Elma	95.048	150.995	102.679	154.365	114.681	184.231	116.569	168.702	114.513	173.721
Üzüm	1.317.358	1.283.484	1.708.416	1.629.997	1.904.323	1.837.162	1.798.810	1.824.887	1.847.958	1.880.869

Kaynak: İTC Calculations Based on UN COMTRADE statistics

Çizelge 1.6. Türkiye ihracat ve ithalat rakamları

Ürün (Kurutulmuş) (1.000 USD)	2009		2010		2011		2012		2013	
	İhracat	İthalat	İhracat	İthalat	İhracat	İthalat	İhracat	İthalat	İhracat	İthalat
Kayısı	278.866	2.217	350.602	1.745	360.907	5.490	296.615	2.934	314.134	1.758
Erik	928	22	776	386	749	2.249	886	1.252	1.592	2.260
Elma	3.360	107	4.792	183	4.666	390	5.085	782	7.939	578
Üzüm	407.512	4.588	417.598	4.808	506.499	4.007	520.385	4.163	490.290	5.514

Kaynak: İTC Calculations Based on UN COMTRADE statistics

Türkiye'nin yaş ve kuru meyve sebze 2012-2018 yıllarına ait ihracat verileri Çizelge 1.7. 'da gösterilmiştir. Ayrıca Çizelge 1.8.'de verilen meyveler, içecek ve baharat bitkilerin 2001-2019 yıllarındaki üretim miktarları incelendiğinde, elma üretiminde diğer meyvelere göre belirgin bir artış saptanmıştır.

Çizelge 1.7. Türkiye'nin yaş ve kuru meyve sebze ihracatı 1.000 USD (2012-2018)

SEKTÖRLER	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018 (Haziran)
Yaş Meyve ve Sebze	2.180.176	2.350.965	2.396.517	2.085.569	1.977.992	2.231.391	1.175.565
Meyve Sebze Mamulleri	1.259.674	1.329.992	1.417.226	1.317.684	1.320.222	1.416.698	764.016
Kuru Meyve ve Mamulleri	1.364.650	1.438.254	1.460.876	1.340.730	1.296.686	1.282.238	605.646

Kaynak : TİM 2018

Çizelge 1.8. Meyveler, içecek ve baharat bitkilerin üretim miktarları (2001-2019)

YIL	Üzüm (ton)	Elma (ton)	Zeytin (ton)	Portakal (ton)	Fındık (ton)	Çay (ton)
2001	3 250 000	2 450 000	600 000	1 250 000	625 000	824 946
2002	3 500 000	2 200 000	1 800 000	1 250 000	600 000	791 700
2003	3 600 000	2 600 000	850 000	1 250 000	480 000	869 000
2004	3 500 000	2 100 000	1 600 000	1 300 000	350 000	1 105 000
2005	3 850 000	2 570 000	1 200 000	1 445 000	530 000	1 192 004
2006	4 000 063	2 002 033	1 766 749	1 535 806	661 000	1 121 206
2007	3 612 781	2 457 845	1 075 854	1 426 965	530 000	1 145 321
2008	3 918 442	2 504 494	1 464 248	1 427 156	800 791	1 100 257
2009	4 264 720	2 782 365	1 290 654	1 689 921	500 000	1 103 340
2010	4 255 000	2 600 000	1 415 000	1 710 500	600 000	1 305 566
2011	4 296 351	2 680 075	1 750 000	1 730 146	430 000	1 231 141
2012	4 234 305	2 888 985	1 820 000	1 661 111	660 000	1 250 000
2013	4 011 409	3 128 450	1 676 000	1 781 258	549 000	1 180 000
2014	4 175 356	2 480 444	1 768 000	1 779 675	450 000	1 266 311
2015	3 650 000	2 569 759	1 700 000	1 816 798	646 000	1 327 934
2016	4 000 000	2 925 828	1 730 000	1 850 000	420 000	1 350 000
2017	4 200 000	3 032 164	2 100 000	1 950 000	675 000	1 300 000
2018	3 933 000	3 625 960	1 500 467	1 900 000	515 000	1 480 534
2019	4 100 000	3 618 752	1 525 000	1 700 000	776 046	1 450 000

Kaynak: Çay için Rize Ticaret Borsası ve Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü, diğer ürünler için Tarım ve Orman Bakanlığı

Kurutma işlemi kompleks yapısıyla birçok araştırmacının yıllarca ilgi alanını oluşturmuştur. Kurutma havasının sıcaklığı ve hızı, kurutucu tipleri, gıda kalitesini etkileyen parametrelerin belirlenmesi ve enerji maliyeti kurutma işleminin temel araştırma alanlarını oluşturmaktadır. Doğru kurutma yöntem ve parametrelerinin uygulanması nihai ürünün görünüş, renk, tat ve besleyici değeri bakımından son derece önem arz etmektedir (Rajkumar ve ark. 2007, Guiné 2011).

Meyve ve sebzelerin kurutma süresini kısaltmak ve kurutma işlemi sırasında üründe meydana gelen istenmeyen değişimleri önlemek amacıyla kurutma işleminden önce ürünlere mekanik ve kimyasal ön işlemler uygulanmaktadır. Gıdaların kurutulmasında ön işlem olarak tercih edilen yöntemlerden biri de vakum impregnasyon tekniğidir. Özellikle meyve ve sebzelerin gözenekli yapısı sayesinde fenolik madde, organik asit, vitamin, mineral ve antimikrobiyal maddeler ile zenginleştirilmesi, fonksiyonelliğinin artırılması ve yeni ürün yelpazesinin geliştirilmesi amacıyla son zamanlarda tercih edilen bir teknoloji haline gelmiştir (Betoret ve ark. 2003, Xie ve Zhao 2003, Park ve ark. 2005, Castagnini ve ark. 2015, Mao ve ark. 2017).

Vakum impregnasyon, meyve ve sebze gibi gözenekli yapıya sahip gıdaların kapiler yapısı ile içinde bulunduğu bir sıvı arasında kütle aktarımının sağlandığı temel bir prosestir. Vakum impregnasyon işlemi sırasında 'hidrodinamik mekanizma' ve 'deformasyon gevşeme' süreçleri gerçekteşmektedir. Bu durum, basınç farkı nedeniyle gözenekli yapının şişmesi, büzülmesi ile gözeneklerden gaz çıkışının sağlanması ve impregnasyon çözeltisinden gözenekli yapıya sıvı geçişi ile açıklanmaktadır (Yılmaz ve Bilek 2017). Bu işlemde, gıda maddesi impregnasyon çözeltisine daldırıldığı sırada gözenekli yapının içinde ve dışındaki basınç atmosferik basınca eşittir. İlk olarak vakum uygulanarak basıncın düşmesiyle, gözenekli yapıda deformasyon veya genişleme olmakta ve kapiler borudaki gaz dışarı çıkmaktadır. Bu olay, deformasyon veya gevşeme olayının ilk aşaması olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca kapiler yapının hacmi basınç dengelenene kadar artmaya devam etmektedir. Ardından hidrodinamik mekanizma sonucu kapiler borular sıvı ile dolmaya başlamaktadır. Kapiler yapının iç basıncı yavaşça yükselmekte ve serbest hacim azalmaktadır. Vakum impregnasyon işleminde vakum kesilip atmosferik basınca

dönüldüğünde gevşeme aşamasına geçilmiş olur. Kapiler borular büzölmeye başlar ve oluşan hacim, gıdanın ilk andaki kapiler yapısının hacminden daha düşük seviyede olur. Aynı zamanda kapiler yapının iç basıncının yükselmesi ve büzölme sonucunda, dışardan içe doğru yoğun bir şekilde sıvı akışı sağlanmaktadır (Radziejewska-Kubzdela ve ark. 2014). Ayrıca, vakum impregnasyon işlemini etkileyen iç ve dış faktörler bulunmaktadır. İç faktörler, gıdanın gözenek yapısı, çeşidi, yüzey alanı, kalınlığı ve şeklini kapsamaktadır. Bununla birlikte, vakum basıncı, vakum uygulama süresi, vakum sonrası restorasyon süresi ve impregnasyon çözeltisinin özellikleri dış faktörler olup işlem verimliliğini de etkilemektedir (Martínez-Monzó ve ark. 1998, Salvatori ve ark. 1998). Raf ömrünün uzatılması, tat, renk gibi duyuşal özelliklerin iyileştirilmesi için vakum impregnasyon yöntemi çeşitli meyve işlemlerinde kullanılmaktadır (Guamis ve ark. 1997, Chiralt ve ark. 2001, Jeon ve Zhao 2005).

Taze meyve ve sebzelere kabuk soyma, kesme, dilimleme işlemleri uygulanması durumunda ürünlerde esmerleşme reaksiyonları, mikrobiyal bozulmalar ve dokuda istenmeyen olumsuz özellikler ortaya çıkmaktadır (Perera 2007). Sözü edilen bu özelliklerin oluşumunu önlemek amacıyla vakum impregnasyon teknolojisinden yararlanılabilir. Meyve ve sebzelere esmerleşmeyi önleyici çeşitli ajanlar ve dokunun sağlamlığı için kalsiyum tuzları aktarımı bu teknikle sağlanmaktadır (Day ve ark. 2009). Böylece ürünün hem besin değerini hem de raf ömrünü arttırmak mümkün olmaktadır.

Bitki ve baharat, eski çağlardan beri tüketilen gıdalardır (Baydar 2005). Baharat, tıbbi, koruyucu, tatlandırıcı ve renklendirici ajanlar olarak birçok uygulama alanında kullanılmaktadır. Baharat ve ekstrelerinin, koruyucu, antibakteriyel, antifungal, antiviral ve doğal antioksidan özellikleri mevcuttur (Hernández ve ark. 2011, Wang ve ark. 2000). Bazı baharatların içerdikleri ana bileşenler, tarçındaki (sinammaldehit), karanfildeki (eugenol) ve kimyondaki (cuminaldehid) gıdalarda oluşabilecek mikrobiyal bozulmaların önlenmesinde etki göstermektedirler (Carlos ve Harrison 1999). Baharat, doğal kaynak olduğundan dolayı gıdalarda koruyucu madde olarak insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen nitratlar gibi yapay koruyucuların yerine kullanılabilir (Anand ve Sati 2013).

Bu çalışmada ön işlemler için kakule, tarçın, zencefil, karanfil, karabiber ve zerdeçal baharat karışımı kullanılmıştır. Yukarıda da belirtildiği gibi baharat, koruyucu, antibakteriyel, antifungal, antiviral ve antioksidan gibi insan sağlığını olumlu yönde etkileyen özelliklere sahiptir. Zerdeçal (*Curcuma longa* L.) kokusuz, ısıya dayanıklı, antioksidan özelliğe sahip (tetrahidrokurkumin) ve gıdalarda renk verici niteliğinde kullanılan bir baharat çeşitidir. Ayrıca gıda maddelerinde peroksit oluşumunu önleyip raf ömrünü arttırmaktadır. Zerdeçal, lipid oksidasyonunu engelleyen ve bu etkisinin vitamin E den daha baskın olduğu bilinmektedir (Jayaprakasha ve ark. 2005). Karabiber (*Piper nigrum*), antioksidan, antimikrobiyel ve ateş düşürücü özelliğe sahip bir baharattır. Antioksidan özellikli beş fenolik asit (piperettine, piperanine, piperin, piperolein B and pipericine) amidi içerir ve α -tokoferolden daha güçlü antioksidan aktivite göstermektedir (Govindarajan 1977). Karanfilin (*Eugenia caryophyllata*) yapısında uçucu yağ eugenol, koku ve tat veren ana bileşendir. Lean ve Suhaila (1999), karanfili BHT ve BHA ile kıyasladığında aynı antioksidatif etkiye sahip olduğunu bildirmiştir.

Günümüzde tıbbi ve aromatik bitkiler üzerine yapılan çalışmalarda, biyoaktif maddelere sahip olması dolayısıyla insan sağlığına olumlu etkilerinden bahsedilmiştir. Böylece bitki ve baharatın tüketiminde artış gözlemlenmiştir (Usal ve Özde 2001, Özgüven ve ark. 2005).

a) Zencefil (*Zingiber officinale*)

Zencefil; Zingibeaceae familyasına aittir. Bu familya 24 kadar cinsi ve 300 civarında türü kapsamaktadır. Toprak altında, yumru köklü, yaklaşık 60-90 cm yükseklikte, koyu yeşil yaprakları olan çok yıllık bir bitki türüdür. Pembe renkte çiçeklere sahip olmasıyla orkideye benzetilmektedir (Ahmed ve ark. 2000). William Roscoe tarafından 1807 yılında tanımlanmış olup, "*Zingiber officinale*" ismini almıştır (Foster 2000). Zencefil kökleri %60-70 karbonhidrat, %9-10 protein, %9-12 su, %3-8 ham lif, yaklaşık %8 oranında kül, %3-6 yağ, %2-3 uçucu yağ içerdiği bilinmektedir (Manhu ve Nalini 2005). İçerdiği gingerol ve şogol bileşenleri yüksek antioksidan etkili fenolik maddelerdir (Shirin ve Jamuna 2010). Uzun yıllardan beri yaş ve kuru şekilde baharat olarak tercih edildiği bilinmektedir (Plotto 2002).

b) Tarçın (*Cinnamomum zeylanicum*)

Tarçın, defnegil familyasından olan Güney ve Güneydoğu Asya kökenli bir bitkidir (Ceylan 1995). Seylan Tarçını (*Cortex cinnamomum verum*) ve Çin Tarçını (*Cortex cinnamomum cassia*) olmak üzere iki cins tarçın kabuğu bulunmaktadır ve her iki tarçın bileşiminde tanen ve %1-2 oranında uçucu yağ bulunmaktadır (Shan ve ark. 2005). Güçlü antioksidan özelliğine sahip olması, gıda alanında baharat şeklinde kullanımını arttırmıştır (Shan ve ark. 2005). Tarçın ile ilgili yapılan çalışmalarda, tarçının antialerjik, antipiretik, antitümöral, kolesterol düşürücü, kabız önleyici ve antiseptik özellikte olduğu belirtilmiştir (Kurokawa ve ark. 1998, Gürson ve Özçelikay 2005).

c) Karanfil (*Eugenia caryophyllata*)

Myrtaceae familyasına ait, ana vatanı Asya olan ve Türkiye’de Akdeniz bölgesinde yetişen bir baharattır (Vural 2014). Pembe renkte çiçeklerinin tomurcuklarını kurutarak baharat şeklinde kullanımı sağlanmaktadır (Kocabaş ve ark. 2008). Karanfilin ana bileşenlerinden olan öjanolün yüksek antioksidan etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Lee ve Shibamoto 2001, Santos ve ark. 2009).

d) Karabiber (*Piper nigrum*)

Karabiber, çiçekli bitkilerden Piperaceae familyasına ait, 6 mm çapındaki meyvelerinin kurutulup baharat olarak kullanılmasıyla bilinmektedir (Abbasi ve ark. 2010). Güneybatı Hindistan, Endonezya, Brezilya ve Türkiye gibi bölgelerde yetişmektedir (Parmar ve ark. 1997). Karabiberin içeriğinde, %5,3-9,2 oranında keskin ve yakıcı tat veren piperin, %1 oranında reçine türü olan chavacin, yaklaşık olarak %50 nişasta, %6,5-7,5 sabit yağ ve %1,2-3,5 eterik yağ (d-Phellandren, diperten, citral, sesquiterpenler, piperidin) mevcuttur (Franke 1981, Hoppe 1981, Wagner 1982). İçerdiği piperin ve fenolik bileşenler sayesinde antioksidan aktiviteyi artırıp reaktif oksijen türlerinin oluşumunu önlemektedir (Butt ve ark. 2013).

e) Zerdeçal (*Curcuma longa*)

Sarı çiçekli, büyük yapraklı, toprak altında büyüyen ve Zingiberaceae familyasında yer alan çok yıllık bir bitkidir. Toz zerdeçal %6,3 protein, %5,1 yağ ve %2,4-4 esansiyel yağ içermektedir (Chattopadhyay ve ark. 2004, Kermanshahi ve Riasi, 2006). Öksürük, romatizma, sinüzit, karaciğer ve deri hastalıklarının tedavisinde kullanıldığı bilinmektedir (Ammon ve ark. 1992, Miquel ve ark. 2002, Auddy ve ark. 2003). Yüksek miktarda polifenol içeren zerdeçalın, peroksit oluşumunu önleyerek raf ömrünü de uzattığı belirtilmiştir (Jayaprakasha ve ark. 2005). Yapılan çalışmalar sonucunda, zerdeçalın etken maddesi olan kurkuminooidlerin antioksidan etkisinin, askorbik asitle eşdeğer olduğu belirtilmiştir (Khanna 1999, Ak ve Gülçin. 2008).

f) Kakule (*Elettaria cardomomum*)

Zingiberaceae familyasına ait, 2-4 m boyunda, büyük yapraklı ve Güney Asya kökenli bir bitki olduğu bilinmektedir (Akgül 1993, Baytop 1999). Meyveleri 7-15 mm boyunda ve 6-8 mm genişliğinde olup, genellikle sarı yeşil kapsül şeklindedir. Her meyve ortalama 15-20 adet tohum içermektedir. Hindistan, Çin, Endonezya, Kosta Rika, Malezya ve El Salvador çevresinde yetişmektedir. Yoğun, aromatik olmasının yanında acımsı ve yakıcı lezzet özelliklerine sahiptir. İçeriğinde 8,3 g su, 10,8 g protein, 6,7 g yağ, 68,5 g karbonhidrat, 11,3 g lif, 5,8 g kül, 383 mg Ca, 14 mg Fe, 229 mg Mg, 178 mg P, 1119 mg K, 18 mg Na, 7 mg Zn ve 1 mg niasin mevcuttur. Ayrıca, %25-45 1,8-sinenol, %28-34 α -terpinenol, jeranil asetat, nerol, linalol, neril asetat, metil heptenon, borneol ve monoterpen gibi uçucu yağları da içermektedir (Akgül 1993). Kakule ile ilgili yapılan çalışmalarda, ülser ve gastrit gibi mide rahatsızlıklarında etkili olduğu ve trombositler üzerinde agregasyon etkiyle trombositlerin birbiriyle yapışmasını engelleyerek kalp damar sağlığında olumlu etkiye sahip olduğu belirtilmiştir (Karaca ve ark. 2005, Jamal ve ark. 2006).

Konveksiyon, gıda üzerine sıcak hava akışını sağlayan, ısıyı kurutulacak ürüne aktarmanın en yaygın yolu olarak bilinen yöntemdir (Khraisheh ve ark. 1997). Kurutma kinetikleri, ürün ve kurutma havasının iletim özelliklerini belirlemektedir. İnce tabaka kurutma, örneklerin bir tabaka halinde kurutulması olarak tanımlanmaktadır. Kullanımı kolay ve veri gereksinimi az

olan bu modelleme birçok kurutma çalışmasında yer almıştır (Özdemir ve Devres, 1999). İnce tabaka modelleri, kurutma sürelerini tahmin etmeyi ve kurutma eğrilerine erişmeyi sağlayan denklemlerdir. Kurutma sırasında çeşitli iletim olaylarının kombine etkilerini oluşturan kurutma sabiti, k (1/s) veya gecikme faktörü, k_0 gibi parametreler yardımıyla kurutma sırasında nem değişimlerini ifade etmektedir (Tripathi ve Kumar 2009). Kurutmanın iç kütle transferi tarafından yönetildiği varsayılabilir, nem yayılımı da kontrol basamağı olarak tanımlanabilmektedir. İnce tabaka eşitlikleri teorik, yarı teorik ve ampirik modeller olarak sınıflandırılmaktadır. Ancak gıdalarda yapılan kurutma çalışmalarında yarı teorik ve ampirik modeller tercih edilmektedir. Yarı teorik modeller Fick yasası ve Newton'un soğuma kanunundan türetilmektedir (Fortes ve Okos 1981). Modeller arasında en uygun olanı seçmek amacıyla bazı istatistiksel parametreler (tahmini standart hata, determinasyon katsayısı ve ki-kare) hesaplanmaktadır. Özellikle tahmini standart hata ve ki-kare değerinin sıfıra, determinasyon katsayısının ise bire yakın olmasına önem verilmektedir (Pangavhane ve ark. 1999). Literatürde gıdaların kurutma verileri Page, Midilli, Logaritmik, Wang ve Sing, Newton gibi yarı teorik ve ampirik modellerle açıklanmıştır (Kutlu ve ark. 2015).

Günümüz tüketicileri gıda, sağlık ve beslenme konularında daha çok bilinçlenmekte ve tüketicinin duyuşal tercihlerine hitap eden, sağlık üzerine büyük oranda olumlu etkileri olan yeni lezzetlere ilgi de giderek artmaktadır. Bu bağlamda, sağlık üzerine birçok olumlu etkisi bulunan elmanın var olan tüketim şekillerine alternatif olarak atıştırmalık üretiminin uygun olacağı düşünölmüştür.

Bu tez çalışmasında farklı ön işlemler uygulanarak vakum altında kurutulan küp kesim elmaların toplam fenolik madde, antioksidan kapasite ve renk özellikleri bakımından karşılaştırılması yapılmıştır. Ayrıca, kurutulan elma küplerine ince tabaka kurutma modelleri uygulanarak, elma küplerinin kuruma kinetiğini ortaya koyan en uygun matematiksel model belirlenmiştir. Bu tez çalışmasında yapılan analizler sonucunda elde edilen verilerin, bu konuda yapılacak çalışmalara katkı sağlayacağı öngörölmüştür.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Kurutma ile ilgili temel kavramlar

Kurutma, maddede bulunan suyu buharlaştırma veya uzaklaştırma olarak ifade edilmektedir. Kurutma, gıdaları muhafaza etmede tercih edilen en popüler yöntemlerin başında yer almaktadır. Meyvelere kurutma işlemi uygulanarak, raf ömrünü uzatma, hacmi azaltarak depolama ve nakliye aşamalarında fayda sağlama, tüketiciye ürün çeşitliliği ve mevsim dışında tüketebilme kolaylığı sunma gibi avantajlar sağlanmaktadır (Fernandes ve ark. 2008b, Ciurowska ve ark. 2011). Bunun yanında, gıda muhafaza tekniklerinden en eski ve seçkin fiziksel yöntemlerden biri olup, meyve, sebze, baharat ve yüksek oranda bozulabilir kabul edilen gıda maddelerinin nem içeriğini azaltmak amacıyla uygulanmaktadır (Orsat ve ark. 2007). Kurutma işlemi aracılığıyla gıdaların su aktivitesinin ve nem miktarının azaltılması ile mikrobiyal inaktivasyon sağlanmaktadır. Bunun yanında enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının da önlenmesi mümkündür (Karel ve Lund 2003).

Üründe bulunan serbest suyun buhar basıncının, aynı sıcaklık değerindeki saf suyun buhar basıncına oranı su aktivitesi olarak ifade edilmektedir. Gıdaların su aktivitesini mikrobiyolojik gelişmeyi engelleyecek değerlere düşürmek amacıyla kurutma işlemleri kullanılmaktadır (Zhao ve ark. 2002). Taze meyve ve sebzelerin su aktivite değerleri 0,970 - 0,996 arasında değişiklik göstermektedir (Cemeroğlu 2004). Kurutulmuş meyvelerde bu değer 0.60-075, kurutulmuş sebzelerde ise 0.30-0.40 aralığında değişmektedir (Jay 2000).

Kurutma işlemi uygulanan gıda maddelerinin nem içeriği, kuruma süresi boyunca azalan bir grafik oluşturarak belirli bir noktadan sonra sabit değere ulaşmaktadır. Başlangıçta kurutma hızı yüksekken, sürenin ilerlemesiyle azalma göstermektedir. Bunun yanında, kurutma sıcaklığının ve hava hızının artması, kurutulacak ürünün kalınlık ve miktarının azalması ile kurutma hızında artış sağlanacağı bilinmektedir (Sarsılmaz 1998).

2.1.2. Kurutma hızını etkileyen unsurlar

Kurutma hızını etkileyen birçok unsur mevcuttur. Kurutma hızının, şekil, kalınlık, miktar gibi ürünün özelliklerine bağlı olmasının yanında kurutma hava hızı, sıcaklık, basınç ve nem de son derece önemli parametreleri oluşturmaktadır (Krokida ve Phlippopoulos 2006).

Kurutma hızı; parçacıkların yüzey alanıyla doğru, kalınlıklarıyla ters orantılıdır. Bu nedenle kurutulacak parçacıklar ne kadar küçükse; yüzey alanı o kadar fazla, kalınlığı o kadar az olacağından, bunların kurutma hızı olumlu yönde etkilenmektedir (Cemeroğlu ve ark. 2003). Yüzey alanını arttırmak için ürün küçük parçalar veya ince dilimler haline getirilmektedir. Böylece nemin uzaklaştırma alanı artırılmaktadır (Kocayiğit 2010).

Ürünlerin kimyasal bileşimi de kurutmayı etkileyen önemli faktörlerden biridir. Özellikle şeker, tuz gibi küçük moleküllü erimiş maddeler bakımından zengin bir gıdanın kuruması daha zor gerçekleşmektedir. Bu durum çözülmüş maddelerin suyun buhar basıncını düşürmesi ve suyun buharlaşmasının zorlaşması ile açıklanabilir. Gıdalarda bulunan serbest su, en önce ve kolay bir şekilde buharlaşabilirken, katı parçacıklarla adsorpsiyonla bağlanan su daha güç uzaklaşmaktadır. Örneğin nişasta ve pektin bakımından zengin ürünlerin kuruması daha güç olmaktadır (Cemeroğlu 2009, Demiray 2009, Kocayiğit 2010).

Özellikle kurutma hava sıcaklığı parametresine bakılacak olursa, sıcaklık arttıkça birim zamanda üründen buharlaşan su miktarı da buna bağlı olarak artış göstermektedir. Fakat kurutma sıcaklığının, kurutulacak ürünün niteliklerine göre seçilmesine dikkat edilmelidir. Ayrıca kurutulan ürünün özellikle ilk kuruma evresinde, kurutucu içerisindeki hava hızı ne kadar yüksekse ürünün kuruma hızı da o kadar yüksek olduğu bilinmektedir (Mujumdar 2004).

Kurutma ortamının basıncı da kurutma hızını etkileyen faktörlerden biridir. Kurutma ortamının basıncı yükseldikçe, suyun buharlaşma sıcaklığı da artmaktadır. Kurutma ortamındaki vakum miktarı yükseldikçe, buharlaşan su miktarı artmakta ve dolayısıyla kurutma daha kısa sürede gerçekleşmektedir (Cemeroğlu 2004).

Kurutulacak ürünün birim miktarının fazla olması kuruma sürecini uzatmaktadır. Örneğin konveksiyonel kurutma işleminde kurutulacak ürünün dizilimi kalın yapılırsa, sıcak havanın ürüne nüfus etmesi zor olmaktadır. Bu nedenle kuruma işlemi de uzun sürmektedir (Mujumdar 2004).

2.1.3. Kurutma yöntemleri

Kurutma metodu, doğal ve yapay olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır (Cemeroğlu 1986). Doğal ya da güneşte kurutma, üründe bulunan suyun güneş ısısından faydalanarak azaltılması veya uzaklaştırılması için kullanılan ilkel bir yöntemdir. Güneşte kurutma, gıdaların özellikle meyve ve sebzelerin sergilere serilerek güneş ışınları sayesinde kuruma gerçekleşmektedir. Bu yöntem ile kurutmada sıcaklık kontrolü sağlanamadığı için renk ve vitamin bakımından kayıplar ortaya çıkmaktadır (Al-Juamily ve ark. 2007). Ayrıca güneşte kurutulacak ürünün dış etkilere maruz kalarak kontaminasyonun ve hafif bir fermantasyonun meydana gelmesi gibi dezavantajlara sahip olması nedeniyle yapay kurutma sistemlerinin kullanımı artmaktadır (Cemeroğlu 2004). Bir diğer kurutma yöntemi olan yapay kurutmada, kurutulacak ürünlerdeki suyun uzaklaştırılması için uygulanan ısı geçiş biçimi önem arz etmektedir. Kurutma işleminde taşınım, iletim ve ışınım olmak üzere üç şekilde ısı geçişi sağlanmaktadır. Daha hızlı, kontrollü, homojen ve hijyenik kurutma sağlamak amacıyla farklı kurutma yöntemleri geliştirilmiştir.

2.1.4. Kurutma Sistemleri

Sıcak hava ile kurutma: Sıcak havada kurutma yöntemi ile kurutulacak olan ürüne ısı aktarımı iletim ile sağlanmaktadır. Kurutucuların içinde ısıtılmış hava (50 - 100°C sıcaklık aralığında) sirküle edilmektedir. Havanın hareketi genellikle vantilatör ve fan sistemleri ile sağlanarak, sıcak hava, kurutulacak olan ürünün, içinden, arasından veya üzerinden geçirilmektedir. Meyve ve sebzeleri kurutmak için kullanılan en yaygın yöntemlerden biri sıcak hava ile kurutmadır. Sıcak havada kurutmanın ürünlere bazı olumsuz etkileri olduğu tespit edilmiştir. Kurutma işleminin yüksek sıcaklık ve uzun süreli olması, kurutulmuş ürünün kalite değerlerinde kayıplara neden olmaktadır (Sharma ve Prasad 2006). Konveksiyonel kurutma en çok kullanılan kurutma tekniği olmasına rağmen, kurutma

süresinin azalan hız evresi boyunca uzun olması ve düşük enerji verimliliği gibi dezavantajlara sahiptir. Bu durum araştırmacıları, kısa sürede ve az enerji tüketimi ile kurutma gerçekleştirip, istenilen kalitede kuru ürünler sağlanabileceği yeni kurutma tekniklerinin kullanımı konusunda araştırmalar yapmaya yöneltmiştir (Yıldız 2019).

Kabin tipi kurutucu: Bu tip sistemde kurutulacak gıda maddeleri öncelikle alt kısımları ızgaralı tepsilere dizilerek, üst üste getirilir ve vagonlara yerleştirilmektedir. Ardından vagonlar kurutma kabinine sıralanmaktadır (Özel 2010). Kabin tipi kurutucularda fındık, ceviz, elma, erik, mantar gibi taneli ve dilimlenmiş ürünlerin kurutulması sağlanmaktadır. Bu sistemlerde hava hızı ürüne göre ayarlanarak, kurutma kısa sürede gerçekleşmektedir (Olgun ve Rzayev 2000). Kabin tipi kurutucular genellikle birkaç tonluk kapasitede çalışmaktadırlar. Sabit yatırımı az, çalıştırılması kolay kurutucu sistemlerden biridir (Dadalı 2007).

Tünel tipi kurutucu: Bir diğer kurutucu tipi olan tünel tipi kurutucuda kurutulacak ürün bir tünel içinde hareket eden kurutma vagonları içine uygun bir şekilde yerleştirilerek kurutma yapılmaktadır (Güngör ve Özbalta 1997). Kurutma işlemi için sıcak hava fan yardımı ile sistemde dolaştırılmaktadır. Sistemde ürüne paralel hava akımı, zıt veya ikisinin aynı anda uygulanması mümkündür. Tünel tipi kurutucular birçok gıda maddelerinin kurutulmasında tercih edilmektedir. Bu tip kurutucuda hava tekrar ısıtılarak veya tekrar kullanılarak, sistemi terk etmeden önce daha fazla nem almasına yol açmaktadır. Ayrıca sistemin giriş ve çıkış kısmında sıcak hava kayıplarını azaltmak amacıyla önlemlerin alınmasına dikkat edilmelidir (Geankoplis 2003, Özel 2010).

Püskürtmeli (sprey) kurutucu: Bu tip kurutucuda kurutma, kurutulacak ürünün yüksek basınç altında çok küçük partiküller şeklinde atomize edilmesi ve daha sonra sıcak kuru havayla karşılaştırılarak çok kısa sürede tamamlanması prensibine dayanmaktadır. Kurutma sırasında gaz girişi 93°C - 760°C sıcaklıklar arasında tercih edilmektedir. Bu tip kurutucularda ürün kuruma süreleri 1-10 saniye kadar sürmektedir. Dolayısıyla duyarlı gıda maddelerinin kurutulması için tercih edilen sistemler arasında yer almaktadır. Süt, peynir altı suyu, yoğurt, çay, kahve, dondurma karışımları, bebek mamaları, meyve sebze suları, renk

ve aroma maddeleri gibi gıda veya gıda bileşenlerinin kurutulması, enkapsülasyonu veya boyutunun küçültülmesi amacıyla gıda sanayinde kullanım alanı yaygınlaşmıştır (Geankopolis 2003, Koç 2009).

Akışkan yataklı kurutucu: Bu kurutma sisteminde akışkanlaştırılmış yatak ve tanecik şeklinde ürün bulunurken, alttan yüksek bir hızla sıcak hava verilerek kurutma sağlanmaktadır. Sıcak hava, ürün taneleri arasından, ürüne etki eden yer çekimi kuvvetini yenecek kadar yüksek hızla zorlanarak, tanelerihavada askıda tutacak şekilde ayarlanmaktadır. Kurutma işlemi boyunca ürün havada askıda kalmakta ve yatay olarak hareket etmektedir (Cemeroğlu 2009). Toz veya taneli parçacıklar şeklindeki gıdalar ile akışkanlaştırma gazı arasında kuvvetli bir temas olduğundan dolayı kurutma havası ile parçacıklar arasındaki ısı transfer oranı da yüksektir. Bu sistemde akışkan yatak aracılığıyla gıdanın kolay taşınması, yüklenip boşaltılması ve kuvvetli karıştırılması sağlanmaktadır (Jaros ve Pabis 2006, Nazghelichi ve ark.2010). Sistemin en önemli avantajı ise kurutma işleminin kısa sürede gerçekleşmesidir (Özel 2010). Ayrıca kuruma hızı yüksek olduğundan konveksiyonel kurutma ile kıyaslandığında daha homojen, daha düşük son nem içeriğine sahip ürünler elde etmek mümkündür (Senadeera ve ark. 2003, Jaiboon ve ark. 2009).

Dondurarak kurutma: Genellikle çok düşük basınçta donmuş gıdalardan veya donmuş çözümlerden, çözücünün (genellikle su) süblimasyonla ve bağlı suyunda (donmamış) desorpsiyonla uzaklaştırılmasıdır (Sadıkoğlu 2003). Kurutulacak ürün önce hızlıca -25, -30°C'ye kadar soğutularak dondurulmaktadır (Bulduk 2004). Dondurarak kurutma yöntemi kullanılarak, ürün özelliklerinin taze forma en yakın şekilde muhafazası sağlanmaktadır. Yöntemin bu avantajı, dondurulmuş üründe bulunan suyun süblimasyon ile uzaklaştırılması prensibi ile açıklanabilir (Telis ve Sobral 2002). Dondurarak kurutulmuş gıdaların mikrobiyal yükü az, besin içerikleri ve kalite özellikleri yüksek olduğu bildirilmiştir (Ratti 2001). Bu durumu hücre içindeki maddelerin diğer yöntemlerdeki gibi hücre dışına ve ürünün yüzeyine çıkmamasıyla ilişkilendirmek mümkündür (Cemeroğlu 2009). Dondurarak kurutma sistemi farmakolojik ürünler, bakteri kültürleri, meyve suları, sebze, kahve ve çay özlerinin elde edilmesinde, et ve süt ürünleri gibi birçok alanda tercih edilmektedir (Özel 2010).

Ozmotik kurutma: Bu tip kurutma sisteminde, kurutulacak ürünü ozmotik basıncı yüksek bir solüsyon içerisine daldırarak nemin azaltılmasıyla kuruma sağlanmaktadır (Abuşka 2002). Dokulardan çözelti içerisine suyun difüzyonu, doku ve hipertonic çözelti arasındaki ozmotik basınç tarafından yürütülmektedir. Su difüzyonuna, katının doku içerisine aynı anda zıt difüzyonu eşlik etmektedir. Ozmotik taşınmada rol oynayan hücre zarı tam olarak seçici olmadığından, hücre içinde bulunan diğer katıların da ozmotik çözelti içerisine geçmesi söz konusu olabilir. Kurutmanın düşük sıcaklıkta yürütülmesi dolayısıyla esmerleşme reaksiyonları önlenmekte ve renk kalitesinde azalmaların önüne geçilmektedir. Bunun yanı sıra lezzet ve aroma maddelerinin kayıpları da en aza düşürülmektedir. Böylece ozmotik dehidrasyonun diğer kurutma sistemlerine göre önemli avantajlara sahip olduğu tespit edilmiştir (İspir 2006).

Kızılötesi kurutma: Bu tür kurutma sisteminde, kurutma 3×10^{12} - 3×10^{14} Hz aralığında elektromanyetik dalga üreten ısıtıcılar ile gıda yüzeyi arasındaki ısı ışınım etkisi ilkesine dayanmaktadır (Döner ve İçier 2017). Kızılötesi ısıtma, buhar ısıtmalı kaynaklar veya elektrikle ısıtılmış yüzeyler tarafından sağlanmaktadır. Bu sistem ile ürünün yüzeyine yakın bölgeler ısındığından, ince tabaka yapısındaki ürünlerin kuruması daha kolay gerçekleşmektedir. Isı transferi, ısı ışınım yayan kaynak yapısı ve özellikleri ile kurutulan ürünün özelliklerine bağlı gelişmektedir (Özel 2010).

Dielektrik kurutma: Bu tip kurutma yöntemlerinin prensibi, gıdaya uygulanan alternatif akım altında negatif yüklerin pozitif, pozitif yüklerin ise negatif kutba doğru hareket etmesine dayanmaktadır. Ayrıca yüksek frekans uygulamalarında, polaritenin sürekli değişmesine bağlı olarak, uygulanan alan dengede kalmaz, polaritenin sürekli tersine değişimi, iyonların hareketine sebep olmaktadır. Dolayısıyla ürün içerisinde sürtünme ve ısı meydana gelmektedir. Özellikle gıdanın yapısında bulunan su molekülü gibi dipolar moleküller de değişen elektrik alanla birlikte yön değişimine maruz kalmaktadırlar (Döner ve İçier 2017).

Mikrodalga kurutma: Belirli gıdalara uygulanabilen hızlı bir dehidrasyon tekniğidir. Mikrodalga gıda endüstrisinde, pişirme, çözdürme, kurutma, dondurarak kurutma,

sterilizasyon, ısıtma ve yeniden ısıtma gibi işlemler için kullanılabilen en uygun yöntemlerden biridir (Cui ve ark. 2004).

Mikrodalgalar, dalga boyu 1 mm-1 m arasında, frekansı 300 MHz-300 GHz olan ve iyonize edici olmayan elektromanyetik dalgalar olarak tanımlanmaktadır (Pu ve ark. 2016). Genellikle sanayi tipi fırınlarda 915 MHz, ev tipi fırınlarda 2450 MHz frekanstaki ışınlar gıda endüstrisindeen çok tercih edilen mikrodalga ışınlarıdır. Mikrodalga ile kurutma sıcak hava ile kurutma işlemine kıyasla daha hızlı, homojen ve enerji tasarruflu olduğu bildirilmiştir (Haghi 2001, Haghi 2005).

Mikrodalga ile kurutma, ürünlerdeki polar molekülleri etkileyerek elektromanyetik enerjinin ısı enerjisine dönüşmesi prensibiyle açıklanabilir (Vadivambal ve Jayas 2007). Meyve, tahıl ve yüksek nem içerikli besinlerin verimli bir biçimde kurutulması için en çok tercih edilen sistemlerden biridir. Mikrodalganın sağladığı enerji ile üründe bulunan sıvıyıçok kısa sürede buharlaştırmak mümkündür. Bu hızlı nem geçişi sayesinde kuruma süresi konveksiyonel yöntemlerle kıyaslandığında çok daha az olduğu görülmüştür.

Meyve ve sebzelere mikrodalga kurutma uygulanarak hızlı bir kurutma prosesi gerçekleştirme ve ürünün kalite kayıplarını azaltma gibi avantajlar sağlamak amaçlanmaktadır (Oliveira ve ark. 2002, Baysal ve ark. 2003, Zhang ve ark. 2006). Kurutma işlemi sırasında oluşan mikrodalga enerjisi su molekülleri tarafından hızla emilip buharlaşmakta ve dolayısıyla kurutma hızında artış meydana gelmektedir. Bunun yanında ürünün kuruma süresi % 50 oranında azalma göstererek büyük miktarda enerji tasarrufu da sağlanmaktadır (McCloughlin ve ark. 2003).

Vakum kurutma: Düşük derecelerde gerçekleşen, hem sıvı hem de katı parçacıklar halindeki ürünler üzerinde kullanılabilen alternatif kurutma sistemidir. Bu tür kurutma sistemlerindeürünün kuruması mutlak basınç altında gerçekleşmektedir. Sistemde bulunan hava vakum pompa ya da buhar enjektörü aracılığı ile çekilmektedir. Böylece uygun basınçlı bir vakum ortamı oluşmaktadır. Taşınım, iletim ve ışınım vasıtası ile ısı transferi sağlanarak ürünün içerdiği nemi buharlaştırmak mümkündür. Ortamda buharlaşan nem bir yoğuşturucu yardımı ile sıvı hale dönüştürülür ve dışarı aktarılmaktadır (Çelen 2010). Okside olma

özelliği gösteren gıdaların kurutulmasında, vakum hücresi içerisindeki havanın çok düşük seviyeye indirilmesi oksidasyon tehlikesini ortadan kaldırmaktadır. Ayrıca, kurutma düşük sıcaklıkta ve mutlak basınç altında uygulandığı için yüzeyle sert tabakanın oluşumu önlenmektedir. Üründe bulunan sıvının tamamı buharlaşana dek ısı geçişi durdurulmadan homojen bir kurutma sağlanmaktadır (Hastürk 2010).

Gıdaların kurutma işlemi havasız bir ortamda gerçekleştiği için oksidasyon tepkimeleri engellenmiş olur. Vakumda kurutulan ürünlerin daha iyi bir yapıya, renge ve aroma gibi kalite özelliklerine sahip olduğu bilinmektedir (Wu ve Ark 2007, Erbay ve Küçüköner 2008, Jaya ve Dass 2003). Sıcaklığa hassasiyet gösteren gıda maddelerini kurutmada en fazla tercih edilen yöntemlerden biri vakumlu kurutmadır. Bu yöntemde kurutma düşük sıcaklıklarda (100°C'nin altında) vakum altında gerçekleştiğinden dolayı ürünün renk, tat ve aroma özelliklerine etki etme söz konusu değildir (Saldamlı ve Saldamlı 1990). Vakumlu kurutma sistemleri ısıya duyarlı veya yapısı çabuk bozulabilen ürünlerin, düşük sıcaklıkta ve kısa süreli bir kurutma için geliştirilmiştir (Arevalo-Pinedo ve Murr 2007). Vakumla kurutma tekniğinin sıvı ya da püre şeklindeki ürünleri kurutmada daha çok tercih edildiği, aynı zamanda katı gıdalara da uygulanabildiği bilinmektedir (Cemeroğlu 2004).

Gıdaların kurutulması sırasında konvansiyonel kurutma yöntem ve sistemleri kullanıldığında besin değerinde kayıplara yol açtığı görülmüştür. Bunun yerine vakumlu kurutma tekniği uygulamasına geçerek kayıpları en aza indirmek ve daha kaliteli nihai ürün elde etmek mümkündür (Mousa ve Farid 2002). Fakat vakumda kurutma tekniği pek çok kurutucu tipine göre daha maliyetlidir. Endüstride kullanılabilirliğini arttırmak amacıyla, önce sıcak hava ile kurutma yöntemlerinden biri ile ürünün mevcut nemini %35-40 düzeyine kadar ön kurutma yaparak, ikinci aşamada nem değerini vakum kurutucular ile % 10-15 düzeyine düşürerek kurutma sağlanmaktadır (Saldamlı ve Saldamlı 2004). Besin içeriğinde meydana gelen kayıpları azaltmak ve kurutulmuş gıdanın kalitesini korumak için, vakumlu kurutma işlemi geleneksel yöntemlerin yerine başarılı şekilde uygulanmaktadır (Mousa ve Farid 2002).

2.2. Kurutma ile ilgili yapılan çalışmalar

Doymaz (2007), domateste ön işlem ve ön işlem olmadan kurutma üzerinde çalışma yapmıştır. Domatesleri 1 dakika boyunca alkalın etil oleat çözeltisine daldırarak yüzeyindeki mumsu tabakayı uzaklaştırmayı amaçlamıştır. Çalışma sonucunda ön işlem uygulanan örneklerin kuruma süresi ön işlemsiz örneklere göre daha kısa olduğu belirlenmiştir.

Moreno ve ark. (2016) ohmik ısıtma (OH) ve vakum impregnasyon (VI) ön işlemleriyle elma dilimlerini folik asit ile zenginleştirerek atıştırılabilirlik oluşturmayı amaçlamışlardır. Numunelere üç farklı sıcaklıkta (30, 40 ve 50 ° C) ve 13 V/cm elektrik alan şiddeti değerinde ön işlemler toplam 105 dk süreyle uygulanıp ardından 50, 60 ve 70 ° C'de sıcak hava ile kurutma sağlanmıştır. 50 ° C'de VI / OH işlemi uygulanan numunelerde folik asit içeriği 322.63 µg / 100 g değeri ile sonuçlanmıştır. Gözlemlenen artışın nedeni ohmik ısıtmanın bir özelliği olan elektrik geçirgenliği ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Bunun yanında VI yönteminin kullanılması da ürünlerin sertlik ve renk özelliklerinin korunmasında etkili olduğu görülmüştür. Çalışma sonucunda, folik asit ile zenginleştirilmiş atıştırılabilir elma oluşturmak için 50 ° C'de VI / OH ön işlem ve ardından 60 ° C'de kurutma en uygun yöntem olarak belirlenmiştir.

Schulze ve ark. (2012) elma kabuğundan elde edilen quercetin glikozitlerle elmayı zenginleştirmek amacıyla vakum impregnasyon uygulamasını incelemişlerdir. Quercetin zenginleştirme işlemi sırasında vakum basıncı 800 mbar ile 100 mbar arasında değişen farklı seviyeler uygulanmıştır. Çalışmada vakum işlem süresi 5 dakika, atmosferik faz süresi 10 dakika sabit tutulmuştur. Vakum impregnasyon işlemlerinden sonra flavonoid içeriği karşılaştırıldığında, vakum basıncı 800 mbar'dan 600 mbar'a düşürülürken elma dokusunun zenginleşmesinde (cv. Jonagold) hafif ama önemli bir artış gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, vakum seviyesi 200 mbar'dan 100 mbar'a düşürüldüğünde 2.5 kat artış tespit edilmiştir. Osmotik basınçların uygulanması için vakum impregnasyon çözeltileri, elma suyuna (0.3-13Brix) su veya glikoz ilave edilerek çözünür katı içeriklerinde (SSC) modifiye edilmiştir. Çözünür katı madde 11Brix'ten 0.3Brix'e düştüğünde, flavonoid içeriğinde belirgin bir artış sağlanmıştır. Su-pektin VI çözeltileri ile zenginleştirilmiş elmaların ölçülen

flavonoid konsantrasyonu (cv. Jonagold) 946.2 µg / g kuru kütlede 699.0 µg / g kuru kütleyle düşüş göstermiştir. Doğal olarak sadece elma kabuğundan meydana gelen quercetin, elma dokusuna eklendiğinde flavonoid içeriği artmıştır. Ayrıca elma zarının iç kısmında, dış kısma göre daha fazla çözelti alımı olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular, gözenek boyutu dağılımı, gözeneklilik, sertlik ve doku içindeki hücre morfolojisindeki karakteristik farklılıklardan kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

Nowacka ve ark. (2012), elmanın kurutulmasından önce ultrasesin bir kütle transferi geliştirici yöntem olarak kullanımını araştırmışlardır. Ultrases gücü, ultrases banyosunda 10, 20 ve 30 dakika boyunca 35 kHz frekansta sağlanmıştır. Elma küplerinin kurutulması 70 ° C'de ve konvektif kurutucuda 1,5 m / s hava hızında gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, kurutma süresi ultrases uygulamasına bağlı olarak % 31 azalmıştır. Ayrıca, ultrasonla işleme tabi tutulmuş elmalarda, kontrol örneklerinden % 9'dan daha yüksek bir büzülme, % 6-20 kadar düşük yoğunluk ve % 9-14'ten daha fazla gözeneklilik elde edilmiştir.

Huang ve ark. (2011) kombinasyon kurutma yöntemlerinin elma dilimlerinin bileşimi, dokusu, aroması ve mikro yapısı üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Kurutulmuş örnekler (FD & MWVD), FD örneklerine kıyasla daha yüksek indirgeyici şekerler, toplam pektin ve daha düşük toplam fenol değeri ile sonuçlanmıştır. Ayrıca, MWVD & FD uygulanmış örnekler, FD & MWVD uygulanmış örneklere göre daha düşük şeker, toplam fenol ve pektin değerleri elde edilmiştir. Genel olarak, FD & MWVD'de aroma muhafazası MWVD & FD ürünlerinden daha iyi sağlanmış olup, FD örneklerinden daha kötü kalitede elde edilmiştir. Ayrıca, FD & MWVD numunelerinin gevrekliği MWVD&FD numunelerinden daha fazlayken, sertlikte daha az değerler belirlenmiştir. MWVD işlemine bakıldığında hızlı kurutmanın numunenin hücre yapısını olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. FD&MWVD numunelerindeki suda çözünür pektin içeriği, MW uygulaması nedeniyle de taze elmadakinden daha yüksek oranda elde edilmiştir. Ek olarak, elma dilimlerindeki toplam fenollerin içeriği FD&MWVD yöntemi, FD örneklerinden daha düşük belirlenmiştir. Dolayısıyla kurutulmuş numunelerin bileşiminin muhafaza edilmesi için FD ve FD &MWVD yöntemleri önerilmiştir.

Cruz ve ark. (2015) Golden Delicious ve Granny Smith elma çeşitlerini 30, 40, 50 ve 60°C sabit sıcaklıklarda, yaklaşık % 2 nem içeriğine kadar kurutmuşlardır. Kurutma işlemi 30°C'de 20-25 saat, 60°C'de yaklaşık 8 saat sürmüştür. Kurutma ve kurutma sıcaklığının etkisini değerlendirmek için nem, asitlik ve şeker içeriği, renk ve dokusal özellikler incelenmiştir. Kurutmanın her iki elma çeşidi için hem asitliği hem de şeker içeriğini azalttığı sonucuna varılmıştır. Golden Delicious ve Granny Smith çeşitlerinde asitlik sırasıyla 3 ve 5 mg malik asit / g km değerleri tespit edilmiştir. Kurutma işlemi uygulandıktan sonra her iki çeşit için asitlikte % 30 ile % 50 arasında azalma ortaya çıkmıştır. Bu azalma, uçucu asitlerin buharlaşmasının yanı sıra bazı fenolik asitlerin bozunmasından kaynaklanabildiği belirtilmiştir. Taze elmalardaki toplam çözünür katı içeriği, Golden Delicious ve Granny Smith çeşitlerinde sırasıyla 0.55 ve 0.65 g sakkaroz/ g km değerlerinde olduğu tespit edilmiştir. Kurutma işlemleri sırasında şeker içeriklerinde Granny Smith elma çeşidinde % 45, Golden Delicious çeşidinde % 38 oranında azalma meydana gelmiştir. Bu azalmalar, şeker moleküllerinin protein amino asitleri ile reaksiyona girdiği Maillard reaksiyonlarının oluşması ile açıklanmıştır. Ayrıca kurutma sıcaklığının renk değişim derecesini etkilemediği görülmüştür. Buna ek olarak, sıcaklık arttıkça kurutma süresi büyük ölçüde azaldığından dolayı sıcak kurutma havasının oksitleyici etkisine de daha kısa süreli bir maruziyete yol açtığı bildirilmiştir. Vega-Gálvez ve ark. (2012), Granny Smith elma çeşidinin kurutulması için de benzer gözlemler rapor etmişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda kurutma işleminin, elmaların sertlik, gevreklik ve yapışkanlık gibi dokusal özelliklerinde etkisi olduğu görülmüştür. İnce tabaka kurutma kinetiği açısından incelendiğinde farklı modeller uygulanıp, en iyi sonuç veren Page modeli olduğu belirlenmiştir.

Aktaş ve ark. (2013) koca yemiş meyvesi üzerinde kurutmanın etkilerini incelemişlerdir. Örneklere ön işlem olarak etil oleat çözeltilisine (EO) daldırma ve sıcak suda (80°C) haşlama (WB) uygulanmıştır. Ardından iki farklı kurutma yöntemi olarak konveksiyonel (50°C,60°C ve 70°C'de) ve vakumda (60°C,70°C ve 80°C'de - 10 kPa) kurutma işlemleri kullanılmıştır. Ayrıca ön işlem uygulanmayan örneklere de kurutma teknikleri uygulanmıştır. Kurutmanın örneklerde kuruma karakteristikleri ve renk özellikleri üzerindeki etkinliği incelenmiştir. Numuneler bütün ve yarım şeklinde kurutulmuştur. Ön işlemlerin uygulanması sayesinde

ürünlerin kuruma süreleri kısalmıştır. Özellikle EO uygulamasının, hem sıcak hava ile kurutmayı hem vakumda kurutma işlemlerinin sürelerini azalttığı görülmüştür. WB uygulanan örneklerin renk karakteristikleri diğer örneklerle kıyaslandığında daha iyi muhafaza edildiği belirtilmiştir. Ayrıca yarım şeklinde kurutulan meyvelerin renk özellikleri, bütün olarak kurutulanlara göre daha iyi sonuç verdiği belirtilmiştir. Yüksek sıcaklıkta (konveksiyonel 70°C ve vakumda 80°C) kurutulan örnekler incelendiğinde maillard reaksiyonu sonucunda oluşan HMF'ye rastlanmıştır. Sonuç olarak koca yemiş meyvesinin yarım şeklinde ve 60°C'de sıcak hava ile kurutulması önerilmiştir.

Acar ve ark. (2019) dondurarak kurutulan muz örneklerinin kinetik modellemesi üzerinde çalışma yapmışlardır. Muz örnekleri 5 mm kalınlığında kesilip, dondurarak kurutma cihazında kurutmaya bırakılmıştır. İşlem sırasında ağırlık kayıpları kaydedilerek kinetik modelleri oluşturulmuştur. Toplam 14 saat süren çalışmada 100 gr olan muz örneklerinin her iki saatte bir ağırlık ölçümleri yapılmış ve nem oranları hesaplanmıştır. En düşük khi-kare (X^2) 241×10^{-6} ve tahmini standart hata (RMSE) 155×10^{-4} olarak bulunmuş, korelasyon değeri (R^2) ise 0.9982 ile sonuçlandığı belirtilmiştir. Bu kurutma çalışmasında modeller arasında en iyi sonucu veren Page modeli olarak belirlenmiştir.

Karacaoğlu ve ark. (2016) kivi dilimlerine ön işlem olarak ultrases destekli vakum impregnasyon uygulayıp, kuruma karakteristiklerini belirlemeyi amaçlamışlardır. Numuneler 6 mm kalınlığında kesilere üç farklı ön işleme tabi tutulmuştur. Biri daldırma işlemi olup, örnekleri meyve/şurup oranı 1/4 olarak hazırlanan çözeltiye 30 dakika daldırarak yapılmıştır. Diğer ön işlemlerde örnekler vakum impregnasyon çözeltisi (% 61.8 Briks) ve vakum uygulanabilecek bir kap içerisine alınıp 78 kPa vakum basıncı 30 dakika süreyle uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Son ön işlemlerde ise, vakum impregnasyon çözeltisine daldırılmış örnekler, önce 40 kHz ayarlanmış ultrasonik su havuzunda 20 dakika süreyle ultrasese tabi tutulmuştur. Ardından 30 dakika süre boyunca 78 kPa vakum basıncı uygulanmıştır. Bu örnekler 60°C'de sıcak hava ile kurutmaya bırakılmıştır. Örneklerde bulunan suyun şuruba geçiş oranını arttıran vakum impregnasyon yönteminin olduğu görülmüştür. Bu işlem ultrases destekli yapıldığında çözeltideki sakkarozun meyve dokusuna transferi hızlı bir şekilde gerçekleşmiştir. Uygulanan ön işlemler sonucunda sakkaroz

çözültisinin briks değeri atmosfer ortamında daldırma için %59.2, vakum impregnasyon için % 58.4 ve ultrases destekli vakum impregnasyon için % 57.7 elde edilmiştir. Şurup briksindeki azalma, kivi dilimlerinin kuru maddesinde ise artış sağlanmıştır. Bu kurutma çalışması için matematiksel hesaplamalar yapıldığında en iyi sonucu Henderson-Pabis ve Newton modelleri vermiştir. Kivi örneklerine ön işlem uygulamanın kütle aktarımında etkili olduğu ancak kuruma karakteristikleri bakımından aynı sonucu göstermediği belirtilmiştir.

Polatçı (2012) farklı kurutma yöntemlerinin black beauty erik çeşidinin kuruma kinetiğine ve ürün kalitesine olan etkisini araştırmıştır. Örnekler hassas kurutucu, vakumlu etüv ve etüvde olmak üzere 3 farklı kurutucuda 50°C sıcaklıkta ve %10-13 nem değerine gelene kadar kurutmaya tabi tutulmuştur. Kurutma işlemi hassas kurutucuda 21,5 saat, etüvde 33,5 saat ve vakumlu kurutucuda 41,5 saat sürmüştür. Taze numunelerin renk karakteristikleri ölçüldüğünde (parlaklık, kırmızılık ve sarılık) hassas kurutucuda kurutulan numunelerin değerlerine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Bunun yanında Page eşitliği ile değerlendirme yapıldığında da, hassas kurutucu kullanılarak erik örneklerinin kurutma işlemi en kısa sürede tamamlandığı tespit edilmiştir.

Şahin ve ark. (2012) domates örnekleri üzerinde farklı ön işlemler uygulayıp, 65 ve 75 °C sıcaklıklarda kurutma ve vakumda kurutma işlemlerini gerçekleştirmişlerdir. Yapılan çalışmada kurutma yöntemlerinin kuruma kinetiğine, doku, renk ve besin kalitesine olan etkisini belirlemek amaçlanmıştır. 15 mm kalınlığında dilimlenen örnekler %2 etil oleat + %4 potasyum karbonat çözültisine 1 dakika boyunca, ardından %1 askorbik asit ve %1 sitrik asit çözültisine 2 dakika boyunca daldırılmıştır (EPSA). Diğer numuneler 1 dakika süre ile %2 etil oleat + %4 potasyum karbonat çözültisine daldırılmış, 2 dakika süre ile %2 sodyum metabisülfid çözültisine daldırılmıştır (EPSM). Ön işlem olarak EPSM uygulandıktan sonra 65°C'de 49 saat boyunca kurutulan domateslerin nem düzeyi % 12,44 ile sonuçlanmıştır. Ön işlem olarak EPSA uygulanıp aynı sıcaklık ve süre boyunca kurutmaya tabi tutulan örneklerin nemi %10,46 değerindedir. Ön işlem uygulanmayan örneklerin 51 saat kurutma işlemi sonucunda % 10,06 nem değeri elde edilmiştir. Ayrıca ön işlem uygulanmadan örnekler 75°C'de 47,5 saatte kurutulmuştur. Ön işlem olarak EPSM kullanıldıktan sonra kurutma işlemi 75°C'de 45 saat, EPSA kullanıldığında ise 75°C'de 38 saat ile sonuçlanmıştır.

Domatesleri kurutmada önce ön işlemler uygulandığında kurutma süresi kısalmıştır. Uygulanan iki farklı kurutma sıcaklıklarında da EPSA kullanımı EPSM kullanımına göre örneklerin kuruma süresi üzerine daha çok etki göstermiştir. Kurutulan örnekler arasından yüksek kuru madde içeriği % 89,94 olup ön işlem yapılmadan 65 °C'de kurutulan örneklerden elde edilmiştir. En düşük kuru madde içeriği % 87,18 olup EPSA kullanımından sonra 75 °C'de kurutulan ürünlerde saptanmıştır. Ayrıca numunelerin daldırma çözeltilerinde bekletilmesiyle suya geçebilen çözünür madde miktarlarında artış tespit edilmiştir. Böylece ön işlem uygulanan ürünlerin şeker içerikleri, ön işlem uygulanmadan kurutulanlarla kıyaslandığında düşük değerler elde edilmiştir. Çalışmanın ön işlemler kısmı asit çözeltilerinde gerçekleştiğinden dolayı kurutulan domateslerin asitlik değerinde artış görülmüştür. Sonuç olarak iki farklı ön işlem uygulanıp 65°C' de kurutulan domateslerde likopen diğer örneklerden daha yüksek değere sahip olduğu ve daha iyi muhafaza edildiği bildirilmiştir.

Çam ve Ersus (2008) tarafından yapılan kurutma çalışmasında, çilek örneklerine dondurarak kurutma yöntemi uygulanarak antioksidan ve toplam fenolik madde içeriklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada çilek örnekleri -40° C'de dondurulup vakum altında kurutulmuştur. Kurutulmuş örneklerin toplam kuru madde içeriği % 94,60, toplam fenolik madde değeri $1195,5 \pm 9,4$ mg/100 gölçülmüştür. Buna ek olarak antioksidan kapasite ölçümleri yapıldığında EC50 değeri $8,62 \pm 0,59$ g örnek / g DPPH olarak belirlenmiştir.

Demir (2010), siyah havuç örneklerine suda haşlama ve mikrodalga ön işlemlerini uygulayıp, 60, 70 ve 80°C'de sıcak hava ile kurutma işlemini gerçekleştirmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, tüm kurutma sıcaklıklarında siyah havucun önemli kimyasal bileşenlerinde azalmalar meydana gelmiştir. Ön işlem uygulanmış örneklerde ön işlem uygulanmadan kurutulanlara kıyasla daha düşük düzeyde azalma göstermiştir. Sonuç olarak, suda haşlamanın en uygun ön işlem ve 70°C sıcaklığın en uygun kurutma sıcaklığı olduğu tespit edilmiştir.

Çelen (2010) elma ve domates örneklerini kurutmada mikrodalga ve vakumla kurutma yönteminden yararlanıp, ürünlerin kalite özellikleri üzerindeki etkinliğini incelemiştir. Domates ve elma örneklerine 90, 180, 360 ve 600W güçte ve % 12 nem değerine ulaşana

kadar mikrodalga ile kurutma uygulanmıştır. Diğer örneklere ise 70°C, 80°C, 90°C sıcaklık ve 0,98 bar basınçta % 12 nem değerine kadar vakumda kurutma uygulanmıştır. Domates ve elma örnekleri mikrodalga ile kurutmada (90W) kalite özelliklerinin en iyi şekilde korunduğu görülmüştür. Vakum ile kurutmada elma örnekleri için en uygun sıcaklık 70°C, domates örnekleri için 90°C daha uygun olduğu belirlenmiştir. Kurutma hava sıcaklığı ve hızının etkisi incelenerek hem domates hem de elma için Page modeli en iyi sonucu vermiştir. Sonuç olarak mikrodalga ile kurutmanın kısa sürede ve hızlı gerçekleşip, az enerji tüketimiyle kaliteli son ürün elde etmenin mümkün olduğu belirtilmiştir.

Figiel (2010) tarafından yapılan çalışmada, pancar küplerine 240, 360 ya da 480 W'ta vakum-mikrodalga kurutma ve 1.6, 0.6 ya da 0.27 kg/kg db nem içeriğine kadar konvektif ön kurutmanın kombinasyonuyla, 60°C'de sıcak havada konvektif kurutma işlemleri uygulanmıştır. Ayrıca, kontrol numunelerine dondurarak kurutma uygulamıştır. Vakum-mikrodalga işlemine tabi tutulmuş numunelerin, dondurularak kurutulanların yanı sıra, konveksiyonla kurutulanlardan düşük basınç dayanımı, daha iyi rehidrasyon potansiyeli ve daha yüksek antioksidan aktivite sergilediği sonucuna varılmıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada hammadde olarak Granny Smith çeşidi elma (*Malus domestica* Borkh. var. Granny Smith) kullanılmıştır. Bu çeşit, rengi, sertliği, sulu ve aromalı yapısıyla öne çıkmakta, düşük kalorili olması ve yüksek potasyum, lif ve antioksidan madde içeriğiyle önem taşımaktadır.

Kurutma denemelerinde kullanılan örnekler görsel özellikleri dikkate alınarak taze, iri, sert dokulu ve aynı olgunluk derecesine sahip elmalardan seçilmiştir. Elma örnekleri Bursa'da bulunan bir yerel marketten temin edilmiştir. Örnekler önce etkin bir şekilde yıkanıp kabukları soyulmuş, çekirdek evleri çıkarılmış ve dilimleyici (Nicer Dicer) yardımıyla 1 cm'lik küp şeklinde kesilmiştir. Kurutma işlemine başlamadan önce örneklerin başlangıç nem değerlerikaydedilmiştir. Elma örneklerine ait başlangıç nem değerleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Granny Smith

Uygulanan ön işlemlerde kullanılan baharatlar ve sakkaroz yerel bir marketten temin edilmiştir. Bu çalışmada daldırma çözeltisi olarak kullanılan baharat karışımı içerisinde; zencefil, tarçın, karanfil, karabiber, zerdeçal ve kakule gibi biyoaktif bileşenlerce zengin ve aromatik yapıya sahip çeşitler yer almıştır.

Ön işlemlerde kullanılan baharatlar, koruyucu, antibakteriyel, antifungal, antiviral ve antioksidan gibi insan sağlığını olumlu yönde etkileyen özelliklerinden yararlanmak amacıyla karışım olarak kullanılmıştır. Baharat karışımı; 2.5 g zencefil, 15 g tarçın, 2.25 g karanfil, 0.25 g karabiber, 2.5 g zerdeçal ve 2.5 g kakuleden oluşmaktadır. Bu karışım 25 g olacak şekilde hassas terazide tartılarak hazırlanmış ve tülbentlere aktarılmıştır.

Baharat karışımı hem su hem de sakkaroz ile çözelti haline getirilerek, ön işlem sırasında elma küplerinin daldırıldığı ortam oluşturulmuştur. Kullanılan baharatlı-sakkaroz çözeltisinin hazırlanmasında öncelikle 10, 20 ve 30 briks olmak üzere üç farklı konsantrasyonda sakkaroz çözeltileri hazırlanmıştır. 10 brikslik sakkaroz çözeltisi hazırlamak için 500 mL'ye 50 g sakkaroz ve 450 g saf su kullanılmıştır. 20 ve 30 brikslik sakkaroz çözeltileri için aynı şekilde hesaplama yapılmış ve bu çözeltiler hazırlanmıştır.

Aynı miktarlarda hazırlanan baharat karışımları, önceden her biri 500 mL olacak şekilde hazırlanan 10, 20 ve 30 brikslik sakkaroz çözeltilerine ve ayrıca saf su içerisine daldırılmıştır. Daldırma işlemi 24 saat boyunca oda sıcaklığında karanlıkta bekletilerek gerçekleştirilmiştir. Ön işlem uygulamalarında kullanılmak üzere hazırlanan baharat çözeltileri Şekil 3.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Ön işlem için hazırlanan baharat çözeltileri

3.2. Yöntem

3.2.1. Uygulanan Ön İşlemler

Ön işlemler, elma küplerinin baharatlı saf su ve sakkaroz çözeltileri içerisine etüv (75°C 'de atmosferik basınç) ve vakum imregnasyon (75°C 'de 600 mbar mutlak basınç) koşulları altında daldırılması yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte, ön işlem uygulanmayan ve ön işlemler ile hazırlanan tüm örnekler vakumda kurutma yöntemi ile kurutulmuştur.

Etüv Ön İşlemi:

- 75°C 'lik etüvde, 100 g olarak tartılan elma küpleri 10 brikslik baharatlı sakkaroz çözeltisi (75°C) içerisine aktarılıp, 3 dk boyunca bekletilmiştir. Süre sonunda örnekler aynı şartlar altında, 20 brikslik baharatlı sakkaroz çözeltisi içerisine aktarılıp, 3 dk daha bekletilmiştir. Ardından 30 brikslik baharatlı sakkaroz çözeltisine 3 dk süreyle daldırma işlemi uygulanmıştır. Kuru maddenin arttırılması ve ürüne lezzet kazandırılması için yapılan bu işlem sonunda örnekler belirlenen parametrelerde vakumda kurutulmuştur.

- Aynı şekilde, bu defa baharatlı saf su çözeltisi kullanılarak yapılan daldırma işlemi ile hazırlanan örnekler (100 g örnek, 9dk boyunca) vakumda aynı parametrelerde kurutulmuştur.

Vakum İmpregnasyon Ön İşlemi:

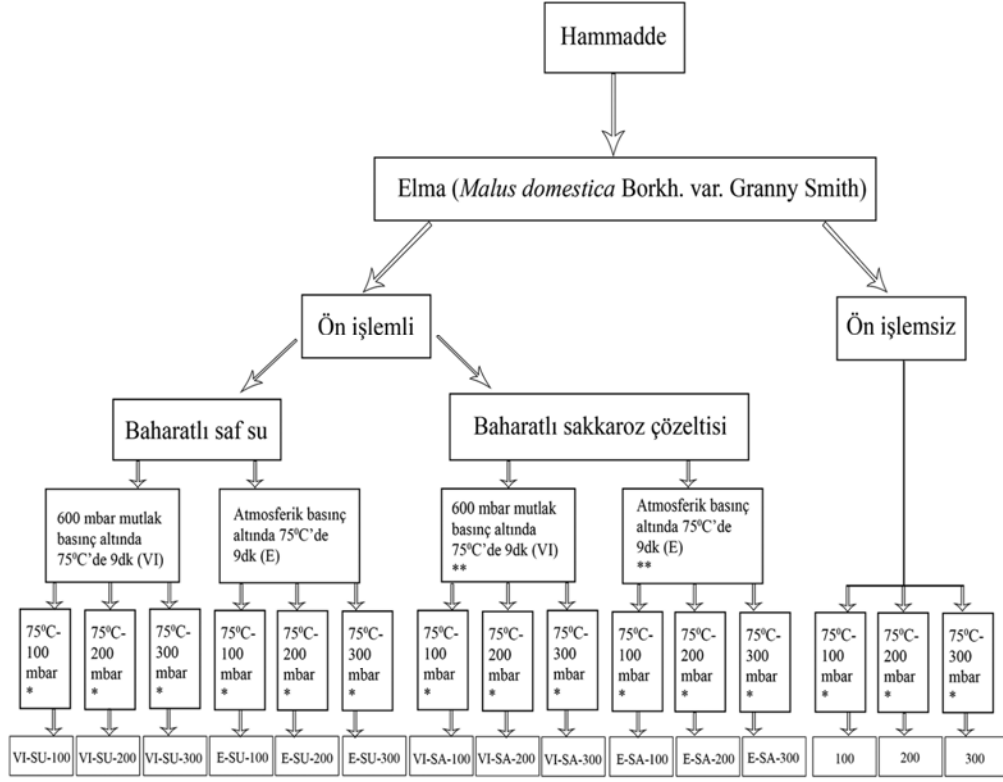
- Vakum impregnasyon uygulaması için, 100 g olarak tartılan elma küpleri 75°C sıcaklıktaki 10 brikslik baharatlı sakkaroz çözeltisi içerisine daldırılarak vakumlu kurutucuda 600 mbar mutlak basınç altında 3 dk boyunca bekletilmiştir. Süre sonunda elmalar 20 brikslik baharatlı sakkaroz çözeltisi (75°C) içerisine aktarılıp, 3 dk daha aynı işlem sürdürülmüştür. Ardından örnekler aynı şartlar altında, 3 dk süreyle 30 brikslik baharatlı sakkaroz çözeltisi içerisine daldırılmıştır. Toplam 9 dakikalık işlem sonunda örnekler kurutma kaplarına dizilip, belirlenen kurutma parametrelerinde vakumda kurutmaya tabi tutulmuştur.
- Örneklere (100g) aynı şekilde, bu defa baharatlı su çözeltisi içerisine daldırma yöntemiyle 600 mbar mutlak basınç altında 9 dk süreyle vakum impregnasyon uygulaması yapılmıştır. Süre sonunda örnekler kurutma kaplarına dizilip, vakumda aynı parametlerde kurumaya bırakılmıştır.

Bu çalışmada vakum impregnasyon tekniği kullanılarak, dehidrasyon işlemini hızlandırma ve elmanın gözenekli yapısından yararlanarak baharat içeriğiyle zenginleştirme amaçlanmıştır. Dolayısıyla kuru meyve üretiminin yanı sıra, besin değeri yüksek alternatif bir atıştırma ürünü üretilmiştir.

3.2.2. Uygulanan Kurutma Yöntemi

Çalışmaya ait deneme deseni Şekil 3.3'de gösterilmiştir. Elma küpleri(100 g), 500 mL baharatlı saf su ve sakkaroz çözeltileri içerisinde uygulanan etüv ve vakum impregnasyon ön işlemlerinin ardından, 75°C'de 100, 200, 300 mbar olmak üzere üç farklı parametrede 0.06 (g su / g km) nem içeriğine kadar vakumda kurutulmuştur. Bununla birlikte hiçbir ön işlem

uygulanmayan elma örnekleri de aynı parametrelerde kontrol örneği olarak kurutulmuştur. Böylece toplam 15 farklı örnek elde edilmiştir.



* Bütün örnekler % 6 nem içeriğine kadar kurutulmuştur.

** Elma küpleri daha önceden hazırlanmış ve 75°C'ye getirilmiş 10,20,30 bx⁰'lerdeki sakkaroz çözeltilerinde sırasıyla 3'er dk (toplamda 9 dk olacak şekilde) ön işleme tabi tutulmuştur.

Şekil 3.3. Deneme deseni

Hammadde, ön işlemlili ve ön işlemsiz kurutululan elma örnekleri aşağıdaki gibi kodlandırılmıştır:

(E) : Hammadde elma

(100) : Ön işlemsiz 75°C’de ve 100 mbar vakumda kurutululan örnek

(E-SU-100): Etüvde ön işlemlili (75°C’de) baharatlı saf suya daldırma olan ve 75°C - 100 mbar vakumda kurutululan örnek

(VI-SU-100): Vakum impregnasyon ön işlemlili (75°C’de - 600 mbar’da) baharatlı saf suya daldırma olanve 75°C - 100 mbar vakumda kurutululan örnek

(E-SA-100): Etüvde ön işlemlili (75°C’de) baharatlı sakkaroz çözeltisine daldırma olan ve 75°C - 100 mbar vakumda kurutululan örnek

(VI-SA-100): Vakum impregnasyon ön işlemlili (75°C’de - 600 mbar’da) baharatlı sakkaroz çözeltisine daldırma olan ve 75°C - 100 mbar vakumda kurutululan örnek

(200): Ön işlemsiz 75°C’de ve 200 mbar vakumda kurutululan örnek

(E-SU-200): Etüvde ön işlemlili (75°C’de) baharatlı saf suya daldırma olan ve 75°C - 200 mbar vakumda kurutululan örnek

(VI-SU-200): Vakum impregnasyon ön işlemlili (75°C’de - 600 mbar’da) baharatlı saf suya daldırma olanve 75°C - 200 mbar vakumda kurutululan örnek

(E-SA-200): Etüvde ön işlemlili (75°C’de) baharatlı sakkaroz çözeltisine daldırma olan ve 75°C - 200 mbar vakumda kurutululan örnek

(VI-SA-200): Vakum impregnasyon ön işlemlili (75°C’de - 600 mbar’da) baharatlı sakkaroz çözeltisine daldırma olan ve 75°C - 200 mbar vakumda kurutululan örnek

(300): Ön işlemsiz 75°C’de ve 300 mbar vakumda kurutululan örnek

(E-SU-300): Etüvde ön işlemlili (75°C’de) baharatlı saf suya daldırma olan ve 75°C - 300 mbar vakumda kurutululan örnek

(VI-SU-300): Vakum impregnasyon ön işlemleri (75°C'de - 600 mbar'da) baharatlı saf suya daldırma olan ve 75°C - 300 mbar vakumda kurutulmuş örnek

(E-SA-300): Etüvde ön işlemleri (75°C'de) baharatlı sakkaroz çözeltisine daldırma olan ve 75°C - 300 mbar vakumda kurutulmuş örnek

(VI-SA-300): Vakum impregnasyon ön işlemleri (75°C'de - 600 mbar'da) baharatlı sakkaroz çözeltisine daldırma olan ve 75°C - 300 mbar vakumda kurutulmuş örnek

Elma örneklerine uygulanan ön işlem ve kurutma parametreleri ayrıca Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

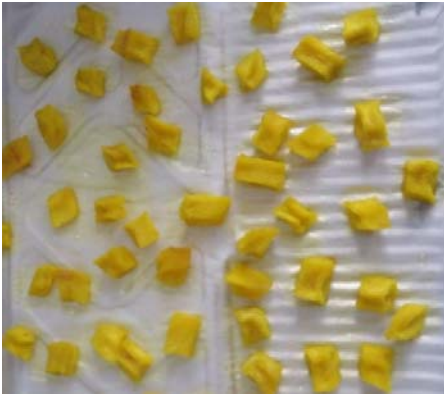
Çizelge 3.1. Elma örneklerine uygulanan ön işlemler ve kurutma parametreleri

KOD	ÖN İŞLEM				KURUTMA		
	75°C’de Etüv (E)		75°C - 600mbar Vakum İmpregnasyon (VI)		75°C’de Vakumda		
	Baharatlı saf suya daldırma (SU)	Baharatlı sakkaroz çözeltisine daldırma (SA)	Baharatlı saf suya daldırma (SU)	Baharatlı sakkaroz çözeltisinde daldırma (SA)	100 mbar	200 mbar	300 mbar
ELMA	-	-	-	-	-	-	-
100					+		
E-SU-100	+				+		
VI-SU-100			+		+		
E-SA-100		+			+		
VI-SA-100				+	+		
200						+	
E-SU-200	+					+	
VI-SU-200			+			+	
E-SA-200		+				+	
VI-SA-200				+		+	
300							+
E-SU-300	+						+
VI-SU-300			+				+
E-SA-300		+					+
VI-SA-300				+			+

Kurutma işleminin yapıldığı cihaz ve kurutulmuş elma küpleri Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'te gösterilmiştir. Kurutma işlemine başlamadan önce ön işlem uygulanmış örneklerin başlangıç nem değerleri nem tayin cihazı (Sartorius MA150, Almanya) ile ölçülmüştür. Kurutma kaplarına alınan baharatlı elma küpleri sırasıyla vakumlu kurutucuda (Memmert-VO400, 49 L, Almanya) belirlenen parametrelere göre (75°C ve 100, 200, 300 mbar) ve yaklaşık %6 nem düzeyine kadar kurutulmuştur. Kurutma kinetiklerinin değerlendirilebilmesi için, kurutma işlemleri süresince örneklerin ağırlıkları 0.01 g hassasiyetindeki dijital terazi (Mettler Toledo, MS3002S) kullanılarak ölçüm yapılmış ve nem içeriğindeki değişim kaydedilmiştir. Tartımlar 10 saniyeyi geçmeyecek şekilde hızlıca tamamlanmıştır.



Şekil 3.4. Vakumlu kurutucuda elma örneklerinin kurutulması



Şekil 3.5. Kurutulmuş elma örneği

3.3. Analiz Yöntemleri

3.3.1. Nem Tayini

Örneklerin başlangıç nem değerleri Şekil 3.6.'da verilen nem cihazı aracılığıyla (Sartorius MA150, Almanya) ölçülmüştür. Elma örneklerinin başlangıç nem miktarları kaydedilmiştir.

$$\% \text{ Nem Miktarı (g/100g)} = \frac{E-M}{E} \times 100 \quad (3.1)$$

E= Örneğin başlangıçtaki ağırlığı (g)

M= Örneğin kuruduktan sonraki ağırlığı (g)



Şekil 3.6. Nem tayin cihazı

Çizelge 3.2. Elma örneklerine ait başlangıç nem değerleri

Örnek kodu	Başlangıç nem değeri %
100	82,58
E-SU-100	86,29
VI-SU-100	88,15
E-SA-100	78,46
VI-SA-100	75,66
200	82,58
E-SU-200	86,29
VI-SU-200	88,15
E-SA-200	78,46
VI-SA-200	75,66
300	82,58
E-SU-300	86,29
VI-SU-300	88,15
E-SA-300	78,46
VI-SA-300	75,66

3.3.2. Renk Tayini (L*,a*,b*, Chroma, Hue)

Renk analizi, (CR-5, Konica Minolta, Japan) kolorimetre ile gerçekleştirilmiş olup, örneklere ait L*, a*,b*, Chroma ve Hue değerleri ölçülmüştür.

Renk değerlerinin ölçülmesi için siyah ve beyaz renk kalibrasyonu yapılmıştır. Ardından analiz edilecek örnekler, örnek kabına yerleştirilip okuma yapılmıştır. L* değeri örneklerin parlaklık/koyuluk derecesini, a* değeri kırmızılık/yeşillik, b* değeri sarılık/mavilik ve Kroma(C*) değeri doygunluk derecesini gösterirken, Hue değeri örneğin renk açısını ifade etmektedir (Keskin 2017, Karabacak 2018). Renk analizinde kullanılan renk ölçüm cihazı Şekil 3.7.'da verilmiştir.



Şekil 3.7. Renk ölçüm cihazı

3.3.3. Toplam Fenolik Madde Tayini

Ekstraksiyon

Taze elma ve kurutulmuş elma örneklerinden 2 g tartılarak üzerlerine 20 mL ekstraksiyon çözeltisi (HCl, metanol, su, 1:80:10) eklenmiştir. 20°C' de 2 saat çalkalamalı su banyosunda (Memmert WNB 22 çalkalamalı su banyosu) bekletilmiştir (Beta ve ark. 2005). Süre sonunda 3500 rpm' de 10 dk santrifüjlenip, filtre edilmiştir. Ekstraktlar analiz yapılana dek -20°C' de muhafaza edilmiştir. Elde edilen ekstraktlar hem TFM, hem de toplam antioksidan kapasite (TAK) analizlerinde kullanılmıştır.

TFM

Toplam fenolik madde tayini Spanos ve Wrolstad (1990) tarafından uygulanan metoda göre gerçekleştirilmiştir. 0,25 mL ekstrakt kapaklı cam tüpe alınır, üzerine 2,3 mL saf su ve 0,15 mL Folin-Ciocalteu (FC) ayırıcı eklenmiş 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, tanık örneğe karşı 725 nm’ de okunmuş ve sonuç “mg gallik asit eşdeğeri / 100 g km” olarak hesaplanmıştır (Zhang ve Hamauzu 2004). Örneklerin absorbans okumaları için Şekil 3.8.’de verilen spektrofotometre cihazından yararlanılmıştır.

3.3.4. Toplam Antioksidan Kapasite Tayini

Örneklere ait TAK değerlerinin belirlenmesinde, DPPH, FRAP ve CUPRAC metodları kullanılıp ölçümler spektrofotometrik olarak gerçekleştirilmektedir (Benzie ve Strain, 1996, Apak ve ark. 2005, Katalinic ve ark. 2006). Örneklerin absorbans okumaları için Şekil 3.8’de gösterilen spektrofotometre cihazı kullanılmıştır.

DPPH Yöntemi

0,1 mL ekstrakt üzerine 3,9 mL DPPH (6×10^{-5} M) eklenir ve 30 dk karanlık ortamda bekletildikten sonra 515 nm’de okuma yapılmıştır. Kontrol olarak şahit ölçülmüştür. Antioksidan kapasite kalibrasyonu için 0,0256 g (1×10^{-3} M) troloks tartılmış ve saf metanol ile 100 mL’ye tamamlanmıştır. Antioksidan kapasite değeri hesaplanan kalibrasyon denklemi kullanılarak μ mol troloks eşdeğeri (TE)/g km olarak hesaplanmıştır (Katalinic ve ark. 2006).

Kalibrasyon denklemi:

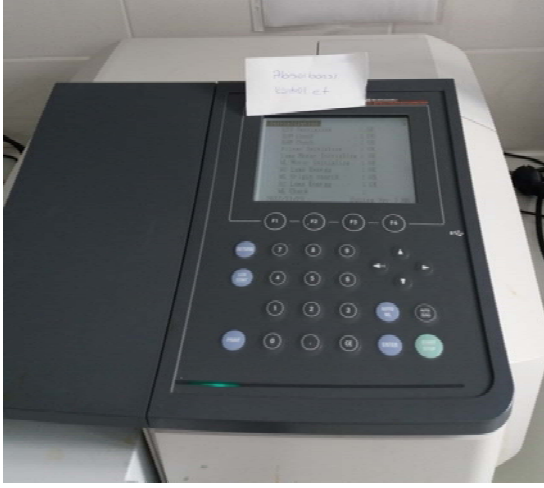
$$\% \text{ İnhibisyon} = [(A_{\text{tanık}} - A_{\text{örnek}}) / (A_{\text{tanık}})] \times 100 \quad (3.2)$$

CUPRAC Yöntemi

1 mL Cu(II) klorür çözeltisi (1×10^{-2} M bakır klorür çözeltisi: 0,4262 g $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ suda çözdürülerek saf su ile 100 mL’ye tamamlanmıştır), 1 mL neokuproin alkoldeki çözeltisi ($7,5 \times 10^{-3}$ 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 NH_4Ac suda çözdürülerek 250 mL saf su ile seyreltme yapılmıştır) karıştırılmıştır. Üzerine x mL ekstrakt, (1-x) mL saf su eklenmiştir. 30 dakika sonra absorbans değerlerini okuma, içeriğinde antioksidan madde olmayan numuneye karşı 450 nm’de yapılmıştır. Antioksidan kapasite değeri hesaplanan kalibrasyon denklemi kullanılarak μ mol troloks eşdeğeri (TE)/g km 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 µmol troloks eşdeğeri (TE)/g km olarak hesaplanmıştır (Benzie ve Strain 1996).



Şekil 3.8. Spektrofotometre

3.3.5. Matematiksel Modelleme

İnce tabaka kurutma, örneklerin bir tabaka halinde kurutulması olarak tanımlanmaktadır. İnce tabaka modelleri, kurutma sürelerini tahmin etmeyi ve kurutma eğrilerine erişmeyi sağlayan denklemlerdir. Örneklerin ayrılabilir nem oranı (MR) ve kuruma hızı (KH) aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır:

$$MR = \frac{M - M_e}{M_i - M_e} \quad (3.3)$$

$$KH = \frac{M_{t+Dt} - M_t}{Dt} \quad (3.4)$$

Denklemlerdeki M: ürünün belli bir zamandaki nem içeriğini (g su/g km), M_e : denge nem içeriğini (g su/g km), M_i : ürünün başlangıç nem içeriğini (g su/g km), M_t , M_{t+dt} belli bir t ve $t+dt$ (dk) anlarındaki nem içeriğini (g su/g km) ifade etmektedir (Tüfekçi ve Özkal 2017). M_e değerinin M ve M_i değerlerinden çok düşük olması nedeniyle denge nem içeriği sıfır olarak kabul edilmektedir (Doymaz 2004, Kingsly ve Singh 2007). Uygulamada kullanılan 7 farklı matematiksel modeller Çizelge 3.3.'te verildiği gibidir.

Çizelge 3.3. Uygulamada kullanılan matematiksel modeller

Model adı	Model Denklemi	Kaynak
Page	$ANO = \exp(-kt^n)$	Sarsavadiya ve ark. 1999
Modifiye Page	$ANO = \exp[-(kt)^n]$	Yaldız ve ark. 2009
Logaritmik	$ANO = a \exp(-kt) + c$	Doymaz 2010
Lewis	$ANO = \exp(-kt)$	Doymaz 2006
Henderson ve Pabis	$ANO = a \exp(-kt)$	Doymaz 2007
İki Terimli Exponansiyel	$ANO = a \exp(-kt) + (1-a)\exp(-kat)$	Sharaf-Eldeen ve ark. 1980
Wang ve Sing	$ANO = 1 + at + bt^2$	Wang ve Sing 1978

Model katsayıları n, k, a, b, h, g olup, t süreyi ifade etmektedir.

RMSE (hataların ortalama karekökü), deneysel ve tahmini veriler arasındaki sapmayı göstermektedir. Elma örneklerinin kurutulmasında, en yüksek korelasyon katsayısına (R^2) ve en düşük RMSE ve ki-kare (χ^2) değerine sahip olan model en uygun model olarak belirlenmiştir. Bu parametreler aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır:

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2 \right]^{1/2} \quad (3.5)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{exp,i} - MR_{pre,i})^2}{N - n} \quad (3.6)$$

Burada, $MR_{exp,i}$ deneysel boyutsuz nem oranını, $MR_{est,i}$ tahmini boyutsuz nem oranını, N gözlem sayısını, n ise modeldeki sabitlerin sayısını temsil etmektedir (Avhad ve Marchetti 2016).

3.3.6. İstatistiksel analiz

Örneklerin istatistiksel analizi için "JMP 7.0 (SAS)" istatistik programı kullanılmıştır. Çalışma sonuçları üç tekerrürlü olacak şekilde hesaplanmıştır. Tek yönlü varyans analiziyle (ANOVA), ortalamalar arasındaki farklılığın hesaplanmasında %5'lik olasılık düzeyinde LSD testi uygulanmıştır (Turan 1998).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Renk Analizi

Renk, taze ve işlenmiş meyve ve sebzelerde tüketici tercihi üzerindeki etkisi nedeniyle en önemli duyusal kalite özelliklerinden biridir. Bu nedenle, kurutma prosesleri sırasında oluşabilecek renk kayıpları ve esmerleşme reaksiyonlarının önlenmesine dikkat edilmelidir (Tekin ve ark. 2017). Kurutulmuş örneklerle ait bazı görseller Şekil 4.1 'de verilmiştir.

Hammadde ve kurutulan ürünlere yapılan renk ölçüm sonuçları Çizelge 4.1'de verildiği gibidir.



Şekil 4.1. Ön işlemsiz kurutulmuş örnek (a), ön işleminde baharatlı saf suya daldırılan örnek (b), ön işleminde baharatlı sakkaroz çözeltisine daldırılan örnek (c)

Çizelge 4.1. Hammadde ve son ürün renk sonuçları

Renk					
Ürün	L*	a*	b*	C°	Hue
E	80,57±1,63 ^a	-5,05±3,13 ^l	28,56±0,89 ⁱ	29±0,92 ^{ij}	100,02±0,36 ^a
100	55,14±0,09 ^j	6,92±0,005 ^b	26±0,06 ^k	26,90±0,06 ^k	75,09±0,01 ^c
E-SU-100	65,03±0,65 ^{bc}	0,93±0,32 ^k	59,82±0,54 ^b	59,83±0,54 ^b	89,10±0,32 ^b
VI-SU-100	56,46±0,01 ⁱ	5,08±0,005 ^{ef}	52,85±0,02 ^e	53,09±0,02 ^e	84,50±0,01 ^b
E-SA-100	56,91±0,58 ^{hi}	5,29±0,03 ^e	56,17±0,44 ^d	56,42±0,45 ^d	74,61±17,0 ^c
VI-SA-100	54,74±0,28 ^j	5,63±0,12 ^d	60,33±0,13 ^b	60,60±0,14 ^b	84,66±0,10 ^b
200	50,64±1,03 ^k	9,85±0,40 ^a	27,62±0,30 ^{ij}	29,33±0,15 ⁱ	70,37±0,95 ^c
E-SU-200	59,32±0,39 ^{ef}	4,99±0,04 ^{ef}	48,66±1,23 ^{gh}	48,91±1,22 ^{gh}	84,16±0,13 ^b
VI-SU-200	59,01±0,005 ^{ef}	2,48±0,01 ⁱ	49,18±0,07 ^g	49,26±0,08 ^g	87,11±0,005 ^b
E-SA-200	56,49±0,44 ⁱ	4,86±0,04 ^f	47,90±0,55 ^h	48,07±0,43 ^h	84,20±0,02 ^b
VI-SA-200	58,84±0,17 ^{fg}	4,34±0,03 ^g	62,41±0,15 ^a	62,55±0,15 ^a	86,01±0,03 ^b
300	57,82±0,01 ^{gh}	6,54±0,005 ^c	27,56±0,01 ^j	28,32±0,01 ^j	76,63±0,005 ^c
E-SU-300	65,28±0,26 ^b	3,26±0,20 ^h	57,91±0,47 ^c	58,01±0,46 ^c	86,77±0,22 ^b
VI-SU-300	64,04±0,92 ^c	2,71±0,26 ⁱ	52,37±0,94 ^e	52,44±0,94 ^e	87,03±0,30 ^b
E-SA-300	60,10±0,69 ^{de}	1,24±0,12 ^j	50,96±0,37 ^f	50,97±0,38 ^f	88,60±0,13 ^b
VI-SA-300	61,25±1,10 ^d	4,14±0,12 ^g	57,25±1,07 ^c	57,39±1,06 ^{cd}	85,85±0,2 ^b

Aynı sütunda belirtilen farklı harfler istatistiksel olarak önemli farklılıkları temsil etmektedir ($P<0.05$).

E: Hammadde elma, 100:Ön işlemsiz 75°C'de ve 100 mbar vakumda kurutulmuş örnek, E-SU-100:Etüvde ön işleme (75°C'de) baharatlı saf suya daldırma olan ve 75°C - 100 mbar vakumda kurutulmuş örnek, VI-SU-100:Vakum impregnasyon ön işleme (75°C'de - 600 mbar'da) baharatlı saf suya daldırma olan ve 75°C - 100 mbar vakumda kurutulmuş örnek, E-SA-100:Etüvde ön işleme (75°C'de) baharatlı sakkaroz çözeltisine daldırma olan ve 75°C - 100 mbar vakumda kurutulmuş örnek, VI-SA-100:Vakum impregnasyon ön işleme (75°C'de - 600 mbar'da) baharatlı sakkaroz çözeltisine daldırma olan ve 75°C - 100 mbar vakumda kurutulmuş örnek, 200:Ön işlemsiz 75°C'de ve 200 mbar vakumda kurutulmuş örnek, E-SU-200:Etüvde ön işleme (75°C'de) baharatlı saf suya daldırma olan ve 75°C - 200 mbar vakumda kurutulmuş örnek, VI-SU-200:Vakum impregnasyon ön işleme (75°C'de - 600 mbar'da) baharatlı saf suya daldırma olan ve 75°C - 200 mbar vakumda kurutulmuş örnek, E-SA-200:Etüvde ön işleme (75°C'de) baharatlı sakkaroz çözeltisine daldırma olan ve 75°C - 200 mbar vakumda kurutulmuş örnek, VI-SA-200: Vakum impregnasyon ön işleme (75°C'de - 600 mbar'da) baharatlı sakkaroz çözeltisine daldırma olan ve 75°C - 200 mbar vakumda kurutulmuş örnek, 300:Ön işlemsiz 75°C'de ve 300 mbar vakumda kurutulmuş örnek, E-SU-300:Etüvde ön işleme (75°C'de) baharatlı saf suya daldırma olan ve 75°C - 300 mbar vakumda kurutulmuş örnek, VI-SU-300: Vakum impregnasyon ön işleme (75°C'de - 600 mbar'da) baharatlı saf suya daldırma olan ve 75°C - 300 mbar vakumda kurutulmuş örnek, E-SA-300:Etüvde ön işleme (75°C'de) baharatlı sakkaroz çözeltisine daldırma olan ve 75°C - 300 mbar vakumda kurutulmuş örnek, VI-SA-300:Vakum impregnasyon ön işleme (75°C'de - 600 mbar'da) baharatlı sakkaroz çözeltisine daldırma olan ve 75°C - 300 mbar vakumda kurutulmuş örnek

Örneklerde, parlaklık/koyuluk göstergesi olan L* değeri hammadde olan elmada (E) (80,57±1,63) en yüksek iken, ön işlemsiz 75°C'de ve 200 mbar vakumda kurutulan elma örneği (200) ise (50,64±1,03) en düşük değeri göstermiştir. Sonuçlar istatistiksel olarak farklılık göstermiştir ($P < 0.05$). Ön işlemsiz örneklerin (100, 200 ve 300) sırasıyla L* parlaklık değerleri (55,14±0,09, 50,64±1,03, 57,82±0,01) olarak belirlenmiştir. Ön işlem uygulanmış örneklerin parlaklık değerleri incelendiğinde ise ön işlemsiz örneklere göre daha yüksek sonuçlar vermiştir.

Ön işlemleri baharatlı saf suya daldırmak olan uygulamaların daha parlak özellikte olduğu saptanmıştır. Bunun yanısıra, ön işlemleri baharatlı sakkaroz çözeltisine daldırmak olan uygulamaların L* değerleri incelendiğinde, azalma olduğu belirlenmiştir. Bu durumda esmerleşme reaksiyonlarından dolayı örneklerin parlaklık özellikleri azaldığı söylenebilir.

Ayrıca 300 mbar vakumda kurutulan örneklerin L* değerleri yüksek olup, diğer örneklerle karşılaştırıldığında renk özelliklerinin daha iyi korunduğu gözlemlenmiştir. Vakum kurutucuda ürün dehidrasyonu sırasında ortamda hava bulunmadığı için oksidasyon reaksiyonları azalmakta dolayısıyla ürünlerde renk özellikleri daha iyi muhafaza edilmektedir (Erbay ve Küçüköner 2008, Şahin ve ark. 2012). Örneklerin 300 mbar mutlak basınç altında kurumasının uzun sürmesi dolayısı ile renk bileşenlerinin degradasyonu da yavaş olmaktadır.

Kurutulmuş örneklerin parlaklık değerleri 65,28 - 50,64 aralığında değişim göstermiştir. Genel olarak bakıldığında kurutma işleminin örneklerin parlaklıkları üzerinde azalmalara yol açtığı söylenebilir. Benzer sonuçlara İzli ve ark. (2017) tarafından yapılan kurutma çalışmasında rastlanmıştır. Çalışmada kurutma öncesi elmanın parlaklık değeri 86,26 iken, kurutma işleminden sonra 73,21 – 50,51 aralığında azalma göstermiştir.

Kırmızılık-yeşillik derecesini ifade eden a* değerinde ön işlemsiz 75°C'de ve 200 mbar vakumda kurutulan elma örneği (200) (9,85±0,40) kırmızılık yönünde en yüksek değeri, taze elma örneği (E) ise (-5,05±3,13) en düşük değeri göstermiştir. Ön işlemsiz örneklerin (100, 200 ve 300) a* kırmızılık değerleri sırasıyla (6,92±0,005, 9,85±0,40, 6,54±0,005), ön işlemlilere göre daha yüksek sonuçlar vermiştir. Ön işlemsiz örneklerde artan

karamelizasyon nedeniyle L* değerlerinde azalma, a* değerlerinde ise artış görülmüştür. Örneklerin kırmızılık değerlerindeki artışı maillard reaksiyonu ve karotenoidler gibi renk bileşenlerin degradasyonu ile ilişkilendirmek mümkündür (Maskan 2001, Lavelli ve ark. 2007, Xiao ve ark. 2012, Sinir ve ark. 2019).

Mandala ve ark. (2005) kurutma sırasında ortaya çıkan bazı renk değişimlerini enzimatik esmerleşme reaksiyonları ve karamelizasyondan ileri geldiğini bildirmiştir. Ön işlemlerde kırmızılık değerlerinin düşük olması, kullanılan baharat karışımındaki (kurkumin, tanen) gibi renk bileşenlerinin etkisinden ileri gelmektedir.

Mavilik-sarılık derecesini ifade eden b* değeri ise, ön işlemler vakum impregnasyon (baharatlı sakkaroz çözeltisine daldırma) olan ve 75°C -200 mbar vakumda kurutulan örnek (VI-SA-200) sarılık yönünde en yüksek değere (62,41±0,15), ön işlemsiz 75°C'de ve 100 mbar vakumda kurutulan elma örneği (100) (26±0,06) en düşük değere sahip olduğu belirlenmiştir. Ön işlemsiz örneklerin (100, 200 ve 300) b* sarılık değerleri sırasıyla (26±0,06, 27,62±0,30, 27,56±0,01) olarak belirlenmiştir. Ön işlemler örneklerin b* değerleri incelendiğinde, 47,90 – 62,41 aralığında olduğu saptanmıştır. Dolayısıyla ön işlemler örneklerin sarılık değerleri ön işlemsizlere göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumda, ön işlemlerde baharatın kullanılması örneklerin sarılık özellikleri üzerinde etkisi olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmada, ölçülen a* ve b* sonuçlarını göz önünde bulundurarak bütün ürünlerde kırmızı-sarı yönünde bir renk değişiminin olduğu saptanmıştır. Elde edilen b* değerleri göz önünde bulundurulduğunda, örneklere ön işlemler ve vakum kurutma uygulanmasıyla sarı renk özelliklerinde artış sağlanmıştır. Silva ve ark. (2019) nektarin meyvesini kurutmada aynı sonuçları elde etmiştir. Çalışmada örneklere ultrases destekli kurutma (USD), vakumlu kurutma (VD), ultrases destekli vakumlu kurutma (USVD) ve kontrol kurutma (CD) uygulanarak ultrasonik dalgaların ve vakumun etkisi incelenmiştir. Vakumda kurutulan örneklerin b* ve L* değerlerinin daha iyi korunduğunu bildirmiştir.

Renk doygunluğu olarak bilinen kroma (C*) değerine göre, ön işlemler vakum impregnasyon (baharatlı sakkaroz çözeltisine daldırma) olan ve 75°C -200 mbar vakumda kurutulan örnek (VI-SA-200) en yüksek değeri (62,55±0,15) gösterirken, ön işlemsiz 75°C'de ve 100 mbar

vakumda kurutulan elma örneği (100) ise en düşük değerde ($26,90\pm0,06$) bulunmuştur. Ön işlemsiz örneklerin (100, 200 ve 300) C* değerleri ön işlemlili örneklerle karşılaştırıldığında daha düşük sonuçlar elde edilmiştir. Gıdanın renk açısını belirlemeye yarayan Hue değeri taze elmada (E) en yüksek ($100,02\pm0,36$), en düşük değer ise ön işlemsiz 75°C 'de ve 200 mbar vakumda kurutulan elma örneği (200) ($70,37\pm0,95$) olarak sonuçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, C* ve hue değerleri genellikle artış göstermiştir.

Genel olarak renk sonuçlarına bakıldığında, kurutulmuş elma örnekleri tazeye göre daha koyu, kırmızımsı-sarı renk özelliklerinde olduğu görülmüştür. Picouet ve ark. (2009) tarafından yapılan elma kurutma çalışmasında aynı sonuçları elde etmiştir. Bu durumu, polifenol oksidaz enziminin aktivitesiyle gelişen esmerleşme reaksiyonları ile ilişkilendirmek mümkündür.

Örneklerin kurutma işleminin vakum altında gerçekleşmesi, oksijene ve yüksek sıcaklığa daha az maruz kalması dolayısıyla da daha az enzimatik esmerleşme reaksiyonu ve daha yavaş pigment degradasyonu ile sonuçlanacağını bildirmiştir (Raquel ve Barroca 2012, Jiangetal 2017, Arslan and Ozcan 2010).

4.2. Toplam Antioksidan Kapasite ve Toplam Fenolik Madde

Taze elma ve kurutulmuş ürünlerin DPPH, FRAP ve CUPRAC yöntemleriyle elde edilen TAK ve TFM değerleri Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Hammadde ve kurutulmuş ürünlere ait TAK ve TFM değerleri

Ürün	Toplam Antioksidan Kapasite (TAK)			Toplam Fenolik Madde (TFM) mg GAE /100g km
	DPPH µmTroloks/g km	FRAP µmTroloks/g km	CUPRAC µmTroloks/g km	
E	5,38±0,006 ^{fgh}	4,06±0,33 ⁱ	6,30±2,2 ^g	72,95±7,12 ^d
100	5,42±0,06 ^{efgh}	15,64±0,27 ^d	21,09±5,7 ^{ef}	174,5±55,8 ^a
E-SU-100	5,49±0,11 ^{bcdef}	13,27±0,4 ^f	14,36±8,65 ^{efg}	162,48±34,63 ^{ab}
VI-SU-100	5,30±0,08 ^{hi}	16,96±0,17 ^c	26,82±6,34 ^{dc}	144,11±1,28 ^{abc}
E-SA-100	5,58±0,05 ^{abc}	18,11±0,027 ^b	45,61±6,8 ^{bc}	143,13±7,1 ^{abc}
VI-SA-100	5,17±0,12 ^j	9,5±0,45 ^h	11,89±9,51 ^{fg}	128,50±0,57 ^{bc}
200	5,20±0,10 ^{ij}	13,10±0,33 ^f	14,43±6,8 ^{efg}	145,95±5,76 ^{abc}
E-SU-200	5,53±0,03 ^{bcde}	18,42±0,14 ^{ab}	40,81±3,9 ^c	147,49±2,5 ^{abc}
VI-SU-200	5,45±0,07 ^{cdefg}	18,34±0,27 ^{ab}	56,14±17,15 ^{ab}	150,06±5,19 ^{abc}
E-SA-200	5,59±0,11 ^{ab}	14,34±0,08 ^c	18,56±8,8 ^{efg}	140,14±5,95 ^{abc}
VI-SA-200	5,52±0,14 ^{bcde}	14,28±0,21 ^c	18,96±9,47 ^{efg}	141,07±3,44 ^{abc}
300	5,43±0,04 ^{defgh}	16,60±0,28 ^c	26,95±2,8 ^{de}	150,57±4,5 ^{abc}
E-SU-300	5,56±0,01 ^{abcd}	18,36±0,03 ^{ab}	39,87±1,8 ^{cd}	172,78±48,06 ^a
VI-SU-300	5,60±0,08 ^{ab}	18,77±0,53 ^a	65,17±10,73 ^a	150,89±5,17 ^{abc}
E-SA-300	5,35±0,03 ^{gh}	11,24±0,31 ^g	9,23±5,5 ^{fg}	124,70±3,97 ^c
VI-SA-300	5,69±0,01 ^a	18,58±0,26 ^{ab}	52,26±4,7 ^{abc}	148,94±7,37 ^{abc}

Aynı sütunda belirtilen farklı harfler istatistiksel olarak önemli farklılıkları temsil etmektedir ($P<0.05$).

E: Hammadde elma, 100:Ön işlemsiz 75°C'de ve 100 mbar vakumda kurutulmuş örnek, E-SU-100:Etüvde ön işleme (75°C'de) baharatlı saf suya daldırma olan ve 75°C - 100 mbar vakumda kurutulmuş örnek, VI-SU-100:Vakum impregnasyon ön işleme (75°C'de - 600 mbar'da) baharatlı saf suya daldırma olan ve 75°C - 100 mbar vakumda kurutulmuş örnek, E-SA-100:Etüvde ön işleme (75°C'de) baharatlı sakkaroz çözeltisine daldırma olan ve 75°C - 100 mbar vakumda kurutulmuş örnek, VI-SA-100:Vakum impregnasyon ön işleme (75°C'de - 600 mbar'da) baharatlı sakkaroz çözeltisine daldırma olan ve 75°C - 100 mbar vakumda kurutulmuş örnek, 200:Ön işlemsiz 75°C'de ve 200 mbar vakumda kurutulmuş örnek, E-SU-200:Etüvde ön işleme (75°C'de) baharatlı saf suya daldırma olan ve 75°C - 200 mbar vakumda kurutulmuş örnek, VI-SU-200:Vakum impregnasyon ön işleme (75°C'de - 600 mbar'da) baharatlı saf suya daldırma olan ve 75°C - 200 mbar vakumda kurutulmuş örnek, E-SA-200:Etüvde ön işleme (75°C'de) baharatlı sakkaroz çözeltisine daldırma olan ve 75°C - 200 mbar vakumda kurutulmuş örnek, VI-SA-200: Vakum impregnasyon ön işleme (75°C'de - 600 mbar'da) baharatlı sakkaroz çözeltisine daldırma olan ve 75°C - 200 mbar vakumda kurutulmuş örnek, 300:Ön işlemsiz 75°C'de ve 300 mbar vakumda kurutulmuş örnek, E-SU-300:Etüvde ön işleme (75°C'de) baharatlı saf suya daldırma olan ve 75°C - 300 mbar vakumda kurutulmuş örnek, VI-SU-300: Vakum impregnasyon ön işleme (75°C'de - 600 mbar'da) baharatlı saf suya daldırma olan ve 75°C - 300 mbar vakumda kurutulmuş örnek, E-SA-300:Etüvde ön işleme (75°C'de) baharatlı sakkaroz çözeltisine daldırma olan ve 75°C - 300 mbar vakumda kurutulmuş örnek, VI-SA-300:Vakum impregnasyon ön işleme (75°C'de - 600 mbar'da) baharatlı sakkaroz çözeltisine daldırma olan ve 75°C - 300 mbar vakumda kurutulmuş örnek

Gıdaların toplam antioksidan kapasitelerinin belirlenmesinde, hem yapısal özelliklerin hem de antioksidanların fonksiyonel bileşenlerinin çeşitliliğinden dolayı farklı yöntemlerin kullanılması gerekmektedir (Sarıburun ve ark. 2010). Bu çalışmada da örneklere ait TAK değerleri üç farklı yöntem ile belirlenmiştir.

DPPH yöntemi ile yapılan TAK sonucunda en yüksek değer ön işleme (VI) ve 75°C - 300 mbar vakumda kurutulan örneğe (VI-SA-300) ($5,69 \pm 0,01 \mu\text{mol Troloks/g km}$), en düşük değerin ise ön işleme (VI) ve 75°C - 100 mbar vakumda kurutulan örneğe (VI-SA-100) ($5,17 \pm 0,12 \mu\text{mol Troloks/g km}$) ait olduğu görülmektedir. DPPH metodu kullanılarak yapılan analiz sonuçları istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P < 0,05$).

Bu yöntemle yapılan antioksidan kapasite analizinde Granny Smith çeşidi taze elmanın TAK değeri $5,38 \mu\text{mol troloks/g km}$ olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte aynı çeşide ait TAK değeri DPPH yöntemi ile iki farklı çalışmada sırasıyla $47,8 \text{ mg TE/100g}$ (Kamiloglu 2019a) ve $254,00 \text{ mg TE/100 g}$ kuru ağırlık (Kamiloglu 2019b) olarak bildirilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen değer literatür çalışmaları ile kıyaslandığında düşük olduğu belirlenmiştir. Bu durumu, ultraviyole radyasyon, yüksek sıcaklık, su stresi, mineral besin maddeleri, iklim ve kültür uygulamalarındaki farklılıklar ile ilişkilendirmek mümkündür (Connor ve ark. 2002). Ayrıca DPPH yöntem ile yapılan analiz sonuçları göz önüne alındığında, kurutulan örneklerde antioksidan madde miktarının genellikle korunduğu belirlenmiştir.

FRAP yöntemi ile yapılan antioksidan kapasite analizinde Granny Smith çeşidi taze elmanın TAK değeri $4,06 \mu\text{mol Troloks/g km}$ olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte aynı çeşide ait TAK değeri FRAP yöntemi ile iki farklı çalışmada sırasıyla $29,8 \text{ mg TE/100g}$ (Kamiloglu 2019a) ve $158,4 \text{ mg TE/100 g}$ kuru ağırlık (Kamiloglu 2019b) olarak bildirilmiştir. Ayrıca, Wojdylo ve ark. (2008), altmış yedi elma çeşidinin FRAP metoduyla antioksidan aktivitesinin 13-130 ($\mu\text{mol/100 g}$ kuru ağırlık) değerleri arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Halvorsen ve ark. (2002), farklı meyvelerin antioksidan aktivitelerini FRAP metodu ile tespit etmişler ve Granny Smith elma çeşidi için bu değer $0,51 \text{ (mmol/100 g)}$ olduğunu bildirmişlerdir.

FRAP yöntemi ile yapılan toplam antioksidan kapasite analizinde en yüksek değerin ön işlemleri (VI) ve 75°C - 300 mbar vakumda kurutulmuş örnek (VI-SU-300) (18,77±0,53µmol Troloks/g km), en düşük antioksidan içeriğine ise hammaddenin (E) (4,06±0,33µmol Troloks/g km) sahip olduğu görülmüştür. FRAP metodu ile elde edilen antioksidan kapasite sonuçları istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P < 0.05$). Sonuçlar göz önüne alındığında, kurutulmuş ürünlerin antioksidan içeriğinin, hammaddeden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu yöntemle yapılan analiz sonuçlarına bakıldığında, 200 mbar basınçta kurutulmuş örneklerin toplam antioksidan değerleri (14,28 – 18,42 µmol Troloks/g km), 300 mbar'da kurutulmuş ön işlemleri örneklerin ise (11,24 – 18,77 µmol Troloks/g km) aralığında değişiklik göstermiştir. Elde edilen bu sonuçlar ön işlemleri örneklerin antioksidan kapasite değerleri ile karşılaştırıldığında, daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte ön işlemleri vakum impregnasyonunun kullanılmasının toplam antioksidan kapasitesine olan olumlu etkisini İzli ve ark. (2017) bildirmiştir. Yapılan elma kurutma çalışmasında vakum impregnasyon ön işlemleri ve mikrodalga kurutma (90W) uygulamasıyla en yüksek toplam antioksidan aktivite değeri % 71.50 tespit edilmiştir (İzli ve ark. 2017).

CUPRAC yöntemi ile yapılan antioksidan kapasite analizinde Granny Smith çeşidi taze elmanın TAK değeri 6,30µmol Troloks/g km olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte aynı çeşide ait TAK değeri CUPRAC yöntemi ile iki farklı çalışmada sırasıyla 189,5 mg TE/100g (Kamiloglu 2019a) ve 1007,9 mg TE/100 g kuru ağırlık (Kamiloglu 2019b) olarak bildirilmiştir.

CUPRAC yöntemine göre en yüksek antioksidan kapasitesi ön işlemleri (VI) ve 75°C - 300 mbar vakumda kurutulmuş örnek (VI-SU-300) (65,17±10,73µmol Troloks/g km), en düşük antioksidan kapasite de hammaddenin (E) (6,30±2,2µmol Troloks/g km) olduğu tespit edilmiştir ($P < 0.05$). Bu metod ile yapılan antioksidan kapasite analizinde kurutulmuş ürünler hammaddeye göre daha yüksek sonuçlar vermiştir. Ayrıca bu yöntemle yapılan analiz sonucunda, 200 ve 300 mbar basınçta kurutulmuş ön işlemleri örneklerin ön işlemleri örneklere göre toplam antioksidan değerlerinde artış gözlemlenmiştir.

Genel olarak, yapılan antioksidan kapasiteyi belirleme analizlerinde kurutulmuş ürünlerin değerleri hammaddeye göre daha yüksek elde edilmiştir. Bazı çalışmalara göre, dokulardaki yapısal değişikliklerden dolayı bağlı halde bulunan antioksidan polifenoller serbest hale geçmekte ve antioksidan aktivitede önemli bir artışa yol açmaktadır (Renard ve ark. 2001, Renard 2005). Bununla birlikte gıdalara ısıl işlem uygulanmasına rağmen antioksidan aktivitede artış sağlandığı bildirilmiştir (Türkmen ve ark. 2005, Xu ve Chang 2009). Buna ek olarak, meyve ve sebzelerin işlenmesinde bazı zamanlarda antioksidan potansiyelinde değişime rastlanılmamaktadır. Ancak doğal olarak oluşan maddelerin antioksidan özelliklerinde iyileşme sağlanabilmektedir. İşlem sonucunda antioksidan aktiviteye sahip maillard reaksiyon ürünleri gibi yeni bileşiklerin oluşumu ile toplam antioksidan madde miktarında artış sağlandığını rapor etmişlerdir (Manzocco ve ark.2001). Sonuç olarak elmalara kurutma işlemi uygulamanın, antioksidan kapasite üzerinde olumlu etkilere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Ayrıca, ürünlere ön işlem ve kurutma uygulandığında antioksidan aktivitede belirgin bir artış saptanmıştır. Bazı araştırmalara göre de meyve ve sebzelerin antioksidan kapasiteleri ve fenolik madde içerikleri ile kurutma prosesi arasında doğrusal bağlantının olduğu tespit edilmiştir (Du ve ark. 2013, Chong ve ark. 2014, Wojdylo ve ark. 2008). Bununla birlikte kurutma işlemi sırasında vakumlu kurutma tekniğinin kullanımı da antioksidan aktiviteyi arttırmada önemli etki sağlamıştır. Yokuş (2014) yaptığı elma kurutma çalışmasında fenolik madde ve antioksidan aktivite açısından en iyi kaliteyi vakum kurutucu kullanımı ile elde etmiştir.

Antioksidan kapasitede belirlenen artışın, ön işlemde kullanılan baharat karışımının içerdiği polifenolik maddelerden kaynaklandığı da söylenebilir. Ayrıca ön işlem uygulanarak kurutulan örneklerde antioksidan özellikli maddeler en az etkilenmiş olup, azalmalar önlenmiştir. Belirgin bir artışın olması insan sağlığı açısından oldukça önem arz etmekte ve önemli bir gelişme olarak kabul edilmektedir.

Bazı araştırmacılar, elmada farklı antioksidan miktarlarına rastlamışlardır. Leong ve ark. (2002) elmanın antioksidan kapasitesini 78.9 mg /100 g değerinde saptamıştır. Lee ve ark.

(2003), elmadaki başlıca flavonoidleri ve bunların toplam antioksidan kapasitesine olan etkilerini araştırmışlardır. C vitamini eşdeğeri cinsinden fenolik bileşiklerin antioksidan kapasiteleri, kuarsetin için 3,06; epikateşin için 2,67; prosiyanidin için 2,36; C vitamini için 1,00 ve klorojenik asit için 0,97 olarak bildirmişlerdir.

Toplam Fenolik Madde Miktarı

Taze Granny Smith elmanın toplam fenolik madde miktarı 72,95 (mg GAE/100g km) bulunurken, Kamiloğlu (2019b) tarafından 115,9 (mg GAE/100g kuru ağırlık) değerinde saptanmıştır. Ayrıca Santacatalina ve ark. (2016) tarafından 670,0 (mg GAE/100 g kuru ağırlık) ve Dalmau ve ark. (2017) tarafından 440,0 (mg GAE/100 g kuru ağırlık) olarak tespit edilmiştir. Ünüvar (2014) tarafından yapılan çalışmada Karaman ekolojisinde Granny Smith elmanın toplam fenolik madde miktarı 18.29 (mg GAE /g) olarak saptanmıştır. TFM analizi sonucunda elde edilen taze elmanın TFM miktarı literatürle kıyaslandığında genellikle düşük olduğu belirlenmiştir. Bunun nedeni, meyvenin yetiştirme koşulları, olgunluk özellikleri, toplandıktan sonraki muhafaza şekilleri, sıcaklık, oksijen ve ışık gibi çevresel koşulların farklılıklarından kaynaklanmıştır (Çoklar ve Akbulut 2016, Bulantekin ve Kuşçu 2016, Kamiloğlu 2019b).

Kurutulmuş elma örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri 174,5 - 124,70 (mg GAE/100g km) değer aralığında değişim göstermiştir. Kurutma uygulanan ürünlerin toplam fenolik madde içeriğinde hammaddeye göre yaklaşık 2.5 kat artış göstermiştir. Yapılan analizler sonucunda, toplam fenolik madde miktarının en yüksek değerleri ön işlemsiz 75°C'de ve 100 mbar vakumda kurutulmuş örnek (100) (174,5±55,8 mg GAE /100g km) ve ön işleme (Etüv) ve 75°C - 300 mbar vakumda kurutulmuş örnek (E-SU-300) (172,7±48,06 mg GAE /100g km), en düşük değer ise hammaddeye (E) (72,95±7,12mg GAE/100 g km) ait olduğu saptanmıştır. Örneklerin kurutmadan önce ön işleme tabi tutulması ve bu işlemler sırasında kullanılan baharat karışımının içerdiği fenolik bileşenler (öjanol, piperin, tanen, kurkumin, gingerol ve şoagol) sayesinde yüksek fenolik içerikli kurutulmuş son ürün edinilmiştir. Ayrıca örneklerin kurutulması vakumda yani oksijensiz ortamda gerçekleştiği için fenolik maddelerin oksidasyon reaksiyonları önlenmiştir. Dolayısıyla kurutulmuş

ürünlerin toplam fenolik madde miktarları taze elma ile karşılaştırıldığında önemli bir artış gözlemlenmiştir.

Elde edilen veriler göz önüne alındığında, kurutulmuş örneklerin toplam fenolik madde miktarı hammaddeye göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durum, kurutma sırasında vakumlu kurutma yönteminin kullanılması ile bağlantılı olduğu söylenebilir. Ruiz ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada benzer sonuçlar elde edilmiştir. Çalışma kuşburnu pestilinin (*Rosa rubiginosa*) kurutulmasında sıcak hava, vakum ve kızılötesi yöntemlerinin kullanarak kalite üzerindeki etkileri belirlemeyi amaçlamıştır. Sonuç olarak fenolik madde içeriği yani beslenme ile ilgili özellikler için en etkili yöntem ve sıcaklık 60°C'de vakumlu kurutma olduğunu bildirmiştir.

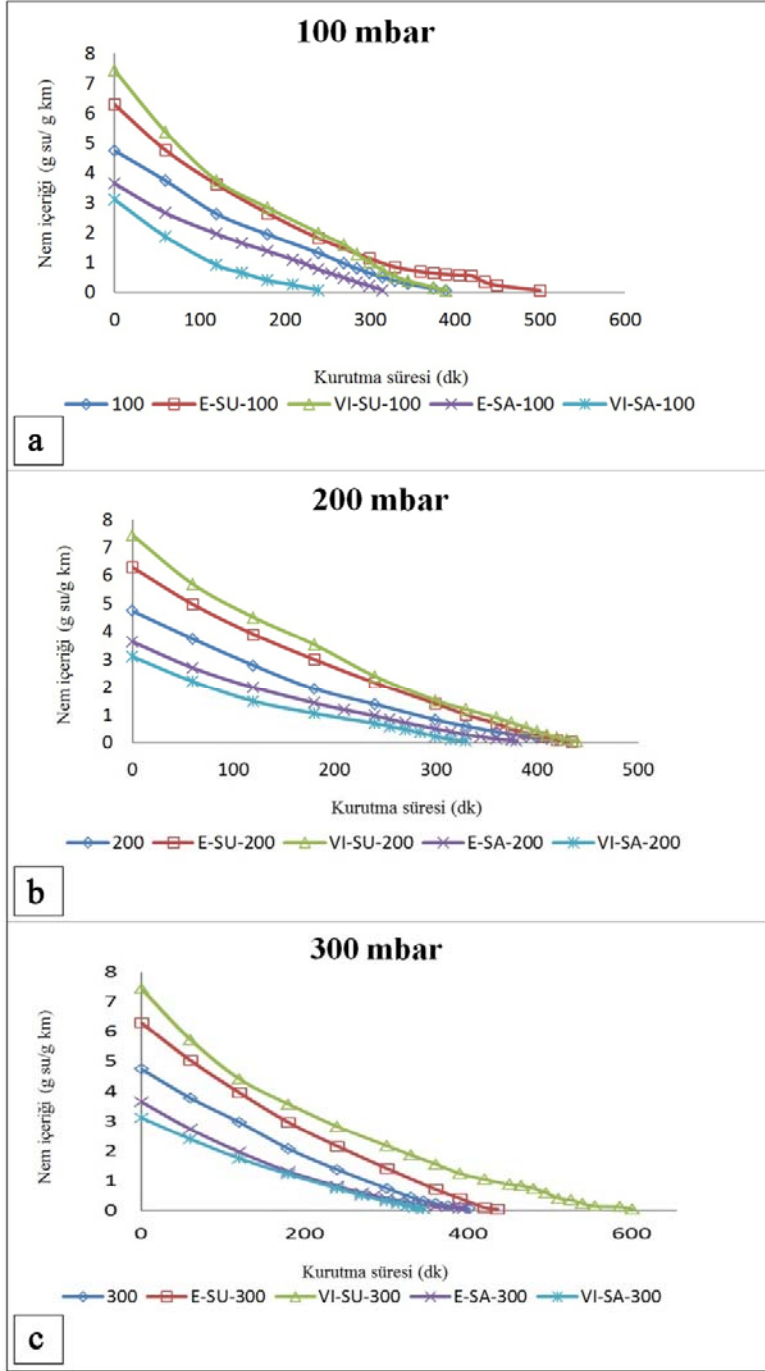
Liu ve ark.(2020) kızılıçık kurutma çalışmasında sonikasyon (S), mikrodalga-vakum (MWV), konvektif dondurma (F), kriyojenik dondurma (N) ve darbeli vakum ozmotik dehidrasyonu (PVOD) ön işlemlerini uygulamış ve sıcak havada kurutma ve mikrodalga-vakumlu kurutma (HACD + MWVD) kombinasyonunun örneklerin biyoaktif bileşikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Ön işlem uygulanmadan kurutulmuş örneklerin toplam fenolik maddedeğeri (23.90 ± 0.38 mgGAE/g km) bulunmuştur. Ön işlem uygulanan (PVOD) ve (HACD + MWVD) kurutmaya tabi tutulan örneklerde daha yüksek toplam fenolik madde içeriğine (25.55 ± 0.49 mgGAE / g km) sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Feng ve ark. (2020) sıcak hava ile kurutma, mikrodalga vakumlu kurutma ve dondurarak kurutmanın, patlamalı şişirme kurutma ile kombinasyonunun (HDEPD, MDEPD ve FDEPD), elmanın fizikokimyasal özellikleri ve antioksidan aktivitesi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda FDEPD ve MDEPD ürünlerin antioksidan kapasitesinin ve fenolik içeriğinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

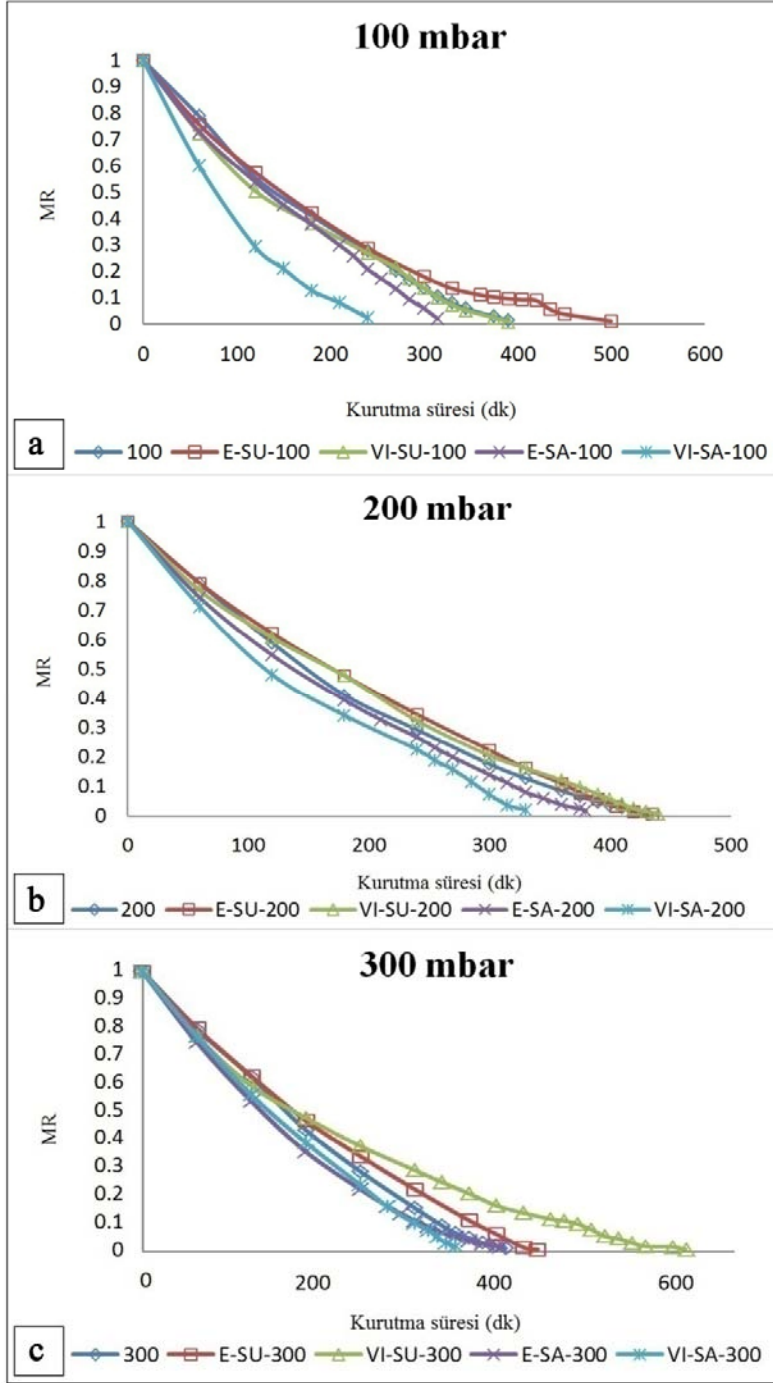
Sonuç olarak, yapılan kurutma çalışmasında kurutma yöntemi olarak vakum tekniğinin kullanılması, elma örneklerinin toplam fenolik madde miktarlarında belirgin bir artışa yol açmıştır. Benzer sonuçlara, Ruiz ve ark. (2013), Liu ve ark. (2020) ve Feng ve ark. (2020) çalışmalarında rastlanılmıştır.

4.3. Elma Dilimlerinin Kurutulması Sonucu Elde Edilen Veriler ve Yorumlanması

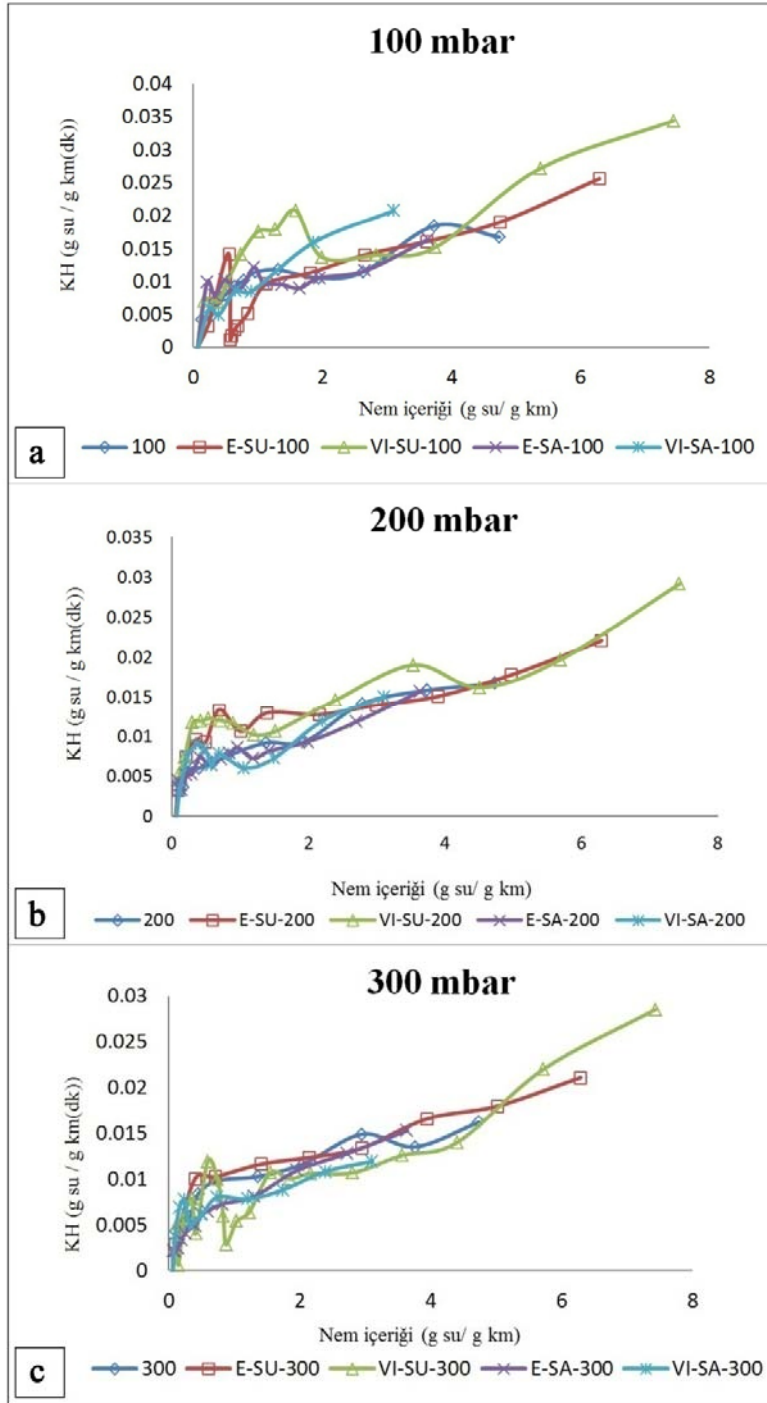
Elma dilimlerinin 75°C 'de, (100, 200 ve 300 mbar) mutlak basınç altında kurutulması sonucunda elde edilen verilere ait kurutma eğrileri oluşturulmuştur. Kurutulmuş örneklerin, nem içeriğinin kuruma süresine, boyutsuz nem oranının kuruma süresine ve kuruma hızlarının nem içeriğine bağlı değişimleri Şekil 4.2., Şekil 4.3.ve Şekil 4.4.' te belirtilmiştir.



Şekil 4.2. Kurutulmuş elma dilimlerine ait nem içeriğinin kuruma süresine bağlı değişimi(a) 100 mbar (b)200 mbar(c) 300 mbar



Şekil 4.3. Kurutulmuş elma dilimlerine ait boyutsuz nem oranının kuruma süresine bağlı değişimi (a)100 mbar (b)200 mbar(c) 300 mbar



Şekil 4.4. Kurutulmuş elma dilimlerine ait kuruma hızının nem içeriğine bağlı değişimi (a) 100 mbar (b)200 mbar(c) 300 mbar

Örnekler için değişen 5 farklı başlangıç nem içerikleri 3,10, 3,64, 4,74, 6,29, 7,43, (g su/ g km) olarak belirlenmiştir. Bu örnekler, başlangıçta ortalama 5 g su/ g km nem içeriğinden, 0.06 g su/ g km nem içeriğine dek kurutulmuştur.

Şekil 4.2.'de verilen nem içeriğinin kuruma süresine bağlı değişim eğrileri incelendiğinde, en uzun kurutma süreleri 100, 200 ve 300 mbar'da kurutulan örnekler için sırasıyla 500 dk, 440 dk, 600 dk olarak belirlenmiştir.

Genel olarak 100 mbar'da kurutulan bütün örneklerin dehidrasyonu, diğer kurutma parametrelerinde kurutulanlara göre daha kısa sürmüştür. Grafikler incelendiğinde kurutma sırasındaki mutlak basınç ile kuruma süresi arasında doğru orantı olduğu gözlemlenebilir. Bu nedenle vakum kurutmada mutlak basınç azaldıkça kurutma süresi de azalmaktadır. Bazı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda aynı sonuçlar elde edilmiştir. Cui ve ark, (2004) havuç örnekleri ile yaptıkları çalışmada, Arevalo-Pinedo ve Murr (2006), Arevalo-Pinedo ve Murr (2007) havuç ve balkabağı çalışmalarında ve Giri ve Prasad (2007) mantar örnekleri ile ilgili çalışmalarında kurutma basıncının düşmesiyle kurutma süresinin de azaldığını bildirmişlerdir.

İstenilen nem içeriğine ulaşmak için, 75°C – 300 mbar'da 600 dakikada en uzun kurutma işlemi olarak belirlenmiştir. En kısa kurutma işlemi ise 75°C – 100 mbar'daki uygulamada tespit edilmiştir. Bu durum, örneklerin dehidrasyonunun daha düşük mutlak basınçlarda suyun kaynaması ve daha düşük sıcaklıklarda buharlaşması ile gerçekleşmesiyle açıklanabilir. Swasdisevi ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada muz dilimlerini vakumda kurutarak, Arevalo-Pinedo ve ark. (2004) havuç dilimlerinin vakumda kurumasıyla benzer sonuçları elde etmişlerdir.

Bunun yanında, örneklere kurutmadan önce uygulanan ön işlemlerden dolayı kuruma sürelerinde farklılıklara rastlanmıştır. Örneğin, ön işleminde baharatlı saf suya daldırılarak vakum impregnasyon uygulanan örnek (VI-SU-300) en uzun (600 dk) kuruma davranışı göstermiştir. Uygulamalar 3 farklı mutlak basınç altında (100, 200 ve 300 mbar), ön işlemi baharatlı sakkaroz çözeltisine daldırma olan örneklerin kuruma sürelerinde diğerlerine göre azalma tespit edilmiştir. Bu örnekler sırasıyla; (VI-SA-100 – 240 dk), (E-SA-100 – 315 dk),

(VI-SA-200 – 330 dk), (E-SA-200 – 380 dk), (VI-SA-300 – 345 dk) ve (E-SA-300 – 395 dk) olarak belirlenmiştir. Yapılan ön işlemden baharatlı sakkaroz çözeltisinin kullanılması ile örneklerin başlangıç kurumadde miktarları artırılarak nem içeriklerinde azalmalara yol açmıştır. Dolayısıyla bu örneklerin kuruması da kısa sürede gerçekleşmiştir. Ayrıca ön işleminde vakum impregnasyon kullanılan örnekler, etüvde ön işlem uygulanan örneklerle göre daha kısa sürede kuruma göstermiştir. Vakum impregnasyon ön işlemi etüvde uygulanan ön işleme göre ürünlerin daha hızlı kurumasını sebep olmuştur. Paslawska ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada elma örneklerine ön işlem 0.01 Mpa mutlak basınç altında 20 s uygulanmış ve iki farklı kurutma yöntemi konvektif kurutma (50 ve 70°C) ve mikrodalga vakumlu kurutma (120 ve 480 W) gerçekleştirilmiştir. Ön işlem uygulanmış elmaların kurutma işleminin 120 W mikrodalga gücünde % 18.48, 480 W mikrodalga gücünde ise % 12.50 oranında azalma olduğu belirtilmiştir. Özellikle 50 °C sıcaklıkta konvektif kurutma yönteminde kuruma süresinde yaklaşık % 28,57 oranında azalma saptanmıştır. Sonuç olarak, vakumlu ön işlemin elma örneklerinin her iki kurutma yönteminin kuruma sürelerinde azalmalara yol açtığı görülmüştür. Vakum impregnasyonun benzer bir etkisini, Gonzalez-Fesler ve ark. (2008) elmaları konvektif kurutma sonucunda tespit etmişlerdir.

Şekil 4.3.'te Boyutsuz nem oranının kurutma süresine bağlı değişim eğrileri incelendiğinde, örneklerin kuruma süreleri arttıkça, nem oranlarında azalma gözlemlenmiştir. 100 mbar'da örneklerin kuruma süreleri daha kısa olduğundan dolayı nem oranındaki düşüşlerin de daha kısa sürede gerçekleştiği görülmüştür.

Şekil 4.4.'te Kuruma hızının nem içeriğine bağlı değişim kurvelerine bakıldığında, örneklerin nem içeriği azaldıkça kuruma hızları da azalış göstermiştir.

Başlangıç nem içeriği en yüksek olan uygulamada VI-SU-100 (7.4388 g su/ g km), kuruma hızının da en yüksek değerinde (0.0344 g su/g km (dk)) olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, VI-SU-200 ve VI-SU-300 kodlu uygulamalarında diğer uygulamalara göre daha hızlı kuruma davranışlarına rastlanmıştır. Elde edilen veriler sonucunda, örneklerin kuruma süreleri ile kuruma hızlarının bağlantılı olduğu gözlemlenmiştir. Bunun yanısıra, örneklerin kuruma

sürelerindeki azalma, kuruma hızlarında artışa yol açmıştır. Aynı sonuçları Karabacak (2019) güvem pestili çalışmasında vakumda kurutma ile elde etmiştir.

Elma örneklerinin kurutulması esnasında genellikle azalan hız kuruma periyodu gözlemlenmiştir. Tarımsal ürünlerin kurutulması ile ilgili çalışmalar incelendiğinde, kurutmanın çoğunlukla azalan hız kuruma periyodunda gerçekleştiği bildirilmiştir (Soysal ve ark. 2006, Darvishi ve ark. 2014a, Tüfekçi ve Özkal 2017, Surendhar ve ark. 2018, Tekin ve Başlar 2018). VI-SU-100 ve VI-SU-200 kodlu uygulamaları yer yer artan hız kuruma periyodu gözlemlenmiştir. Ayrıca, 100 kodlu uygulamada başlangıçta kısa bir artan kuruma hız periyodu gözlemlendikten sonra azalan kuruma hız periyodu ile devam ettiği görülmektedir. Tüm uygulamalarda sabit kurutma hızı periyoduna net bir şekilde ulaşamamıştır. Bu durum örneklerin kurutma esnasındaki tartım sıklığının az olması ile ilişkilendirilebilir. Karabacak ve ark. (2018), Demiray ve ark. (2016), Wang ve ark. (2007) ve Kutlu ve İşçi (2016) sırasıyla; kereviz, soğan dilimleri, elma posası ve patlıcan örnekleri ile yaptıkları kurutma çalışmalarında benzer sonuçları bildirmişlerdir.

4.4. Kurutulmuş Elmaların Matematiksel Modellemesi ve Elde Edilen Veriler

Deneysel veriler değerlendirilirken modellemede elde edilen R^2 (korelasyon katsayısı), χ^2 ve RMSE değerleri en uygun matematiksel modelin belirlenmesinde önemli olan istatistikî değerlerdir. Yapılan çalışmalar sonucunda R^2 değerinin en yüksek, χ^2 ve RMSE değerlerinin en düşük olduğu model en uygun matematiksel model olarak ifade edilmiştir (Avhad ve ark. 2016). Bu çalışmada 7 matematiksel modelleme üzerinde hesaplamalar yapılmıştır. Kurutma işlemine tabi tutulan elma dilimlerine ait deneysel veriler Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Kurutulmuş elmalara ait deneysel veriler

MODEL ADI			100	E-SU-100	VI-SU-100	E-SA-100	VI-SA-100
PAGE	Model	n	1.4648	1.2426	1.3271	1.4185	1.3712
	katsayıları	k	0.0005	0.0015	0.0012	0.0007	0.0018
	R ²		0.9660	0.9764	0.9278	0.9225	0.981
	RMSE		0.008933	0.004422	0.011700	0.011707	0.005931
	X ²		0.001226	0.000338	0.002103	0.002106	0.000345
MODIFIYE PAGE	Model	n	1.4648	1.2426	1.3271	1.4185	1.3712
	katsayıları	k	0.0057	0.0053	0.0061	0.0062	0.0098
	R ²		0.9660	0.9764	0.9278	0.9225	0.981
	RMSE		0.008933	0.004801	0.011700	0.011707	0.005931
	X ²		0.001226	0.000399	0.002103	0.002106	0.000345
LOGARITMIK	Model	k	0.0097	0.0072	0.0095	0.0094	0.0122
	katsayıları	a	1.6504	1.2794	1.5526	1.4487	1.0843
		c	0.0138	0.0098	0.0084	0.0179	0.0217
	R ²		0.8518	0.953	0.8453	0.8699	0.9837
	RMSE		0.074980	0.021148	0.071296	0.039882	0.019808
	X ²		0.095013	0.008386	0.085904	0.026881	0.004807
LEWIS	Model	k	0.0079	0.0066	0.0083	0.0081	0.0128
	katsayıları						
	R ²		0.8265	0.8789	0.7836	0.7521	0.9049
	RMSE		0.026002	0.014459	0.023767	0.026342	0.024572
	X ²		0.009522	0.003360	0.007955	0.009773	0.004931
HANDERSON&PABIS	Model	k	0.0097	0.0077	0.0102	0.0103	0.0146
	katsayıları	a	1.7472	1.4620	1.7912	1.7143	1.3838
	R ²		0.8646	0.8983	0.8195	0.7969	0.9232
	RMSE		0.060958	0.033423	0.065722	0.059416	0.056210
	X ²		0.057089	0.019335	0.066361	0.054237	0.030964
İKİ TERİMLİ EXP	Model	k	0.0059	0.0048	0.0062	0.0063	0.0092
	katsayıları	a	0.6360	0.5938	0.6417	0.6316	0.5805
	R ²		0.8646	0.8983	0.8195	0.7969	0.9232
	RMSE		0.023711	0.029526	0.005088	0.023974	0.044269
	X ²		0.008638	0.015089	0.000398	0.008830	0.019205
WANG ve SING	Model	b	0.000003	0.000005	0.000006	0.000005	0.00001
	katsayıları	a	-0.0039	-0.0041	-0.0047	-0.0045	-0.0076
	R ²		0.9410	0.982	0.9350	0.884	0.9937
	RMSE		0.011317	0.020359	0.010421	0.007225	0.059971
	X ²		0.001968	0.007174	0.001668	0.000802	0.035246

100:Ön işlemsiz 75°C'de ve 100 mbar vakumda kurutulmuş örnek, E-SU-100:Etüvde ön işleme (75°C'de) baharatlı saf suya daldırma olan ve 75°C - 100 mbar vakumda kurutulmuş örnek, VI-SU-100:Vakum impregnasyon ön işleme (75°C'de - 600 mbar'da) baharatlı saf suya daldırma olan ve 75°C - 100 mbar vakumda kurutulmuş örnek, E-SA-100:Etüvde ön işleme (75°C'de) baharatlı sakkaroz çözeltisine daldırma olan ve 75°C - 100 mbar vakumda kurutulmuş örnek, VI-SA-100:Vakum impregnasyon ön işleme (75°C'de - 600 mbar'da) baharatlı sakkaroz çözeltisine daldırma olan ve 75°C - 100 mbar vakumda kurutulmuş örnek

Çizelge 4.3. Kurutulmuş elmalara ait deneysel veriler (Devam)

MODEL ADI			200	E-SU-200	VI-SU-200	E-SA-200	VI-SA-200
PAGE	Model	n	1.4496	1.4719	1.4046	1.3847	1.3174
	katsayıları	k	0.0005	0.0004	0.0006	0.0008	0.0013
	R²		0.9746	0.9411	0.9381	0.9459	0.9362
	RMSE		0.007575	0.012677	0.010810	0.009805	0.011526
	X²		0.000937	0.002469	0.002022	0.001664	0.001786
MODIFIYE PAGE	Model	n	1.4496	1.4719	1.4046	1.3847	1.3174
	katsayıları	k	0.0055	0.0118	0.0053	0.0059	0.0066
	R²		0.9746	0.9411	0.9381	0.9459	0.9362
	RMSE		0.007575	0.061189	0.010810	0.009805	0.011526
	X²		0.000937	0.057523	0.002022	0.001664	0.001786
LOGARITMIK	Model	k	0.0101	0.0093	0.0093	0.011	0.0103
	katsayıları	a	1.8243	1.8172	1.8150	2.0228	1.4399
		c	0.0116	0.0073	0.0075	0.0174	0.0203
	R²		0.8795	0.8106	0.8183	0.7909	0.8079
	RMSE		0.063164	0.068891	0.059739	0.074141	0.045179
	X²		0.071089	0.080207	0.066914	0.103068	0.030872
LEWIS	Model	k	0.0079	0.0077	0.0076	0.0079	0.0085
	katsayıları						
	R²		0.8708	0.7788	0.7909	0.8246	0.8143
	RMSE		0.025502	0.033282	0.026418	0.022601	0.022680
	X²		0.009805	0.015600	0.011216	0.008210	0.006224
HANDERSON&PABIS	Model	k	0.0095	0.0096	0.0093	0.0099	0.0101
	katsayıları	a	1.7475	1.9593	1.8842	1.8139	1.5070
	R²		0.9016	0.8202	0.8264	0.8668	0.8388
	RMSE		0.056721	0.079875	0.064260	0.058658	0.049698
	X²		0.052548	0.098020	0.071470	0.059552	0.033206
İKİ TERİMLİ EXP	Model	k	0.0058	0.0058	0.0056	0.0060	0.0063
	katsayıları	a	0.6360	0.6621	0.6533	0.6446	0.6011
	R²		0.9016	0.8202	0.8264	0.8668	0.8388
	RMSE		0.021672	0.020305	0.019139	0.020319	0.031497
	X²		0.007671	0.006334	0.006340	0.007146	0.013338
WANG ve SING	Model	b	0.000004	0.000003	0.000004	0.000005	0.000007
	katsayıları	a	-0.0038	-0.0035	-0.0038	-0.0044	-0.0051
	R²		0.9918	0.967	0.9294	0.954	0.9496
	RMSE		0.016702	0.006981	0.013580	0.005621	0.009810
	X²		0.004556	0.000749	0.003192	0.000547	0.001294

200:Ön işlemsiz 75°C'de ve 200 mbar vakumda kurutulmuş örnek, E-SU-200:Etüvde ön işlemleri (75°C'de) baharatlı saf suya daldırma olan ve 75°C - 200 mbar vakumda kurutulmuş örnek, VI-SU-200:Vakum impregnasyon ön işlemleri (75°C'de - 600 mbar'da) baharatlı saf suya daldırma olan ve 75°C - 200 mbar vakumda kurutulmuş örnek, E-SA-200:Etüvde ön işlemleri (75°C'de) baharatlı sakkaroz çözeltisine daldırma olan ve 75°C - 200 mbar vakumda kurutulmuş örnek, VI-SA-200: Vakum impregnasyon ön işlemleri (75°C'de - 600 mbar'da) baharatlı sakkaroz çözeltisine daldırma olan ve 75°C - 200 mbar vakumda kurutulmuş örnek

Çizelge 4.3. Kurutulmuş elmalara ait deneysel veriler (Devam)

MODEL ADI			300	E-SU-300	VI-SU-300	E-SA-300	VI-SA-300
PAGE	Model	n	1.5428	1.4783	1.2137	1.4047	1.4984
	katsayıları	k	0.0003	0.0004	0.0014	0.0008	0.0005
	R ²		0.9699	0.9484	0.9496	0.9793	0.9623
	RMSE		0.010361	0.014643	0.007314	0.005926	0.010855
	X ²		0.001546	0.002680	0.001189	0.000608	0.001584
MODIFIYE PAGE	Model	n	1.5428	1.4783	1.2137	1.4047	1.4984
	katsayıları	k	0.0055	0.0052	0.0046	0.0061	0.0061
	R ²		0.9699	0.9484	0.9496	0.9793	0.9623
	RMSE		0.010361	0.014643	0.007314	0.005926	0.010855
	X ²		0.001546	0.002680	0.001189	0.000608	0.001584
LOGARITMIK	Model	k	0.0108	0.0094	0.007	0.0122	0.0110
	katsayıları	a	1.8716	1.7713	1.6675	2.1398	1.6686
		c	0.0134	0.0090	0.0685	0.0168	0.0184
	R ²		0.8667	0.788	0.8674	0.8189	0.8406
	RMSE		0.078197	0.084460	0.039205	0.080463	0.066196
	X ²		0.097837	0.101906	0.036166	0.121394	0.066276
LEWIS	Model	k	0.0083	0.0078	0.0058	0.0085	0.0086
	katsayıları						
	R ²		0.8597	0.7935	0.8335	0.8944	0.8395
	RMSE		0.034778	0.043632	0.015042	0.020039	0.031764
	X ²		0.015834	0.021153	0.004763	0.006454	0.012208
HANDERSON&PABIS	Model	K	0.0101	0.0096	0.007	0.0101	0.0104
	katsayıları	A	1.8047	1.8846	1.7479	1.6942	1.6537
	R ²		0.8962	0.8363	0.8651	0.9242	0.8714
	RMSE		0.071398	0.095429	0.043589	0.048649	0.063194
	X ²		0.073406	0.113833	0.042223	0.040962	0.053691
İKİ TERİMLİ EXP	Model	K	0.0061	0.0058	0.0043	0.0062	0.0064
	katsayıları	A	0.6435	0.6533	0.6361	0.6288	0.6232
	R ²		0.8962	0.8363	0.8651	0.9242	0.8714
	RMSE		0.024411	0.022534	0.018144	0.023689	0.027533
	X ²		0.008581	0.006347	0.007315	0.009712	0.010192
WANG ve SING	Model	B	0.000003	0.000003	0.000004	0.000005	0.000004
	katsayıları	A	-0.0036	-0.0035	-0.0037	-0.0045	-0.0041
	R ²		0.9733	0.9899	0.9297	0.9993	0.9962
	RMSE		0.008718	0.006561	0.020083	0.002843	0.007809
	X ²		0.001094	0.000538	0.008962	0.000140	0.000820

300:Ön işlemsiz 75°C'de ve 300 mbar vakumda kurutulmuş örnek, E-SU-300:Etüvde ön işleme (75°C'de) baharatlı saf suya daldırma olan ve 75°C - 300 mbar vakumda kurutulmuş örnek, VI-SU-300: Vakum impregnasyon ön işleme (75°C'de - 600 mbar'da) baharatlı saf suya daldırma olan ve 75°C - 300 mbar vakumda kurutulmuş örnek, E-SA-300:Etüvde ön işleme (75°C'de) baharatlı sakkaroz çözeltisine daldırma olan ve 75°C - 300 mbar vakumda kurutulmuş örnek, VI-SA-300:Vakum impregnasyon ön işleme (75°C'de - 600 mbar'da) baharatlı sakkaroz çözeltisine daldırma olan ve 75°C - 300 mbar vakumda kurutulmuş örnek

Deneysel veriler ile yapılan matematiksel hesaplamalar sonucunda en yüksek R^2 değeri ve en düşük χ^2 ve RMSE değerlerini veren modellemeler belirlenmiştir. R^2 , RMSE ve χ^2 değerleri sırasıyla 0.8265 - 0.9993, 0.004422- 0.095429 ve 0.000345-0.121394 arasında değişim göstermiştir.

100, E-SA-100, VI-SU-200,VI-SU-300 kodlu uygulamalar için en iyi sonucu veren model Page ve Modifiye Page olarak belirlenmiştir. Çelen (2010) vakumlu kurutma yöntemi ile elma ve domateslerin kurutulmasında 70, 80 ve 90°C sıcaklık ve 0.98 bar uygulayarak, matematiksel hesaplamalar sonucunda tüm kurutma sıcaklıkları için Page modelinin en uygun olduğunu bildirmiştir. Saberian ve ark. (2014) yenidoğru meyvesini vakum ile (52cm-Hg- 60, 70 ve 80°C) kurutup, farklı modellerle hesaplama yaptıktan sonra Page modelinin diğer modellere göre daha iyi sonuç verdiğini belirtmiştir.

Bir diğer çalışmada, dağ çileği meyvelerine liyofilizatörde ve tepsili kurutucuda kurutma işleminin kuruma kinetiği üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Örneklerin başlangıç nem içeriği 2.299 ± 0.011 kg su/kg kuru madde olarak bulunmuştur. Liyofilizatörde (-50°C'de) 12 saat süre sonunda 0.160 ± 0.001 kg su/kg kuru madde içeriğine ulaşmış olup, tepsili kurutucuda (60°C ve 0.6 ms^{-1}) 16 saatte 0.156 ± 0.001 kg su/kg kuru madde içeriği elde edilmiştir. Kurutulan örneklere ince tabaka kurutma modelleri üzerinde hesaplamalar yapılmıştır. Çalışma sonucunda, örneklerin her iki kurutma yöntemi için en uygun modelin Page model olduğu tespit edilmiştir (Çakmak ve ark. 2016).

Ayrıca, E-SU-100,VI-SU-100, VI-SA-100, 200,E-SU-200, E-SA-200, VI-SA-200, 300, E-SU-300, E-SA-300, VI-SA-300 kodlu uygulamalar için kurutma kinetiklerini en iyi tanımlayan model Wang ve Sing olarak belirlenmiştir. Tekin (2015), 55 ve 75°C'de vakumda kurutulan biberlerin kurutma modellerinden en iyi sonuç veren Wang ve Sing olduğu bildirilmiştir. Bir diğer çalışmada tepsili kurutucu kullanılarak kurutulan 10 mm dilim kalınlığındaki patlıcan örnekleri için en uygun model Wang ve Sing olarak tespit edilmiştir (Kutlu ve İşci 2016).

Bazı araştırmacılar tarafından yapılan elma kurutma çalışmalarına bakıldığında, farklı matematiksel modellemeler ile sonuçlandırıldığı görülmüştür. Mengeş ve ark. (2005) tarafından

yapılan çalışmada ise elmanın (Golden cinsi) konveksiyonla kurutma yönteminin kuruma karakteristikleri bakımından etkisi incelenmiş ve en uygun modelin Midilli ve ark. olduğu saptanmıştır. İzli ve ark. (2017) elma örneklerinin kurutulmasında konvektif, mikrodalga, ve mikrodalga-konvektif kombinasyonlu kurutma yöntemlerini kullanmışlardır. rnlerin kurutma kinetiklerini en iyi tanımlayan modelin Midilli ve ark. olduğu bildirilmiştir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada daha sağlıklı ve besleyici alternatif bir atıştırmalık üretmek amaçlanmıştır. Elma örneklerine iki farklı ön işlem uygulanarak, vakumda kurutma yönteminin kurutma kinetikleri ve kalite özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Örnekler arasından en yüksek toplam fenolik madde, 100 (ön işlemsiz 75°C’de ve 100 mbar vakumda kurutulan) (174,5±55,8 mg GAE /100g km) ve E-SU-300 (ön işlemi etüv ve 75°C - 300 mbar vakumda kurutulan) (172,7±48,06 mg GAE /100g km) uygulamalarından elde edilmiştir. Elmaların vakumda kurutulması ile hem antioksidan kapasitede hem de fenolik madde içeriklerinde artış sağlanmıştır. Renk analizi sonuçları incelendiğinde, 300 mbar mutlak basınç altında kurutulan örneklerin renk özelliklerinin en iyi korunduğu belirlenmiştir. Kurutma parametreleri değerlendirildiğinde ise, en kısa kuruma süresi VI-SA-100 (ön işlemi VI ve 75°C - 100 mbar vakumda kurutulan) uygulamada 240 dk olarak tespit edilmiştir. Bununla birlikte elma örneklerinin kuruma kinetiğini en iyi tanımlayan matematiksel modeller Page, Modifiye Page ve Wang ve Sing olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, kurutma süresinin uzun olmasına karşın, biyoaktif bileşenlerin ve renk kalitesinin en iyi muhafaza edildiği, 75°C sıcaklıkta ve 300 mbar mutlak basınç altında kurutmanın elma küpleri için tavsiye edilebilen bir uygulama olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Abbasi, B. H., Ahmad, N., Fazal, H., Mahmood, T. 2010.** Conventional and modern propagation techniques in *Piper nigrum*. *J. Med. Plant Res.*, 4: 007-012.
- Abuşka, M. 2002.** Jeotermal enerjili üzüm kurutma sistemi tasarımı. *Yüksek Lisans Tezi*, MÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, İstanbul.
- Acar, B., Dağdeviren, A. ve Özkaymak, M. 2019.** Dondurularak Kurutulmuş Muzun Kinetik Modeli. *SETSCI Conference Proceedings*. 4(6): 543-547.
- Ahmed, R. D., Seth, Y., Banerjee, B. D. 2000.** The Effects of Methanolic Extracts of Ginger (*Zingiber officinale*) on Human Sperm Parameters. *India J Exp Biol.*, 38(6): 6042000.
- Ak, T. ve Gülçin, İ. 2008.** Antioxidant and radical scavenging properties of curcumin. *Chemico-Biological Interactions*, 174(1): 27-37.
- Akgül, A. 1993.** Baharat Bilimi & Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No: 15, Ankara, 93 s.
- 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.
- Alasalvar, C., and Shahidi, F. 2013(a).** Composition, Phytochemicals, and Beneficial health effects of dried fruits: an overview. *Phytochemicals and health effects*, 1-18. Oxford: Wiley- Blackwell.
- Alasalvar, C., and Shahidi, F. 2013(b).** Nutritional Composition, Phytochemicals, and Health Benefits of Dates, *Phytochemicals and health effects*, 428-443. Oxford: Wiley-Blackwell.
- Al-Juamily, A.J., Khalil, E.J., Khalifa, N.T, Yassen, A. 2007.** Testing of the performance of a fruit and vegetable solar drying system in Iraq. *Desalination*, 209(1-3): 163-170.
- Ammon, H. P. T., Anazoda, M. I., Safayhi, H., Dhawan, B. N. and Srimal, R. C. 1992.** Curcumin: A potent inhibitor of Leukotriene B4 formation in rat peritoneal polymorphonuclear neutrophils (PMNL). *Planta Medica*, 26-28.
- Anand, S. P., and Sati, N. 2013.** Artificial Preservatives and their harmful effects: Looking toward nature for safer alternatives. *Int. J. Pharm. Sci. Res.*, 4(7): 2496-2501.
- Anonymous 2020a.** Apple production in 2018; Crops/World Regions/Production Quantity. FAOSTAT, UN Food & Agriculture Organization, Statistics Division. 2019.
- Anonymous 2020b.** Nutrition Facts, Apples, raw, with skin [Includes USDA commodity food A343]. 100 gram amount. *Nutritiondata.com*, Conde Nast from USDA version SR-21. 2018.

- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., Karademir, S.E., Altun, M. 2005.** Total antioxidant capacity assay of human serum using copper (II)-neocuproine as chromogenicoxidant: The CUPRAC method. *Free Radical Research*, 39(9): 949-961.
- Arevalo-Pinedo, A. and Murr, F.E.X. 2007.** Influence of pre-treatments on the drying kinetics during vacuum drying of carrot and pumpkin. *Journal of Food Engineering*, 80: 152-156.
- Arévalo-Pinedo, A., and Murr, F.E.X. 2006.** Kinetics of vacuum drying of pumpkin (*Cucurbita maxima*): Modeling with shrinkage. *Journal of Food Engineering*, 76(4): 562-567.
- Arevalo-Pinedo, A., Murr, F.E.X., Giraldo-Zuniga, A.D. and Arevalo, Z.D.S. 2004.** Vacuum drying of carrot (*Daucus carota*): effects of pretreatments and parameters process. In: Proceedings of the 14th International Drying Symposium. Sao Paulo, Brazil, 2021-2026.
- Arslan, D. and Özcan, M.M. 2010.** Study the effect of sun, oven and microwave drying on quality of onion slices. *Food Science and Technology*, 43: 1121-1127.
- Auddy, B., Ferreira, M., Blasina, F., Lafon, L., Arredondo, F., Dajas, F., Tripathi, P. C., Seal, T., Murkerjee, B. 2003.** Screening of antioxidant activity of three Indian medicinal plants, traditionally used for the management of neurodegenerative diseases. *Journal of Ethnopharmacology*, 84: 131-138.
- Avhad, M. R., & Marchetti, J. M. 2016.** Mathematical modelling of drying kinetics of Hass avocado seeds. *Industrial Crops and Products*, 91: 76-87.
- Baydar, H. 2005.** Breeding for the improvement of the ideal plant type of sesame. *Plant Breeding*, 124: 263-267.
- Baysal, T., Icier, F., Ersus, S., Yıldız, H. 2003.** Effects of microwave and infrared drying on the quality and rehydration characteristics of carrot and garlic. *European Food Research and Technology*, 218 (1): 68-73.
- Baytop, T. 1999.** Therapy with Medicinal Plants in Turkey. 2nd Edition, Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul, 242 .
- Benzie, I.F.F. ve Strain, J.J. 1996.** The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239: 70-76.
- Beta, T., Nam, Sh., Dexter, J.E., Sapirstein, H.D. 2005.** Phenolic Content and Antioxidant Activity of Pearled Wheat and Roller-Milled Fractions, 82(4): 390-393.
- Betoret, N., Martinez-Monzo, J., Fito, P.J., Fito, P. 2003.** Kalsiyum ve demir vakum impregnasyonlu meyvelerde belirlenmesi. *Journal Food Science*, 70(1).
- Bhaskaran, S. ve Hardley, F. 2002.** "Buyer beliefs, attitudes and behaviour: foods with therapeutic claims". *Journal of Consumer Marketing*, 19(7): 591-606.

- Bulantekin, Ö. ve Kuşçu, A. 2016.** Elmada Bulunan Fitokimyasallar ve Diğer Zengin Bileşenlerin İnsan Sağlığına Yararları. *Meyve Bilimi*, 1: 213-218.
- Bulduk, S. 2004.** Food Technology. 2nd edition, Detay Publishing, Ankara, Turkey.
- Butt, M. S., Pasha, I., Sultan, M. T., Randhawa, M. A., Saeed, F., Ahmed, W. 2013.** Blacık Pepper and Health Claims: A Comprehensive Treatise. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(9): 875-886.
- Çakmak, H., Bozdoğan, N., Turkut, G. M., Kumcuoğlu, S., Tavman, Ş. 2016.** Dağ çileğinin (*arbutus unedo* L.) kuruma kinetiğinin incelenmesi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Gıda dergisi*, 41 (4): 227-234.
- Çam, M. ve Ersus, S. 2008.** Dondurularak Kurutulmuş Çilek Meyvesinin Toplam Fenolik Madde İçeriğinin ve Antioksidan Kapasitesinin Belirlenmesi, Türkiye 10. Gıda Kongresi; Erzurum.
- Carlos, A.M.A., and Harrison, M.A. 1999.** Inhibition of Selected Microorganisms in Marinated Chicken by Pimento Leaf Oil and Clove Oleoresin. *Journal of Applied Poultry Research*, 8(1): 100-109.
- Castagnini, J.M., Betoret, N., Betoret, E., Fito, P. 2015.** Vacuum impregnation and air drying temperature effect on individual anthocyanins and antiradical capacity of blueberry juice included into an apple matrix. *LWT-Food Science and Technology*, 64(2): 1289-1296.
- Çelen, S. 2010.** Mikrodalga ve Vakum Kurutucuda Bazı Gıda Ürünlerinin Kurutulması ve Modellenmesi, *Doktora Tezi*, TÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Çelik, A. 1999.** Tepsili Kurutucu İle Dikdörtgen Prizma Şeklinde Kesilmiş Elma Dilimlerinin Kurutulması. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Eğitimi Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi (yayınlanmamış), Elazığ. 52 s.
- Cemeroğlu, B. 2004.** Meyve Sebze İşleme Teknolojisi, 2. cilt. ISBN 975-985782-0.
- Cemeroğlu, B. ve Acar, J. 1986.** Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği, Yayın No:6, Ankara.
- Cemeroğlu, B., Karadeniz, F. ve Ozkan, M. 2003.** Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara, 28:541-542.
- Ceylan, A. 1995.** Tıbbi bitkiler. IEÜ Ziraat Fakültesi, Yayın no: 312.
- Chang, S.K., Alasalvar, C., Shahidi, F. 2016.** Review of dried fruits: Phytochemicals, antioxidant efficacies, and health benefits. *Journal of Functional Foods*, 21: 113–132.
- Chattopadhyay, R., Esther, D. 2004.** Women as Policy Makers: Evidence from a Randomized Policy Experiment, India, 1409-1443.

- Chiralt, A., Navarrete, N.M., Monzó, J.M., Talens, P., Moraga, G., Ayala, A.P. 2001.** Fito Changes in mechanical properties throughout osmotic processes cryoprotectant effect. *Journal of Food Engineering*, 49: 129-135.
- Chong, C.H., Figiel, A., Law, C.L., Wojdylo, A. 2013.** Combined drying of apple cubes by using of heat pump, vacuum-microwave, and intermittent techniques. *Food and Bioprocess Technology*, 7(4): 975–989.
- Ciurzyńska, A., and Lenart, A. 2011.** Freeze-Drying – Application in Food Processing and Biotechnology – A Review. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 61(3): 165-171.
- Çoklar, H. ve Akbulut, M. 2016.** Olgunlaşma ile Aliç (*Crataegus orientalis*) Meyvesinin Antioksidan Aktivite, Toplam Fenolik Madde ve Fenolik Profilindeki Değişim. *Meyve Bilimi*, 3(2): 30-37.
- Connor, A.M., Luby, J.J., Tong, C.B., Finn, C.E., Hancock, J.F., 2002.** Genotypic and environmental variation in antioxidant activity, total phenolic content, and anthocyanin content among blue berrycultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 127: 89–97.
- Cruz, A.C., Guiné, R.P.F., Gonçalves, J.C. 2015.** Konvektif kurutulan elmaların kurutma kinetiği ve ürün kalitesindeki etkisi. *International Journal of Fruit Science*, 15(1): 54-78.
- Cui, Zh.W., Xu, Sh.Y., Sun, D.W. 2004.** Microwave–vacuum drying kinetics of carrot slices. *Journal of Food Engineering*, 65(2): 157-164.
- Dadalı, G. 2007.** Bamy ve ispanağın mikrodalga tekniğini kullanarak kurutulması, doku ve renk özelliklerinin incelenmesi ve modellenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 195s.
- Dalmau, M.E., Bornhorst, G.M., Eim, V., Rosselló, C., Simal, S. 2017.** Effects of freezing, freeze drying and convective drying on in vitro gastric digestion of apples. *Food Chemistry*, 215: 7-16.
- Damodaran, S., Parkin, K.L., Fennema, O.R. 2010.** FENNEMA Química de los Alimentos. Zaragoza, Acribia.
- Darvishi, H., RezaieAsl, A., Asghari, A., Azadbakht, M., Najafi, G., Khodaei, J. 2014.** Study of the drying kinetics of pepper. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 13(2): 130-138.
- Day, L., Seymour, R.B., Pitts, K.F., Konczak, I., Lundin, L., 2009.** Incorporation of functional ingredients into foods. *Trends in Food Science & Technology*, 20(9): 388 - 395.
- Demir, D. 2010.** Kurutma işlemi ve öncesinde uygulanan farklı haşlama tekniklerinin siyah havucun antioksidan etkili bileşikleri üzerine etkisi. *Yüksek lisans tezi*, SÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

- Demiray, E., 2009.** Kurutma İşleminde Domatesin Likopen, β -Karoten, Askorbik asit ve Renk Değişim Kinetiğinin Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, PÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.
- Demiray, E., Seker, A. and Tulek, Y. 2016.** Drying kinetics of onion (*Allium cepa* L.) slices with convective and microwave drying. *International Journal of Heat Mass Transfer*, 53: 1817-1827.
- Demirkol, M., Çelik, Ö. F., Tarakçı, Z. 2017.** Ordu İlinde Yetişen Sakarca (*Ornithogalumumbellatum*) Bitkisinin Antibakteriyel Aktivitesi ve Toplam Fenolik Madde İçeriği. *J. Sci. Tech.*, 7(2): 312-318 e-ISSN: 2146-6459.
- Diaz, M. N.M.D., Frei, B. Ph.D., Vita, J. A. M.D., Keaney, J. F. Jr. M.D. 1997.** Antioxidants and Atherosclerotic Heart Disease. *New England Journal of Medicine*, 337: 408-416.
- Döner, D. ve İçier, F. 2018.** Gıdaların Elektriksel Yöntemlerle İşlenmesinde Uygulanan Farklı Frekans ve Dalga Şekillerinin Proses Etkinliği Üzerine Etkisi. *Akademik Gıda*, 16(4): 470-482.
- Doymaz, I. 2004.** Drying kinetics of white mulberry. *Journal of Food Engineering*, 61(3): 341-346.
- Doymaz, I. 2006.** Drying characteristics and kinetics of okra. *Journal of Food Engineering*, 69(3): 275-279.
- Doymaz, I. 2007.** The kinetics of forced convective air-drying of pumpkin slices. *J. Food Eng.*, 79:243–248.
- Doymaz, I. 2010.** Effect of citric acid and blanching pre-treatments on drying and rehydration of Amasya red apples. Department of Chemical Engineering, YÜ, Istanbul.
- Doymaz, I. and Pala, M. 2003.** The thin-layer drying characteristics of corn. *Journal of Food Engineering*, 60: 125–130.
- Du, L. J., Gao, Q. H., Ji, X. L., Ma, Y. J., Xu, F. Y., Wang, M. 2013.** Comparison of flavonoids, phenolic acids, and antioxidant activity of explosion-puffed and sun-dried jujubes (*Ziziphus jujuba* Mill.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(48): 11840–11847.
- Erbay, B. ve Küçüköner, E. 2008.** Gıda endüstrisinde kullanılan farklı kurutma sistemleri, Türkiye 10. Gıda Kongresi, Erzurum, 1045-1048.
- Fernandes, F. A. N., Oliviera, F. I. P., Rodrigues, S. 2008b.** Use of ultrasound for dehydration of papayas. *Food Bioprocess Technol.*, 1:339-345.
- Figiel, A. 2010.** Drying kinetics and quality of beetroots dehydrated by combination of convective and vacuum-microwave methods. *Journal of Engineering*, 98:461-470.

- Fortes, M., and Okos, M.R. 1981.** Heat and mass transfer in hygroscopic capillary extruded products. *Aiche journal*, 27(2): 255-262.
- Foster, S. 2000.** Ginger Your Food is Your Medicine. www.herphoto.com/education/monogragraph.htm. (Erişim tarihi: 04.01.2019).
- Franke, W. 1981.** Nutzpflanzenkunde. Georg Thieme Verlag, 362-363.
- Geankoplis, C. J. 2003.** Transport Processes and Separation Process Principles (includes unit operations) (fourth ed.). Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall PTR, 559-611.
- Giri, S. K., and Prasad, S. 2007.** Drying kinetics and rehydratin characteristics of microwave-vacuum and convectivehot-airdried mushrooms. *J Food Eng.*, 78: 512–521.
- González-Fésler, M., Salvatori, D., Gómez, P., Alzamora, S.M. 2008.** Convective air drying of apples affected by blanching and calcium impregnation. *J Food Eng.*, 87:323 – 332.
- Govindarajan, V.S. 1977.** Pepper – chemistry, technology and quality evaluation. *CRC Crit. Rev. Food Sci.*, 9:1–115.
- Guamis, B., Trujillo, A.J., Ferragut, V., Chiralt, A., Andres, A., Fito, P. 1997.** Ripening control of Manchego type cheese salted by brine vacuum impregnation. *International Dairy Journal*, 7(2–3): 185-192.
- Guiné, R. P. F. 2011.** Influence of drying method on some physical and chemical properties of pears. *Int. J. Fruit Sci.*, 11: 245–255.
- Güngör, A. ve Özbalta, N. 1997.** Ozonlu su ile yıkanan kırmızı pul biberin mikrodalga enerjisi ile kurutulması. Endüstriyel kurutma sistemleri, TMMOB, MMO, III. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, İzmir, 2: 737-747.
- Gürson, O., Özçelikay, G. 2005.** Tarçının Tarih Boyunca ve Günümüzdeki Kullanımı. OTAM, 18: 171-183.
- Haghi, A. K., and Ghanadzadeh, H. 2005.** A study of thermal drying process. *Indian journal of chemical technology*, 12: 654-663.
- Haghi, A.K. 2001.** A Mathematical Model of the Drying Process. *Acta Polytechnica*. 41(3)
- Halvorsen, B. L., K. Holte, M. C. W. Myhrstad, I. Barikmo, E. Hvattum, S. F. Remberg, A. B. Wold, K. Haffner, H. Baugerod, L. F. Andersen, J. Moskaug, D. R. Jacobs and R. Blomhoff, 2002.** A Systematic Screening of Total Antioxidants in Dietary Plants. *Journal of Nutrition*, 132: 461–471.
- Hastürk, Ş., F. 2010.** Domates Kurutmada Farklı Yöntemlerin Karşılaştırılması. *Doktora Tezi*, NKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 154 s.

- Hernández, L., Aguirre, Y.B., Nevárez, G.V., Gutierrez, N. and Salas, E. 2011.** Use of essential oils and extracts from spices in meat protection. *J. Food Sci. Technol.*,
- Hertog, M. G. L., Hollman, P. C. H. and Katan, M. B. 1992.** Content of potentially anticarcinogenic flavonoids in 28 vegetables and 9 fruits commonly consumed in the Netherlands. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40: 2379–2383.
- Hoppe, H. A. 1981.** Taschenbuch der Drogenkunde. Walter de Gruyter, 222.
- Huang, L.L., Zhang, M., Mujumdar, A.S., Lim, R.X. 2011.** Comparison of four drying methods for restructured mixed potato with apple chips. *Journal of Food Engineering*, 103: 279–284.
- İspir, A. 2006.** Kayısının Ozmotik Dehidrasyonu ve Kurutmaya Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, FÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Izli, N., Tamer, C.E., Copur, O.U., Işık, E. and Yıldız, B. 2017.** Drying model of sliced apple and effect of vacuum impregnation on its physicochemical properties. *Philippine Agricultural Scientist*, 100: 315-32.
- Jaiboon, P., Prachayawarakorn, S., Devahastin, S., Soponronnarit, S. 2009.** Effects of fluidized bed drying temperature and tempering time on quality of waxy rice. *Journal of Food Engineering*, 95(3): 517-524.
- Jamal, A., Javed, K., Aslam, M., Jafri, M. A., 2006.** Gastroprotective effect of cardamom, *Elettaria cardamomum* Maton, *J. Ethnopharmacol*, 103(2): 149-153.
- Jaros, M., and Pabis, S. 2006.** Theoretical Models for Fluid Bed Drying of Cut Vegetables. *Biosystems Engineering*, 93(1): 45-55.
- Jay, J. M. 2000.** Modern Food Microbiology, apsen Publisher. Inc. Gacithersburg, Maryland.
- Jaya, S. and Das, H. 2003.** A vacuum drying model for mango pulp. *Drying Technology*, 21(7): 1215-1234.
- Jayaprakasha, G.K. Jagan, L. and Sakariah, K.K. 2005.** Chemistry and biological activities of *C. longa*. *Trends in Food Science & Technology*, 16: 533–548.
- Jeon, M. and Zhao, Y. 2005.** Honey in combination with vacuum impregnation to prevent enzymatic browning of fresh-cut apples. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 56(3).
- Joshi, A.P.K., Rupasinghe, H.P.V., Khanizadeh, S. 2011.** Impact of drying processes on bioactive phenolics, vitamin C, and antioxidant capacity of red-fleshed apple slices. *Journal of Food Processing and Preservation*, 35: 453-457.

- Kader, A.A., and Barret, D.M. 1996.** Classification, composition of fruits and postharvest maintenance of quality. Biology, principles and applications. In L. P. Somogyi, H. S. Ramaswamy, & Y. H. Hui (Eds.), *Processing fruits: Science and Technology*, 1: 1–24. Lancaster, Pennsylvania: Technomic Pub. Co. Inc.
- Kamiloğlu, S. 2019(a).** Taze ve dondurulmuş elmalarda ve elma posasında polifenol biyoerişilebilirliğinin değerlendirilmesi. *Gıda Dergisi*, 44 (3): 409-418.
- Kamiloğlu, S. 2019(b).** Bireysel Hızlı Dondurma İşlemi Basamaklarının Granny Smith Elmaların Polifenol İçeriği ve Antioksidan Kapasitesine Etkileri. *Akademik Gıda*, 17(1): 38-46.
- Karabacak, A.Ö. 2019.** Effects of different drying methods on drying characteristics, colour and in-vitro bioaccessibility of phenolics and antioxidant capacity of blackthorn pestil (leather). *Heat and Mass Transfer*, 55(10): 2739-2750.
- Karabacak, A.Ö., Suna, S., Tamer, C.E., and Çopur, Ö.U. 2018.** Effects of oven, microwave and vacuum drying on drying characteristics, colour, total phenolic content and antioxidant capacity of celery slices. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 10(2): 193-205.
- Karaca, M., Tütüncü, M., Him, M., Akkan, H.A., Özbek, H. 2005.** Kakule (*Elettaria Cardamom L.*) Uçucu Yağ Ekstresinin Antienflamatuvar Aktivitesinin Sıçanlar Üzerinde Araştırılması. *YYÜ Vet. Fak. Derg.*, 16 (2): 27-30.
- Karacaoğlu, C., Gürsoy, O., Yılmaz, Y. 2016.** Ultrasonikasyon Destekli Vakum İmpregnasyon (Emdirme) Tekniği İle Muamele İşleminin Kivi Dilimlerinin Kuruma Kinetiği Üzerine Etkisi. *Akademik Gıda*, 14(3): 256-266.
- 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 Chemistry*, 94(4): 550–557.
- Kaygısız, H. 2004.** *Elma Yetiştiriciliği*. Hasad Yayıncılık, Üçüncü Baskı, ISBN 975-8377-14-0, İstanbul.
- Kermanshahi, H., and Riasi, A. 2006.** Effect of turmeric rhizome powder (*Curcuma longa*) and soluble NSP degrading enzyme on some blood parameters of laying hens. *International Journal of Poultry Science*, 5: 494–498.
- Keskin, M., Setlek, P., Demir, S. 2017.** Renk ölçüm sistemlerinin gıda bilimleri ve tarımda kullanım alanları. *International Advanced Researches and Engineering Congress-2017*.
- Khanna, N. M. 1999.** Turmeric – Natures precious gift. *Curr. Sci.*, 76: 1351–6.

- Khraisheh, M.A.M., Cooper, T.J.R. ve Magee, T.R.A. 1997.** Transport mechanisms of moisture during air drying processes. *Food Bioprod.Process*, 75:34-40.
- Kingsly, A.R.P., and Singh, D.B. 2007.** Drying kinetics of pomegranate arils. *Journal of Food Engineering*, 79(2): 741-744.
- Koç, M. 2009.** Kurutma Yöntemi İle Optimum Kurutma Koşullarının Belirlenmesi Ve Mikroenkapsülasyonu. *Yüksek Lisans Tezi*, EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 229 s.
- Kocabaş, I., Çıtak, S., Öktüren, F., Sönmez, S., Kaplan, M. 2008.** Depolanan ve depolamayan karanfil çeliklerine yaprakattan uygulanan Fe EDTA gübrelemesinin karanfil (*Dianthus caryophyllus* L.) Bitkisinin beslenmesi üzerine etkisi. *J. of Fac. of Agric.*, 23(2): 83-91.
- Kocayığit, F. 2010.** Bazı Sebzelerin Kurutma Karakteristiklerinin İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Krokida, M.K., and Philippopoulos, C. 2006.** Sıcak havada ve dondurarak kurutma işlemlerinin elmanın buharlaşma özellikleri üzerindeki etkisi. *Journal of Food Engineering*, 73: 135-141.
- Küçükkömürler, S. ve Karakuş, S.Ş. 2009.** Elma, Sağlık ve Kültür. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2(1): 183-186.
- Kurokawa, M., Kumeda, C. A., Yamamura, J., Kamiyama, T., Shiraki, K. 1998.** Antipyretic activity of cinnamyl derivatives and related compounds in influenza virus infected mice. *Eur J Pharmacol*, 348: 45-51.
- Kutlu, N. ve İşci, A. 2016.** Farklı Kurutma Yöntemlerinin Patlıcanın Kurutma Karakteristikleri Üzerine Etkisi ve Kurutmanın Matematiksel Modellenmesi. *Akademik Gıda*, 14(1): 21-27.
- Kutlu, N., İşci, A., Demirkol, Ö. Ş. 2015.** Gıdalarda ince tabaka kurutma modelleri. *Gıda dergisi*, 40 (1): 39-46.
- Lean, L.P., and Suhaila, M. 1999.** Antioxidative and Antimycotic effect of turmeric, lemongrass, Betel leaves, Clove, Black Papper Leaves and Garcinia Atriviridis on butter cakes.
- Lee, K. G., Shibamoto, T. 2001.** Antioxidant property of aroma extract isolated from clove buds *Syzygium aromaticum* (L.). *Food Chemistry*, 74: 443- 448.
- Lee, K. W., Kim, Y. J., Kim, D., Lee, H.J. and Lee, C.Y. 2003.** Major phenolics in the apple their contribution to the total antioxidant capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 20-6516.
- Leong, L. P., and Shui, G. 2002.** An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. *Food Chemistry*, 76: 69-75.

- Liu, Z. L., Staniszewska, I., Zielinska, D., Zhou, Y.H., Nowak, K.W., Xiao, H.W., Pan, Zielinska, Zh.M. 2020.** Combined Hot Air and Microwave-Vacuum Drying of Cranberries: Effects of Pretreatments and Pulsed Vacuum Osmotic Dehydration on Drying Kinetics and Physicochemical Properties. *Food and Bioprocess Technology*, 13:1848–1856.
- Luo, W., Zhao, M., Yang, B., Ren, J., Shen, G., Rao, G. 2011.** Antioxidant and antiproliferative capacities of phenolics purified from *Phyllanthus emblica* L. fruit. *Food Chemistry*, 126, 277–282.
- Manhu, V., and Nalini, N. 2005.** Chemopreventive efficacy of ginger, a naturally occurring anticarcinogen during the initiation, post-initiation stages of 1,2 dimethylhydrazine-induced colon cancer. *Clinica Chimica Acta*, 35: 60–67.
- Manzocco, L., Calligaris, S., Mastrocola, D., Nicoli, M., Lerici, C. 2001.** Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. *Food Science and Technology*, 11: 340-346.
- Mao, J., Zhang, L., Chen, F., Lai, S., Yang, B., Yang, H. 2017.** Effect of Vacuum Impregnation Combined with Calcium Lactate on the Firmness and Polysaccharide Morphology of Kyoho Grapes (*Vitisvinifera* x *V. labrusca*). *Food and Bioprocess Technology*, 10(4): 699 – 709.
- Martínez-Monzó, J., Martínez-Navarrete, N., Chiralt, A., Fito, P. 1998.** Mechanical and structural changes in apple (var. Granny Smith) due to vacuum impregnation with cryoprotectants. *Journal of Food Science*, 63(3): 499-503.
- Mcloughlin, C.M., Mcminn, W.A.M., Magee, T.R.A. 2003.** Microwave drying of citrus peel. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 95:204–207.
- Mengeş, O.H., Ertekin, C., Aydın, C. 2005.** Elma dilimlerinin konveksiyonla kurumasına uygun kuruma modelinin belirlenmesi. *Tarım makinaları bilim dergisi*. 1(3): 229-236.
- Miquel, J., Bernd, A., Sempere, J. M., Diaz-Alperi, J. and Ramirez, A. 2002.** The curcuma antioxidants: pharmacological effects and prospects for future clinical use. A review. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 34: 37-46.
- Moreno, J., Espinoza, C., Simpson, R., Petzold, G., Nunes, H., Gianelli, M.P. 2016.** Application of ohmic heating/vacuum impregnation treatments and air drying to develop an apple snack enriched in folic acid. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 33: 381-386.
- Mousa, N. and Farid, M. 2002.** Microwave vacuum drying of banana slices. *Drying Technology*, 20(10): 2055-2066.
- Mujumdar, A.S. 2004.** Drying 2004. Proceedings of the 14th International Drying Symposium, 101-18, São Paulo, Brazil, 22-25 August 2004.

- Nazghelichi, T., Hossein, M., Aghbashlo, K.M. 2010.** Thermodynamic analysis of fluidized bed drying of carrot cubes. *Energy*, 35(12): 4679-4684.
- Nowacka, M., Wictor, A., Sledz, M., Jurek, N., Rajchert, D.W. 2012.** Drying of ultrasound pretreated apple and its selected physical properties. *Journal of Food Engineering*, 113(3): 427-433.
- Olgun, H. ve Rzayev, P. 2000.** Fındığın üç farklı sistemde güneş enerjisi ile kurutulması. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, Cilt: 24 Sayı: 1 ISSN: 1300-0160 / 1303-6157: 1 – 14.
- Oliveira, M.E.C., and Franca, A.S. 2002.** Microwave heating of foodstuffs. *Journal of Food Engineering*, 53(4): 347-359.
- Orsat, V., Yang, W., Changrue, V., Raghavan, G.S.V. 2007.** Microwave-assisted drying of biomaterials. *Food Bioprod Process*, 85: 255-263.
- Özçağiran, R., Ünal, A., Özeker, E., İsfendiyaroğlu, M. 2005.** Elma. Ilıman İklim Meyve Türleri, Yumuşak Çekirdekli Meyveler, Cilt: II. EÜ Ziraat Fakültesi Yayınları, Bornova, İzmir, No: 556. 1-73.
- Özdemir, M. ve Devres, Y.O. 1999.** The thin layer drying characteristics of hazelnuts during roasting. *J Food Eng.*, 42: 225-233.
- Özel, Ö.F. 2010.** Balkabağının Farklı Kurutma Şartlarındaki Kuruma Karakteristiklerinin Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, SÜ Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
- Özgülven, M., Sekin, S., Gürbüz, B., Şekeroğlu, N., Ayanoğlu, F., Ekren, S. 2005.** Tütün, Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Üretimi ve Ticareti, VI. Teknik Tarım Kongresi Bildiri Kitabı, 3-7 Ocak 2005, Ankara.
- Özongun, Ş., Dolunay, E.M., Öztürk, G., Pektaş, M. 2014.** Eğirdir (Isparta) Şartlarında Bazı Elma Çeşitlerinin Performansları . *Meyve Bilimi Dergisi*, 1(2): 21-29.
- Pangavhane, D.R., Sawhney, P.N., Sarsavadia, P.N., 1999.** Effect of various dipping pretreatments on drying kinetics of Thompson seedless grapes. *Journal of Food Engineering*, 39: 211-216.
- Park, S. I., Zhao, Y., Leonard, S.W., Traber, M.G. 2005.** Vitamin E and mineral fortification in fresh-cut apples (Fuji) using vacuum impregnation. *Nutrition and Food Science*, 35(6): 393-402
- Parmar, V. S., Jain, S.C., Bisht, K. S., Jain, R., Taneja, P., Jha, A., Tyagi, O.D., Prasad, A. K., Wengel, J., Olsen, C.E., Boll. P. M. 1997.** Phytochemistry of the genus Piper. *Phytochemistry*, 46(4): 591-673.

- Pasławska, M., Stępień, B., Nawirska-Olszańska, A., Maślankowski, R., Rydzak, L. 2016.** Effect of vacuum impregnation on drying kinetics and quality of apple cubes. *International Journal of Food Engineering*, 1-31.
- Perera, C.O. 2007.** Minimal processing of fruits and vegetables. In: Handbook of Food Preservation, Edited by S. Rahman, CRC Press, Second Edition, 137 - 138.
- Plotto, A. 2002.** Ginger: Post-production management for improved market Access. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 6(1): 2-9.
- Polatçı, H. 2012.** Farklı Kurutma Yöntemlerinin AVG (aminoethoxyvinyl glycine) Uygulaması Yapılmış Black Beauty (*Prunus Salicina* L.) Erik Çeşidinde Kuruma Süresi ve Kalitesine Etkisi. *Tarım Makinaları Bilim Dergisi*, 8(2):171-178.
- Pu, Y.Y., and Sun, D.W. 2015.** Vis–NIR hyperspectral imaging in visualizing moisture distribution of mango slices during microwave-vacuum drying. *Food Chemistry*, 188: 271-278.
- Radziejewska-Kubzdela, E., Biegańska-Marecik, R., Kidoń, M., 2014.** Applicability of vacuum impregnation to modify physico-chemical, sensory and nutritive characteristics of plant origin products-a review. *International journal of Molecular Sciences*, 15(9): 16577-16610.
- Rajkumar, P., Kulanthaisami, S., Raghavan, G. S. V., Garipey, Y., and Orsat, V. 2007.** Drying kinetics of tomato slices in vacuum assisted solar and open sun drying methods. *Drying Technology*, 25: 1349-1357.
- Ratti, C. 2001.** Yüksek içerikli gıdaların sıcak havada ve dondurarak kurutulması: araştırma. *Journal Food Engineering*, 49 (4): 311-319.
- Renard, C. 2005.** Effects of conventional boiling on the polyphenols and cell walls of pears. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 85(2): 310-318.
- Renard, C.M., Baron, A., Guyot, S., Drilleau, J.F. 2001.** Interactions between apple cell walls and native apple polyphenols: quantification and some consequences. *International Journal of Biological Macromolecules*, 29(2): 115-125.
- Ruiz, N.A.Q., Demarchi, S.M., Giner, S.A. 2014.** Effect of hot air, vacuum and infrared drying methods on quality of rose hip (*Rosa rubiginosa*) leathers. *International Journal of Food Science and Technology*, 49: 1799–1804.
- Saberian, H., Amooi, M., Hamidi-Esfahani, Z. 2014.** Modeling of vacuum drying of loquat fruit. *Nutrition & Food Science*, 44(1): 24-31.
- Sadıkoglu, H. ve Özdemir, M. 2003.** Dondurarak Kurutma Teknolojisi ve Evreleri. *Gıda dergisi*, 28(6): 643-649.

- Şahin, F. H., Ülger, P., Aktaş T., Orak, H. H. 2012.** Farklı Önışlemlerin ve Vakum Kurutma Yönteminin Domatesin Kuruma Karakteristikleri ve Kalite Kriterleri Üzerine Etkisi. NKÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, Tekirdağ, 15.
- Saldamlı, İ. 1998.** Gıda Kimyası, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 527 s.
- Saldamlı, İ. ve Saldamlı, E. 1990.** Gıda Endüstrisi Makinaları. Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Ders Kitabı, 1. Baskı. Ankara, 226-286.
- Saldamlı, İ. ve Saldamlı, E. 2004.** Gıda Endüstrisi Makineleri, Savaş Kitapevi, 318330, Ankara.
- Salvatori, D., Andres, A., Chiralt, A., Fito, P. 1998.** The response of some properties of fruits to vacuum impregnation. *Journal of Food Process Engineering*, 21(1): 59-73.
- Santacatalina, J., Contreras, M., Simal, S., Cárcel, J., Garcia-Perez, J.V. 2016.** Impact of applied ultrasonic power on the low temperature drying of apple. *Ultrasonics Sonochemistry*, 28: 100-109.
- Santos, A. L., Chierice, G. O., Alexander, K. S. Riga, A., Matthews, E. 2009.** Characterization of the raw essential oil eugenol extracted from *Syzygium aromaticum* L. *Journal Therm. Anal. Calorim*, 96: 821-825.
- Sariburun, E., Saliha Şahin, S., Demir, C., Türkben, C., Uylaşer, V. 2010.** Phenolic Content and Antioxidant Activity of Raspberry and Blackberry Cultivars. *Journal of Food Science*, 75(4): 328-335.
- Sarsılmaz, C. 1998.** GüneşEnerjisi Destekli Kayısı Kurutma Sistemi. *Doktora Tezi*, FÜ Elazığ, Türkiye, 49-51 s.
- Schulze, B., Peth, S., Hubbermann, E.M., Schwarz, K. 2012.** Vakum impregnasyonun elma dokusunun zenginleştirilmesi üzerindeki etkisi ve x ışınları ile analiz edilmesi. *Journal of Food Engineering*, 109: 380-387.
- Schulze, B., Hubbermann, E.M., Schwarz, K. 2014.** Stability of quercetin derivatives in vacuum impregnated apple slices after drying (microwave vacuum drying, air drying, and freeze drying) and storage. *LWT-Food Science and Technology*, 57: 426-433.
- Seeram NP, Adams LS, Zhang Y. 2006.** Blackberry, black raspberry, blueberry, cranberry, red raspberry, and strawberry extracts inhibit growth and stimulate apoptosis of human cancer cells in vitro. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 9329– 9339.
- Senadeera, W., Bhandari, B.R., Young, G., Wijesinghe, B. 2003.** Influence of shapes of selected vegetable materials on drying kinetics during fluidized bed drying. *Journal of Food Engineering*, 58(3): 277-283.

- Shan, B., Cai, Y. Z., Sun, M., Corke, H. 2005.** Antioxidant capacity of 26 spice extracts and characterization of their phenolic constituents. *Journal Agricultural Food Chem.*, 53: 7749-7759
- Sharma, G.P., and Prasad, S. 2006.** Optimization of process parameters for microwave drying of garlic cloves. *Journal of Food Engineering*, 75 (4): 441-446.
- Shirin, A. P. R., Jamuna, P. 2010.** Chemical composition and antioxidant properties of ginger root (*Zingiber officinale*). *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(24): 26742679.
- Silva, E.S., Brandao, Sh.C.R., Silva, A.L., Silva, J.H.F., Coelho, A.C.D., Azoubel, P.M. 2019.** Ultrasound-assisted vacuum drying of nectarine. *Journal of Food Engineering*, 246:119–124.
- Sinir, G. Ö., Karabacak, A.Ö., Tamer, C.E., Çopur, Ö.U. 2019.** The effect of hot air, vacuum and microwave drying on drying characteristics, rehydration capacity, color, total phenolic content and antioxidant capacity of Kumquat (*Citrus japonica*). *Food Sci. Technol.*, 39(2): 475-484, Campinas.
- Soylu, A., Ertürk, U., Mert, C., Öztürk, O. 2003.** MM106 Anacı Üzerine Aşılı Elma Çeşitlerinin Görükle Koşullarındaki Verim ve Kalite Özelliklerinin İncelenmesi, *UÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(2): 57-65.
- Soysal, Y., Öztekin, S. ve Eren, Ö. 2006.** Microwave Drying of Parsley: Modelling, Kinetics, and Energy Aspects. *Biosystems Engineering*, 93(4): 403-413.
- Swadisevi, T., Devahastin, S., Sa-Adchom, P., Soponronnarit, S. 2009.** Mathematical modeling of combined far-infrared and vacuum drying banana slice. *Journal of Food Engineering*, 92(1): 100-106.
- Tekin, Z. H. 2015.** İyileştirilmesi amacıyla ultrason destekli vakum kurutma yönteminin uygulanması. *Yüksek lisans tezi*, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tekin, Z.H., Başlar, M., Karasu, S., Kiliçli, M. 2017.** Dehydration of green beans using ultrasound-assisted vacuum drying as a novel technique: drying kinetics and quality parameters. *Journal of Processing and Preservation*, 41(6): e13227.
- Telis, V.R.N., and Sobral, P.J.A. 2002.** Transitions for freeze-dried and air-dried tomato. *Food Research International*, 35(5): 435-443.
- Tripathy, P.P., and Kumar, S. 2009.** A methodology for determination of temperature dependent mass transfer coefficients from drying kinetics: Application to solar drying. *J. Food Eng.*, 90: 212–218.
- Tüfekçi, S. ve Özkal, S.G. 2017.** Enhancement of drying and rehydration characteristics of okra by ultrasound pre-treatment application. *Heat and Mass Transfer*, 53: 2279–2286.

- Turkmen, N., Sarı, F., Veliöglu, Y.S. 2005.** The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chemistry*, 93(4): 713-718.
- Ünüvar, G. 2014.** Karaman ekolojik şartlarında M9 anacınaaşılı bazı elma çeşitlerinin fenolojik ve pomolojik özelliklerinin ve antioksidan aktivitelerinin tespiti. *Yüksek lisans tezi*, SÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı. Konya.
- Usal, G. ve Özde A.A. 2001.** Türkiye'nin tıbbi bitkiler ihracat potansiyeli. *Gıda dergisi*, 10: 78–79.
- Vadivambal, R., and Jayas, D.S. 2007.** Changes in Quality of Microwave-Treated Agricultural Products: A review. *Biosystems Engineering*, 98: 1 – 16.
- Vega-Gálvez, A., Ah-Hen, K., Chacana, M., Vergara, J., Martines-Monzo, J., Garcia-Segovia, P., Lemus-Mondaca, V., Di-Scala, K. 2012.** Sıcaklık ve hava hızının elma dilimlerini kurutmada kurutma kinetiği, antioksidan kapasitesi, toplam fenolik madde miktarı, renk , şekil ve mikroyapısı üzerindeki etkisi. *Food Chemistry*, 132: 51-59.
- Vural, H. 2014.** Ağız ve diş sağlığında kullanılan bitkiler üzerinde farmakognozik çalışmalar. *Yüksek Lisans Tezi*, EÜ Eczanılık Fakültesi Farmakognozi Anabilim Dalı, Kayseri.
- Wagner, H. 1982.** Pharmazeutische Biologie. Gustav Fischer Stuttgart Verlag, 2: 88.
- Wahle, K. W. J., Brown, I., Rotondo, D., Heys, S. D. 2010.** Plant Phenolics in the Prevention and Treatment of Cancer. In: Giardi M.T., Rea G., Berra B. (eds) Bio-Farms for Nutraceuticals. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 698. Springer, Boston, MA.
- Wang, M. Kikizaki, H., Zhu, N., Sang, S., Nakatani, N., Ho, C. 2000.** Isolation and structural elucidation of two new glycosides from sage (*salvia officinalis* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(2): 235-238
- Wang, Z., Sun, J., Liao, X., Chen, F., Zhao, G., Wu, J., Hu, X. 2007.** Mathematical modeling on hot air drying of thin layer apple pomace. *Food Research International*, 40: 39-46.
- Wojdylo, A., Oszmianski, J. and Laskowski, P. 2008.** Polyphenolic Compounds and Antioxidant Activity of New and Old Apple Varieties. *J. Agric. Food Chem.*, 56: 6520–6530.
- Wu, L., Orikasa, T., Ogawa, Y., and Tagawa, A. 2007.** Vacuum drying characteristics of eggplants. *Journal of Food Engineering*, 83: 422-429.
- Xhu, B., and Chang, S.K. 2009.** Total phenolic, phenolic acid, anthocyanin, flavan-3-ol, and flavonol profiles and antioxidant properties of pinto and black beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by thermal processing. *J. Agric. Food Chem.*, 57(11): 4754-4765.

- Xie, J., and Zhao, Y. 2003.** Improvement of physicochemical and nutritional qualities of frozen Marionberry by vacuum impregnation pretreatment with cryoprotectants and minerals. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 78(2): 248 - 253.
- Yıldız, D. 2019.** Balkabağı dilimlerinin farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmasında ön işlem olarak ultrases destekli ozmotik kurutma kullanımı. *Yüksek lisans tezi*, OÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ordu.
- Yılmaz, F.M. ve Bilek, S.E. 2017.** Vakumlu Emdirim (İmpregnasyon) Teknolojisinin Fonksiyonel Meyve ve Sebze Ürünlerinin Geliştirilmesinde Kullanımı. *Akademik Gıda*, 15(2): 163-171.
- Yokuş, B. 2014.** Farklı ön işlemlerin ve uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin elmada toplam fenol miktarı ve antioksidan aktivite üzerine etkileri. *Yüksek Lisans Tezi*, BÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Bilecik.
- Zhang, D. ve Hamauzu, Y. 2004.** Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. *Food Chemistry*, 88: 503-509.
- Zhang, M.B., Tang, J., Majumdar, A.J., Wang, S. 2006.** Trends in Microwaverelated Drying of Fruits and Vegetables. *Trends in Food Science and Technology*, 17: 524-534.
- Zhao, F., Yin, Y., Lu, W.W. 2002.** Preparation and histological evaluation of biomimetic three-dimensional hydroxyapatite/chitosan-gelatin network composite scaffolds, *Biomaterials*, 23(32): 27-34.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Melisa YAGCILARI
Doğum Yeri ve Tarihi : Prizren / KOSOVA 25.05.1994
Yabancı Dil : Arnavutça, İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Gjon Buzuku Fen Lisesi
Lisans : Uludağ Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda
Mühendisliği Anabilimdalı

Çalıştığı Kurum/Kurumlar :

İletişim (e-posta) : melisa.yagcilarr@gmail.com

Yayınları :

Karabacak, A.Ö., Tamer, C.E., Çopur, Ö.U., Yagcilari, M. 2019. Ultrasound applications in fruit and vegetable processing. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 33(2): 375-393.