T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MODERN KURUTMA YÖNTEMLERİNİN *PRUNUS LAUROCERASUS* MEYVESİNİN KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Fatma TÜRKMEN

DOKTORA TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Danışman

Doç. Dr. Salih KARASU

Eş Danışman

Doç. Dr. Ayşe KARADAĞ

Aralık, 2020

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MODERN KURUTMA YÖNTEMLERİNİN *PRUNUS LAUROCERASUS* MEYVESİNİN KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Fatma TÜRKMEN tarafından hazırlanan tez çalışması 01.12.2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gıda Mühendisliği Programı **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Salih KARASU Yıldız Teknik Üniversitesi Danışman	Doç. Dr. Ayşe KARADAĞ Yıldız Teknik Üniversitesi Eş Danışman

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Salih KARASU, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YAMAN, Üye
İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi _____

Doç. Dr. Fatih TÖRNÜK, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa MORTAŞ, Üye
Ondokuz Mayıs Üniversitesi _____

Danışmanım Doç. Dr. Salih KARASU sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Modern Kurutma Yöntemlerinin *Prunus laurocerasus* Meyvesinin Kalite Özelliklerine Etkisinin Araştırılması başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Fatma TÜRKMEN

İmza

Aileme

TEŞEKKÜR

Doktora tez çalışmam süresince bana yol gösteren, yardım ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübesi ile bu çalışmayı tamamlamamı sağlayan tez danışmanım saygıdeğer hocam Doç. Dr. Salih KARASU' ya çok teşekkür ederim.

Doktora eğitimim boyunca tüm yoğunluğuna rağmen değerli katkıları ve yönlendirmeleri için Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Başkanı sayın Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ' a teşekkürlerimi sunarım. Kıymetli katkıları ve desteği için eş danışmanım Doç. Dr. Ayşe KARADAĞ' a teşekkür ederim. Manevi destek ve yardımlarını her zaman hissettiğim arkadaşım Dr. Öğr. Üyesi Görkem ÖZÜLKÜ' ye, yardımları için Arş. Gör. Hatice BEKİROĞLU' na, çalışmalarım süresince manevi desteğini esirgemeyen Tarım ve Orman Bakanlığı İstanbul Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü Ambalaj ve Dioksin Laboratuvarı Birim Sorumlusu Dr. İsra TOPTANCI ve birim arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Maddi ve manevi destekleri ile bugünlere gelmemdeki rolün asıl sahibi canım anneme, babama ve ailemin her bir üyesine sonsuz teşekkür ederim.

Fatma TÜRKMEN

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ vii
KISALTMA LİSTESİ viii
ŞEKİL LİSTESİ ix
TABLO LİSTESİ x
ÖZET xi
ABSTRACT xiii
1 GİRİŞ 1
1.1 Literatür Özeti 1
1.1.1 Taflan (*Prunus Laurocerasus*) 1
1.1.2 Fenolik Bileşikler 7
1.1.3 Fenolik Bileşiklerin Antioksidan Aktivitesi 16
1.1.4 Taflanın Biyoaktif Madde İçeriği 22
1.1.5 Taflanın Antioksidan Aktivitesi 26
1.1.6 Kurutma 29
1.1.7 Kurutma Yöntemleri 32
1.1.8 Kurutma Sırasında Meydana Gelen Kalite Değişiklikleri 42
1.2 Tezin Amacı 49
1.3 Hipotez 50
2 MATERYAL VE YÖNTEM 51
2.1 Materyal 51
2.2 Yöntem 52
2.2.1 Kuru Madde Miktarı ve Kurutma Sürelerinin Belirlenmesi 52
2.2.2 Farklı Kurutma Yöntemleri ile Taflan Meyvesinin Kurutulması 52
2.2.3 SEM Analizi 53
2.2.4 Renk Analizi 54
2.2.5 Rehidrasyon Oranı ve Rehidrasyon Kinetiğinin Belirlenmesi 54
2.2.6 Ekstraksiyon İşlemi 55
2.2.7 Toplam Fenolik Madde Miktarının Belirlenmesi 56
2.2.8 Toplam Flavonoid Miktarının Belirlenmesi 56
2.2.9 Toplam Antosiyanin Miktarının Belirlenmesi 57
2.2.10 Antioksidan Kapasitenin Belirlenmesi 57
2.2.11 Fenolik Madde Profilinin Belirlenmesi 57

2.2.12 İstatistiksel Analiz 58

3 BULGULAR VE TARTIŞMA 59

3.1 Kurutma Kinetiği 59

3.2 Taflan Biyoaktif Bileşenleri Üzerinde Kurutma Yöntemlerinin Etkisi 61

3.3 Kurutma İşlemlerinin Taflanın Mikroyapısına Etkisi 70

3.4 Kurutma İşlemlerinin Renk Üzerindeki Etkisi 74

3.5 Kurutma İşlemlerinin Taflanın Rehidrasyon Özelliklerine Etkisi 77

4 SONUÇ VE ÖNERİLER 81

KAYNAKÇA 84

A ÖRNEKLERE AİT KROMATOGRAMLAR 101

A.1 Taze Örneğe Ait Kromatogram 101

A.2 HAD-50°C Örneğine Ait Kromatogram 101

A.3 HAD-60°C Örneğine Ait Kromatogram 101

A.4 HAD-70°C Örneğine Ait Kromatogram 101

A.5 USV-50°C Örneğine Ait Kromatogram 102

A.6 USV-60°C Örneğine Ait Kromatogram 102

A.7 USV-70°C Örneğine Ait Kromatogram 102

A.8 FD Örneğine Ait Kromatogram 102

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR 103

SİMGE LİSTESİ

A	Absorbans
w/v	Ağırlık/Hacim
L*	Beyaz veya Siyah Renk Değeri
R^2	Determinasyon Katsayısı
p	Güven Seviyesi
v/v	Hacim/Hacim
a*	Kırmızı veya Yeşil Renk Değeri
r^2	Korelasyon Katsayısı
N	Normalite
k_1	Peleg Hız Sabiti
k_2	Peleg Kapasite Sabiti
RR	Rehidrasyon Oranı
b*	Sarı veya Mavi Renk Değeri
aw	Su Aktivitesi
ΔE	Toplam Renk Farklılığı İndeksi

KISALTMA LİSTESİ

ABTS·	2,2'-Azino-bis (3-etilbenzotiyoazolin-6-sülfonik asit) Radikal Katyonu
ANOVA	Varyans Analizi
BHT	Bütillenmiş Hidroksi Toluen
CE	Kateşin Eşdeğeri
CUPRAC	Bakır(II)İyonu İndirgeme Esaslı Antioksidan Kapasite Ölçüm Yöntemi
DAD	Diyot Dizinli Dedektör
DPPH	1.1.-Difenil-2-Pikrilhidrazil Radikal Süpürme Kapasite Yöntemi
FD	Dondurarak Kurutma
FESEM	Alan Emisyonu Taramalı Elektron Mikroskobu
FRAP	Demir (III) İyonu İndirgeyici Antioksidan Güç Yöntemi
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
GC	Gaz Kromatografisi
GHz	Gigahertz
HAD	Sıcak Hava ile Kurutma
HPLC	Yüksek Performans Sıvı Kromatografisi
kHz	Kilo Hertz
KM	Kuru Madde
LC	Sıvı Kromatografisi
LDL	Düşük Yoğunluklu Lipoprotein
MHz	Megahertz
MS	Kütle Spektrometresi
ORAC	Oksijen Radikal Absorbans Kapasite
Pa	Paskal
PPO	Polifenol Oksidaz
PTFE	Politetrafloroetilen
RDA	Tavsiye Edilen Günlük Alınması Gereken Besin Miktarı
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
TA	Toplam Antosiyanin Miktarı
TEAC	Troloks Eşdeğeri Antioksidan Kapasite Ölçüm Yöntemi
TFC	Toplam Flavonoid Miktarı
TPC	Toplam Fenolik Madde Miktarı
USV	Ultrases Destekli Vakum Kurutma
UV/VIS	Ultraviyole/Görünür Işık

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından tedarik edilen taflan meyvesi (Genotip: 61K06) 1
Şekil 1.2 Polifenollerin kimyasal yapıları 8
Şekil 1.3 Flavonoidlerin temel iskelet yapısı 9
Şekil 1.4 Flavanol (Faol), antosiyanidin (Acn), Flavanon (Faon), Flavon (Fon), Flavonol (Fool) ve İzoflavon (Ifon)' un kimyasal yapıları 11
Şekil 1.5 Antosiyanidinlerin kimyasal yapısı 12
Şekil 1.6 Flavan-3-ol ve flavan-3,4-diol'ün kimyasal yapıları 13
Şekil 1.7 Klorojenik asitin kimyasal yapısı 23
Şekil 1.8 Kuruma eğrilerinin temel periyotları 31
Şekil 1.9 Antosiyaninlerin termal degradasyonu 48
Şekil 2.1 Kurutma işlemi için hazır hale getirilmiş taflan meyvesi 51
Şekil 2.2 Ultrases destekli vakum kurutma sistemi 53
Şekil 2.3 Kurutma işlemi sonrası elde edilen taflan ekstraktları 55
Şekil 3.1 HAD ve USV uygulanmış örneklerin kurutma kinetiği 60
Şekil 3.2 Farklı sıcaklık (50, 60 ve 70°C) ve yöntemlerle (HAD, USV ve FD) kurutulmuş taflan örneklerinin SEM görüntüler 71
Şekil 3.3 Taze ve kurutulmuş taflan meyvesine ait görüntüler 73
Şekil 3.4 Kurutulmuş taflan meyvelerinin rehidrasyon kinetiği 78

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1 Taflan meyvesine ait bazı kompozisyonel özellikler 3
Tablo 3.1 Taze ve kurutulmuş örneklerde biyoaktif madde miktarları 62
Tablo 3.2 Kurutma yöntemlerinin taflanın fenolik profiline etkisi 68
Tablo 3.3 Taze ve kurutulmuş taflanın renk değerleri 76
Tablo 3.4 Peleg modelinin rehidrasyon kinetiği parametreleri 79

ÖZET

Modern Kurutma Yöntemlerinin *Prunus Laurocerasus* Meyvesinin Kalite Özelliklerine Etkisinin Araştırılması

Fatma TÜRKMEN

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Danışman: Doç. Dr. Salih KARASU

Eş-Danışman: Doç. Dr. Ayşe KARADAĞ

Bu çalışma taflan (*Prunus laurocerasus*) meyvesinde farklı kurutma yöntemleri ve kurutma sıcaklıklarının kurutma kinetiği, toplam biyoaktif madde, fenolik profili, mikroyapısal özellikler, rehidrasyon kinetiği ve renk değişimine olan etkisini araştırmayı amaçlamıştır. Bu amaçla sıcak hava ile kurutma (HAD), ultrases-destekli vakum kurutma (USV) ve dondurarak kurutma (FD) işlemleri taflan meyvesine uygulanmıştır. HAD ve USV işlemleri için 50, 60 ve 70°C olmak üzere üç farklı sıcaklık değerinde kurutma yapılmıştır. Örneklerin kuruma süreleri 50, 60 ve 70°C' de HAD metodu için 1980, 1220 ve 770 dakika olarak belirlenirken USV 50, 60 ve 70°C için 950, 615 ve 445 dakika olduğu belirlenmiştir. Taflanın toplam biyoaktif madde içeriğinin hem kurutma yöntemleri hem de kurutma sıcaklıklarından etkilendiği saptanmıştır ($p<0,05$). FD ile kurutulmuş örneklerin en yüksek toplam fenolik madde (TPC) (851,47 mg GAE/100g KM), toplam flavonoid (TFC) (1853,13 mg CE/100g KM), toplam antosiyanin (TA) (135,52 mg siyanidin 3-glukozid/100g KM) ve antioksidan aktivite (DPPH) (17,13 mg TE/100g KM) gösterdiği tespit edilmiştir. USV uygulanmış örneklerin ise aynı kurutma sıcaklığında HAD işlemi uygulanmış örneklerden daha yüksek biyoaktif madde miktarına sahip olduğu

belirlenmiştir. HAD ve USV işlemleri için kurutma sıcaklığının artırılması ile toplam biyoaktif madde miktarının arttığı görülmüştür ($p<0,05$). Sırasıyla HAD ve USV-50°C'de TPC değeri 311.88-465,64 mg GAE/100g KM iken HAD ve USV-70°C'de 580,81-674,40 mg GAE/100g KM olarak tespit edilmiştir. Taflan meyvesinin fenolik profili sonuçlarında klorojenik asit temel fenolik bileşik olarak tespit edilmiştir ve miktarı kurutma metotlarına bağlı olarak değişiklik göstermiştir ($p<0,05$). SEM görüntüleri kurutulmuş örneklerin yüzey karakteristiklerini tanımlamaktadır. HAD uygulanmış örneklerde FD ve USV işlemi uygulanmış örnekler ile karşılaştırıldığında daha fazla büzülme olduğu görülmüştür. Tüm kurutma yöntemleri örneklerin toplam renk farklılığı değeri (ΔE) üzerinde etkili olmuştur ($p<0,05$). Bu çalışma daha yüksek seviyede biyoaktif maddenin korunması ve rehidrasyon oranları, kurutma süresinin kısalması, daha az renk değişikliği ve büzülmenin oluşmasından dolayı taflan meyvesinin kurutulmasında USV yönteminin HAD yöntemine alternatif metot olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Taflan, ultrases-destekli vakum kurutma, biyoaktif özellikler, mikroyapı, rehidrasyon

ABSTRACT

Investigation of Effect of Modern Drying Methods on the Quality Properties of *Prunus Laurocerasus* Fruit

Fatma TÜRKMEN

Department of Food Engineering

Doctor of Philosophy Thesis

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Salih KARASU

Co-advisor: Assoc. Prof. Dr. Ayşe KARADAĞ

The aim of this study is to investigate the effect of different drying methods and temperature on the cherry laurel (*Prunus laurocerasus*) fruit. The drying kinetics, bioactive properties, phenolic profile, microstructural characteristics, rehydration kinetics and color change were measured. First, hot air drying (HAD), ultrasound-assisted vacuum drying (USV), and freeze-drying (FD) were applied on fruit. Drying temperature of HAD and USV methods were preferred as 50, 60, and 70°C. Drying times of the cherry laurel fruit were 1980, 1220, and 770 minutes for HAD at 50, 60 and 70°C, and 950, 615, and 445 minutes at 50, 60, and 70°C, respectively, for USV. Drying methods and temperature effected the total bioactive compound of samples ($p<0.05$). The highest total phenolic (TPC) (851,47mg GAE/100g DM), flavonoid (TFC) (1853,13 mg CE/100g DM), anthocyanin (TA) (135,52 mg cyanidin 3-glucoside/100g DM), and antioxidant capacity (DPPH) (17,13 mg TE/100g DM) value were detected in FD applied samples. USV treated samples exhibited a higher amount of bioactive compounds than those of HAD treated samples at the same temperature. The value of total bioactive compounds significantly increased while the temperature increased for HAD and USV ($p<0.05$). While the TPC value at HAD

and USV-50°C was 311.88 - 465.64 mg GAE/100g DM, it was determined as 580.81-674.40 mg GAE/100g DM at HAD and USV-70°C, respectively. HPLC results revealed the chlorogenic acid as the major phenolic compound of cherry laurel fruit, and its amount varied significantly depending on the drying techniques ($p<0.05$). Both SEM images and photos of the dried samples showed the surface properties. HAD method caused the highest shrinkage compared to USV and FD. All drying methods significantly affected the total color difference (ΔE) values ($p<0.05$). This study proposed that USV could be as an alternative method to HAD due to higher bioactive compounds retention and shorter drying time, less color change, rehydration ratio, and shrinkage formation.

Keywords: Cherry laurel, ultrasound-assisted vacuum drying, bioactive properties, microstructure, rehydration

1
GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

1.1.1 Taflan (*Prunus Laurocerasus*)

Taflan, *Magnoliatae* sınıfı ve *Rosaceae* familyası, *Prunoideae* alt familyası ve *Laurocerasus* Duhamel. cinsinde yıl boyunca yeşil kalan bir bitkidir. *L. officinalis* Roemer veya *Prunus laurocerasus* (L.) Mill. literatürde geçen Latince isimleridir (İslam, 2005). Türün meyvesi (Şekil 1.1) genellikle "Karayemiş" ismi ile bilinmekle birlikte "Taflan" olarak da isimlendirilmektedir. "Laz Yemişi", "Laz Kirazı" ve "Karamış" isimleriyle de yöresel olarak tanınmaktadır. Dünyanın birçok yerinde doğal yayılma alanı bulan taflan Güneydoğu Avrupa, Balkanlar, Kafkaslar, İran'ın kuzeyi, Kuzeydoğu Anadolu, Toros Dağları ve Marmara Bölgesi'nin kuzeydoğusu ve bazı Akdeniz ülkelerinde görülmektedir. Türkiye'de aynı zamanda kirazın da anavatanı olan Doğu Karadeniz Bölgesi kıyılarında yaygın olarak yetişmekte ve bölge halkı tarafından sıklıkla ve sevilerek tüketilmektedir. Aynı zamanda dikkat çekici uzun elips şeklinde koyu yeşil yaprakları ve beyaz çiçekleri ile kıymetli bir süs bitkisidir (Alaşalvar, Al-Farsi ve Shahidi, 2005; İslam, 2005; Macit ve Demirsoy, 2012).



Şekil 1.1 Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından tedarik edilen taflan meyvesi (Genotip: 61K06)

Türkiye ılıman bölge bitki türlerinin de dahil olduğu birçok bitki çeşidi açısından orijin ülke, kültüre alma ve mikrogen merkezidir ve üç floristik bölge, üç ana ekosistem ve yedi farklı klimatik bölgeye sahiptir. Endemik bitki türleri sayısı çok fazladır. Kirazgiller çeşitliliği (*Prunus*) açısından ülkemiz en önemli merkezlerden biri konumundadır. 30 farklı kirazgil meyvesi içinde; *Prunus avium* (Kiraz), *P. cerasus* (Vişne), *Laurocerasus officinalis* (Karayemiş), *P. mahaleb* (Mahlep), *P. prostrata* (Kaya Kirazı), *P. brachypetala*, *P. incana*, *P. angustifolia*, *P. hippophaeoides* ve *P. microcarpa* Türkiye'ye özgü olanlardır. Bunların içinde *P. avium* ve *P. cerasus* ticari değer taşırken *P. Mahaleb* ve *L. officinalis* yerelde önemli meyve çeşitleridir. *P. avium*, *P. cerasus*, *L. officinalis* ve *P. mahaleb* türleri *Cerasus* alt cinsine aittirler. *P. avium* ve *P. cerasus Eurocerasus* bölümünde yer alırken *L. officinalis Laurocerasus* bölümünde, *P. mahaleb* ise *Mahaleb* bölümünde bulunmaktadır. Kirazgiller eski zamanlardan beri ılıman yetişme bölgelerinde olgunlaşan ilk ağaç meyveleri olmaları sebebiyle kıymetini korumaktadır (Çelik, Ercişli, Yılmaz ve Hegedus, 2011). *L. officinalis* farklı çevrelere adapte olabilen bir tür olması, meyveyi bilen kişiler tarafından sevilerek tüketilmesi, beslenme açısından ve teknolojik açıdan gıda üretiminde kullanımının artması ile gittikçe önem kazanmaktadır.

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde orman kenarları, fındık ve çay bahçelerinin olduğu alanlar ve yerleşim alanlarına yakın bahçeler taflanın yetişebilmesi için uygun yerlerdir. Farklı toprak türlerinde yetişebilen bitki nemli ve humuslu, iyi havalanan, killi-kumlu, derin ve asidik koşullara sahip topraklarda daha iyi gelişebilmektedir. Yapısal olarak çalı veya yaklaşık 5-20m yüksekliğe kadar uzayabilen ağaç şeklindedir. Çiçeklenme zamanı mart ve nisan ayı iken hasat süresi temmuz ayı ortasından eylül ayı ilk yarısına kadardır (Beyhan, 2010; İslam ve Deligöz, 2012; Macit ve Demirsoy, 2012).

Farklı ülkelerde çok sayıda kültürvarı tanımlanmakla birlikte ülkemizde taflanın Globigemmis, Oxygemmis ve Angustifolia isimleriyle üç kültürvarı ve 15 yabani formu bulunmaktadır. Oxygemmis mayhoş ve buruk lezzetli, Angustifolia ise daha çok Avrupa'da süs bitkisi olarak kullanılmaktadır. Globigemmis türünün tadı daha az buruktur ve yemek için daha çok bu form tercih edilmektedir. Yabani formun

meyveleri her zaman buruk tada sahip olmasından dolayı gıda olarak tüketilmemektedir. Erken gelişme döneminde kültürvar formların meyveleri de dahil zehirli ve çok buruk bir tadı vardır. Olgunlaştığında aromatik hale gelmektedir. Kültüre alınmış olan çeşitlerin meyveleri daha büyük, sulu ve lezzetlidir. Meyveler üzüm gibi salkım şeklinde, üzümden farklı olarak sap kısmına bitişik dizilmiş olup konik, oval veya yuvarlaktır. Çekirdek boyut ve şekli kiraz çekirdeği ile benzerlik göstermekte ve meyvenin etli kısmından kolayca ayrılabilmektedir. Etli kısım sulu, açık pembe veya krem renklidir. Bir salkımdaki meyve sayısı 6-27 arasında değişmektedir. Meyve boyutu ve ağırlığı farklı genotiplere göre değişmekle birlikte ağırlığı 1,08-6,80 g, uzunluğu 12,09-22,10 mm, genişliği ise 10,58-21,94 mm arasındadır. Önceleri yeşil ve sonrasında kırmızı olan meyveler olgunlaştığında koyu mor veya siyah renklidir (Ayaz, Kadıoğlu, Reunanen ve Var, 1997a; Çalışır ve Aydın, 2004; İslam, 2002; Macit ve Demirsoy, 2012; Özbey, 2009; Üstün ve Tosun, 2003). Karayemiş meyvesine ait bazı kimyasal özellikler Tablo 1.1'de verilmiştir.

Tablo 1.1 Taflan meyvesine ait bazı kompozisyonel özellikler

Toplam Protein (%)	**Toplam Yağ (%)**	**Toplam Çözünür Katı Madde (%)**	**Pektin (%)**	**Nem (%)**	**Kül (%)**	**pH**	**Titrasyon Asitliği (%)**	Kaynak
1,03	0,17	18,80		79,25	0,59			*Alaşalvar vd., 2005
						4,76		*Beyhan, 2010
1,67		13,51	0,29		0,44	4,53	0,44	*Çelik vd., 2011
		15,37						*Halilova ve Ercişli, 2010
		20,11		78,52		5,40	0,26	*İslam ve Deligöz, 2012
		15,40				4,80		İslam, 2002
2,10			3,20	80,00	0,26	4,50		Kolaylı, Küçük, Duran, Candan ve Dinçer, 2003
		15,40					0,14	*Macit ve Demirsoy, 2012

*Farklı taflan türleriyle yapılan çalışmalarda sonuçların ortalamaları verilmiştir.

Taflan meyvesi taze tüketilebildiği gibi salamura edilmiş, kurutulmuş, pekmez, reçel, marmelat ve meyve suyuna işlenmiş şekilde de tüketilebilmektedir. Meyvelerinin savunma sistemini güçlendirmesi sebebiyle iyi bir etnik-çare olduğuna inanılmaktadır. Çekirdek ve yaprakları ilaç sanayiinde kullanılmaktadır. Türkiye'de meyveleri gıda olarak tüketilmesinin yanı sıra meyve, yaprak ve çekirdek kısmı geleneksel ilaç olarak uzun yıllardır bilinmekte ve kullanılmaktadır. Yaprakları öksürük, astım, ülser gibi sindirim sistemi rahatsızlıkları, bronşit, ekzema, hemoroid tedavisinde, Alzheimer gibi nörolojik hastalıkların tedavisinde, diüretik ajan ve antitümör olarak kullanılmaktadır (Baytop, 1984; Çelik, Demirkol, Durmuş ve Tarakçı, 2020; Karahalil ve Şahin, 2011; Karataş ve Uçar, 2018; Stanisavljević, Lazić ve Veljković, 2010). Meyvesi gıda sektöründe aroma verici olarak da üretim sırasında kullanılabilmektedir (Leung ve Foster, 1996). Kozmetik endüstrisinde çekirdeğinden eksrakte edilen yağlardan faydalanılmaktadır (Zlatanov ve Janakieva, 1999).

HPLC ile taflanın şeker kompozisyonu incelendiğinde altı farklı şeker içerdiği tespit edilmiştir. Dört çeşit monosakkarit (ksiloz, arabinoz, fruktoz ve glukoz), bir adet şeker alkolü (sorbitol) ve iz miktarda disakkarit (sukroz) içerdiği belirlenmiştir. Araştırılan türlerde en yüksek oranda glukozun (5,43-16,39 g/100g) bulunduğu tespit edilmiştir (Alaşalvar vd., 2005). Glukoz ve fruktoz sindirilmeden kolayca kana karıştığı için özel beslenme ihtiyacı olan spesifik tüketici gruplarında (bebekler, çocuklar, sporcular, enerji ihtiyacının hızlı bir şekilde karşılanması gereken diğer kişiler) önemli bir besin kaynağı olabilmektedir (Batu, 1993). Şekerlerin kendine has tatlılık derecelerine bakıldığında fruktozun 1.1-1.8, sukrozun 1.0 ve glukozun 0.5-0.8 değerinde olduğu belirtilmiştir (Alexander, 1998). Taflanın bu bakımdan diğer meyvelere göre tatlılık derecesinin daha az olduğu söylenebilmektedir.

Ayaz vd. (1997a)'nin üç kültürformu ve bir yabani form üzerinde yaptığı çalışmada Oxygemmis ve Globigemmis çeşitlerinin glukoz ve fruktoz içeriğinin Angustifolia formundakinden daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Sorbitol miktarının Oxygemmis ve Angustifolia'da aynı olduğu ve Globigemmis'in en yüksek değere sahip olduğu bulunmuştur. Fruktoz ve glukoz içeriği Globigemmis ve yabani formda

diğerlerine kıyasla daha yüksektir. Yabani formun yüksek şeker içeriğine rağmen tadının buruk ve acı olmasının içerdiği bazı hidroksi asitlerden (fenolik, uçucu olmayanlar, vb.) kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Son yıllarda beslenme şekillerinin yanı sıra alternatif gıdaların diyabet tedavisinde kullanımının araştırılmasıyla taflan meyvesi içerdiği şeker miktarı ve çeşidi ile dikkat çekmektedir (Karataş ve Uçar, 2018). Yapılan çalışmalarda taflanın serumdaki glukoz seviyesini düşürdüğü belirtilmiştir (A. Şenaylı, Şahin ve Y. Şenaylı, 2012; Orhan, Damlacı ve Baykal, 2015).

Meyvenin yağ asidi içeriği sekiz farklı genotip üzerinde incelenmiş ve başlıca yağ asitlerinin linoleik (18:2), oleik (18:1), palmitik (16:0) ve stearik asit (18:0) olduğu belirlenmiştir. Linoleik asidin (%41,44-53,89) tüm genotip çeşitlerinde en yüksek oranda bulunduğu ve ikinci sırada oleik asidin (%15,40-27,13) bulunduğu tespit edilmiştir. İnsan metabolizması için elzem olan yağ asitlerinin taflanda bulunması meyveyi beslenme açısından önemli hale getirmektedir (Halilova ve Ercişli, 2010).

Toplam 11 farklı taflan genotipinin incelendiği bir çalışmada toplam karotenoid içeriğinin 207-278 mg/100g taze meyve arasında değiştiği belirlenmiştir. Meyvenin antosiyanin içeriğinin yanı sıra karotenoid açısından da zengin bir kaynak olduğu belirtilmiştir. Çalışmada toplam karotenoid içeriği ve antioksidan aktivite arasında yüksek korelasyon değeri (0,843) elde edilmiştir (Çelik vd., 2011). Karotenoidler serbest radikalleri ve singlet oksijeni sönümlendirerek antioksidan aktivite göstermektedirler. Hastalık risklerini azaltabilme açısından karotenoidler güçlü antioksidanlar olarak gösterilmektedirler (Tonucci vd., 1995).

Taflan mineral madde içeriği açısından zengin bir meyvedir. Majör element olarak potasyum (2215mg/kg), magnezyum (179mg/kg), kalsiyum (153mg/kg) ve sodyum (55mg/kg) içerdiği tespit edilmiştir. Tüketilmesi tavsiye edilen günlük besin miktarları (RDA) dikkate alındığında (2000-350-1000-500 mg/gün) taflanın mineral madde açısından iyi bir kaynak olabileceği belirtilmiştir. Eser elementlerden manganez (24mg/kg), demir (8,3mg/kg), çinko (1,9mg/kg) ve bakır (0,8mg/kg) içermektedir (Kolaylı vd., 2003). Manganez süperoksid dismutaz, arjinaz, malik enzim ve karboksilaz enzimlerinin kofaktörüdür ve vücut sağlığı ve

gelişimi için hayati öneme sahiptir (Bettger, 1993; Hardison, Rubio, Martin, Alvarez ve Diaz, 2001; Harrison ve Hoare, 1980). Ayrıca meyvede krom, kobalt, nikel ve kurşun tespit edilememiştir. Toksik elementleri içermemesi sebebiyle taflan güvenilir bir meyve olarak kabul edilebilmektedir (Kolaylı vd., 2003).

Meyvedeki askorbik asit miktarı 204 mg/100g taze meyve olarak tespit edilmiş ve çilek ile karşılaştırıldığında yüksek seviyelerde olduğu belirlenmiştir (Kolaylı vd., 2003). Başka bir çalışmada taflanın içerdiği toplam askorbik miktarının sadece dehidroaskorbik asit miktarından oluştuğu tespit edilmiştir (Özbey, 2009). Meyvelerde genel olarak C vitamini askorbik asit formunda iken sebzelerde dehidroaskorbik asit formundadır. Tatlı biber hariç diğer sebzelerde toplam askorbik asit miktarı sadece dehidroaskorbik asitten oluşmaktadır (Hassimotto, Genovese ve Lajolo, 2005). Bu yönüyle taflan diğer meyvelerden farklı bir içeriğe sahiptir.

C vitamini vücutta damar ve doku bütünlüğünü sağlayıcı olarak aynı zamanda kan hücreleri ve lökosit fonksiyonlarında rol oynamaktadır. Diğer organlarla karşılaştırıldığında beyin dokularında yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Dopamin β-hidroksilaz için kofaktör ve kateşolamin biyosentezine dahil olduğu için kritik fonksiyonlara sahiptir. Askorbik asit güçlü bir antioksidan olarak uzun yıllardır bilinmektedir. Membran fosfolipitlerinin peroksidasyonunu engellemesi ve serbest radikalleri yakalaması sebebiyle de beyinde antioksidan özellik göstermektedir. DNA'da meydana gelebilecek oksidatif zararları, genetik değişiklikleri ve kromozom bozukluklarını engelleyerek antioksidan özellik göstermektedir. Askorbik asitin okside formu olan dehidroaskorbik asit askorbik aside göre kolayca kan-beyin bariyerini geçerek askorbik aside indirgenmektedir. Askorbik asit bu şekilde beyinde işlevini yerine getirmektedir (Agus vd., 1997; Biesalski, 2001).

Meyve ve sebzelerin organik asit içerikleri duyusal özellikleri (flavor, renk, aroma), stabiliteyi ve mikrobiyolojik kaliteyi etkilemesi sebebiyle önemlidir. Malik asit ve sitrik asit meyve sebzelerde en çok bulunan organik asitlerdir (Acar ve Gökmen, 2000). Taflanda sırasıyla azalan miktarda malik asit, kinik asit, sitrik asit ve fumarik

asit saptanmıştır. Kinik asit miktarının diğer meyvelere göre yüksek oranda ve ikinci sırada tespit edilmiş olması taflanı organik asit içeriği açısından da diğer meyvelerden ayırmaktadır (Özbey, 2009).

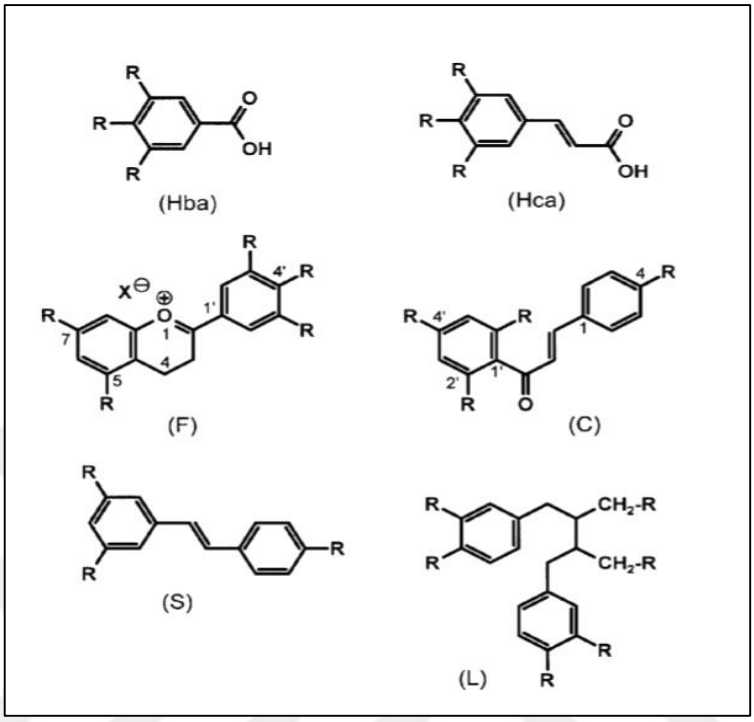
1.1.2 Fenolik Bileşikler

Fenolik bileşikler bitkilerde bulunan omega-3 yağ asitleri, diyet lifleri, probiyotikler, fitosteroller, tokoferoller ve karotenoidler gibi biyoaktif bileşenlerden oluşan çok geniş bir grubun üyesidirler. Fenolik bileşikler bir ya da daha fazla hidroksil grup içeren aromatik halkaya sahiptirler. Çoğunlukla meyve ve sebzelerde glikozitleri şeklinde bulunmaktadır. Kısmen de olsa esterleri şeklinde de bulunabilmektedir. Bitkilerde fenilalaninden ikincil metabolitler şeklinde doğal olarak oluşurlar ve besleyici değerleri yoktur. Pentoz fosfat, şikimat ve fenilpropanoid yolu ile sentezlenmektedirler. Bitkiler bazı zararlılara karşı kendilerini korumada fenolik bileşikleri kullanmaktadırlar (Aksoylu ve Karakaya, 2013; Randhir, Tong ve Shetty, 2003; Shahidi ve Naczk, 2004). Her zaman polihidroksi türevleri şeklinde bulunmasa da fenolik bileşikler polifenoller olarak da isimlendirilebilmektedir (Robards, Prenzler, Tucker, Swatsitang ve Glover, 1999).

Bitkilerde fenolik bileşiklerin konsantrasyonu yetişme mevsimi, bitkinin çeşidi, çevresel ve iklimsel koşullar, bitki hastalıkları, toprak çeşidi, coğrafi konum, olgunluk derecesi gibi çok çeşitli faktörlerden etkilenmektedir (Sellappan, Akoh ve Krewer, 2002). Doğal olarak yetişen ve kültüre alınan yaban mersini türlerinin incelendiği bir çalışmada doğal olarak yetişen türlerin fenolik asit ve flavonoid içeriğinin daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Ayrıca doğal olarak yetişen meyve türlerinin de yetiştiği bölgenin yüksekliği arttıkça fenolik asit ve flavonoid içeriğinin artış gösterdiği tespit edilmiştir (Yıldız vd., 2015).

Fenolik bileşikler meyve ve sebzelerin çok farklı renk ve lezzette olmasından ayrıca bazı meyvelerin kendine özgü buruk tadından sorumludurlar. Ağız mukozasındaki protein ve polisakkaritlerle gerçekleşen tepkime sonucunda fenolik bileşiklerin buruk tadı algılanmaktadır. Farklı meyveler üzerinde yapılan çalışmada toplam fenolik madde miktarının azalan sırada karadut, çilek, erik, elma ve kayısıda tespit

edilmiş olması fenolik bileşiklerin meyvelerin rengi üzerindeki etkisini göstermektedir. Özelikle mor renkli meyveler fenolik madde miktarını yüksek oranda içermektedirler (Acar ve Gökmen, 2007; Sultana, 2012).



Şekil 1.2 Polifenollerin kimyasal yapıları - R: H, OH veya OCH_3 (Belitz, Grosch ve Schieberle, 2009)

Bitkisel gıdalarda yüzlerce polifenol çeşidi tanımlanmıştır. İçerdikleri fenol halkalarının sayılarına ve bağlanma durumlarına göre farklı sınıflara ayrılmaktadır: Hidroksibenzoik asitler (Hba), hidroksisinamik asitler (Hca), flavonoidler (F), kalkonlar (C), stilbenler (S) ve lignanlar (L) (Şekil 1.2) (Belitz vd., 2009). Literatürde genel olarak fenolik bileşikler fenolik asitler ve flavonoidler olmak üzere iki grupta incelenmektedir (Robards vd., 1999).

1.1.2.1 Fenolik Asitler

Fenolik asitler, hidroksibenzoik asit ve hidroksisinamik asit olarak iki gruba ayrılmaktadır. Hidroksibenzoik asitler C_6-C_1 yapısında iken hidroksisinamik asitler C_6-C_3 yapısındadır (Robards vd., 1999). Gallik asit, vanilik asit, p-hidroksibenzoik asit, salisilik asit, protokateşik asit, şirinjik asit vd. hidroksibenzoik asit sınıfında yer

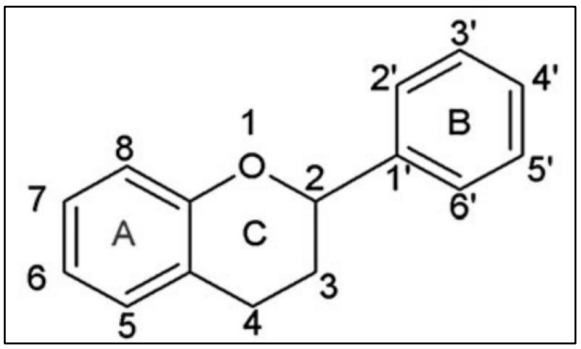
alırken kafeik asit, klorojenik asit, p-kumarik asit, ferulik asit, sinamik asit ve sinapik asit hidroksisinamik asit sınıfında yer almaktadır (Robbins, 2003).

p-kumarik, ferulik, kafeik ve sinapik asit meyve ve sebzelerde en yaygın bulunan hidroksisinamik asitlerdir. Genel olarak türevleri şeklinde bulunmaktadırlar. Kafeik, klorojenik, kumarik, ferulik (D-kinik ve D-glukoz içeren) asit esterleri en sık görülen türevleridir (Spanos ve Wrolstad, 1992). Hidroksibenzoik asitler de çok farklı meyve türlerinde esterleri şeklinde bulunmaktadır. Hidroksi benzoik asitler hidroksisinamik asitlerden yağ asitlerinin β-oksidasyonuna benzer bir yolla türevlendirilerek üretilmektedir (Belitz vd., 2009).

Fenolik asitler meyvelerin olgunlaşması sırasında farklı şekillerde gelişme gösterebilmektedirler. Elma'da yapılan bir çalışmada fenolik asit miktarının haziran ayında maksimum seviyeye ulaşıp sonrasında giderek azaldığı saptanmıştır. Haziran ayı ortasından Ekim ayı başına kadar p-kumarik asit (460-15 mg/kg), kafeik asit (1270-85 mg/kg), ferulik asit (95-4 mg/kg) şeklinde azalmıştır. Depolama süreci ile beraber daha ileri düzeyde kayıpların meydana geldiği bildirilmiştir (Belitz vd., 2009).

1.1.2.2 Flavonoidler

Flavonoidler flavan türevleridir ve C_6-C_3-C_6 difenil propan yapısındadır. Fenil grupları arasındaki üçlü karbon köprüsü oksijen ile halka oluşturmaktadır. Gıdalarda en yaygın bulunan polifenoller flavonoidlerdir. Çoğunlukla glikozitleri şeklinde kısmen de olsa esterleri şeklinde bulunabilmektedir (Özbey, 2009; Spanos ve Wrolstad, 1992).



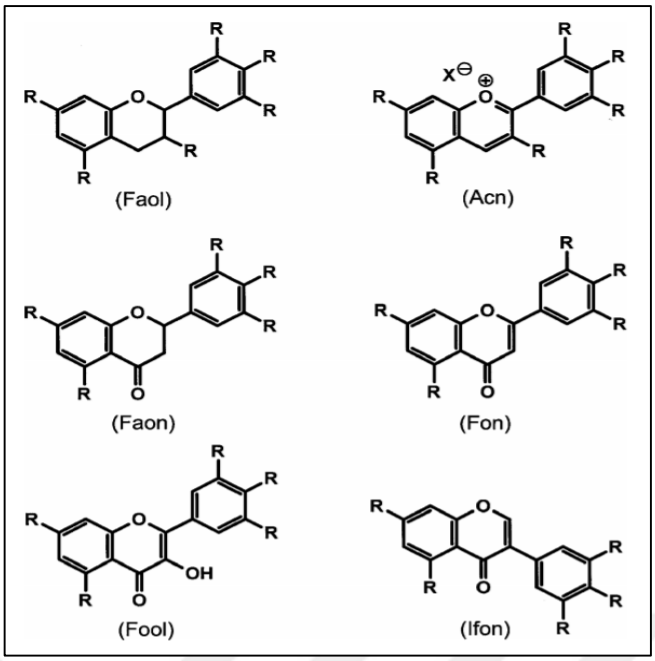
Şekil 1.3 Flavonoidlerin temel iskelet yapısı (Panche, Diwan ve Chandra, 2016)

Flavonoidler temelde ikisi aromatik (A ve B) biri o-heterosiklik (C) olmak üzere üç halkadan oluşmaktadır (Şekil 1.3). Flavonoidler fenolik asitlere göre büyük bir çeşitlilik göstermektedirler. Şekerler çoğunlukla 3. karbondaki hidroksil grubuna bağlanmakta ancak 5. karbona da bağlanabilmektedir.

Flavonoidler aktive edilmiş hidroksisinamik asitin yine aktive edilmiş üç adet malonik asit molekülü ile kademeli kondensasyonu sonrasında oluşmaktadır. Birincil kondensasyon ürünü kalkon olup sonrasında flavanon oluşmaktadır. Kondensasyon doğrudan bir flavanon da verebilir kalkon zorunlu olarak üretilen ara ürün değildir. İki farklı reaksiyon meydana gelmektedir. İlkinde flavanon flavon'a çevrilirken ikincisinde flavanon flavanonol'e dönüştürülmektedir. İkincil bileşikler daha sonra flavandiol, flavanol, flavonol, antosiyanidinler, endiol ve enollere dönüştürülür (Belitz vd., 2009).

Flavonoidler iki aromatik halkanın arasındaki bağlanmanın farklılığına göre (C halkasındaki (piran halkası) oksidasyon derecesine göre) altı farklı gruba ayrılmaktadır (Şekil 1.4): Antosiyanidinler, flavanoller, flavonlar, flavanonlar, flavonoller ve izoflavonlar (Acar ve Gökmen, 2007; Belitz vd., 2009; Özbey, 2009). Flavonoller (kuersetin ve kamferol) C halkasında 3-hidroksi piran-4-on yapısı, flavonlar (luteolin, apigenin ve krizin) flavonollerin 3-hidroksil grubu içermeyen yapısı, flavanoller (kateşin) flavonol yapısında 2,3-çift bağ ve 4-on yapısı, izoflavonlar (genistein) ise C halkasında 3.pozisyonunda yerleşmiş B halka yapısına sahiptir (Rice-Evans, Miller ve Paganga, 1997).

Flavonoid çeşitlenmeleri şikimat ve asetat-malonat biyosentetik üretim yollarının farklı olmasından da kaynaklanmaktadır. Farklı basamaklarda ileri derecede modifikasyonlar oluşabilmektedir. Bunlardan başlıcaları hidroksilasyon, metilasyon, izoprenilasyon, dimerizasyon ve glikolizasyondur (Rice-Evans vd., 1997).

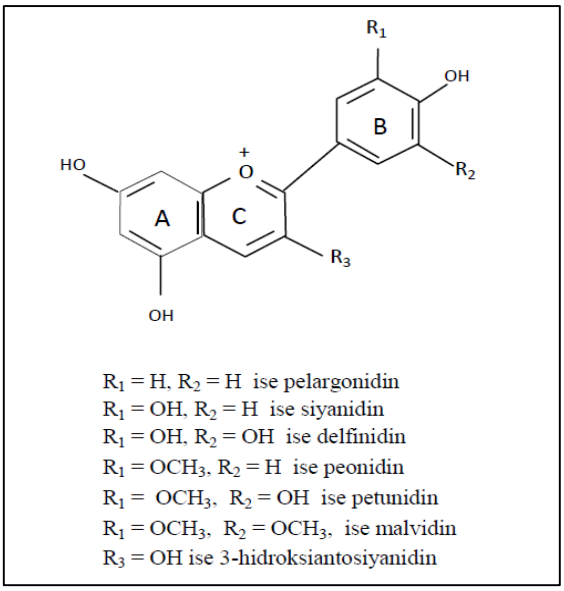


Şekil 1.4 Flavanol (Faol), antosiyanidin (Acn), Flavanon (Faon), Flavon (Fon), Flavonol (Fool) ve İzoflavon (Ifon)' un kimyasal yapıları. R:H, OH veya OCH_3. (Belitz vd., 2009)

Flavonoidlerin glikolizasyonu ile molekülün suda çözünebilirliği artarken serbest radikallere karşı reaktifliği azalmaktadır. Ayrıca glikozillenmiş yapı ile vakuollerde depolanması kolaylaşmaktadır. Genel olarak glikolizasyon pozisyonları şu şekilde gerçekleşmektedir: flavon, izoflavon ve dihidroflavonlarda 7-hidroksilde, flavonol ve dihidroflavonollerde 3- ve 7-hidroksilde, antosiyanidinlerde ise 3- ve 5-hidroksilde. Glikozid oluşumuna dahil olan şeker çoğunlukla glukoz olmakla birlikte galaktoz, ramnoz, ksiloz ve arabinoz da olabilmektedir (Rice-Evans vd., 1997).

1.1.2.3 Antosiyaninler

Antosiyaninler polifenolik halka yapısında (C_6-C_3-C_6) (A-C-B) olan bir difenilpropanoiddir (Şekil 1.5). Yapısı ilk defa 1913 yılında mavi kantaron (peygamber çiçeği)'da tanımlanmıştır. Günümüzde yapısı tanımlanan yaklaşık 600 çeşit antosiyanin olduğu bilinmektedir. Suda çözünebilen doğal renk maddeleridir. Kırmızı, mavi ve mor renkli benzoprilyum ve flavilyum tuzlarıdır. Her antosiyanin mutlaka bir aglikon (antosiyanidin=kromatofor), şeker ve çoğunlukla açil grubu veya grupları içermektedir (Andersen, 2001).



Şekil 1.5 Antosiyanidinlerin kimyasal yapısı (Keleş, 2015)

Antosiyanidinlerin çeşitliliğini temel yapıdaki hidroksil ve metoksil gruplarının sayısı ve bağlandıkları konum, bağlanan şekerlerin yapısı, sayısı, bağlanma yeri ve de açillenme durumları belirlemektedir (Wu, Beecher, Holden, Haytowitz, Gebhardt ve Prior, 2006). Açillenme daha çok üzümde kompleks halde görülmektedir ve asetik asit ve p-kumarik asit asilasyonu en fazla olanlardır (Robards, 1999).

Doğada yüzlerce antosiyanin bulunurken yaklaşık 17 adet antosiyanidin bulunmaktadır. Pelargonidin, siyanidin, delfinidin, peonidin, petunidin ve malvidin en sık görülenlerdir. Bunlardan başka apigeninidin, aurantinidin, kapensinidin, europinidin, hirsutidin, 6-hidroksisiyanidin, luteolinidin, 5-metilsiyanidin, pulselidin, rozinidin ve trisetinidin de görülebilmektedir (Hou, 2003). Antosiyaninler metabolizmada doğrudan absorbe edilebildikleri ve kana karışabildikleri için sağlık açısından önemlidirler (Matsumoto vd., 2001; Tsuda, Horio ve Osawa, 1999).

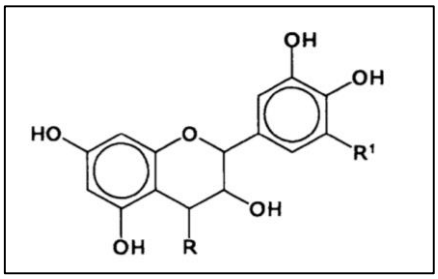
Antosiyanidinlerin glikozillenmesi genellikle 3.pozisyondaki karbon atomunda olmaktadır. En fazla görülen antosiyanidin siyanidin 3-glukozid' dir. Yapıya en fazla katılan şeker glikoz olmakla birlikte galaktoz, glukronik asit ve ramnozun da katıldığı görülebilmektedir. B halkasında meydana gelen hidroksilasyon antosiyaninlerin rengini etkilemektedir. Delfinidin, petunidin ve malvidin mavi-

kırmızı, siyanidin ve peonidin turuncu-kırmızı ve pelargonidin ise turuncu renktedir. Özellikle C halkasındaki 3. karbonda OH grubunun bulunup bulunmaması da renk üzerinde çok etkili olmaktadır (Hou, 2003; Keleş, 2015; Robards, 1999).

Hidroksilasyonun artması ile mavi renge doğru yükseliş olurken (pelargonidin-siyanidin-delfinidin), glikozit oluşumu ve metilasyon ile kırmızı renk oluşumu artar (pelargonidin-pelargonidin-3-glukozid, siyanidin-peonidin). Antosiyaninlerin rengi ortam pH değerinden de etkilenmektedir. pH≤1 ise kırmızı, pH∼4-5'de renksiz, pH∼6-7'de mor, pH∼7-8'de koyu mavi veya sarı renklidir. Kükürdioksit ilavesinin de antosiyaninlerin rengini ağartabildiği belirtilmiştir (Belitz vd., 2009; Shwartz, Elbe, ve Giusti, 2008).

1.1.2.4 Flavan-3-ol, Flavan-3,4-diol ve Proantosiyanidinler

Flavanoller kateşinler olarak bilinen renksiz bileşiklerdir. Kimyasal ve enzimatik olarak oksijenle kolay bir şekilde kondense olabildikleri için proantosiyanidinlerin biyosentetik öncülleridirler. C_3 pozisyonunda bir adet -OH grubu içerirler. Renksiz bileşikler olup Şekil 1.6'da gösterildiği gibi R, R^1=H ise kateşin, epikateşin; R=H, R^1=OH ise gallokateşin, epigallokateşin; R=OH ise flavan-3,4-diol olarak isimlendirilmektedir. Doğada genellikle kateşin, epikateşin, gallokateşin, epigallokateşin ve gallik asit esterleri (epikateşin gallat ve epigallokateşin gallat) şeklinde bulunurlar. Flavonoid biyosentezinde ara ürün olarak yer alırlar (Aksoylu ve Karakaya, 2013). Muz, elma, yaban mersini, şeftali ve armut flavanol açısından en zengin kaynaklardır (Belitz vd., 2009; Panche vd., 2016).



Şekil 1.6 Flavan-3-ol ve flavan-3,4-diol'ün kimyasal yapıları (Belitz vd., 2009).

Flavonoid biyosentezinde flavan-3,4-diol flavan-3-ol'e dönüştürülmektedir. Reaksiyonda NADPH gibi indirgeyici ajan bulunduğu zaman ise katyon ile flavan-3-

ol reaksiyona girer ve proantosiyanidinler olarak isimlendirilen daha kompleks yapılar oluşturulmaktadır. Proantosiyanidinler kateşinlerin dimer, oligomer ve polimerleridir ve kondense tanen olarak da adlandırılmaktadırlar. Meyvelerin buruk tadını oluşturmaktan sorumludurlar. Proantosiyanidinler 7000 molekül ağırlığına (yaklaşık 20 flavanol birimi) kadar çözünebilmektedirler. Çoğunlukla diğer fenoliklere göre bitkilerde baskın şekilde bulunurlar ve hücre polisakkarit yapısına kovalent bağ ile bağlanmışlardır. Prosiyanidinler (R=H) proantosiyanidinlerin en sık görülen grubu olmakla birlikte prodelfinidinler (R=OH) şeklinde de görülebilmektedir. (Belitz vd., 2009; Nemzer, Vargas, Xia, Sintara ve Feng, 2018; Özbey, 2009).

Önceleri löykoantosiyanidinler olarak isimlendirilen proantosiyanidinler, antosiyanidinlerin renksiz ön maddeleridir. Kısa zincir uzunluğundaki moleküller renksiz iken polimerizasyon derecesi arttıkça renk kahverengiye dönüşmektedir. Asidik koşullarda ısıtıldığında C-C bağı açılır ve terminal flavan birimleri oligomerlerden karbokatyonlar olarak açığa çıkar. Daha sonra okside olarak atmosferik oksijen ile renkli antosiyanidinleri oluştururlar (Belitz vd., 2009; Özbey, 2009).

Kirazgiller (vişne, taflan, kiraz, erik vd.) fenolik antioksidanları özellikle antosiyaninleri ve prosiyanidinleri en fazla içeren kaynaklar olarak bilinmektedir. Prosiyanidinler flavan-3-ol birimlerinden oluşan oligomer veya polimerler iken antosiyaninler glikozidik kısımlar taşıyan monomerik moleküllerdir (Deprez, Mila, Huneau, Tome ve Sealbert, 2001; Khanal, Howard ve Prior, 2009). Meyvelerin sağlık üzerindeki etkisi daha çok prosiyanidinlerle ilişkilendirilmektedir. Son çalışmalar proantosiyanidinlerin kanseri önlemede kemopreventif ve antiinflamatuvar ajan olduklarını ve kardiyovasküler ölüm riskini azalttığını göstermektedir (de la Iglesia, Milagro, Campion, Boque ve Mattinez, 2010). In vitro denemelerde prosiyanidinlerin güçlü koruyucu özelliklere sahip olduğu görülmüştür. İki ile birkaç yüz alt birim arasında değişebilen polimerizasyon derecesine sahip olan prosiyanidinler gastrointestinal sistemden absorbe edilebildiği için kardiyovasküler hastalıklara karşı koruyucu etki gösterebilmektedirler (Zhu, Holt,

Lazarus, Orozco ve Keen, 2002; Verstraeten, Hammerstone, Keen, Fraga ve Oteiza, 2005).

Prosiyanidinler nitrik oksit sentezini artırmakta, trombosit aktivasyonunu inhibe etmekte, anti-inflamatuar sitokinlerin üretimini hızlandırmakta ve bazı proinflamatuar sitokinlerin üretimini yavaşlatmaktadır. Enzimleri inhibe ederek veya metalleri şelatlayarak serbest radikal oluşumunu sınırlar ve düşük yoğunluklu lipoproteinin oksidasyon hızını yavaşlatırlar. Prosiyanidinlerin gösterdiği bu etki sonucunda koroner kalp hastalıkları riski azaltılabilmektedir (Mao vd., 2000; Schramm vd., 2001; Simonetti, Ciappellano, Gardana, Bramati ve Pietta, 2002; Virgili, Kim ve Packer, 1998; Zhu, Hammerstone, Lazarus, Schmitz ve Keen, 2003).

1.1.2.5 Flavanonlar

Turunçgillerde glikozitleri şeklinde bulunmaktadır. Izosakuranetin, naringenin, hesperitin ve eryodisitol olarak farklı türlere sahiptir. Flavanon-7-rutinozid genellikle acı tada sahip değilken flavanon-7-neohesperidozid acıdır. Acı tat genelikle yapı ile alakalıdır. Naringin, ponsirin yapısı (R^1=H, R^2=OH, OCH_3) neohesperidin, neoeryositrin yapısından (R^1=OH, R^2=OH, OCH_3) daha çok acı tat vermektedir. Tatlı bir tat verebilmek için R^1 veya R^2 pozisyonunda serbest OH-grubunun varlığı gerekli olmaktadır (Belitz vd., 2009).

1.1.2.6 Flavonlar

Flavonlar glikozitleri şeklinde bitkilerin meyve, yaprak ve çiçeklerinde bulunmaktadır. Flavonoidlerin önemli bir alt grubudur. Luteolin, apigenin ve tangeritin bu gruba aittirler. Turunçgil meyve kabukları polimetoksillenmiş flavonlar açısından zengindir. Flavonların büyük kısmı A halkasında 5-pozisyonunda hidroksil grubuna sahiptir (Panche vd., 2016).

1.1.2.7 Flavonoller

Flavonoller (kamferol, kuersetin, mirisetin) meyvelerde ve yüksek bitkilerin en az %80'inin çiçek ve yapraklarında bulunan sarı renkli, az çözünen bileşiklerdir. Flavonoidlerin keton grubu içeren alt gruplarıdır. o-glikozidleri şeklinde oluşmaktadırlar. C_3 veya C_7 pozisyonunda bağlanmış şeker içerirler. Yapıya en çok

bağlanan şeker çeşidi D-glukoz'dur (Häkkinen, 2000). Domates, elma, üzüm ve kirazgiller yüksek miktarda flavonol içerirler. Flavonlarla karşılaştırıldığında flavonollerin C halkasında 3- pozisyonunda hidroksil grup içerdikleri görülmektedir (Panche vd., 2016).

1.1.2.8 İzoflavonlar

İzoflavonlar bitkilerde sınırlı sayıda bulunmaktadır. En çok soya fasulyesi ve bezelyede görülmektedir. Bitkilerin antimikrobiyal aktiviteleri sırasında fitoaleksin geliştirilmesinde öncül olarak görev yapmaları açısından önemlidirler. Genistein ve daidzein en sık görülen izoflavon türleridir (Aoki, Akashi ve Ayabe, 2000; Panche vd., 2016).

1.1.3 Fenolik Bileşiklerin Antioksidan Aktivitesi

Meyveler hem beslenme hem de sağlık açısından diyetin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Dünya üzerinde bazı geleneksel beslenme şekillerinde meyveler besin terapisi veya dini pratiklerin bir parçası gibi düşünülebilmektedir. Bu sebeplerle meyvelerin fenolik bileşikler gibi biyoaktif içeriklerinin bilinmesi ve mümkün olduğunca korunarak muhafazası önemlidir. Çalışmalar meyvelerin salgın olmayan hastalıkların önlenmesindeki rolünün sebzelerden daha güçlü olduğunu göstermektedir (Habauzit ve Morand, 2012; Slavin ve Lloyd, 2012). Meyveler antioksidan özellik gösteren çok çeşitli biyoaktif bileşenleri içermektedir. Vitaminler (A, C ve E), fenolik asitler, flavonoidler, flavonoller, antosiyaninler, tanenler ve ligninler meyvelerde bulunan antioksidan etkiye sahip maddelerdir (Liyana-Pathirana vd., 2006).

Serbest radikaller çiftleşmemiş elektron içeren yüksek derecede reaktif moleküllerdir. Endojen olarak metabolizmada enzimler tarafından, ekzojen olarak gıda maddeleri, hava kirliliği, tütün ve ürünleri, iyonize radyasyon vb. faktörler aracılığıyla üretilmektedirler. Reaktif oksijen türleri aktif fagositoz sonucu ve aerobik mikroorganizmaların elektron taşıma zinciri sırasında sürekli olarak üretilmektedir. En çok görülenler süperoksit anyon (O_2^-), hidrojen peroksit (H_2O_2), hidroksil radikal ($HO\cdot$), peroksil radikal ($ROO\cdot$), alkoksil radikal ($RO\cdot$),

hidroklorikasit ($OHCl^-$) ve peroksinitrit ($ONOO^-$)'tir. Normal koşullarda özel enzim sistemleri (süperoksit dismutaz ve katalaz), suda ve lipitte çözünebilen bazı protein yapısında olmayan bileşikler (ürik asit ve tokoferol) tarafından reaktif oksijen türleri engellenmektedir (Albayrak, Sağdıç ve Aksoy, 2010; Ekici ve Sağdıç, 2008).

Serbest radikaller diğer moleküllerden elektron koparark kendilerini nötralize ederler ve kararlı hale geçmiş olurlar. Ancak bunun sonucunda elektronu koparılmış olan molekül kararsız duruma geçerek serbest radikale dönüşmüş olmaktadır. Serbest radikaller istenmeyen oksidasyon reaksiyonlarına neden olurlar. Bu reaksiyonlar sonucunda DNA parçalanmaları ve zararlanmaları, protein modifikasyonları, lipid peroksidasyonu gibi olumsuz etkiler ortaya çıkar ve hücre ölümleri meydana gelmektedir. Bu döngüyü engelleyebilmek için antioksidanlara gereksinim duyulmaktadır. Metabolizmada antioksidanlar yapısal ve fonksiyonel moleküllerin zarar görmesine engel olmaktadırlar. Çok düşük miktarları bile oksidan substratlara karşı etki göstermektedirler (Ekici ve Sağdıç, 2008).

Fenolik bileşikler antioksidatif olarak aktiftirler. Fenolik bileşiklerdeki konfigürasyon ve hidroksil gruplarının sayısı antioksidan aktiviteyi etkileyen en önemli etkenlerdir (Santos-Buelga ve Scalbert, 2000). In vitro çalışmalarda fenolik bileşiklerin C ve E vitamininden daha iyi bir antioksidan olduğu gösterilmiştir. Hidrojen veya tek (eşleşmemiş) elektron verme konusundaki yüksek reaktiflikleri ve metal iyonlarını şelatlayabilmeleri sebebiyle antioksidan aktivite için ideal bir kimyasal yapıya sahiptirler (Rice-Evans vd., 1997; Vashisth vd., 2011). Fenolik bileşiklerin sağlık üzerinde gösterdikleri fonksiyonel etkileri farklı şekillerde olabilmektedir. Genel olarak fenolik bileşiklerin antioksidan aktivitesi serbest radikallerin sönümlendirilmesi, hidrojen verme, singlet oksijen yakalama, metal iyonu şelatlama, süperoksit ve hidroksil radikalleri için substrat olarak rol oynama gibi çok farklı mekanizmalar ile ilişkilidir (Robards vd., 1999; Sellappan vd., 2002). Hücre bölünmesi ve çoğalmasının düzenlenmesi, trombosit agregasyonu, detoksifikasyon, inflamatuar ve bağışıklık sistemi cevaplarının oluşması mekanizmasında rol oynamaktadır (Hollman, Hertog ve Katan, 1996).

Halliwell ve Gutteridge. (1998) ise antioksidan maddelerin aktivasyon mekanizmalarını şu şekilde açıklamıştır: a) reaktif türlerin oluşumunu ya serbest radikal üretiminde yer alan enzimleri inhibe ederek ya da iz elementlerin şelatlanmasını sağlayarak baskılamak, b) reaktif oksijen türlerini sönümlendirmek, c) antioksidan savunma sistemini korumak ve iyileştirmek. Birçok çalışma flavonoidlerin antioksidan aktivitesinin süperoksit anyon, hidroksil ve peroksil radikalleri gibi reaktif oksijen türlerinin sönümlendirilmesi ile ilgili olduğunu ortaya koymaktadır (Harborne ve Willians, 1992). Flavonoidlerin gösterdiği bu antioksidan özellik sayesinde koroner kalp hastalığı ve kanser riski azaltılabilmektedir (Sellappan vd., 2002).

Yaban mersini ve böğürtlenin toplam fenolik madde miktarı ile troloks eşiti antioksidan kapasitesi arasında yüksek korelasyon değeri elde edilmiştir (Sellappan vd., 2002). Böğürtlen antosiyaninlerinde yapılan bir araştırmada diğer antosiyanidin bileşiklerine göre siyanidin 3-glikozitin en yüksek antioksidan etkiyi gösterdiği tespit edilmiştir (Elisia, Hu, Popovich ve Kitts, 2007).

Antosiyaninlerin gıdalarda bulunan doğal renk maddeleri olmaları ve suda kolayca çözünebilmeleri sebebiyle gıda endüstrisinde antosiyaninler güvenilir maddeler olarak kabul edilmektedir (Bordignon-Luiz vd., 2007). Antioksidan, antiinflamatuar, antikarsinojenik, antiviral ve antibakteriyal etki gibi terapötik özellikleri bulunmaktadır (Tall vd., 2004; Yıldız, Yavaş, Gürbüz ve Değirmencioğlu, 2015). Antosiyaninlerin yanısıra klorojenik asit, kuersetin, kamferol, mirisetin, prosiyanidin, kateşin, epikateşin, resveratrol gibi fenolik bileşikler de antioksidan aktiviteye katkı sağlamaktadır (Giovanelli ve Buratti, 2009).

Antosiyaninler ve antosiyanidinler C ve E vitamininden daha yüksek antioksidan aktivite göstermektedirler. Siyanidin, delfinidin ve petunidin B halkasında 3’ ve 4’ pozisyonunda o-dihidroksi grubu içermelerinden dolayı yapılarında o-dihidroksi içermeyen pelargonidin, peonidin ve malvidine göre antioksidan aktivitelerinin daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Castaneda-Ovando, Pacheco-Hernández, Paez-Hernandez, Rodriguez ve Galan-Vidal, 2009). Antosiyaninlerin antioksidan aktivitesini glikolizasyon da etkilemektedir. Yapıda glukoz ve ramno-glukoz

bulunması antioksidan aktiviteyi artırırken galaktoz bulunması antioksidan aktiviteyi azaltmaktadır (Wang, Cao ve Prior, 1997).

Meyve ve sebzelerde prosiyanidin polimerizasyon derecesi ile antioksidan aktivite arasında ilişki bulunmaktadır. Polimerizasyon derecesi arttıkça antioksidan aktivite artmaktadır. Üzüm çekirdeğinin antioksidan aktivitesinin monomer, oligomer ve polimer yapıları için sırasıyla arttığı bildirilmiştir (Osakabe vd., 2002; Spranger, Sun, Mateus, Freitas ve Silva, 2008). Aralarında taflanın da bulunduğu farklı meyve türlerinde yapılan bir çalışmada polimerizasyon derecesi yüksek olan meyvelerin antioksidan aktivitelerinin yüksek olduğu ve taflanın da polimerizasyon derecesinin yüksek olduğu belirtilmiştir (Çapanoğlu, Boyacıoğlu, Vos, Hall ve Beekwilder, 2011).

Prosiyanidin oligomerleri ve flavanoller LDL oksidasyonuna karşı koruyarak antioksidan aktivite göstermektedirler. Ayrıca antikarsinojen, kardiyokoruyucu, antimikrobiyal, anti-viral ve nöro-koruyucu ajan oldukları raporlanmıştır (Aron ve Kennedy, 2008). Prior ve Gu (2005)' ya göre oligomer ve polimer yapısında olan proantosiyanidinler gastrointestinal sistemde fenolik asitlere parçalanarak absorbe edilmektedir. Bir kısmı absorbe olmadan kalmaktadır. Bu şekilde lokal olarak özellikle kalın bağırsakta antioksidan aktivite gösterdikleri düşünülmektedir.

Delfinidin, siyanidin ve pelargonidinin antioksidan aktivitesinin incelendiği bir araştırmada antosiyaninlerin hidroksil radikali üreten bir sistem olan Fenton reaktantını demir iyonları ile şelatlayarak inhibe ettiği, süperoksit radikalini de sönümlendirerek antioksidan aktivite gösterdiği belirtilmiştir. Bileşenlerin ayrıca fare beyninde hidrojen peroksit radikali (H_2O_2) tarafından indüklenen lipid peroksidasyonunu engellediği tespit edilmiştir. Çalışmada antosiyaninlerin B halkasındaki –OH gruplarının antioksidan aktivitede etkili olduğunun düşünüldüğüne yer verilmiştir (Noda, Kaneyuki, Mori ve Packer, 2002).

Patlıcanda bulunan bir antosiyanin olan nasunin'e ait antioksidan aktivitenin doğrudan süperoksit anyonunu yakalaması ile ilgili olduğu ve çok düşük düzeylerde bile beyin homojenizatında lipid peroksidasyonuna karşı koruma sağladığı tespit edilmiştir (Noda, Kaneyuki, Mori ve Packer, 2002). Fasulyeden izole edilen

antosiyanin pigmentinin oksijen radikali yakalama etkisinin araştırıldığı bir çalışmada pelargonidin 3-glukozid, siyanidin 3-glukozid, delfinidin 3-glukozid ve aglikonlarının lipozomal sistemde ve UVB radyasyonu tarafından meydana getirilen malondialdehid oluşumunun azaltılmasında güçlü antioksidan aktivite gösterdiği tespit edilmiştir (Tsuda, Shiga, Ohshima, Kawakishi ve Osawa, 1996).

In vivo hayvan deneyinde antosiyaninlerin antioksidan etkisi araştırıldığında diyetle alınan E vitamini yerine 3-glukopiranozid formunda delfinidin, siyanidin, petunidin, peonidin ve malvidin içeren yüksek saflıkta antosiyanin ekstraktları ile 12 hafta süre ve 1g/kg diyet ile beslenen farelerde plazma antioksidan kapasitesinin belirgin bir şekilde geliştiği ve E vitamini eksikliği sonucu ortaya çıkan hidroperoksitlerin azaldığı tespit edilmiştir. Sonuçlar antosiyanince zengin gıdalarla beslenmenin E vitamini eksikliğinin yaşandığı durumlarda bile oksidatif hasarlar için metabolizmada toplam antioksidan aktiviteye katkısının olduğunu göstermektedir (Ramirez-Tortosa vd., 2001).

Delfinidin süperoksit dismutaz enzimi ile sinerjistik etki göstererek aktivatör proteini-1'in aktivitesini inhibe etmişlerdir. B halkasında ortodihidroksifenil yapısına sahip olan delfinidin, siyanidin ve petunidin bu antikarsinojen etkiyi gösterebilmiştir. Araştırma sonucunda antosiyanidinlerin antikarsinojenitesi gösterdikleri antioksidan aktivite ile ilişkilendirilmiştir (Hou vd., 2004). Ahududu preparatındaki antosiyaninlerin sıçanlarda kimyasal olarak indüklenmiş kanser üzerindeki etkisi araştırıldığında sıçanların yemek borularında %30-60, kalın bağırsaklarında ise %80 oranında kanserin engellenebildiği görülmüştür (Stoner vd., 2010).

İnsan promiyelositik lösemi hücreleri üzerinde altı farklı antosiyanidinin apoptotik etkisi araştırılmıştır. Apoptoz (programlı hücre ölümü) ciddi şekilde zarar görmüş hücreler veya tümör hücrelerinin yok edilmesi programını içeren hayati öneme sahip bir mekanizmadır. Apoptoz kromatin kondensasyonu, sitoplazmik kabarcıklanma ve DNA fragmentasyonu tarafından karakterize edilmektedir. Araştırmada delfinidin, petunidin ve siyanidinin morfolojik değişiklikler ve DNA

fragmentasyonuna sebep olarak apoptotik etki gösterdiği pelargonidin, peonidin ve malvidinin ise etki göstermediği saptanmıştır (Hou vd., 2003).

Matsumoto vd. (2001), fare ve insanlar üzerinde böğürtlen antosiyaninlerinin ağızdan alımı ile biyoyararlılığını incelemişlerdir. Delfinidin 3-rutinozid, delfinidin 3-glukozid, siyanidin 3-rutinozid ve siyanidin 3-glukozid' in doğrudan kana karıştığı tespit edilmiştir. Ağızdan alınmasından sonra plazmada toplam antosiyanin seviyesi yükselmiştir. Zaman profili antosiyaninlerin 2 saat içerisinde hızlı bir şekilde absorbe edildiğini göstermiştir. Antosiyaninlerin alımından 8 saat geçtikten sonra idrardaki dozun başlangıç antosiyanin miktarının %0,11'i kadar olmasının antosiyaninlerin direk olarak absorbe edilip kana karıştığının göstergesi olduğu belirtilmiştir.

Antosiyaninlerin yapısı ile aktivitesi arasındaki ilişkinin ortaya çıkarılmasıyla ilgili yapılan çalışmalarda aglikonda bulunan şeker birimlerinin ve özellikle B halkasındaki hidroksil gruplarının sayısı antioksidasyon, siklooksigenaz inhibisyonu, antimutajenite, antikarsinojenite ve apoptoz etkinin dahil olduğu birçok biyolojik aktivite üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir. Siyanidin glukozid'in siklooksigenaz inhibisyonu ve antioksidan aktivitesi üzerindeki etkisi içerdiği şeker birimlerinin sayısı azaldıkça artmaktadır. Siyanidin rutinozid siyanidin-glukozilrutinozid' e göre daha iyi antioksidan aktivite göstermiştir. Aglikon siyanidin ise çok düşük miktarlarda bile en iyi aktiviteyi göstermiştir. Siyanidinin inhibitör aktivitesi bütillenmiş hidroksianizol, bütillenmiş hidroksitoluen ve tersinir-bütil hidrokinon gibi ticari antioksidanlar ile karşılaştırılabilir düzeyde iken E vitamininden daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Seeram, Momin, Nair ve Bourquin, 2001).

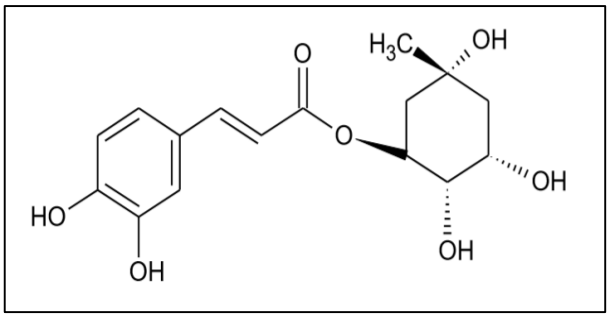
Flavonoidlerin kimyasal yapısının insan tümör hücrelerinin inhibisyonu üzerine olan etkisi araştırıldığında A fenol halkasına bağlı olan şekerin ve B fenol halkasına bağlı hidroksil gruplarının tümörün baskılanmasında önemli oldukları belirtilmiştir. Glukozun bağlı olduğu A halkası etki gösterirken aynı pozisyondaki ramnoz ve rutinozid gibi diğer şekerler etki göstermemiştir (Kamei vd., 1996).

Sultana, Anwar, Ashraf ve Saari. (2012) tarafından karadutun antioksidan aktivitesi diğer meyvelerle karşılaştırılmıştır. Taflan ile hemen hemen ayrı renkte olan karadutun linoleik asit peroksidasyonunu engellemede diğer meyvelere (çilek, erik, elma ve kayısı) kıyasla daha etkili olduğu belirtilmiştir. Karadut %86,1'lik inhibisyon sağlarken kayısı %61,8 değeri ile en düşük inhibisyonu göstermiştir. Çalışmada meyvelerin gösterdiği DPPH radikali yakalama kapasitesinin linoleik asit peroksidasyonunun engellenmesi sonuçları ile benzerlik gösterdiği belirtilmiştir.

1.1.4 Taflanın Biyoaktif Madde İçeriği

Çelik vd. (2011)' nin 11 adet taflan genotipi üzerinde yaptığı araştırmada toplam fenolik madde miktarının 364-503mg GAE/100g taze meyve arasında değiştiği belirlenmiştir. Toplam antosiyanin miktarının ise 123-205 mg siyanidin 3-glukozid/100g taze meyve arasında değiştiği saptanmıştır. Trabzon yöresinde sekiz farklı taflan meyve türünün incelendiği başka bir araştırmada toplam antosiyanin miktarının 164.4-206.4 mg siyanidin 3-glukozid/100g taze meyve arasında değiştiği belirlenmiştir (Halilova ve Ercişli, 2010). Giresun ilinden toplanmış iki farklı taflan çeşidinde ise toplam antosiyanin miktarları 123,8 ve 174,8 siyanidin 3-glukozid/100g taze meyve olarak tespit edilmiştir (Alaşalvar vd., 2005). Koyu kırmızı kiraz, kırmızı üzüm ve yaban mersininin toplam antosiyanin içerikleri 82-298 mg siyanidin 3-glukozid/100g taze meyve, 6.9-15.1 mg siyanidin 3-rutinozid/100g taze meyve ve 34-515 mg siyanidin 3-glukozid/100g taze meyve olarak bulunması (Cantos, Espín ve Tomás-Barberán, 2002; Gao ve Mazza, 1995; Moyer, Hummer, Finn, Frei ve Wrolstad, 2002) dikkate alındığında taflanın koyu renkli meyvelere kıyasla iyi bir antosiyanin kaynağı olduğu söylenebilmektedir.

Taflanın fenolik bileşikler içinde en fazla miktarda klorojenik asiti (Şekil 1.7) içerdiği farklı araştırmalarla tespit edilmiştir (Alaşalvar vd., 2005; Karahalil ve Şahin, 2011; Özbey, 2009). Taflan metanolik ekstresinde fenolik asitlerden protokateşik, p-hidroksibenzoik, klorojenik, vanilik, şirinjik, p-kumarik ve ferulik asit tespit edilirken flavonoid grubundan kateşin ve rutin tespit edilmiştir (Karahalil ve Şahin, 2011).



Şekil 1.7 Klorojenik asit'in kimyasal yapısı (Karahalil ve Şahin, 2011)

Kiraz ve fındık isimli iki farklı taflan çeşidinde yapılan araştırmada türlerin ikisinde de klorojenik asitin serbest halde bulunan baskın bileşen olduğu; kafeik ve gallik asitin ise alkalin ve asit hidrolizi sonrasında en yüksek miktarlarda bulunan bağlı formdaki fenolik asitler oldukları belirlenmiştir. Taflanın genel olarak hidroksibenzoik asitlerden gallik, protokateşik, p-hidroksibenzoik, vanilik, şirinjik; hidroksisinamik asitlerden klorojenik, kafeik, p-kumarik, ferulik ve o-kumarik asit içerdiği tespit edilmiştir (Alaşalvar vd., 2005).

Klorojenik asit hidroksisinamik asit grubunda bulunan renksiz bir fenolik asittir ve kinik asit ile kafeik asitin esterifikasyonundan oluşmaktadır (Clifford, 1999). Bitkilerde izomerize halde farklı şekillerde bulunabilmektedir. (3-O-kafeolkinik asit, 4-O- kafeolkinik asit ve 5-O-kafeolkinik asit). Düşük toksisitesi ve yan etkileriyle birçok hastalığı önlemede olumlu etkilerinin bulunduğu belirtilmiştir. Tip 2 diyabet ve kardiyovasküler hastalıkları engellemede antioksidan olarak davranmaktadırlar. Farmasötikler, gıdalar, yem katkıları ve kozmetikteki potansiyel kullanımları ile ilgili araştırmalar devam etmektedir. Taflanın fenolik bileşikler içinde en fazla oranda klorojenik asiti bulundurması meyvenin beslenme açısından önemli olmasının yanısıra meyveyi sağlık açısından da öne çıkarmaktadır (Dawidowicz ve Typek, 2010). Ayrıca kurutulmuş meyvelerin lif, fenolik bileşik ve tanen içermesi sebebiyle orta seviyede glisemik indeks ve insülin yanıtına sahip olduğunun belirtilmesi diyabet riskini düşürmede ve hiperglisemik koşulların tıbbi beslenme terapisinde fenolik maddelerce zengin taflan gibi kurutulmuş meyvelerin kullanılmasının önemini göstermektedir (Chang, Alaşalvar ve Shahidi, 2016).

Oxygemmis, Globigemmis, Angustifolia ve yabani formun fenolik asit içerikleri GC-MS ile türevlendirme yapılarak incelendiğinde tüm formlarda vanilik, protokateşik, kafeik, p-hidroksibenzoik ve p-kumarik asit bulunduğu tespit edilmiştir (Ayaz, Kadıoğlu, Reunanen ve Var, 1997b).

Özbey (2009)'in yaptığı çalışmada taflanda kuersetin-3-galaktozid, kuersetin-rutinosid, kumarik asit, kamferol-glukozid, protokateşik asit, epikateşin, gallokateşingallat, kateşingallat ve epigallokateşingallat saptanmıştır. Çalışmada kırmızı ve mor olmak üzere iki çeşit taflan meyvesi kullanılmıştır. Mor renkli olanların antosiyanin içeriği ve antioksidan aktivitesinin (DPPH) kırmızı olanlara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu sonucun meyve renkleri arasındaki farklılığı da açıkladığı belirtilmiştir. LC-MS/MS ile yapılan antosiyanin analizinde siyanidin glukozit ve siyanidin rutinozit saptanmıştır. Pelargonidin glukozid sadece kırmızı renkli taflanda saptanmıştır. MS/MS tekniğinin antosiyaninlerin flavilyum halkası ve şeker molekülü arasındaki bağı kırarak antosiyanin fragment iyonlarını oluşturduğu ve bu sayede bileşenlerin yapısal olarak tanımlanabilmesinin mümkün olduğu belirtilmiştir.

Taflan, kızılcık ve vişne meyvelerinin biyoaktif madde içeriklerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada taflanın toplam fenolik madde miktarının (3129.2 mg GAE/100g KM) diğer iki meyveye ait değerler (4918.8-3371.1) arasında olduğu tespit edilmiştir. Flavonoid madde miktarı 952,5 mg CE/100g kuru madde (KM) ve prosiyanidin miktarı 218 mg/100g taze meyve olarak tespit edilmiştir. Taflanın flavonoid ve prosiyanidin miktarının vişne ve kızılcığa göre yaklaşık iki kat yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışmada taflanın prosiyanidin içeriğinin bitter çikolatadan yüksek olduğu üzüm çekirdeğine ise yakın bir değerde olduğu belirtilmiştir. Antosiyanin içeriğinin genellikle glikozillenmiş siyanidin formunda olduğu ve pelargonidin türevlerini de içerdiği tespit edilmiştir. En fazla bulunan antosiyanin türleri siyanidin 3-O-glikozid ve siyanidin 3-O-rutinozid' dir. Taflan ve kızılcık prosiyanidinlerinin polimerizasyon derecesi vişneninkilere göre yüksek saptanmıştır (Çapanoğlu vd., 2011).

Prosiyanidinlerin polimerizasyon derecesi gösterdikleri sağlık aktiviteleri üzerinde etkilidir. Bu nedenle tedavi edici (terapötik) veya koruyucu (profilaktik) özelliklerinin belirlenmesinde önem taşımaktadır. Taflan gibi yüksek prosiyanidin içerikli ve görece yüksek dereceli polimerizasyona (uzun zincirli polimerler) sahip meyveler, ülser ve bağırsak enfeksiyonlarının tedavisi gibi tıbbi uygulamalarda kullanılabilmektedir (Liyana-Pathirana vd., 2006).

Taflanın içermiş olduğu yüksek miktarda prosiyanidinler sebebiyle kardiyovasküler hastalıkların tedavisinde etkili olduğu düşünülmektedir. Prosiyanidinler trombosit aktivasyonunu engellemekte, nitrik oksit üretimini artırmakta, sitokinlerin üzerinde gerekli olmasına göre antiinflamatuvar/proinflamatuvar etki göstermektedir. Yapılan sınırlı sayıdaki çalışmada taflanın LDL oksidasyonu üzerinde etkili olduğu ve bu şekilde ateroskleroza karşı olumlu etkisinin olduğu gösterilmiştir (Ataie-Jafari, Hosseini ve Karimi, 2008).

Taflan yaprağı ve meyvesinin fenolik bileşen profilinin araştırıldığı bir çalışmada meyvede olduğu gibi yaprakta da klorojenik asit ana fenolik bileşik olarak tespit edilmiştir. Yaprak ekstraktlarında o-kumarik asit, kuersetin 3-glukozid, luteolin 7-glukozid, apigenin 7-glukozid, kamferol 3-glukozid ve naringenin tespit edilirken meyve ekstraktında vanilik asit, kafeik asit ve rutin tespit edilmiştir (Karabegović vd., 2014).

Taflan meyvesi %80 metanol ile ekstrakte edildiğinde toplam fenolik içeriği 23,64 mg GAE/g ekstrakt olarak tespit edilmiştir (Celep, Aydın ve Yeşilada, 2012). Sulu ekstraktlarda ise toplam fenolik içeriği 32,83 mg GAE/g ekstrakt olarak bulunmuştur. Çalışmada benzer polariteye sahip farklı ekstraksiyon çözücülerinin fenolik maddelerin ekstraksiyonunda büyük bir değişiklik göstermediği ve flavonoidler için de durumun benzer olduğu belirtilmiştir (Orhan ve Akkol, 2011). Ancak farklı bir çalışmada metanolün saf halde kullanıldığı ekstraksiyon işleminde toplam fenolik içeriğinin 1.094 mg GAE/100g KM olduğu sulu ekstraktlarda ise fenolik madde miktarının daha düşük (10,4 mg CE/100g) olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak taflan meyvesinin ekstraksiyon işleminde metanolün kullanıldığı

durumlarda toplam fenolik madde miktarının daha yüksek tespit edilebildiği belirtilmiştir (Karahalil ve Şahin, 2011; Kolaylı vd., 2003).

1.1.5 Taflanın Antioksidan Aktivitesi

Taflanın DPPH radikali sönümlendirme aktivitesi Trolox, tert-bütil-4-hidroksitoluen (BHT) ve askorbik asit ile karşılaştırıldığında taflanın antioksidan aktivitesinin BHT'nin göstermiş olduğu aktivitenin ~%60 kadarı olduğu tespit edilmiştir. Troloks ve askorbit asitin DPPH radikali sönümlendirme aktivitesinin taflanınkine göre oldukça yüksek olduğu saptanmıştır. Taflanın hidroksil radikali yakalama aktivitesi ise BHT ile karşılaştırılabilir düzeyde bulunmuştur (Kolaylı vd., 2003).

Süperoksit radikali metabolizmada güçlü bir oksidasyon aracıdır. Hücre membranı ile reaksiyona girebilir ve dokularda hasara sebep olabilmektedir. Taflanın süperoksit radikali sönümlendirme aktivitesinin saf haldeki askorbik asit veya kateşinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Kolaylı vd., 2003; Liyana-Pathirana, 2006). Hidrojen peroksit sönümlendirme kapasitesinin ise yüksek konsantrasyonlarda (400ppm) dahi kateşin kadar etkili olmadığı görülmüştür (Liyana-Pathirana, 2006). Başka bir çalışmada taflanın DPPH radikali sönümlendirme aktivitesinin kateşinin yarısı kadar olduğu belirlenmiştir. DPPH radikali sönümlendirme aktivitesi yöntemi ile antioksidan aktivitenin ölçülmesi serbest radikallerin sönümlendirilmesi için gösterilen antioksidan aktivitenin ölçülmesini sağlamaktadır. DPPH radikali süperoksit radikali ve hidroksil radikaline göre daha stabil olduğu için çalışma açısından da kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca analiz süresi kısa olduğu için de sıklıkla tercih edilmektedir (Siriwardhana ve Shahidi, 2002).

Taflan meyvesi, çekirdeği ve diğer meyve çekirdeklerinin (taflan, limon, kayısı, vişne, karpuz, kavun) serbest radikal yakalama kapasiteleri (DPPH ve süperoksit) BHT, C vitamini, kuersetin ve gallik asit gibi bilinen antioksidan maddelerin antioksidan kapasiteleri ile karşılaştırılmıştır. Tüm çekirdek ekstreleri ve taflan meyvesi ekstresi içinde sadece taflanın DPPH yakalama kapasitesine sahip olduğu

görülmüştür. Taflan ve diğer antioksidan maddelerin DPPH yakalama kapasiteleri sırasıyla 290mg/ml, 195mg/ml, 126 mg/ml, 85 mg/ml ve 40 mg/ml olarak tespit edilmiştir. Süperoksit radikali yakalama kapasiteleri karşılaştırıldığında ise limon çekirdeğinin en iyi olduğu ancak taflan meyvesinin de diğer meyvelere kıyasla iyi bir değerde olduğu belirlenmiştir. Taflanın bazı fenolik bileşenleri içermesi antioksidan kapasitesinin yüksek olmasıyla ilişkilendirilmiştir (Orhan, Aydın, Çölkesen, Sener ve İsimer, 2003). Kızılcık, taflan ve japon hurmasının DPPH radikali yakalama aktiviteleri karşılaştırıldığında taflanın diğer iki meyveye göre antioksidan aktivitesinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Celep vd., 2012).

Vişne, kızılcık ve taflan meyvelerinin antioksidan kapasiteleri ABTS, CUPRAC ve FRAP metotları ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada taflanın antioksidan kapasitesi ABTS, CUPRAC ve FRAP için sırasıyla 28.4, 46.9 ve 13.3 mmol TEAC/100 g KM olarak belirlenmiştir. Her metot için taflanın antioksidan kapasitesinin vişneden (17.8, 29.7 ve 7.6) daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Çapanoğlu vd., 2011).

Taflanın antioksidan aktivitesi ile toplam fenolik ve toplam flavonoid madde içeriği arasında yüksek korelasyon olduğu (0,945 ve 0,985) belirlenmiştir (Karabegović vd., 2014). Başka bir çalışmada antioksidan aktivite ile fenolik madde miktarı arasında doğrusal bir ilişki gözlenirken antosiyanin içeriği ile antioksidan aktivite arasında böyle bir ilişki gözlenmemiştir. Monomerik ve oligomerik fenolik bileşikleri içeren taflan ekstraktlarının polimerik yapıları içeren ekstraktlara göre antioksidan aktivitelerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Özbey, 2009). Araştırmada taflan eksraktının antioksidan aktivitesinin ticari üzüm çekirdeği, yeşil çay ve üzüm posası ekstraktları kadar yüksek olduğu belirtilmiştir.

LDL oksidasyonu sonucu oluşan aterosiklerozisin engellenebilmesi için diyetle alınan antioksidanlar önem taşımaktadır. Serbest radikallerin sönümlendirilmesi ve/veya metal iyonlarının şelatlanması ile LDL oksidasyonu engellenmektedir (Decker, Ivanov, Zhu ve Frei, 2001). Taflan meyvesi ve taflan pekmezinin LDL oksidasyonuna etkisinin incelendiği bir araştırmada bakır tarafından indüklenmiş LDL oksidasyonundan dolayı meydana gelen konjuge dien oluşumunda taflan pekmezinin meyvesine göre daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiği tespit

edilmiştir. Çalışmada kateşin standardının ise oksidasyonu tamamen engellediği belirtilmiştir (Liyana-Pathirana, 2006).

Taflanın toplam fenolik içeriği arttıkça ORAC (Oksijen Radikal Absorbans Kapasite) değerinin artış gösterdiği ve aralarında lineer korelasyon bulunduğu belirlenmiştir (r^2=0,99). ORAC-floresans probe yöntemi peroksil radikallerine karşı zincir kırıcı antioksidanların aktivitelerini ölçmektedir (Alaşalvar vd., 2005). Başka bir çalışmada üç farklı cinse (*Vaccinium*, *Rubus* ve *Ribes*) ait 107 farklı tür meyvenin toplam fenolik madde miktarları ile ORAC ve FRAP değerleri arasındaki ilişkinin meyvelerin toplam antosiyanin miktarları ile ORAC ve FRAP değerleri arasındaki ilişkiden daha güçlü olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmada meyve cinsleri arasında toplam fenolik madde miktarı ile antosiyanin miktarı arasındaki ilişkinin farklılıklar gösterdiği belirtilmiştir. Meyve boyutu ile antosiyanin miktarı arasında da güçlü bir korelasyon görülmemiştir (Moyer vd., 2002).

Farklı genotiplere ait taflan meyvesinin antioksidan aktivitesinin birbirlerinden farklı olduğu ve 21,2 ile 32,3 µmol Troloks eşdeğeri/g taze meyve arasında değiştiği tespit edilmiştir. Antioksidan aktivite ile toplam fenolik içeriği arasındaki ilişkinin, toplam antosiyanin miktarı veya toplam karotenoid miktarı arasındaki ilişkiden daha yüksek olduğu bulunmuştur (Çelik vd., 2011).

Taflan kabaca öğütülüp toz haline getirildikten sonra farklı oranlarda kek ve kurabiye üretiminde kullanıldığında miktar arttıkça örneklerin toplam fenolik madde içeriği ve toplam antioksidan kapasitesinde ($ABTS^{\cdot}$ metodu) artış olduğu tespit edilmiştir (Konak, Erem, Altındağ ve Certel, 2015).

Prunus cinsine ait meyvelerin içerdikleri biyoaktif maddelerin özellikle antosiyaninlerin antiproliferatif özelliklerinin bulunduğu bilinmektedir. Taflanın antikanser özellikleriyle ilgili sınırlı sayıda çalışma yapıldığı belirtilmiştir (Karataş ve Uçar, 2018). Yüksek konsantrasyonlarda hazırlanan taflan ekstraktlarının antikanserojen etki gösterdiği tespit edilmiştir (Erenler, Yılmaz ve Tekin, 2016). Ayrıca kemoterapi ilaçlarının yan etkilerini azaltmada da taflan eksraktlarının etkili olduğu belirtilmiştir (Yılmaz, 2014).

1.1.6 Kurutma

Kurutma işlemi ile taze üründe bozulmaya neden olan mikroorganizmaların aktiviteleri ve kimyasal reaksiyonlar durdurulmakta veya yavaşlatılmaktadır (Ratti, 2001; Vega-Mercado, Gongora-Nieto ve Barbosa-Canovas, 2001). Yüksek nem içeriği ve su aktivitesinden dolayı meyveler kolaylıkla ve hızlı bir şekilde bozunabildikleri için raf ömürleri kısa olmaktadır. Mevsimsel olarak üretilmesi ve yıl boyunca taze olarak bulunmaması meyvelerin farklı şekillerde muhafazasını gerektirmektedir. Kurutma işlemi birçok meyve ve sebzenin raf ömrünü artırmak için dünya genelinde yaygın şekilde uygulanan çok eski bir koruma işlemidir. Meyve veya sebzelerin yüksek nem içerikleri güneşte kurutma veya mekanik bir cihazın kullanıldığı modern kurutma yöntemleri ile düşürülmekte ve konsantre formları elde edilmektedir. Endüstriyel açıdan, meyve ve sebzeler orijinal gıdanın özelliklerinde minimum değişikliğe sebep olacak koruma teknikleri ile muhafaza edilmek istenmektedir (Badwaik vd., 2014).

Kurutma işlemi depolama hacminin azaltılması ile paketleme, depolama ve taşıma maliyetlerinin düşürülmesi, raf ömrünü uzatma ve biyolojik ürünlerin mikrobiyal güvenliğini sağlama gibi avantajlara sahiptir. Küf ve bakteri gelişimini engellemek için hasat sonrasında meyve ve sebzelerin nem içeriğinin belli bir seviyeye kadar uzaklaştırılması gerekmektedir. Kurutma ile ürünün raf ömrü açısından dayanıklı olmasını garanti eden su aktivitesi (a_w) değeri 0,6'nın altına düşürülebilmektedir. Bunların yanı sıra özellikle biyoaktif bileşenleri içeren kurutulmuş ürünlere olan ilginin sürekli artıyor olması kurutma işlemini daha da avantajlı hale getirmektedir (Gao, Wu, Wang, Xu ve Du, 2012; Karim ve Hawlader, 2005; Nemzer vd., 2018). Farklı şekil ve boyutlarda kurutma işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Genel olarak üzüm, kayısı, erik, taneli meyveler gibi meyveler bütün olarak kurutulabildiği gibi daha büyük boyutlu mango, papaya, kivi gibi meyveler ikiye bölünmüş, dilimlenmiş vb. şekillerde de kurutulabilmektedir (Alaşalvar ve Shahidi, 2013a, 2013b).

Son on yıldaki değerler kurutulmuş meyve üretiminde pozitif bir trend olduğunu ve üretim miktarının arttığını göstermektedir. En fazla üretimi gerçekleştirilen kurutulmuş meyve üzüm'dür. Hurma ise ikinci sırada yer almaktadır. Kuru erik,

yaban mersini, kayısı ve incir ise yüksek miktarda üretimleri olan diğer meyvelerdir. Türkiye kuru meyve üretiminde Dünyada Amerika'dan sonra ikinci sırada gelmektedir. Kurutulmuş kirazgiller ve turunçgil meyveleri ile ilgili üretim istatistikleri ise bulunmamaktadır (INC, 2019).

Kuru üzüm, incir, hurma, erik ve kayısı hemen hemen tüm market ve satış yerlerinde bulunabilirken kuru elma, ananas, taneli meyveler, mango, papaya gibi ürünler yerel marketlerde bulunabilmektedir. Taflanın taze olarak yaygın şekilde bile satışı bulunmazken endüstriyel düzeyde kurutulmuş ürüne ulaşmak pek mümkün değildir. Taflanın da dahil olduğu birçok meyve sağlık üzerinde olumlu etkileri olan biyoaktif maddeleri içermekte ve epidemiyolojik kanıtlar kuru meyve tüketimi ile diyet kalitesi arasında olumlu ilişki olduğunu göstermektedir.Bu sebeplerle taflan meyvesinin kurutularak muhafazası ve tüketilmesi önemli olmaktadır (Coleman vd., 2008; Keast, O'Neil ve Jones, 2011).

Kurutma işlemi son ürün elde etme amacıyla uygulanabildiği gibi ara ürün üretiminde de tercih edilen yöntemlerden birisidir. Özellikle meyve tozları gıda endüstrisinde birçok ürünün bileşiminde ara ürün olarak kullanılmaktadır. Kurutulmuş meyve tozları her dönemde kullanıma hazır olması, aroma, renk ve lezzeti artırması gibi sebeplerle tercih edilebilmektedirler. Meyveli süt ve yoğurt, puding, reçel ve marmelat gibi pek çok üründe kullanılmaktadır. Farklı yöntemlerle kurutulan meyve öğütülüp toz haline getirildikten sonra ara ürün olmak üzere hazır hale getirilmektedir. Meyve tozu üretiminde meyvenin yapısında bulunan şekerlerin kurutma esnasında ortaya çıkardığı yapışkanlık, topaklaşma gibi sorunlar katkı maddelerinin kullanımı ile elimine edilebilmektedir. Biyoaktif bileşenlerce zengin taflan tozu üretiminde maltodekstrin DE5 veya maltodekstrin DE47-trikalsiyum fosfat kullanılması ile ürün kalitesinin iyileştirilerek sağlıklı gıdalar için iyi bir ara ürün olabileceği belirtilmiştir (Ergüney, Gülsünoğlu, Fıratlıgil-Durmuş ve Kılıç-Akyılmaz, 2015).

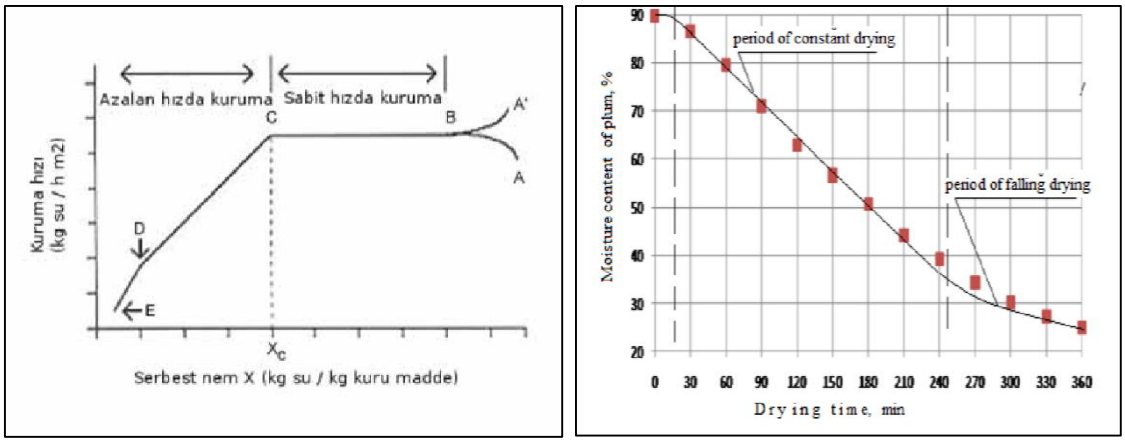
1.1.6.1 Kuruma Eğrilerinin Özellikleri

Kuruma eğrileri ürünün kurutma süresi boyunca nem miktarının veya kuruma hızının zamanla değişimini göstermektedir. Genellikle sabit hızda kuruma ve bir ya da iki adet azalan hızda kuruma periyodundan oluşmaktadır (Şekil 1.8). Ürün yüzeyinin denge nem değeri olan B noktasına kadar ürün sıcak veya soğuk ise kısa süre içinde nem alır veya kaybeder (A' veya A). Bu süre genellikle çok kısa olduğundan analiz sırasında ihmal edilmektedir. Periyotlar şu şekilde açıklanabilmektedir (Bingöl, 2009):

Sabit hızda kuruma periyodu (B-C): Ürünün su içeriğinin serbest formda ve yüzeyde tutulduğu, buhar basıncının en yüksek seviyede olduğu bölgedir. Üründen buharlaşan su miktarı saf sudan buharlaşan su miktarına çok yakın değerdedir. Ürünün yüzey sıcaklığı yaş termometre sıcaklığıdır.

Birinci azalan hızda kuruma periyodu (C-D): Ürünün buhar basıncı sabit hızda kuruma periyodundakine yakın bir değerdedir. Yüzey sıcaklığı yaş termometre sıcaklığından yüksek olmaktadır. Suyun gıdanın iç kısımlarından yüzeye doğru difüzyon ile taşındığı kabul edilmektedir.

İkinci azalan hızda kuruma periyodu (D-E): Su kılcallarda tutulmakta ve taşınması çok yavaş gerçekleşmektedir. Kuruma hızı çok hızlı bir şekilde düşmektedir. Suyun kısmi buhar basıncı hızla azalmaktadır.



Şekil 1.8 Kuruma eğrilerinin temel periyotları (Barbosa-Canovas ve Vega-Mercado, 1996; Kurmanov vd., 2015)

1.1.7 Kurutma Yöntemleri

Meyve ve sebzelerin kurutulmasında güneşte kurutma, fırında kurutma, sıcak hava ile kurutma, vakum kurutma, mikrodalga kurutma, ozmotik kurutma, infrared kurutma, sprey kurutma, akışkan yatak kurutma ve dondurarak kurutma (liyofilizasyon) gibi yöntemler kullanılabilmektedir. Bu yöntemler son ürünün istenen özelliklerine ve kalitesine göre birlikte kullanılarak veya modifiye edilerek kullanıldığında avantajlar sağlamaktadır (Çelik vd., 2020; M. M. Rodríguez, A. Rodriguez ve Mascheroni, 2015).

En eski kurutma yöntemi güneşte kurutma olarak bilinmektedir. Güneşte kurutulmuş ürünler homojenize olmamakta ve son ürün karamelize ve aşırı kurutulmuş olabilmektedir. Kurutulacak ürünlerin direk güneş ışığına maruz bırakılması ürünün rengini, vitamin içeriğini ve aromasını etkileyebilmektedir. Özellikle nemli havalarda kurutmanın yapılması sırasında gece boyunca ürün re-absorpsiyona maruz kalabildiğinden bozulmalar meydana gelebilmekte ve kuruma süresi uzayabilmektedir. Bu sebeple işlem süresinin kısa ve son ürün kalitesinin iyi olduğu ürünler elde edebilmek için farklı kurutma yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Chen vd., 2020; Deng vd., 2017; Gao vd., 2012; Slatnar, Klancar, Stampar ve Veberic, 2011).

1.1.7.1 Sıcak Hava ile Kurutma

Sıcak hava ile kurutma (HAD, konvektif kurutma) işlemi çok çeşitli meyve ve sebzelerin kurutulmasında yaygın olarak kullanılan basit bir yöntemdir. Kapalı ve ısıtılan bir bölme içinde kurutma gerçekleştirilmektedir. Ürün açık tepsilere yerleştirildikten sonra sıcak hava ürünün üzerinden geçirilmektedir (Rahman ve Perera, 2007). Sıcak hava ile kurutmada su buharlaştırma tekniği ile uzaklaştırılmaktadır. Güneşte kurutma yöntemi ile kıyaslandığında mikrobiyal kontaminasyonu azaltması, proses parametrelerinin kontrol edilebilir olması, işlem süresini kısaltması ve düşük iş maliyetleri gibi üstünlüklere sahiptir (Calín-Sánchez vd., 2013; Gao vd., 2012). HAD işleminin bu avantajları bulunmakla birlikte modern kurutma teknolojileri ile karşılaştırıldığında HAD işleminde yüksek sıcaklık ve uzun

süre uygulanmasından dolayı biyoaktif bileşenler önemli derecede bozunabilmekte, antioksidan kapasite düşmekte ve istenmeyen tat oluşabilmektedir (Singh ve Ambrose, 2008).

Sıcak hava ile kurutma işlemi genellikle 50°C ile 110°C arasında uygulanmaktadır. Ürün üzerinden geçirilen sıcak havanın hızı 0,1-5,0 m/s arasında değişmektedir. Güneşte kurutma yöntemine kıyasla kurutma süresi kısa iken modern kurutma yöntemlerine göre süre uzun kalabilmektedir. Bunun sebebi HAD işleminde azalan hızda kuruma periyoduna geçildiğinde ürünün kuruma hızının düşmesinden dolayı kuruma süresinin uzamasıdır. Ayrıca su moleküllerinin gıda biyopolimer matriksine bağlı olmasından dolayı kurutma ilerledikçe üründeki düşük nem miktarı buharlaşma entalpisini artırmaktadır. Bu sebeple kurutma işlemi gıdanın uzun süre ısıtılmasını gerektiren enerji yoğun proses olmaktadır. Bunun sonucunda fitokimyasal ve fiziksel kalite bozulmaları ortaya çıkabilmektedir (Nemzer vd., 2018).

Kurutulmuş ürünlerde yüksek sıcaklık uygulaması sonucunda enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyon (maillard reaksiyonu) ürünleri meydana gelebilmektedir. Bu ürünlerden en önemlisi ve genotoksik olabilen hidroksimetil furfural bileşiği kurutulmuş erik ve erik suyu ile beslenen insan idrarında tespit edilmiştir (Prior, Wu ve Gu, 2006). Ancak Lavelli ve Vantaggi. (2009) maillard reaksiyonlarının kurutulmuş ürünlerde çok düşük seviyelerde oluştuğunu, suyun hareketinin az olmasından dolayı su aktivitesinin reaksiyon için gereken kritik seviyenin altında olmasının reaksiyon hızını artırmadığını belirtmişlerdir.

Sıcak hava ile kurutma yöntemi tek başına kullanılabildiği gibi diğer kurutma yöntemlerinin ön işlem olarak uygulanmasından sonra veya birarada kullanımları şeklinde de uygulanabilmektedir. Sıcak hava ile kurutma işlemine göre kurutma süresini ve kurutma sıcaklığını düşürebilmek için mikrodalga ve infrared radyasyon gibi diğer enerji kaynakları ile kombine uygulamaları üzerinde araştırmalar yapılmaktadır (Badwaik, Choudhury, Borah, Sit ve Deka, 2014; Orsat, Yang, Changrue ve Raghavan, 2007). Mikrodalga kurutma işlem süresini kısaltması, biyoaktif bileşenler üzerindeki olumsuz etkinin azaltılması açısından tercih

edilebilmektedir (Igual, Garcia-Martinez, Martin-Esparza ve Martinez-Navarrete, 2012). Taflan meyvesinde mikrodalga ile kurutmanın, işlem süresini infrared kurutma tekniğine göre kısalttığı belirtilmiştir. Mikrodalga yönteminde dalga gücünün artırılmasının kuruma hızını artırdığı ve kuruma süresini kısalttığı belirtilmiştir (Güleç ve Turhan-Özdemir, 2017). Mikrodalga kurutmada enerji gıdanın iç kısımlarındaki su molekülleri tarafından absorplandığı için hızlı bir buharlaşma meydana gelmekte ve böylece düşük sıcaklıklarda daha hızlı bir kuruma sağlanmaktadır (Maskan, 2000). Mikrodalga ile ısıtmanın ortaya çıkardığı sık karşılaşılan problem gıdanın yüzeyinde nemin birikmesidir. Ayrıca kurutulmak istenen ürünün işlem süresince fazla ısınmasını önlemek için mikrodalganın gücü adım adım kontrol edilmelidir (Pardo ve Leiva, 2010; Wojdyło vd., 2016).

Ozmotik kurutmanın ön işlem olarak uygulandığı sıcak hava ile kurutma yöntemleri son yıllarda tercih edilebilmektedir. Mumsu tabakaya sahip meyvelerin kurutulması öncesinde farklı çözeltilere daldırma işlemi uygulanarak kurutma etkinliği ve son ürün kalitesi artırılabilmektedir. Bu amaçla bütün veya parçalar halindeki meyve veya sebze şeker (sukroz, fruktoz, glukoz), şeker alkolleri (sorbitol), biyopolimer (pektin, nişasta, maltodekstrin), tuz, sodyum hidroksit, sülfürdioksit, metil veya etil oleat, etil oleat-potasyum karbonat, sıcak su veya bu çözeltilerin sıcak/soğuk kombinasyonlarına daldırılmaktadır. Soğuk daldırmada kuruma hızı daha düşük iken son ürünün renk kalitesi daha iyi olmaktadır. Sıcak daldırma ise kuruma hızını daha çok artırmaktadır. Çünkü meyvelerin kütikül tabakası üzerinde yarıklar ve delikler meydana getirmektedir. Meyve veya sebze belli konsantrasyon düzeylerine getirilip dehidre edildikten sonra son aşama olarak HAD işlemi ile istenen nem seviyesine kadar kurutulmaktadır. Bu şekilde kurutma işlem süresi kısalırken ürünün renk, tat, antioksidatif özellikleri ve sanitasyon kalitesi de artmaktadır (Bingöl, 2009; M. M. Rodríguez vd., 2015).

1.1.7.2 Dondurarak Kurutma

Dondurarak kurutma (FD) genel olarak en iyi kurutma yöntemi olarak düşünülmektedir. Çok düşük nem içeriğine sahip, duyusal özelliklerin ve biyoaktif bileşenlerin korunduğu kurutulmuş ürünler elde edilebilmektedir. Ayrıca daha az

büzülme gösteren ve yüksek rehidrasyon kapasiteli ürünler ortaya çıkmaktadır. Proses için düşük sıcaklığa ihtiyaç duyulması ve suyun sıvı olarak yapıda olmaması sebebiyle çoğu bozulmalar ve mikrobiyal reaksiyonlar engellenmekte ve son ürünün kalitesi çok iyi olmaktadır (Asami, Hong, Barrett ve Mitchell, 2003; Ratti, 2001). Ancak FD işleminin kurutma süresinin uzun olması, pahalı olması ve soğutma veya vakum sistemlerine olan ihtiyaçtan kaynaklı kullanım kolaylığının olmaması gibi dezavantajları sebebiyle kullanımı sınırlı kalmaktadır (Huang, Zhang, Yan, Mujumdar ve Sun, 2009).

Dondurarak kurutma işlemi üç aşamadan oluşmaktadır. Ürün önce dondurulmakta sonra birincil kuruma ve ikincil kuruma periyodundan geçirilmektedir. Ürün içinde hareket yeteneği olan serbest su birinci aşamada dondurulmaktadır. Kurutulmuş ürünün yapısını, taze ürün yapısı ve donmuş ürünün içindeki buz kristallerinin dağılımı gibi faktörler etkilediği için dondurma aşaması önemli olmaktadır. Birincil kurutma basamağında donmuş ürün vakum altında ısıtılarak süblimasyon ile suyun yapıdan uzaklaşması sağlanmaktadır. Ürün bu aşamada ötektik nokta (0,627Pa-0°C) altında tutulur. Bu şekilde ürün yapısındaki toplam suyun yaklaşık %90'ı, serbest halde bulunan suyun tamamı ve bir miktar bağlı su uzaklaştırılmış olmaktadır. İkincil kurutma basamağında sıcaklık artırılır ve suyun kısmi buhar basıncı düşürülür ve böylece donmamış halde bulunan bağlı suyun desorpsiyon ile uzaklaştırılması sağlanır. Son aşamadan sonra üründe %1-3 oranında nem kalmaktadır. Dondurularak kurutulmuş ürünlerde serbest suyun tamamı ve bağlı su uzaklaştırılmış olmaktadır. Ürün içinde kalabilen su miktarı ürünün yapısına ve raf ömrüne etki etmeyecek kadar az olmaktadır (Fellows, 2000; Welti-Chanez, Bermudaz, Valdez-Fragoso, Mujica-Paz ve Alzamora, 2004).

1.1.7.3 Ultrases Destekli Vakum Kurutma

Ultrases 20 kHz'in üzerindeki frekansa sahip ses dalgaları tarafından üretilen mekanik bir enerji şeklidir. Son yıllarda çevreci yeni teknoloji olması sebebiyle bir çok alanda kullanılmaktadır. Gıda endüstrisinde pişirme, kesme, köpük giderme, gaz giderme, kurutma, emülsifikasyon, ekstraksiyon, filtrasyon, dondurma ve

oksidasyon gibi işlemlerde uygulanmaktadır (Şahin-Ercan ve Soysal, 2013; F. Chemat ve M.K.K. Chemat, 2011).

Kurutma işlemlerinde ultrases teknolojisi iki şekilde uygulanabilmektedir: ultrases destekli kurutma (kurutma boyunca sürekli şekilde) ve ön işlem olarak ultrases kurutma. Ultrases destekli kurutma sisteminde, mekanik dalgalar hava ve ürün içine doğru hareket etmektedir. Katı-sıvı ara yüzeyindeki mikro çalkalanma katı yüzeyinin hemen yakınında üretilmektedir. Bu şekilde dış direnç azaltılırken sıvı içindeki toplam geçiş artırılmaktadır. Difüzyon sınır tabakasının azalması ile gerçekleşen bu durum ile katı/gaz ara yüzeyinde basınç değişiklikleri ortaya çıkarılmaktadır. Sonunda yüzeydeki nemin evaporasyon hızı artırılmış olmaktadır. Ultrases işlemi ön işlem olarak uygulandığında ise mekanizma tamamen farklılık göstermektedir. Ürün distile su veya ozmotik çözelti gibi bir sıvı ortam içine daldırılmakta ve ultrases işlemi uygulanmaktadır. Bu işlemden sonra uygulanmak istenen diğer kurutma yöntemine geçilmektedir. Bu şekilde ön işlem uygulanan ürünlerin iç direnci ultrasesin yapısal değişikliklere sebep olmasından dolayı azaltılmaktadır (Ricce, Rojas, Miano, Siche ve Augusto, 2016).

Kurutma proseslerinde ısıtma etkisinden daha çok mekaniksel mekanizma (kütle transferi) temelli kinetik üzerindeki etkisi sebebiyle ultrases işlemine olan ilgi artmaktadır. Ürünün önemli derecede ısıtılmadan kurutma süresinin kısaltılması gerçekleştirilmektedir. Ultrases destekli konvektif kurutma işleminde bu sayede daha ılımlı kurutma sıcaklıklarında çalışabilmek mümkün olmakta ve son ürün kalitesi daha iyi olmaktadır (Puig, Perez-Munuera, Carcel, Hernando ve Garcia-Perez, 2012).

Vakum kurutma tekniğinde oksijenin olmadığı ortamda düşük ve orta derecedeki kurutma sıcaklıklarında etkili bir kurutma sağlanmaktadır. Böylece gıdanın biyoaktif bileşenleri ve duyusal kalitesi korunabilmektedir (Reis, 2014). İşlem sırasında basınç düşürüldüğü için düşük sıcaklıklarda kolay bir şekilde nem üründen uzaklaştırılmaktadır (Ghaboos, Ardabili, Kashaninejad, Asadi ve Aalami, 2016). Çevresel basıncın düşürülmesi ile üründe şişme etkisi ortaya çıkmakta gevrek bir yapı ve taze ürün görünümüne yakın bir görüntü sağlanmaktadır. Ayrıca

kurutulmuş ürünün rehidrasyon oranı artırılmaktadır (Calín-Sánchez vd., 2013; Hu, Zhang, Mujumbar, Xiao ve Sun, 2006). Renk, yapı ve vitaminler sıcaklık artışıyla birlikte olumsuz etkilendiğinden kurutma işleminde göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu amaçla vakum kurutma genellikle sıcaklığa duyarlı olan ürünlerin kurutulmasında kullanılmaktadır (Alibaş, 2012).

Ultrases destekli vakum kurutma (USV) yöntemi modern kurutma yöntemlerinden birisidir. Kurutma süresini kısaltmak için ultrasonik işlem ve vakum kurutma tekniğinin kombinasyonuna dayanmaktadır. Uygulamada, vakum kurutma atmosferik basınçtan daha düşük bir çevresel basınç oluşturulmasını sağlayarak üründeki suyu düşük sıcaklıklarda buharlaştırmaktadır. Üründen nem transferi artırıldığı için kuruma hızı da artmaktadır. Kurutma prosesi ilerledikçe, suyun gıdanın iç kısımlarından yüzeyine doğru transferi yavaşlamaktadır. Tekniğin diğer ana bileşeni olan ultrasonik işlem eş zamanlı olarak ısı transferine yardımcı olmakta ve kullanılan mekanik dalgalar tarafından materyalin iç kısımlarından yüzeyine doğru nem transferi hızlandırılmaktadır. Ultrases gücü uygulanarak meyve ve sebzelerin dokularında mikroskobik boşluklar meydana getirilmektedir. İç kısımlara bağlı olan su mikroskobik kanallardan kolay bir şekilde yüzeye doğru çıkmakta ve buharlaşmaktadır. Böylece kombine uygulama sayesinde vakum kurutma ile hızlı kurutma işlemi için çevresel basınç azaltılırken ultrasonik işlem ile ısı ve kütle transferi artırılmış olmaktadır. Kurutma işlem süresi bu şekilde kısaltılmaktadır (Başlar, Kılıçlı ve Yalınkılıç, 2015).

Ultrases uygulamasının meydana getirdiği üç farklı etki söz konusudur: 1) Mekanik titreşim oluşumu, 2) Akustik dalga oluşumu, 3) Akustik kavitasyon. Mekanik titreşim ve akustik dalga oluşumu kavitasyonel olmayan fiziksel etki olarak sınıflandırılmaktadır. Mekanik titreşim ile katı parçacıklar parçalanabilirken akustik dalga etkisi ile kütle transferi artırılmaktadır. Bu etkiler sayesinde ekstraksiyon verimliliği artırılabilmektedir (Ashokkumar vd., 2010). Kavitasyon ise ultrases uygulamasındaki ana etkidir. Sıvı içinde var olan mikro baloncukların büyümesi ve patlaması ile meydana gelmektedir. Bu baloncukların patlaması sırasında oluşan sıcaklık ve basınç etkisiyle su buharı ve gaz molekülleri arasında

endotermik kimyasal reaksiyonlar ve kayma kuvveti, türbülans ve mikrojet gibi fiziksel etkiler oluşmaktadır. Uygulanan ultrases frekansı ve gücüne göre geçici veya kararlı kavitasyon meydana gelmektedir. Daha yüksek frekans (≥200kHz) ve daha düşük ultrases gücünün ($1W/cm^2$) kullanıldığı ultrasonik banyo sistemlerinde kararlı kavitasyon meydana gelmektedir. Bu şekildeki ultrases uygulaması ile ürün yapısında herhangi bir zarara sebep olunmadan kavitasyonel olmayan fiziksel etkilerin oluşmasının istendiği ekstraksiyon işlemleri gerçekleştirilebilmektedir (Ashokkumar vd., 2010).

Kavitasyon ile meydana gelen kayma kuvvetleri bazı proseslerde polimerik maddelerin kovalent bağlarını kırmak için kullanılabilmektedir (Güzey, 2002). Süte yüksek güçlü ultrases işlem uygulamasının yüksek sıcaklıkta ısıl işlem uygulamasının neden olduğu protein denatürasyonuna benzer bir denatürasyona ve denatürasyon miktarına sebep olduğu belirtilmiştir (Türkmen, 2012).

Ultrases işleminin uygulandığı materyalde ultrasonik dalgaların geçtiği bölgelerde katmanların daralması ve genişlemesi sonucunda sünger etkisi oluşturmaktadır (Gallego-Juarez, Rodriguez-Corral, Ga Lvez-Moraleda ve Yang, 2007). Sürekli devam eden bu mekanik stres suyu örneğin yüzeyine doğru hareketine zorlamaktadır. Bu olay süngerin sıkılması ve gevşemesine benzediği için 'sünger etki' olarak isimlendirilmektedir. Gözenekli yapıya sahip olan patlıcanın kurutulmasında sünger etkisi daha iyi görüldüğünden kurutma süresinin kısaltılmasında ultrases etkili olurken havuç, limon kabuğu ve hurma üzerinde yapılan çalışmalarda kurutma süresinin kısaltılmasında o kadar etkili olmadığı belirtilmiştir. Gözenekli gıdaların ultrasesin mekanik etkisine karşı yapısal direncinin düşük olduğu belirtilmiştir (Puig vd., 2012).

USV işlemi ile kurutulan Trabzon hurmasının antioksidan aktivitesinin dondurarak kurutma işleminden sonra taze meyveye en yakın değerde olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada toplam fenolik ve flavonoid içeriği ile antioksidan aktivite arasında yüksek korelasyon değeri elde edilmiştir. USV işlem sonrasında HAD işlemine göre üründe biyoaktif maddeler daha iyi korunabildiğinden ürünün antioksidan aktivitesinde de fazla bir azalma gözlenmemiştir. Fenolik bileşiklerin dağılımı ve

oranları açısından USV işleminin Trabzon hurmasının kurutulmasında hem kuruma süresini azaltması hem de maliyeti düşürmesi sebebiyle dondurarak kurutma işlemine alternatif olabileceği belirtilmiştir (Kayacan vd., 2019).

Puig vd. (2012) tarafından patlıcan sıcak hava ve ultrases destekli sıcak hava ile kurutulmuştur. Ultrases destekli sıcak hava ile kurutma yönteminin sıcak hava ile kurutma yöntemine göre kurutma süresini yaklaşık iki kat düşürdüğü tespit edilmiştir. Ayrıca ultrases gücünün iki katına çıkarılmasıyla kurutma süresinin yarıya düştüğü belirlenmiştir. Kurutma süresinin kısalması ile maliyetin de azalacağı belirtilirken özellikle sıcaklığa duyarlı bileşenleri içeren gıdaların ultrases destekli sıcak hava ile düşük sıcaklıkta kurutulabileceği belirtilmiştir.

USV tekniği, sıcak hava ve vakum kurutma yöntemlerinin tavuk eti ve kırmızı et üzerindeki etkileri araştırılmıştır. USV ile kurutma sonrası her iki son ürünün de daha kaliteli olduğu gözlenmiştir. Etkin nem difüzyon katsayısının USV işleminde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kurutma süresini yaklaşık 2,5 kat kısalttığı için prosesin enerji maliyetini düşürmüştür (Başlar, Kılıçlı, Toker, Sağdıç ve Arıcı, 2014). USV yöntemi balık üzerinde de benzer etkileri göstermiştir. Kurutma sıcaklığının artırılması işlem süresini USV tekniğinde diğer yöntemlerde olduğu gibi kısaltmıştır. Vakum kurutma tekniği ile kıyaslandığında USV yönteminin enerji tüketimi biraz daha yüksektir ancak sıcak hava ile kurutma tekniğine göre daha düşüktür (Başlar vd., 2015).

USV, Vakum, HAD işlemi taze fasulyelerin kurutulmasında 55-65-75°C olmak üzere 3 farklı sıcaklık değeri için uygulandığında USV-65°C işleminin toplam fenolik madde miktarında en yüksek sonuç gösterdiği tespit edilmiştir. Sıcaklık artışı ile toplam fenolik miktarının arttığı görülmüştür. Ultrasesin kavitasyon etkisiyle fenolik bileşiklerin ekstrakte edilebilirliğinin artmasının USV değerlerinin yüksek çıkmasında rol oynadığı belirtilmiştir (Tekin, Başlar, Karasu ve Kılıçlı, 2017).

USV yönteminin ürünlerin mikrobiyal yükünün azaltılmasında da etkili olduğu belirlenmiştir. Tekin ve Başlar. (2018)' ın çalışmasında USV ile kurutulan kırmızı

biberlerdeki toplam küf ve maya miktarındaki azalmanın diğer kurutma yöntemlerine göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

1.1.7.4 Ozmotik Kurutma

Ozmoz kısmi dehidrasyon prosesi olarak bilinmektedir. Ozmotik kruutma ürünün kurutulmuş olarak tanımlanabileceği kadar yeterli nemi uzaklaştıramasa da proses az enerji gereksinimi nedeniyle avantajlıdır. Genellikle diğer kurutma işlemlerinden önce ön işlem olarak uygulanmaktadır. Son yıllarda sıklıkla meyvelere ve daha az sayıda olmak üzere sebzelere ozmotik kurutma işleminin uygulanması ile orta nemli gıdalar üretilebilmekte veya ön işlem sayesinde enerji tasarrufu sağlanmakta veya ısıl işlemden daha az zarar görmüş kurutulmuş ürünler elde edilebilmektedir. Ozmotik kurutma işleminde sıcaklık, örnek/çözelti oranı, süre, örnek boyutu ve şekli, ozmotik ajanlar ve çözelti konsantrasyonu gibi parametrelerin gözönünde bulundurulması gerekmektedir (Akbarian, Ghasemkhani ve Moayedi, 2014; Sagar ve Kumar, 2010).

Sagar ve Kumar. (2007) 'ın guava dilimlerine yüksek şeker konsantrasyonu (600B) ve sıcaklık (60°C) uygulaması sonrasında üründen nem kaybının arttığını ürün içinde katı madde miktarının yükseldiğini belirtmişlerdir. Suyun dokulardan çözelti içine difüzyonunu sağlayan itici güç hipertonik çözeltinin yüksek ozmotik basıncı sayesindedir. Genellikle işlem boyunca kütle transfer hızının düşük kaldığı belirtilmiştir. Bu amaçla ozmotik kurutma kısmi vakum, ultra yüksek hidrostatik basınç, yüksek yoğunluklu darbeli elektrik alan uygulamaları, süper kritik CO_2 işlemi gibi uygulamalarla birlikte kullanılabilmektedir (Sagar ve Kumar, 2010).

1.1.7.5 Mikrodalga Kurutma

Mikrodalga kurutma yönteminde 300MHz-300GHz frekans aralığındaki elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Mikrodalgalar bir fırının içinde ev tipi elektrik hatlarından gelen 60Hz frekansındaki alternatif akımın 2.450MHz' e kadar yükseltilmesiyle üretilmektedir. Bu işlem magnetron olarak isimlendirilen bir kaynak tarafından gerçekleştirilmektedir. Mikrodalga enerjisinin kurutma için kullanılması enerji sarfiyatının düşürülmesi açısından önemlidir. Daha etkili bir kurutmanın

yapılabilmesi için mikrodalga kurutma tekniği, zorlamalı hava veya vakum teknikleriyle birlikte kullanılabilmektedir. Materyale mikrodalga enerjisi uygulandığı zaman moleküler uyarılma ile ürünün ısınması sağlanmaktadır. Ardından su buharının üründen uzaklaştırılması gerçekleştirilmektedir. Ürün mikrodalga enerjisini absorplamaya devam ettikçe, ürünün merkez sıcaklığı daha büyük olduğundan sıcaklık gradiyenti oluşmakta ve böylece nem üründen uzaklaştırılmaktadır. Mikrodalga kurutma ile konvensiyonel kurutmaya göre kuruma süresi düşürülmekte ve azalan hızda kuruma periyodunda ürün içinde kalan nem daha kolay bir şekilde üründen uzaklaştırılabilmektedir (Orsat, Changrue ve Vijaya-Raghavan, 2006; Sagar ve Kumar, 2010).

Muz dilimlerinin mikrodalga ile kurutulmasında mikrodalganın güç yoğunluğu ve çevrim süresi değiştirilerek son ürün kalitesinin iyileştirildiği bildirilmiştir. Kurutulmuş havuçta, renk, büzülme ve rehidrasyon özelliklerinin geliştirildiği belirtilmiştir. (Wang ve Xi, 2005). Benzer şekilde üzümün mikrodalga ile kurutulması sonrasında sıcak hava ile kurutmaya göre renk, yapının zarar görmesi, rengin kararması, şekerin kristalleşmesi, yapışkanlık ve homojenlik açısından daha iyi olduğu tespit edilmiştir (Tulasidas, Raghavan ve Mujumbar, 1995).

1.1.7.6 İnfrared Kurutma

İnfrared radyasyon enerjisi ısıtıcı elementten ürünü çevreleyen hava ısıtılmaksızın gönderilmektedir. İlk olarak materyalin üzerine çarpan infrared enerjisi sonrasında ürünün içine nüfuz eder ve ısıya dönüştürülür. Kurutma boyunca kuru materyalin absortivitesi düşerken ürün içindeki su içeriğinin azalmasından dolayı yansıtma ve geçirgenliği artmaktadır. Absorptivite, penetrasyon derinliği ve geçirgenlik infrared ısıtıcının dalgaboyu ve yoğunluğuna ve materyalin özelliklerine bağlıdır. İnfrared kurutmanın avantajları yüksek ısı transfer katsayısı, kuruma süresinin kısalması ve materyal sıcaklığının kolay kontrol edilebilir olmasıdır. Konvansiyonel veya vakum tekniği ile kombinasyonları şeklinde uygulamaları giderek yaygınlık kazanmaktadır (Grdzelishvili ve Hoffman, 2012; Riadh, Ahmad, Marhaban ve Soh, 2014).

İnfrared kurutma tekniği ile kurutulan hünnap meyvesinin kuruma hızının infrared güç yoğunluğundan etkilendiği belirlenmiştir. İnfrared güç yoğunluğunun artırılması meyvenin daha kısa sürede kurumasına sebep olmuştur. Meyvenin toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan kapasitesi infrared gücü artırıldıkça artarken istenmeyen renk değişiminin olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada ayrıca potasyum karbonat (%5) ve zeytinyağı (%0,5) içeren çözeltide 20°C'de 2dk bekletilerek ön işlem uygulanan meyvelerin değerlerinin ön işlem uygulanmayan örneklere göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Doymaz, Karasu ve Başlar, 2016).

1.1.8 Kurutma Sırasında Meydana Gelen Kalite Değişiklikleri

1.1.8.1 Renk Değişimi ve Esmerleşme Reaksiyonları

Kurutulmuş ürünlerin rengi tüketici tercihlerini belirleyen en önemli faktörlerden birisidir. Kurutma süresince ürünün rengi enzimatik oksidasyon, Maillard reaksiyonu, C vitamini oksidasyonu, karotenoid degradasyonu, enzimatik olmayan esmerleşme ve diğer prosesler sonucunda değişebilmektedir. Kurutma sıcaklığının düşük tutulması ile enzimatik esmerleşme reaksiyonları artarken diğer reaksiyonların oluşması engellenebilmektedir (Chen vd., 2019).

Esmerleşme reaksiyonları ürünün rengini ve tadını değiştirmekle kalmayıp çözünürlüğünü ve besinsel değerini de azaltmaktadır. Maillard reaksiyonu ve karamelizasyon başlıca enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarıdır. Çok düşük veya çok yüksek nem içeriğine sahip gıdalarda reaksiyon yavaşlarken orta derecede nem içeren gıdalarda reaksiyon hızlanmaktadır. Kurutma işlem sıcaklığının düşük tutulması ile esmerleşme reaksiyonlarının büyük ölçüde önüne geçilebilmektedir. Maillard reaksiyon hızı ürünün su aktivitesi 0,65 ile 0,70 arasında iken maksimum değerdedir. Bu değerin altında veya üstünde reaksiyon hızı düşmektedir (Okos vd., 2007; Us, 2007).

Meyve ve sebzelerin kurutulması sırasında doğal renk maddeleri antosiyaninlerin bozunmaları son ürünün beslenme kalitesini etkilerken aynı zamanda rengini de değiştirdiği için önemlidir. Özellikle HAD yöntemi gibi ısıl işlemin uygulandığı kurutma proseslerinde dikkate alınması gerekmektedir. 60°C'nin üzerindeki

sıcaklıklarda ve uzun süreli işlem koşullarında üzüm antosiyaninlerinin miktarının azaldığı belirtilmiştir (Karasu vd., 2016). Antosiyaninlerin degradasyonunu önlemek veya azaltmak için kurutma başta olmak üzere ısıl işlemin uygulandığı tüm proseslerde sıcaklık ve süre optimizasyonu yapılmalıdır (Sabarez, 2014).

Topuz, Feng ve Kushad. (2009) dondurarak kurutma işleminin biberlerin rengini koruduğunu tespit etmişlerdir. Sıcaklığın düşük olmasının daha az pigment dekompozisyonuna neden olduğunu ve vakum altında işlemin gerçekleşmesinin pigment oksidasyonunu önlediğini belirtmişlerdir.

1.1.8.2 Rehidrasyon ve Büzülme

Gıda matriksinin kurutma işlemi sebebiyle yeniden yapılandırılması daha sağlıklı formülasyonların stabilitesinin geliştirilmesi ve biyoaktif bileşiklerin biyoyararlılığı açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle kurutma proseslerinde ürünün yapısal ve mikroyapısal değişikliklerinin hücresel düzeyde belirlenmesi gerekmektedir. Bu değişiklikler ürün iç kısımlarından yüzeye ve çevreleyen havaya doğru nemin uzaklaştırılması ile ilgilidir. Sertlik, bozulma, hücre duvarının zarar görmesi ve dokuların çökmesi söz konusu değişikliklerin sonucunda ortaya çıkmaktadır (Vega-Gálvez vd., 2013).

Rehidrasyon kurutulmuş bir gıdanın yapısına kurutma ile kaybettiği suyu tekrar alabilme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır. Kurutma sırasındaki kimyasal ve yapısal değişimler, kurutma koşulları, kurutma öncesinde uygulanan ön işlemler ve gıdanın kompozisyonu rehidrasyon kapasitesini etkilemektedir. Kurutma işleminde yapısal ve hücreler bozulmalar en aza indirildiği durumda rehidrasyon miktarı daha yüksek olmaktadır (Marques, Prado ve Freire, 2009; Okos vd., 2007).

Büzülme olayı kurutma işlemlerinde oluşan temel fiziksel değişikliklerden biridir. Üründen suyun buharlaştırılması süresince kapiler kanalların çökmesi sonucu oluşmakta ve kurutulmuş ürünlerin kalitesinde olumsuz etki yaratmaktadır. Büzülmenin en önemli etkisi ürün şeklinde değişikliğe sebep olmasıdır. Suyun uzaklaştırılması devam ederken gelişen stresten dolayı ürün yapısında değişiklik ortaya çıkmaktadır. Büzülen materyalde yapıdaki porların boyutu ve sayısında ileri

derecede azalma görülmektedir. Bu da ıslanabilirliği azaltarak, tekstürü değiştirerek ve adsorpsiyon gücünü azaltarak ürünün kalitesini etkilemektedir (Witrowa-Rajchert ve Rząca, 2009).

Bitki dokularının fiziksel özellikleri kurutma işlemleri boyunca meydana gelen değişikliklerden sorumludurlar. Hücrelerden suyun uzaklaştırılması hücre içindeki suda çözünen bileşenlerin hareketine neden olmakta ve hücre duvarında sertlik oluşturmaktadır. Bu şekilde bitki materyali büzülmeye uğramakta ve iç gerginlik arttığı için bitki materyalinin yapısı deforme olmakta ve bölgesel zararlar ortaya çıkmaktadır. Kurutma işlemleri ürünün hücre duvarında bozulmalara neden olmakta ve artan hacimli ve uzun şekilli bir hava alanını oluşturmaktadır. Bitki dokusunda nem içeriğinin azalmasıyla toplam bir doku büzülmesi, hücresel büzülme ve sonuçta hücre gözeneklerinde çökme meydana gelmektedir (Witrowa-Rajchert ve Rząca, 2009).

Büzülme kurutulan maddenin yapısına ve nem içeriğine bağlıdır. Kurutma yöntemleri, sıcaklık, hava akışı gibi işlem parametrelerine bağlı olarak hem büzülmenin boyutu hem de ürünün iç yapısındaki zararlanmaların derecesi değişebilmektedir (Witrowa-Rajchert ve Rząca, 2009).

Porozite kurutulmuş ürünler için bir diğer önemli fiziksel parametredir. Üründeki hava boşluğu hacminin toplam ürün hacmine oranı olarak tanımlanmaktadır (Perera, 2005). Büzülme porozite üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kurutulmuş elmanın porozite ve büzülme arasındaki yüksek korelasyon katsayısı (r^2=0,99) iki parametre arasındaki güçlü negatif ilişkiyi göstermektedir. Kurutulmuş üründe büzülme derecesi arttıkça dokuların porozitesinde azalma meydana gelmektedir (Witrowa-Rajchert ve Rząca, 2009).

1.1.8.3 Biyoaktif Madde İçeriğindeki Değişim

Fenolik bileşikler ısıya duyarlıdırlar ve uzun süren ısıl işlem uygulamaları yapılarında tersinmez kimyasal değişimlere yol açmaktadır. Isıl işlem süresince flavonoidlerin ve tanenlerin parçalanması, glikozidik yapının ayrılması veya bozunması sonucu ortaya çıkan aglikon yapı da fenolik miktarının azalmasında

etkili olmaktadır. Antosiyaninler ve diğer bazı polifenolik bileşikler ısıl işlem haricinde polifenol oksidaz, organik asit içeriği, şeker konsantrasyonu ve ortam pH'sından etkilenmektedirler. Kurutma süresince bu parametrelerin de gözönünde bulundurulması gerekmektedir. Uzun süreli işlemlerde enzim aktivasyonu sonrasında fenolik miktarında azalmalar görülebilmektedir (Park vd., 2009; Vashisth vd., 2011). Fenolik bileşikler hücre duvarında ve bağlı formda oldukları için termal işlemler, pastörizasyon ve dondurma işlemi bu bağlı fenolik bileşik yapının ayrılmasına katkıda bulunabilmektedir (Dewanto, Wu ve Liu, 2002).

Güneşte kurutma, sıcak hava, dondurarak ve mikrodalga ile kurutma işlemlerinin hünnap meyvesinin fenolik bileşiklerine etkisi araştırıldığında taze meyveye en yakın oranda fenolik bileşikleri içeren kurutma işleminin mikrodalga ile kurutma olduğu tespit gözlenmiştir. Güneşte kurutma ve sıcak hava ile kurutma yönteminde fenolik bileşiklerin miktarları diğer yöntemlere göre belirgin şekilde azalmış güneşte kurutma yönteminde bazı bileşenlerin (kateşin, epikateşin) hiç bulunmadığı tespit edilmiştir. Güneşte kurutma sonrasında örneğin toplam fenolik madde miktarında %77'lik bir azalma tespit edilmiştir. ABTS radikali sönümlendirme aktivitesinde de belirgin bir azalma görülmüştür (Gao vd., 2012).

Kurutma işlemi boyunca enzimatik reaksiyonlar toplam fenolik içeriğinin azalmasına sebep olabilmektedir (Sultana vd., 2012). Güneşte kurutma kadar çok olmasa da sıcak hava ile kurutma sonrasında da toplam fenolik madde miktarında azalma görülmüştür. Polifenol oksidaz enzimi kurutmanın ilk aşamalarında bir süre aktivitesini devam ettirdiği için taze meyveye göre fenolik madde miktarında bir miktar düşüşe neden olmuştur. Mikrodalga ile kurutulmuş örnekler ile taze meyve arasında toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite açısından farklılık görülmemiştir. Mikrodalga işlemi sıcak hava ile kurutmaya göre enzimleri daha hızlı inaktive etmektedir. Tüm kurutma işlemlerinde fenolik madde miktarı ile antioksidan aktivite arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu tespit edilmiştir (Gao vd., 2012).

Küp şeklinde doğranmış elmaların sıcak hava ile kurutulması sonrasında antioksidan aktivitenin azaldığı ve kurutma sıcaklığının artırılması ile antioksidan

aktivitenin daha fazla azalma eğiliminde olduğu tespit edilmiştir. Yüksek sıcaklık ve uzun süre fenolik bileşiklerin yapısına zarar verebildiği için antioksidan aktivitenin azalabileceği belirtilmiştir (Wojdyło, Figiel ve Oszmiański 2007). Başka bir çalışmada sıcak hava ile kurutulmuş çilek, kızılcık, yaban mersini ve vişnenin proantosiyanidin içeriğinin taze meyveye göre önemli oranda azaldığı belirtilmiştir (Nemzer vd., 2018).

Kurutma işlemi sonrası antioksidan aktivitedeki düşüşün sebebi antioksidan maddelerin bozunmasını sağlayan enzimler, fitokimyasalların termal degradasyonu ve antioksidan enzimlerin aktivitesindeki kayıplardır (Lim ve Murtijaya, 2007). Dondurarak kurutma işleminde termal degradasyon olmadığı için ve bozulma etmeni enzimlerin aktivitesine izin verilmediği için toplam fenolik madde ve antioksidan aktivitede azalma olmamaktadır. Ayrıca bitki matriksinde oluşan buz kristalleri hücre yapısında kopmalara sebep olduğu için hücresel bileşenler açığa çıkmakta, solventle muamelesi kolaylaşmakta ve ekstraksiyon verimliliği yükselmektedir (Nicoli, Anese ve Parpinel, 1999).

Ön işlem olarak ozmotik kurutmanın kullanıldığı sıcak hava ile kurutulan eriklerin incelendiği bir araştırmada kurutma sıcaklığı yükseldikçe toplam fenolik içeriğinin taze eriklere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. En düşük kurutma sıcaklığında (60°C) ise taze meyveye göre azalma görülmüştür. Flavonoid miktarında da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu sıcaklıkta PPO enziminin aktif oluşu fenolik bileşiklerde azalmaya sebep olmuştur. Sıcaklık 65-70°C'nin üzerine çıktığında enzim inaktivasyonu başlayacağından fenolik bileşik degradasyonu engellenmektedir (M. M. Rodríguez vd., 2015). İşlem sırasında hücre duvarının zarar görmesi sonucunda meyvelerde antioksidan aktiviteye olumsuz etkisi olan bazı oksidatif ve hidrolitik enzimler serbest kalmaktadır. Kurutma işleminin yüksek sıcaklıkta uygulanması ile bu enzimler inaktive edilmekte ve fenolik bileşiklerin kaybı engellenmektedir (Aksoylu ve Karakaya, 2013).

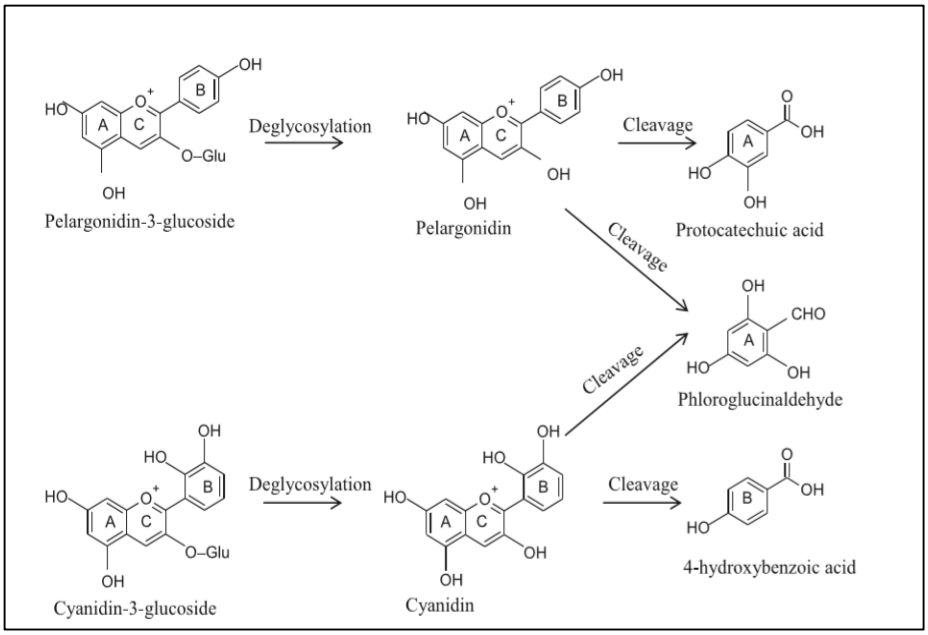
Fenolik bileşiklerce zengin gıdaların işlem sonrasında kateşin degradasyonunun birinci sebebi epimerizasyon, ikinci sebebi ise oksidasyon olarak gösterilmiştir. Genel olarak yüksek sıcaklık uygulamaları epimerizasyonu desteklemektedir.

Fenolik bileşiklerin epimerizasyonu, polimerizasyonu ve oksidasyonu dört farklı değişkene bağlıdır: 1) konsantrasyon, 2) fenolik bileşiklerin kimyasal yapısı, 3) diğer gıda bileşenleri ile ilişkisi, 4) gıda matriksinin özellikleri (Aksoylu ve Karakaya, 2013). Bazı durumlarda ise fenolik bileşiklerin miktarında taze meyveye göre artış görülebilmektedir. Yüksek sıcaklıkta fındığın kavrulması (70°C-6 saat, 130°C-33 dk) ile kateşin, epikateşin ve epigallokateşin miktarının arttığı tespit edilmiştir (Chandrasekara ve Shahidi, 2014). Proantosiyanidinlerin degradasyonundan (depolimerizasyonu) dolayı bileşenlerin serbest kalması ve ısıl işlem boyunca flavanollerin izomerizasyonu sonucunda miktarın yükseldiği belirtilmiştir (Aksoylu ve Karakaya, 2013; Chandrasekara ve Shahidi, 2014).

Güneşte kurutma sonrasında hurmada toplam fenolik madde miktarında taze meyveye göre artış meydana geldiği tespit edilmiştir. İşlem sırasında sıcaklık ve olgunlaşma enzimlerinin etkisiyle tanenlerin parçalanmaları sonucunda fenolik bileşikler açığa çıkabilmektedir. Kurutulmuş hurmaların fenolik asit içeriğinde de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Kurutma, maltlama, fermantasyon ve depolama bağlı olan fenolik bileşiklerin hidrolizlenmesine neden olarak serbest fenolik asit miktarını artırabilmektedir. Ayrıca tanen ve ligninler gibi kompleks fenolik bileşikler de sıcaklık, enzimatik veya enzimatik olmayan oksidasyonlar ile hidrolize olarak düşük molekül ağırlıklı serbest veya bağlı fenolik asitleri ortaya çıkarabilmektedir. Kurutulmuş hurmalarda antosiyanin tespit edilmemiştir. Antosiyaninlerin fenolik bileşikler içerisinde sıcaklığa duyarlılığı en yüksek olan grup olduğu belirtilmiştir. Glukozidaz ve polifenol oksidaz enzimi de antosiyaninlerin degradasyonunda çok etkili olmaktadır (Al-Farsi vd., 2005; Shahidi ve Naczk, 2004).

Sıcak hava ile kurutma ve vakum kurutmanın lale ve gelincik petallerinin biyoaktif maddelerine olan etkisi araştırılmıştır. Vakum kurutma uygulanmış örneklerin toplam fenolik, flavonoid, antosiyanin ve antioksidan kapasitelerinin (DPPH) taze meyveninkine en yakın olduğu saptanmıştır. Biyoaktif maddelerin en iyi korunduğu kurutma yöntemi 55°C'de vakum kurutma olarak belirlenmiştir (Karasu vd., 2015).

Pacheco-Palencia, Duncan ve Talcott. (2009) acai meyvesinde polifenolik bileşiklerin detaylı karakterizasyonunu yapmaya çalışmışlardır. Çalışmada meyve püresi oksijen varlığında ve yokluğunda 80°C' de 1, 5, 10, 30 ve 60 dk tutularak polifenoliklerin toplam termal stabilitesi ısıtılmayan kontrol grubununki ile karşılaştırılmıştır. Isıtma boyunca oksijenin olmasının veya olmamasının polifenolik degradasyonu üzerinde farklılık göstermediği tespit edilmiştir. En fazla degradasyona uğrayan bileşiğin antosiyanin olduğu belirlenmiştir. Sıcaklık arttıkça kalkon oluşumunun artması antosiyanin degradasyonunun ilerlediğini göstermektedir. Antosiyanin degradasyon hızı doğrudan ısıl işleme maruz kalma süresi ile ilgilidir. Flavilyum katyonunda A halkasının meta pozisyonundaki bir aktif hidroksil grubunun kaybına dayanan siklik uzantıların oluşumu meyvelerde antiradikal aktivitenin azalmasından sorumlu olmaktadır. Antosiyanin degradasyonu dolaylı olarak da polifenolik oksidaz ve peroksidaz tarafından oluşturulan fenolik kinonlardan tarafından okside edilebilmektedir. Antosiyanin degradasyonu sonuç olarak yapı ile ilişkili olmaktadır; o-difenolik antosiyaninler oksidasyon reaksiyonları ile hızlı bir şekilde okside olurken, non-o-difenolik antosiyaninler o-kinonlar veya sekonder oksidasyon ürünleri tarafından yavaş bir şekilde oksidasyona uğramaktadır (Rawson vd., 2011).



Şekil 1.9 Antosiyaninlerin termal degradasyonu (Sadilova vd., 2007)

Antosiyanin ısıtma boyunca öncelikle kalkon yapısına bozunmaktadır. Ardından B halkasında bir kayıp ile kumarin glukozid türevine dönüşmektedir. Degradasyona temel olarak oksidasyon, kovalent bağların ayrılması veya termal işlemden kaynaklanan artmış oksidasyon reaksiyonları sebep olmaktadır. Genel olarak bu aşamalar Şekil 1.9'da gösterilmiştir. Antosiyanin degradasyonundan kaynaklanan biyoaktivitedeki bu kayıp ısıtma süresince oluşabilen renksiz fenolik bileşikler tarafından telafi edilememektedir. Ancak orijinal spesifik bileşene benzemeyen yeni ürünlerin degradasyon sonunda oluşması ısı yükünün dağılmasına neden olduğundan olumlu katkı sağlayabilmektedirler (Rawson vd., 2011; Sadilova, Carle ve Stintzing, 2007).

1.2 Tezin Amacı

Meyve ve sebzelerin içermiş oldukları biyoaktif bileşiklerin bilinmesi ve antioksidatif etkilerinin ortaya çıkarılmasıyla birlikte tüketicilerin sağlıklı ve besleyici gıdalara olan ilgisi giderek artmaktadır. Biyoaktif maddelerce zengin meyvelerden birisi de az bilinen taflan meyvesidir. Fenolik bileşikler, flavonoidler ve özellikle antosiyanin kaynağı olan taflanın hasat sonrası raf ömrünün kısa olması, gıda endüstrisinde ara ürün olabilme özelliğinin bulunması sebebiyle meyvenin uygun koruma yöntemleriyle muhafaza edilmesi gerekmektedir. Kurutma yöntemi bilinen en eski koruma yöntemi olup günümüzde maliyet, süre ve son ürün kalitesi gibi parametreler dikkate alınarak geliştirilmeye çalışılmaktadır.

Bu tez çalışması HAD, FD ve USV olmak üzere üç farklı kurutma yöntemi ve HAD ve USV işlemi için farklı sıcaklıklar (50-60-70°C) uygulanmış taflan meyvesinin kurutma kinetiği, toplam fenolik, toplam flavonoid, toplam antosiyanin miktarı ve antioksidan kapasite, fenolik profili, mikroyapısal özellikler, rehidrasyon kapasitesi, rehidrasyon kinetiği ve renk değişimi üzerindeki etkisini araştırmayı amaçlamıştır. Taze ürün ve HAD uygulanmış örnekler ile modern yöntemlerle (FD ve USV) kurutulmuş örnekler arasındaki kalite özelliklerinin karşılaştırılması sonucunda taze ürüne en yakın düzeyde kalite özelliğine sahip olan kurutma yöntemi belirlenecektir.

1.3 Hipotez

Sıcak hava ile kurutma işlemi meyvelerin kurutulmasında kurutma özellikleri ve son ürün kalitesinde olumsuz etkilere neden olabilmektedir. Bu etkilerin dondurarak kurutma ve ultrases destekli vakum kurutma yöntemi ile elimine edilebileceği düşünülmektedir. Ultrases destekli vakum kurutma yönteminde ultrases işleminin kavitasyon etkisi ve vakum kurutmanın buhar basıncını düşürme etkisi ile ısı ve kütle transferi artırılarak ürünün kuruma süresi azaltılabilmektedir. Dondurarak kurutulmuş örneklerde biyoaktif özellikler, rehidrasyon kapasitesi ve renk diğer kurutma yöntemleri ile karşılaştırıldığında daha iyi olmakta ancak kurutma işlemi uzun sürmektedir. Bu çalışmada sıcaklık-süre optimizasyonu dikkate alınarak ultrases destekli vakum kurutma tekniği ile kurutulmuş taflan meyvesinin başta biyoaktif özellikler olmak üzere kalite özelliklerinin korunacağı ve kurutma süresinin azaltılacağı varsayılmaktadır.

2
MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

Çalışmada kullanılan taze taflan meyvesi (*Prunus laurocerasus*) Ağustos 2019'da tam olgunlaşma döneminde Tarım ve Orman Bakanlığı Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünden (Samsun, Türkiye) temin edilmiştir. Toplam fenolik madde miktarı diğer genotiplere kıyasla daha yüksek olduğundan 61K06 genotipi tedarik edilmiştir (Çelik vd., 2011; Halilova ve Ercişli, 2010). Aynı renk, şekil ve boyutta, gözle görülebilir leke ve hasarı olmayan taflan meyveleri analizler için seçilmiştir. Meyveler sap kısımlarından ayrıldıktan sonra yıkanmış ve kurutma kağıdı ile hafifçe kurulanmıştır (Şekil 2.1). Meyvenin ortalama uzunluk, genişlik ve yüksekliği 1,30cm, 1,15cm ve 1,14cm; ortalama çekirdek ağırlığı ise ~0,53g olarak ölçülmüştür. Kurutma işlemleri uygulanıncaya kadar meyveler +4°C'de 10 gün depolanmıştır. Meyvede depolama süresince son ürün kalitesini etkileyecek herhangi bir bozulma görülmemiştir. Kurutulan örnekler 25°C'de soğuyana kadar bekletildikten sonra ekstraksiyon işlemleri ve diğer analizler yapılıncaya kadar desikatörde tutulmuştur.



Şekil 2.1 Kurutma işlemi için hazır hale getirilmiş taflan meyvesi

2.2 Yöntem

2.2.1 Kuru Madde Miktarı ve Kurutma Sürelerinin Belirlenmesi

Taflan meyvesinin kuru maddesinin belirlenmesinde sabit tartıma getirilmiş kaplar kullanılmıştır. Tartımları alınan meyvelerin etüvde 105°C'de sabit tartıma ulaşıncaya kadar nemini kaybetmeleri sağlanmıştır.

Sıcak hava ile kurutma (HAD) ve ultrases destekli vakum kurutma (USV) işlemlerinde kurutma süresi boyunca 30 dakikada bir meyve miktarındaki nem kaybı ölçülmüştür. Örneğin kurutma sonrasındaki ağırlığı kurutma öncesi tartımı, üründe kuru madde üzerinden bulunması gereken nem miktarı ve belli zamanda ölçümü alınan örnek miktarı dikkate alınarak hesaplanmıştır. Örneklerin tartımları dijital terazi (Mettler-Toledo AG, model BB3000, Zürih, İsviçre) ile ±0.1 g hassasiyetle alınmıştır. Örneklerin nem miktarı ~0.2 kg water/kg kuru madde (KM) değerine ulaştığında kurutma işlemi sonlandırılmıştır. Kurutma süreleri 50, 60 ve 70°C'de HAD işlemi için 1980, 1220 ve 770dk; USV işlemi için ise 950, 615 ve 445 dk olarak belirlenmiştir. Kurutma işlemi boyunca ürünün içerdiği ortalama nem miktarları HAD ve USV işlemi için grafiğe geçirilmiştir. Analizler 3 tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır.

2.2.2 Farklı Kurutma Yöntemleri ile Taflan Meyvesinin Kurutulması

Dondurarak kurutma (FD), HAD ve USV yöntemi olmak üzere üç farklı kurutma yöntemi taflan meyvesine uygulanmıştır. Meyveler bütün halde kurutulmuştur. Isıl işlemin kullanıldığı kurutma sistemlerinde gıdanın mikrobiyal yükünün azaltılması, son ürün kalitesinin ve duyusal özelliklerinin korunabilmesi açısından kurutma işlemi öncesi süre-sıcaklık optimizasyonunun yapılması gerekmektedir. Ön denemeler sonucunda HAD ve USV işlemi için kurutma sıcaklıkları 50, 60 ve 70°C olarak belirlenmiştir.

Sıcak hava ile kurutma işlemi 1,3 m/s sabit hava hızında kabin tipi fırında (Memmert UF110, Münih, Almanya) yapılmıştır. Hava hızı anemometre (Testo 440 probe, Lutron, AM-4201, Tayvan) ile kontrol edilmiştir.

Dondurarak kurutma işleminde standard programı olan laboratuvar ölçekli dondurarak kurutucu (Martin Christ, Beta 1-8 LSCplus, Osterode am Harz, Almanya) cihazı kullanılarak −55°C ve 1 hPa koşullarında 72 saat bekletilerek gerçekleştirilmiştir.

Ultrases destekli vakum kurutma yönteminde ultrasonik su banyosu ile vakum pompasının birleştirilerek kullanıldığı bir kurutma sistemi kullanılmıştır (Tekin ve Başlar, 2018). USV sisteminde ultrasonik su banyosu ultrases işleminin yanısıra (Daihan, WUC-D10H, Gangwondo, Güney Kore) sıcaklığı kontrol etmek için de kullanılmıştır. Basıncı azaltmak için vakum pompası (EVP 2XZ-2C, Zhejiang, Çin) kullanılmıştır. Ultrasonik su banyosunun hacmi 10L, genliği %100, ultrasonik güç yoğunluğu 1 W/cm^2 ve vakum pompasının sağladığı basınç 15mbar'dır. Örnekler, cidarında vakum pompasına bağlantısı olan erlene yerleştirilmiştir. Sonikasyon 40kHz'de ultrasonik su banyosu tarafından uygulanmıştır. Su banyosunun sıcaklığı bir ısıl ölçer (k-type, Omega Engineering Inc., Norwalk, Connecticut, ABD) ile ölçülmüş ve soğutma suyu sirkülatörü ile istenen sıcaklık derecesinde kontrol altında tutulmuştur (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Ultrases destekli vakum kurutma sistemi

2.2.3 SEM Analizi

Örneklerin yüzey görüntüleri Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile alınmıştır. Farklı yöntemlerle kurutulmuş olan meyvelerin mikroyapıları Alan Emisyonu

Taramalı Elektron Mikroskobu (FESEM, FEI QUANTA FEG 250) ile karakterize edilmiştir. Kurutulmuş örnekler kesilerek sabitlenmiştir. Elektron bombardımanı için yansıtıcı bir yüzey oluşturması istendiğinden örnek altın kaplama ile kaplanmıştır. Daha sonra mikroskop altında görüntülenmiştir (Aksoy, Karasu, Akçiçek ve Kayacan, 2019).

2.2.4 Renk Analizi

Taze ve kurutulmuş örneklerin renk değerleri kolorimetre kullanılarak ölçülmüştür (CR-400 Konica, Minolta, Tokyo, Japonya). Standart aydınlatıcı (D65) ile cihaz kalibrasyonu yapıldıktan sonra örneklerin L* (beyazlık/siyahlık; 100, 0), a* (kırmızılık/yeşillik; +, -) ve b* (sarılık/mavilik; +, -) renk değerleri ölçülmüştür. Oda sıcaklığında örneklerin yüzeyinde 5 farklı noktada ölçüm yapılmıştır ve sonuçların ortalamaları alınmıştır. Kurutma işleminin örneklerin renk değişimindeki etkisini incelemek için toplam renk farklılığı indeksi (ΔE) Eşitlik 2.1 ile hesaplanmıştır:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \tag{2.1}$$

2.2.5 Rehidrasyon Oranı ve Rehidrasyon Kinetiğinin Belirlenmesi

Rehidrasyon oranını (RR) belirlemek için 2 g kurutulmuş örnek 25°C'de 20 ml saf suya daldırılarak 360dk bekletilmiştir. Süre sonunda örnekler sızdırılmış ve tartımları alınmıştır (Deng vd., 2017). RR değeri Eşitlik 2.2 yardımıyla hesaplanmıştır:

$$RR = \frac{M}{M_0} \tag{2.2}$$

M : rehidrasyon sonrası örnek ağırlığı, g

M_0 :rehidrasyondan önceki örnek ağırlığı, g

Kurutulmuş örneklerin rehidrasyon kinetiği Peleg modeli ile Eşitlik 2.3' te olduğu gibi modellenmiştir (Peleg, 1988):

$$M(t) = M_0 \pm \frac{t}{k_1 + t \times k_2} \quad (2.3)$$

M : t zamanındaki nem miktarı (%DM)

M_0 : ilk nem miktarı (%DM)

k_1 : Peleg hız sabiti (dk % DM^{-1})

k_2 :Peleg kapasite sabiti (% DM^{-1}).

Peleg modeli parametreleri Statistica yazılım programı (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, ABD) kullanılarak lineer olmayan regresyon analizleri ile hesaplanmıştır.

2.2.6 Ekstraksiyon İşlemi

Taze ve kurutulmuş örneklerin ekstraksiyonu için metanol:su (50:50, v/v) çözeltisi kullanılmıştır. Meyve:çözücü oranı 1:10 (w/v) olarak kullanılmıştır. Karışım ilk olarak ultra-turax (Daihan, HG-15D, Gangwondo, Güney Kore) yardımıyla 10,000 rpm'de 3dk boyunca homojenize edilmiştir. Ardından çalkalamalı su banyosunda 25℃de 2 saat bekletilmiştir. İnkübasyon periyodundan sonra ekstrakt 3920xg'de 10dk santrifüj (Hettich 320R, Tuttlingen, Almanya) edilmiştir. Süpernatantlar kaba filtre kağıdından süzüldükten sonra 0,45 µm'lik PTFE (politetrafloroetilen) filtrelerden geçirilmiştir. Ekstraktlar analiz edilinceye kadar -20°C de depolanmıştır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Kurutma işlemi sonrası elde edilen taflan ekstraktları

2.2.7 Toplam Fenolik Madde Miktarının Belirlenmesi

Örneklerin toplam fenolik madde miktarı analizinde Singleton ve Rossi. (1965) tarafından bildirilen modifiye metot kullanılmıştır. 0,2 N reaktif çözeltisi elde edilinceye kadar Folin-Ciocalteu fenol ayracı (2N) saf su ile 10 kez seyreltilmiştir. Örnek ekstraktları saf su ile 1:60 (v/v) oranında seyreltilmiştir. 2,5 ml reaktif çözeltisi ve 2,0 ml Na_2CO_3 (%7,5) test tüpleri içindeki seyreltilmiş 0,5 ml örnek ekstraktına ilave edilmiştir. Tüpler 25℃ de karanlıkta 60 dk bekletilmiştir. Absorbans değerleri UV/VIS spektrofotometre (UV-1800; Shimadzu, Japonya) kullanılarak 760 nm' de ölçülmüştür. Toplam fenolik madde miktarı (TPC) mg gallik asit eşdeğeri (GAE) /100g KM olarak verilmiştir.

Folin-Ciocalteu olarak belirtilen metot alkali çözeltide bulunan elektronların transferine dayanmaktadır. Fenolik bileşiklerden fosfomolibdik/fosfotungustik asit komplekslerine elektron transferi gerçekleşmektedir. Folin-Ciocalteu çözeltisinde fosfomolibdik ve fosfotungustik asitlerin kompleks polimerik iyonları bulunmaktadır. Ortamın bazikleştirilmesi (Na_2CO_3 ilavesi) ile fenolik bileşiklerden elektron transferi olmaktadır. Bu oksidasyon reaksiyonları sonucunda mavi renkli molibden-tungsten kompleksinin konsantrasyonu 760 nm dalgaboyunda spektrofotometrik olarak belirlenmektedir (Medina, 2011).

2.2.8 Toplam Flavonoid Miktarının Belirlenmesi

Zhishen, Mengcheng ve Jianming. (1999) tarafından önerilen metoda göre toplam flavonoid analizi yapılmıştır. Saf su ile 1:30 (v/v) oranında seyreltilmiş 1 ml ekstrakt 4 ml saf su ile karıştırılmıştır. Ardından 0,3 ml $NaNO_2$ (%5), 0,3 ml $AlCI_3$ (%10) ve 2 ml 1M NaOH karışıma ilave edilmiştir. Saf su ile toplam hacim 10 ml'ye tamamlanmıştır. Elde edilen karışım yaklaşık 1 dk vortekslenmiştir. Örneklerin absorbansı 510 nm' de UV-VIS spektrofotometre (UV-1800; Shimadzu, Japonya) ile ölçülmüştür. Toplam flavonoid miktarı (TFC) mg kateşin eşdeğeri (CE)/100g KM olarak verilmiştir.

2.2.9 Toplam Antosiyanin Miktarının Belirlenmesi

Toplam antosiyanin miktarı (TA) pH diferansiyel metoda göre belirlenmiştir (Giusti ve Wrolstad, 2001). pH 1,0 ve pH 4,5 değerlerindeki 3,2 ml tampon çözeltileri sırasıyla 0,8 ml saf sui le seyreltilmiş ekstrakt (1:4 (v/v)) ile karıştırılmıştır. Karışım 25℃ de karanlıkta 30 dk bekletilmiştir. Absorbans değerleri 510 ve 700 nm' de UV-VIS Spektrofotometre (UV-1800; Shimadzu, Japonya) ile alınmıştır. Toplam antosiyanin miktarı mg siyanidin 3-glukozid/100g KM olarak verilmiştir (Giusti and Wrolstad, 2001). Toplam antosiyanin miktarının belirlenmesinde siyanidin 3-glukozid için sırasıyla molekül ağırlığı ve molar ekstinksiyon katsayısı olarak 449.2 g/mol ve 29,600 kullanılmıştır.

2.2.10 Antioksidan Kapasitenin Belirlenmesi

Örneklerin antioksidan kapasitesi DPPH metodu ile belirlenmiştir (Singh, Chidambara-Murthy ve Jayaprakasha, 2002). DPPH metodu radikal yakalayıcı olarak davranan antioksidan maddelerin gücünü ölçme esasına dayanmaktadır. 0,1 mM etanolik DPPH çözeltisi hazırlanmıştır. 0,1 ml saf sui le seyreltilmiş ekstrakt 4,9 ml DPPH çözeltisi ile karıştırılmıştır. Hazırlanan karışım 25℃ de karanlıkta 30dk bekletilmiştir. Örneklerin absorbansı 517 nm' de UV-VIS spektrofotometre (UV-1800; Shimadzu, Japonya) ile ölçülmüştür. Antioksidan kapasite sonuçları mg Trolox eşdeğeri (TE)/100 g KM olarak verilmiştir.

2.2.11 Fenolik Madde Profilinin Belirlenmesi

Taze ve kurutulmuş taflan meyvesinin fenolik bileşik içeriği bireysel olarak tespit edilmiştir. HPLC sistemi (HPLC-DAD, Shimadzu Corp., Kyoto, Japonya)' nde DAD dedektörü (diode array dedector) kullanılarak örneklerin fenolik profili belirlenmiştir. LC-20AD pompa, SPDM20A DAD dedektörü, SIL-20A HT autosampler, CTO-10ASVP kolon fırını, DGU-20A5R degazer ve CMB-20A iletişim modülü (Shimadzu Corp., Kyoto, Japonya) kullanılmıştır. 250 mm × 4.6 mm uzunluk, 5 µm partikül boyutu olan ters-faz kolonu (Inertsil® ODS C-18, GL Sciences, Tokyo, Japonya) ile 40°C' de fenolik bileşiklerin ayrımı sağlanmıştır. Mobil faz olarak A

solventi için %0,1 (v/v) asetik asit içeren saf su ve B solventi için % 0,1 (v/v) asetik asit içeren asetonitril hazırlanmıştır.

Metot 1 ml/dk akış hızında gradiyent elüsyon kullanılarak şu şekilde programlanmıştır: %10 B (0-2dk), %10-%30 B (2-27dk), %30-%90 B (27-50dk) ve %90-%100 B (51-60dk). Kromatogramlar 254-356 nm arasında alınmıştır. Tanımlama ve miktarın belirlenmesi standart maddelerin pik spektrumları, alıkonma zamanları ve kalibrasyon eğrilerine dayalı olarak yapılmıştır. 260 nm' de epikateşin, 280 nm' de gallik, şirinjik, protokateşik, kafeik, sinamik, p-hidroksibenzoik asit ve kateşin, 320 nm' de klorojenik, vanilik ve ferulik asit, 360 nm' de rutin ve kuersetin tespit edilmiştir. Örneklere ait kromatogramlar Ek A' da verilmiştir. Her bir fenolik bileşiğin konsantrasyonu mg/100 g KM olarak verilmiştir (Kayacan vd., 2019).

Mobil faz içine eklenen az miktardaki asetik asit, formik asit veya fosfat tamponları flavonoidler ve diğer fenolik bileşiklerin ayrımını iyileştirmektedir. Kolondan geçiş boyunca pH' da yapılan değişiklik ise örneğin iyonizasyonunu artırmakta ve ters faz ayrımda alıkonma süresini kısaltmaktadır (Häkkinen, 2000).

2.2.12 İstatistiksel Analiz

Statistica yazılım programı (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, ABD) ile istatistik analizleri yapılmıştır. Tüm analizler 3 paralel olarak yapılmıştır. Standart hata ve ortalamalar hesaplanmıştır. ANOVA ile örnekler arasındaki istatistiksel farklılıklar belirlenmiştir. Tespit edilen sonuçlar üzerindeki farklı kurutma metodu ve sıcaklıklarının etkisi %95 güven aralığında Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir.

3
BULGULAR VE TARTIŞMA

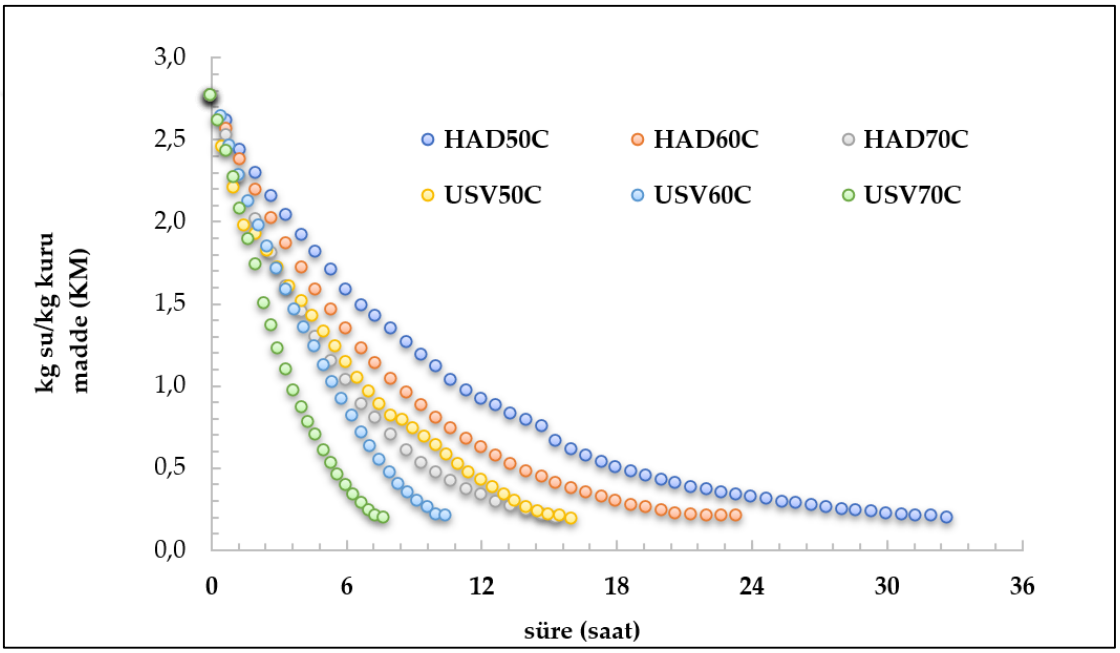
3.1 Kurutma Kinetiği

Taflanın kuru madde miktarı %19,64 olarak belirlenmiştir. Farklı çalışmalarda da benzer kuru madde miktarları (%18,85 ve %20,00) tespit edilmiştir. Kuru madde miktarı meyve türü, yetişme koşulları vb. durumlardan etkilenebilmektedir (Kolaylı vd., 2003; Talih ve Dirim, 2018).

HAD ve USV işlemleri için farklı sıcaklıklardaki örneklerin kurutma kinetikleri Şekil 3.1' de gösterilmiştir. 50, 60 ve 70°C'deki kurutma süreleri HAD için 1980, 1220 ve 770 dk; USV için 950, 615 ve 445 dk olarak belirlenmiştir. Her iki kurutma yönteminde de sıcaklık artırıldıkça birim zamanda üründen uzaklaştırılan nem miktarı artmış ve kuruma süresi kısalmıştır. Daha önce yapılan çalışmalarda da kuruma sıcaklığının artmasıyla kuruma süresinin kısaldığı belirtilmiştir (Doymaz ve Karasu, 2018; Işık, Özdemir ve Doymaz, 2018).

Kurumanın başlarında ürün hızlı bir şekilde nem kaybederken zaman ilerledikçe kuruma hızı düşmeye başlamış ve azalan hızda kuruma periyoduna geçilmiştir. Adaçayının kuruma karakteristiklerinin incelendiği bir çalışmada yüksek sıcaklıklarda ısı ve kütle transfer hızı arttığından dolayı kurutma sıcaklığı 45°C'den 70°C'ye çıkarıldığında kuruma süresinin 240 dk'dan 70 dk'ya düştüğü belirlenmiştir. Çalışmada sıcak hava ile yapılan kurutma işleminde ürünün zamanla gözenekli yapısının kaybolması sebebiyle suyun yüzeye olan hareketinin azaldığı ve kuruma hızının düştüğü belirtilmiştir (Doymaz ve Karasu, 2018). Çekirdeksiz kuru üzüm "sultana"nın kurutma süresi üzerinde sıcaklık artışının önemli etkisinin olduğu ve 10°C' lik bir artışın kuruma süresini yarıya indirdiği belirtilmiştir (Bingöl, 2009).

Kuruma sıcaklığının artışı ile kuruma süresinin azalması ısı ve kütle transferi arasındaki pozitif korelasyon ile açıklanmıştır. Düşük sıcaklıklarda ısı ve kütle transferi azaldığından üründen nem kaybı azalmaktadır. Sıcaklık yükselmesiyle birlikte örneğin buhar basıncı da yükselmektedir. Örneğin merkezinden dış yüzeye doğru nem göçü ve buharlaşma sıcaklık yükseldikçe artmaktadır. Vakum ile basınç düşürüldüğünde örnek ile çevresi arasındaki buhar basıncı gradiyenti artacağından kütle transfer hızı artmaktadır (Kayacan, Sağdıç ve Doymaz, 2018). USV işleminin HAD işlemine göre kuruma süresinin kısa olmasında vakumun etkisi bu şekilde açıklanabilmektedir.



Şekil 3.1 HAD ve USV uygulanmış örneklerin kurutma kinetiği

Aynı sıcaklık değerinde HAD ve USV teknikleri karşılaştırıldığında USV işleminin üründe daha kısa sürede yüksek nem kaybı ve daha kısa kuruma süresine sahip olduğu görülmüştür. Her iki kurutma yönteminde kurutmanın başlangıcında sabit kuruma davranışı görülmüştür. Kurutmanın sonuna doğru azalan hızda kuruma periyoduna geçildiği görülmüştür (Şekil 3.1). Azalan hızda kuruma periyodu 60 ve 70°C'lerde USV işleminde HAD işlemine göre daha kısa olmuştur. En yüksek kurutma sıcaklığı 70°C'de yapılan HAD işlemi ile en düşük kurutma sıcaklığı 50°C'de yapılan USV işlemi benzer kurutma davranışları göstermiştir. USV işleminin HAD

işlemine kıyasla daha yüksek kuruma hızı gösterdiği görülmüştür. Bu sonuç ultrases işlemi ile ilişkilendirilen kavitasyon etkisi ile açıklanabilmektedir. Ürün matriksi bu etkiyle bozulmakta ve oluşan porlardan su kolay bir şekilde uzaklaştırılabilmektedir (Tekin ve Başlar, 2018). USV işleminde uygulanan vakum işlemi ile de örneklerin kaynama noktası düşürülüp evaporasyon hızı artırıldığından kuruma davranışı etkilenebilmektedir. USV ile kurutma yönteminin HAD yöntemine göre kurutma süresini azalttığı daha önce yapılan çalışmalarda da belirtilmiştir (Chen vd., 2019; Kayacan vd., 2019; Tekin ve Başlar, 2018).

Kaya ve Aydın. (2008)' ın taflanın kurutma karakteristiklerinin belirlenmesi için yaptıkları çalışmada kurutmanın yapıldığı ortamın sıcaklığının 35°C'den 65°C'ye çıkarılmasının ısı transferini artırmasından dolayı kurutma süresini yaklaşık %40 oranında kısalttığı belirlenmiştir. Bu çalışmada HAD ve USV işleminde sırasıyla 50°C'den 70°C'ye çıkarılması ile kurutma sürelerinin ~%61 ve ~%53 kadar kısaldığı tespit edilmiştir. Taflan meyvesi sabit bir kuruma periyodu göstermemiştir. Nem difüzyon olayının sonucu olarak zamanla kuruma hızı azalmıştır. Kurutma işlemi azalan hızda kuruma periyodunda tamamlanmıştır. Azalan hızda kuruma periyodunda kütle transferinin temel mekanizması iç kısımlardaki moleküler difüzyondur.

3.2 Taflan Biyoaktif Bileşenleri Üzerinde Kurutma Yöntemlerinin Etkisi

Farklı kurutma yöntemleri ve sıcaklıklarının örneklerin TPC, TFC, TA ve DPPH değerlerine etkisi Tablo 3.1' de gösterilmiştir. Toplam biyoaktif madde miktarı üzerinde kurutma yöntemi (HAD, USV ve FD) ve kurutma sıcaklığının etkisi olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Taze meyvenin TPC, TFC ve TA değerleri sırasıyla 839,66 mg GAE/100g KM, 1568,93 mg kateşin/100g KM ve 110,41 mg siyanidin 3-glukozid/100g KM olarak tespit edilmiştir.

Çelik vd. (2011)' nin 11 adet taflan çeşidinde yaptıkları çalışmada toplam fenolik madde miktarının 364-503mg GAE/100g taze meyve arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Flavonoid madde miktarı ise Çapanoğlu vd. (2011) tarafından

yapılan araştırmada 952,5 mg CE/100g KM olarak belirlenmiştir. Alaşalvar vd. (2005)' in iki farklı taflan çeşidinde yaptığı çalışmada toplam antosiyanin miktarını 123-174 mg/100g olarak tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada kırmızı renkli taflanın 52,05 mg/100g, mor renkli olanın ise 105,83 mg/100g antosiyanin içerdiği tespit edilmiştir (Özbey, 2009). Toplam antosiyanin miktarı ve renk ilişkisi çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Yetişme koşulları, hasat zamanı, taflan çeşidi gibi özellikler dikkate alındığında taze meyvenin biyoaktif madde içeriğinin diğer çalışmalarla uyumlu olduğu görülmektedir.

Tablo 3.1 Taze ve kurutulmuş örneklerde biyoaktif madde miktarları

Örnek	Sıcaklık (°C)	TPC mg GAE/100g KM	TFC mg CE/100g KM	TA mg siyanidin 3-glukozid/100g KM	DPPH mg TE/100g KM
Taze		839.66 ± 8.01 ^{Aa}	1568.93 ± 21.96 ^{Bb}	110.41 ± 5.94 ^{Bb}	17.31 ± 0.70 ^{Aa}
HAD	50	311.88 ± 9.27 ^{Dc}	209.03 ± 14.82 ^{Ed}	39.93 ± 2.17 ^{Ed}	5.71 ± 0.35 ^{Dc}
	60	487.56 ± 5.26 ^{Cc}	335.23 ± 6.91 ^{Dd}	54.22 ± 4.79 ^{Dd}	7.41 ± 0.29 ^{Cc}
	70	580.81 ± 10.03 ^{Bc}	768.43 ± 11.71 ^{Cd}	76.22 ± 2.67 ^{Cd}	8.52 ± 0.34 ^{Bc}
USV	50	465.64 ± 10.15 ^{Db}	396.63 ± 5.91 ^{Eb}	61.64 ± 2.37 ^{Dc}	7.53 ± 0.68 ^{Db}
	60	614.05 ± 4.20 ^{Cb}	556.94 ± 16.30 ^{Db}	82.13 ± 5.56 ^{Cc}	9.24 ± 0.17 ^{Cb}
	70	674.40 ± 13.85 ^{Bb}	811.52 ± 10.97 ^{Cb}	102.49 ± 1.76 ^{Bc}	11.79 ± 0.56 ^{Bb}
FD		851.47 ± 6.73 ^{Aa}	1853.13 ± 11.92 ^{Aa}	135.52 ± 4.83 ^{Aa}	17.13 ± 0.27 ^{Aa}

Aynı sütundaki farklı küçük harfler aynı sıcaklıkta farklı kurutma yöntemleri ve FD ile kurutulmuş ve taze örnek arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$). Aynı sütundaki farklı büyük harfler aynı yöntem farklı sıcaklıkta ve FD ile kurutulmuş ve taze örnek arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$)

Dondurarak kurutma hariç, diğer kurutma yöntemleri taflanın toplam biyoaktif madde miktarında önemli miktarda azalmaya sebep olmuştur ($p<0,05$). En düşük TPC, TFC, TA ve DPPH değerleri HAD - 50°C'de kurutulan taflan örneklerinde belirlenmiştir. Taflan meyvesinde biyoaktif bileşenlerin en iyi korunduğu yöntemin dondurarak kurutma işlemi olduğu belirlenmiştir. Diğer çalışmalarda da dondurarak kurutma yönteminin fenolik bileşikler üzerinde en iyi etkiye sahip

olduğu tespit edilmiştir (Çelik vd., 2020; Gao vd., 2012; Kayacan vd., 2019; Madrau vd., 2009).

FD ile kurutulmuş örneklerin TPC, TFC ve TA değerlerinin yüksek olması, işlemin düşük sıcaklıkta ve vakum altında uygulanması ile ilişkilendirilebilmektedir. Meyve bu koşullarda termal degradasyon ve oksidasyona maruz kalmadan kurutulabilmektedir ($p<0,05$). HAD ve USV işlemleri sıcaklığın etkisiyle TPC, TFC ve TA miktarlarını taze meyveye göre düşürmüştür. HAD ve USV işlemleri ile kurutulan örneklerin biyoaktif madde sonuçları taze meyve ile karşılaştırıldığında kurutulmuş meyvelerdeki azalmanın sebebi oksidasyon, termal degradasyon ve düşük kurutma sıcaklığında veya kurutmanın başlarındaki polifenol oksidaz aktivitesindeki artış ile açıklanabilmektedir (Orphanides, Goulas ve Gekas, 2013).

Madrau vd. (2009) tarafından farklı türlerdeki kayısının 55 ve 75°C'de kurutulması sonrasında biyoaktif madde miktarında azalma olduğu tespit edilmiştir. Düşük sıcaklıkta uzun süre kurutmanın polifenol oksidazın aktivitesini uzun süre devam ettirmesine neden olduğunu ve bu şekilde fenolik bileşiklerin enzim aktivitesine maruz kaldığını belirtmişlerdir. Enzim aktivitesi 55-60°C'lerde devam edebildiğinden 75-80°C'de kısa süreli sıcaklık uygulamasının kurutulan ürünün kalite özellikleri açısından daha uygun olabileceğini belirtmişlerdir. Çalışmada ayrıca PPO aktivitesinin belirlenmesiyle ilgili herhangi bir analiz yapılmamasına rağmen 55°C' de kurutulan kayısı örneklerinde taze meyveye göre L* ve a* değerlerindeki azalmanın enzim aktivitesi sonucu ile ilişkilendirildiği belirtilmiştir.

HAD ve USV yöntemleri bireysel olarak ele alındığında aynı kurutma yöntemi için sıcaklık artışı ile biyoaktif maddelerin miktarında artış olduğu tespit edilmiştir Sırasıyla HAD ve USV-50°C'de TPC değeri 311.88-465,64 mg GAE/100g KM iken HAD ve USV-70°C'de 580,81-674,40 mg GAE/100g KM olarak belirlenmiştir. Sıcaklığın artırılması kuruma süresini azalttığı için örneklerin ısıl işleme maruz kaldığı süre azalmış olmaktadır. Bu şekilde biyoaktif maddelerin ısıl işlemden dolayı zarar görmesinin önüne geçilmektedir. HAD işleminde kuruma süresi 50°C' de 1980 dk iken 70°C'de 770 dk' ya düşmüştür. Ayrıca sıcaklığın yükseltilmesi ile gıdanın yapısına zarar verilebildiğinden normal şartlarda ekstrakte edilemeyen matrikse

bağlı halde olan veya polimerik polifenoller veya bireysel fenoliklerden daha yüksek molekül ağırlığına sahip biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyon ortamına daha iyi salınabilmesi sağlanabilmektedir. HAD işleminin ilk aşamalarında fenolik bileşiklerden bazılarının bireysel olarak azalma gösterdiği kurutma süresi ilerledikçe miktarın tekrar artmaya başladığı belirtilmiştir. Özellikle 70°C'de kurutulan meyvede görülen bu durum PPO'nun ilk başlarda fenolik bileşikler üzerinde aktivite göstermesinden dolayıdır (Li vd., 2020).

Fenolik bileşiklerin degradasyonundan sorumlu olan polifenol oksidaz enzimi yüksek sıcaklık etkisiyle denature edildiğinden (üç boyutlu konformasyonunda değişiklik meydana geldiğinden) aktivitesinde %92'ye varan kayıp söz konusu olabilmektedir. Bu şekilde fenolik bileşiklerin degradasyonu engellenebilmektedir (Teles, Chávez, Gomes, Cabral ve Tonon, 2018). Yabanmersininde 40°C ile 100°C arasında PPO aktivitesinin incelendiği bir araştırmada 60-70°C arasındaki sıcaklığın enzimi aktive ettiği ancak meyvenin bu sıcaklıklarda 30 dakikadan fazla tutulmasının enzim inaktivasyonu için yeterli olduğu bildirilmiştir (Terefe, Delon, Buckow ve Versteeg, 2015).

Kurutulan ürünün su aktivitesi ile fenolik bileşikler arasındaki ilişki araştırıldığında su aktivitesinin azalmasının enzimin aktivasyonunu yavaşlattığı ve böylece fenolik bileşiklerin korunabildiği belirtilmiştir (Teles vd., 2018). Aynı zamanda su aktivitesinin azalması üründen ortama olan moleküler difüzyonda azalmaya ve oksidasyon reaksiyonlarının da dahil olduğu kimyasal reaksiyonlarda yavaşlamaya neden olmaktadır (Kurozawa, Terng, Hubinger ve Park, 2014).

Aynı sıcaklıkta USV ile kurutulan taflan meyvelerinin HAD metodu ile kurutulanlardan daha fazla biyoaktif madde miktarına sahip olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). HAD-60°C için TPC değeri 487,56 mg GAE/100g KM iken USV-60°C 614,05 için mg GAE/100g KM olarak saptanmıştır. Aynı sıcaklık değerinde USV için kurutma süresi HAD işleminden daha kısa olduğundan (70°C'de USV: 445 dk, HAD: 770 dk) örnekler termal prosese daha kısa süre maruz kalmaktadır (Kayacan vd., 2019). Ultrases işleminin kavitasyon etkisi ve mikrokanalların oluşumu yapıya bağlı olan fenolik bileşiklerin daha fazla serbest kalmasına ve ekstraksiyon verimliliğinin

artmasına yol açmaktadır. Ultrases destekli vakum kurutmanın fenolik bileşiklerin yüksek miktarda tutulmasındaki etkisi başka araştırmacılar tarafından da tespit edilmiştir (Kayacan vd., 2019; Kroehnke vd., 2018; Tekin vd., 2017).

Taze taflanın DPPH radikali yakalama aktivitesi 17,31 mg TE/100g KM olarak tespit edilmiştir. Fenolik bileşikler açısından zengin kabuk, çekirdek ve sap kısmını içeren üzüm posasında antioksidan aktivite 16,5 mmol Trolox/100g KM olarak tespit edilmiştir (Teles vd., 2018). Taflanın bu açıdan antioksidan aktivitesinin iyi olduğu söylenebilmektedir.

Taflanın DPPH radikali yakalama aktivitesinin kurutma yöntemlerine göre farklılık gösterdiği tespit edilirken aynı zamanda toplam biyoaktif madde sonuçları ile de benzerlik gösterdiği saptanmıştır. Taze (17,31 mg TE/100g KM) ve dondurarak kurutulmuş örneklere (17,13 mg TE/100g KM) kıyasla HAD ve USV kurutma yöntemlerinin örneklerin antioksidan kapasitesini düşürdüğü belirlenmiştir. USV ile kurutulmuş örneklerin antioksidan aktivitesinin 7,53-11,79 mg TE/100g KM, HAD işlemi uygulanmış örneklerin ise 5,71-8,52 mg TE/100g KM arasında olduğu belirlenmiştir. Fenolik madde sonuçlarına benzer şekilde işlem süresinin USV kurutmada daha kısa olması antioksidan aktivitenin de yüksek çıkmasında rol oynamıştır.

Dondurarak kurutulmuş örneklerin antioksidan aktivitesi 17,13 mg TE/100g KM olarak taze meyveye en yakın düzeyde tespit edilmiştir. HAD-50°C'de kurutulan örneklerin ise 5,71 mg TE/100g KM değeriyle tüm kurutma yöntemleri içinde en düşük antioksidan aktivite değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Aynı kurutma metodu için sıcaklık yükseldikçe antioksidan kapasitenin arttığı tespit edilmiştir. Sıcaklık artışıyla birlikte işlem süresi kısaldığından fenolik bileşikler bozunmadan korunabildikleri için antioksidan kapasite yüksek olarak tespit edilmiştir. Benzer şekilde kurutma sıcaklığının artırılması ile kuruma süresinin kısalmasından dolayı kırmızı biber (Deng vd., 2017), erik tozu (Michalska, Wojdyło, Lech, Łysiak ve Figiel, 2016) ve yaban mersininde (Zielinska ve Markowski, 2015) antioksidan kapasitenin düşük sıcaklık uygulamasına göre yüksek olduğu belirtilmiştir.

Farklı kurutma yöntemlerinin hünnap meyvesine uygulandığı bir araştırmada tüm kurutma yöntemlerinde fenolik madde içeriği ile antioksidan aktivite (ABTS) arasında benzer ilişkinin görüldüğü belirtilmiştir. Dondurarak kurutma yöntemi biyoaktif özelliklerin korunmasında en iyi yöntem olurken ikinci olarak vakum-mikrodalga yönteminin olduğu belirtilmiştir (Wojdyło vd., 2016). Dondurarak kurutma yönteminde işlem maliyetinin yüksek olması ve fenolik bileşiklerin bireysel olarak en yüksek miktarda mikrodalga kurutma sonrasında tespit edilmesi, toplam fenolik madde ve antioksidan kapasitenin mikrodalga ile kurutulan örneklerde taze meyveye en yakın değerde olması sebebiyle mikrodalga ile kurutma yönteminin hünnapların kurutulmasında en uygun metot olduğu belirtilmiştir. Ayrıca mikrodalga işlem süresinin kısa olması, dondurarak kurutma işleminde de antioksidan aktivitesi daha yüksek ürünler elde edilebilmesi sebebiyle iki yöntemin kombinasyonu önerilmiştir (Gao vd., 2012).

Dondurularak kurutulmuş hünnap meyvesinin taze meyveye göre toplam fenolik ve toplam flavonoid miktarını artırdığı ve 20,98 mg GAE/g KM ve 11,61 mg rutin eşdeğeri (RE)/g KM olarak tespit edildiği bildirilmiştir. Güneşte kurutma yönteminde ise TPC ve TFC değerleri 9,66 mg GAE/g KM ve 7,20 mg rutin eşdeğeri (RE)/g KM şeklinde belirlenmiş ve güneşte kurutmanın taze meyvenin biyoaktif madde miktarı üzerinde olumsuz etkisinin olduğu belirtilmiştir. Sıcak hava 50°C'de kurutma işlemi (TPC: 11,24 GAE/g KM) güneşte kurutma işleminden sonra en fazla düşüşün görüldüğü diğer kurutma yöntemi olmuştur. Güneşte kurutma ve düşük sıcaklıkta sıcak hava ile kurutmanın etkisi enzim aktivitesi ile ilişkilendirilmiştir. DPPH ve ABTS radikali sönümlendirme aktiviteleri de kurutma sonrası azalma göstermiştir. Taze meyvenin DPPH ve ABTS değerleri 26,27 mg TE/g KM ve 72,10 mg TE/g KM olarak tespit edilmiştir. Güneşte kurutulan meyvelerin antioksidan aktiviteleri 4,49-12,64 mg TE/g KM olarak tespit edilirken dondurarak kurutulmuş örneklerin en yüksek antioksidan aktiviteye (15,50-33,65 mg TE/g KM) sahip olduğu saptanmıştır. Ayrıca fenolik bileşiklerin bireysel olarak taze meyveye göre en iyi korunduğu yöntem yine dondurarak kurutma olmuştur. Mikrodalga ile kurutma yöntemi ise dondurarak kurutma yönteminden sonraki en iyi yöntem

olmuştur. Toplam fenolik, flavonoid ve askorbik asit içeriğinin kurutma sonrası miktarlarındaki azalma sonucunda antioksidan aktivitenin de azaldığı bildirilmiştir (Wang vd., 2016).

Taze taflan meyvesinde 5 hidroksibenzoik asit, 4 hidroksisinamik asit ve 4 flavonoid olmak üzere toplam 13 adet fenolik bileşik tespit edilmiştir (Tablo 3.2). Klorojenik asit 70,310 mg/100g KM değeriyle ana fenolik bileşen olarak tespit edilmiştir. Epikateşin, vanilik asit ve şirinjik asit diğer tespit edilen başlıca fenolik bileşiklerdir. Sonuçlar Çelik vd. (2020)'nin taflan meyvesinin fenolik madde içeriği ile ilgili yaptığı çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Taze örneklerle karşılaştırıldığında HAD ve USV ile kurutulmuş meyvelerde bireysel olarak fenolik bileşiklerde belirgin bir azalma olduğu görülmüştür. 50, 60 ve 70°C'de HAD işlemi klorojenik asit içeriğini 88, 82 ve %79 düşürmüştür. USV ile 50 ve 60°C'de kurutulan meyvelerde de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Kurutma işlemi genel olarak meyve, sebze ve tahıllarda polifenol içeriği ve antioksidan aktivitede azalmaya sebep olduğu bilinmektedir (Nayak, Liu ve Tang, 2015).

Kurutma sıcaklığının 70°C'ye çıkarılması USV yöntemi ile kurutulan taflan meyvesinin klorojenik asit değerinde sadece %14'lük bir azalmaya sebep olmuştur. Bu sıcaklık ve yönteme ait ekstraktlarda yüksek konsantrasyonda klorojenik asit bulunmasının nedeni ultrasesin kavitasyon etkisiyle gıda matriksinin dağılması sonucu fenoliklerin salınımının fazla olması ve yüksek sıcaklıklarda kuruma işleminin kısa sürede tamamlanmasıdır. İkinci olarak en yüksek miktarda tespit edilen epikateşin miktarları üzerinde HAD ve USV yöntemlerinin sıcaklıklarının etkisi karşılaştırıldığında klorojenik asit üzerindeki etkiye benzer şekilde kurutma sıcaklığının yükselmesinin epikateşin içeriğinde de daha az miktarda azalmaya sebep olduğu saptanmıştır. Dondurarak kurutulmuş örnekler taze örneklerle kıyaslandığında bireysel olarak daha fazla fenolik bileşenleri içermektedir. İşlem sırasında oluşan buz kristallerinin hücre yapısında hasar meydana getirerek ekstraksiyon verimliliğini artırması FD işlemi ile kurutulan örneklerde fenolik bileşen miktarının yüksek çıkmasında etkili olmaktadır (Gao vd., 2012).

Tablo 3.2 Kurutma yöntemlerinin taflanın fenolik profiline etkisi

Örnek	Fenolik Bileşikler mg/100 g KM												
	Gallik Asit	Proto kateşik Asit	Kateşin	p-Hidroksi benzoik Asit	Şirinjik Asit	Kafeik Asit	Vanilik Asit	Klorojenik Asit	Ferulik Asit	Sinamik Asit	Epikateşin	Rutin	Kuersetin
Taze	0.327± 0.009^{aA}	0.349 ± 0.005^{bB}	5.502 ± 0.009^{bB}	0.515 ± 0.021^{aA}	10.222 ± 0.105 ^{bB}	0.221 ± 0.007^{ceA}	14.857 ± 0.120 ^{bB}	70.310 ± 1.000 ^{bB}	0.065± 0.007^{aA}	0.059 ± 0.001^{eB}	63.679± 0.240^{bB}	1.581± 0.026^{bcB}	0.304 ± 0.011^{bB}
HAD 50 °C	0.223± 0.001^{dD}	0.058 ± 0.000^{eE}	0.537 ± 0.021 ^{dE}	0.147 ± 0.011^{deD}	5.244 ± 0.085 ^{dE}	0.188 ± 0.013^{ceE}	1.010 ± 0.050 ^{dE}	9.136 ± 0.050 ^{dE}	0.036± 0.001^{aA}	0.070 ± 0.050^{ceE}	9.150 ± 0.500 ^{dE}	2.141± 0.030^{abE}	1.915 ± 0.055^{aC}
HAD 60 °C	0.025± 0.005^{eF}	0.092 ± 0.002^{dF}	1.275 ± 0.017 ^{dD}	0.176 ± 0.007^{dD}	7.082 ± 0.150 ^{dD}	0.355 ± 0.019^{bD}	2.130 ± 0.100 ^{dD}	12.181 ± 0.063 ^{dD}	0.007± 0.000^{aA}	0.215 ± 0.005^{bD}	11.671± 0.110 ^{dD}	0.444± 0.158^{eD}	1.224 ± 0.006^{aC}
HAD 70 °C	0.013± 0.001^{fF}	0.055 ± 0.000^{eE}	1.537 ± 0.020 ^{dC}	0.377 ± 0.008^{bC}	8.888 ± 0.130 ^{dC}	0.588 ± 0.020^{aC}	4.400 ± 0.140 ^{dC}	15.075 ± 0.026 ^{dC}	0.017± 0.001^{aA}	0.048 ± 0.001^{eE}	47.693± 0.815 ^{dC}	0.248± 0.002^{eD}	1.389 ± 0.102^{aC}
USV 50 °C	0.038± 0.000^{eE}	0.122 ± 0.003^{dD}	1.904 ± 0.016 ^{cE}	0.105 ± 0.007^{fD}	5.523 ± 0.200 ^{cE}	0.110 ± 0.003^{eE}	5.000 ± 0.176 ^{cE}	7.518 ± 0.183 ^{cE}	0.041± 0.003^{aA}	0.037 ± 0.001^{eE}	3.171 ± 0.060 ^{cE}	0.229± 0.010^{eE}	0.994 ± 0.090^{aD}
USV 60 °C	0.029± 0.000^{eE}	0.159 ± 0.010^{cC}	2.703 ± 0.181 ^{cD}	0.138 ± 0.002^{efD}	7.169 ± 0.100 ^{cD}	0.276 ± 0.090^{bcD}	7.640 ± 0.226 ^{cD}	11.563 ± 0.552 ^{cD}	0.022± 0.030^{aA}	0.050 ± 0.001^{eE}	15.714 ± 0.252 ^{cD}	1.162± 0.057^{cdDC}	0.304 ± 0.007^{bC}
USV 70 °C	0.075± 0.006^{cC}	0.158 ± 0.022^{cC}	2.988 ± 0.016 ^{cC}	0.229 ± 0.007^{cC}	9.186 ± 0.065 ^{cC}	0.566 ± 0.005^{aC}	9.400 ± 0.141 ^{cC}	60.095 ± 0.650 ^{cC}	0.110± 0.120^{aA}	0.126 ± 0.008^{cD}	54.738 ± 0.610 ^{cC}	0.834± 0.012^{deEC}	0.391 ± 0.015^{bC}
FD	0.323± 0.002^{aA}	0.483 ± 0.010^{aA}	6.664 ± 0.100 ^{aA}	0.124 ± 0.004^{efB}	15.478± 0.200 ^{aA}	0.285 ± 0.010^{bcA}	16.617 ± 0.200 ^{aA}	103.653 ± 1.291 ^{aA}	0.141± 0.095^{aA}	0.667 ± 0.011^{aA}	86.177 ± 0.644 ^{aA}	2.647± 0.520^{aA}	1.455 ± 0.075^{aA}

Aynı sütundaki farklı küçük harfler aynı sıcaklıkta farklı kurutma yöntemleri ve FD ile kurutulmuş ve taze örnek arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$)
Aynı sütundaki farklı büyük harfler aynı yöntem farklı sıcaklıkta ve FD ile kurutulmuş ve taze örnek arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$)

Dondurarak kurutma işleminde ürün düşük sıcaklıklarda vakum altında tutulmaktadır. Dondurma basamağında dokularda buz kristalleri oluşmaktadır. Buz kristalleri hücre yapısına ve duvarına zarar vermektedir. Fenolik bileşikler bu şekilde serbest kalarak ekstraksiyona açık hale gelir. Vakum kurutmada hava oksidasyonu engellenmiş olduğundan ve ürün içine ısı penetrasyonu hızlı bir şekilde gerçekleştiğinden ürünün iç sıcaklığı çabuk artmış olmaktadır. Kuruma süresi kısaldığından ürün sıcaklığa daha az maruz kalmaktadır. Sıcak hava ile kurutulan ürünler açık ortamda kurutulduğundan oksijen ve sıcaklığın da etkisiyle polifenoloksidaz enziminin aktivitesi desteklenmiş olabilmektedir (Vashisth vd., 2011).

Kurutma sıcaklığının 55°C'den 75°C'ye çıkarılması kayısılarda klorojenik (5-O-kafeolkinik asit), neoklorojenik asit (3-O-kafeolkinik asit) ve kateşin içeriğinin artmasına sebep olurken epikateşin, rutin ve kuersetin 3-glukozid miktarında azalmaya sebep olmuştur. Düşük kuruma sıcaklığında ve oksijenin bulunduğu ortamda hidroksisinamik asitler polifenoloksidaz aktivitesinden daha çok etkilenmektedir. Kurutma sıcaklığının flavonoller üzerine etkisi fenolik asitlerden farklı olmuştur. Sıcaklık artışı ile flavonol miktarının azaldığı görülmüştür. Flavonollerin degradasyonunun hidroksisinamik asit ve kateşinde olduğu gibi direkt olarak enzimle ilgili olmadığı, sıcaklık artışının daha fazla etkili olduğu belirtilmiştir. Flavonoidler, fenolik asitler ile aynı mekanizma tarafından degrade edilmemektedir. PPO enzimi glukozidler üzerinde doğrudan etki göstermediğinden oksidazlar için flavonoidlerin zayıf subtratlar oldukları düşünülmektedir. Antioksidan aktivitenin ise kurutulmuş ürünlerde taze meyveye göre arttığı belirlenmiştir. Kurutma sıcaklığının yükseltilmesi antioksidan aktiviteyi artırmıştır. Bunun sebebinin zincir-kırma ve DPPH mekanizması ile tespit edilen yüksek antioksidan aktiviteye sahip maillard reaksiyon ürünleri olduğu belirtilmektedir (Madrau vd., 2009).

Gıdaya uygulanan işlemler bazı antioksidanların miktarını azalttığı gibi bazen toplam antioksidan kapasitenin artmasına da yol açabilmektedir. Bunun iki sebebinin olabileceği belirtilmiştir: 1) yüksek sıcaklıkta uygulanan işlemlerde

oluşan maillard reaksiyon ürünlerinin (melanoidinler) zincir-kırma mekanizmasındaki antioksidan etkisi, 2) polifenolik bileşiklerden geçici olarak oluşan oksidasyon ara ürünleri. Ayrıca bazı başka gıda bileşenlerinin antioksidan etkiye sahip kısımlarının sıcaklık etkisiyle serbest kalmalarının da antioksidan aktivitenin artmasına sebep olabileceği belirtilmiştir (Vashisth vd., 2011).

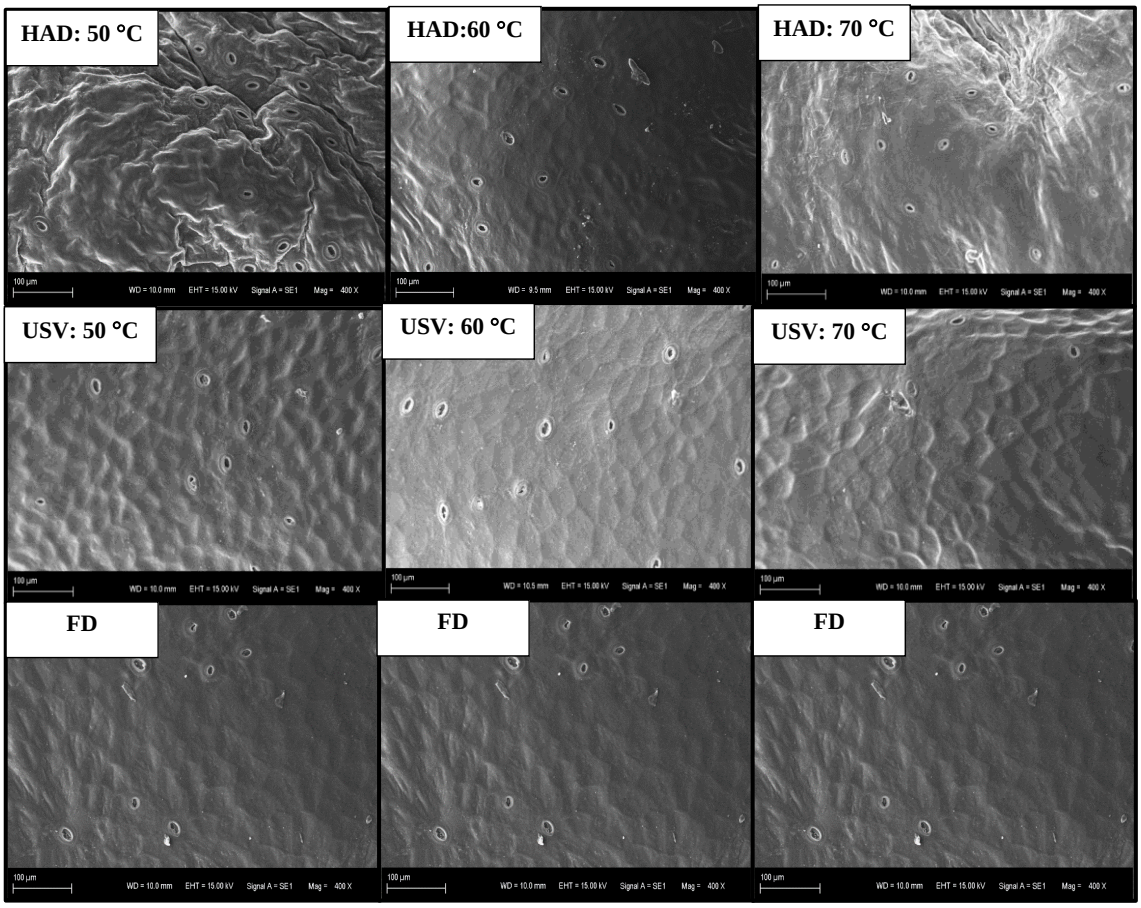
Meyve ve sebzelerdeki fenolik bileşikler vakuollerden daha çok hücrenin dış kısımlarında konsantre olmaktadır. Fenolik bileşikler karbonhidrat ve protein yapısındaki kısımlarla bağlı bulunduğundan termal proses boyunca hücresel içeriğin ve kovalent bağların parçalanması meydana gelebilmektedir. Bundan dolayı serbest kalan polifenolik bileşenler ekstraksiyon için uygun hale gelebilmektedir (Vashisth, Singh ve Pegg, 2011). Bu mekanizmanın tersine hücrelerin zarar görmesi sonucunda polifenolikleri okside edebilen oksidatif ve hidrolitik enzimler açığa çıkabilse de kurutma işleminde yüksek sıcaklığın bu enzimleri kısa süre içinde inaktive etmesi ve polifenolikleri bozunmaktan kurtarması sonucunda bu durumun etkisinin olmadığı düşünülmektedir (Wojdyło, Figiel ve Oszmiański, 2009)

3.3 Kurutma İşlemlerinin Taflanın Mikroyapısına Etkisi

SEM görüntüleri kurutulmuş örneklerin yüzey karakteristiklerinde farklı kurutma yöntem ve sıcaklıklarının etkisini göstermektedir (Şekil 3.2). Kurutulmuş gıdalardaki en önemli fiziksel kusur büzülmedir. Kuruma süresince kapiler yapının zarar görmesinden dolayı büzülme meydana gelmektedir. Gıdanın yapısında, rehidrasyon gücünde ve yüzey özelliklerinde kurutma sonrasında istenmeyen etkiler meydana gelebilmektedir (Witrowa-Rajchert ve Rząca, 2009).

Hem kurutma sıcaklığı hem de kurutma yöntemleri örneklerin büzülme derecelerini etkilemiştir. Diğer metotlarla karşılaştırıldığında HAD işlemi uygulanmış örnekler Şekil 3.2'de de görüldüğü gibi en yüksek büzülmeyi göstermiştir. HAD işleminin üründe daha fazla büzülme göstermesi önceki çalışmalarda da raporlanmıştır (Yao, Fan ve Duan, 2019). HAD yönteminde ilk başlarda kurumanın çok hızlı olması sonucunda hücre çökmeleri meydana gelmektedir. Diğer kurutma yöntemlerine göre HAD işleminde por oluşumu daha fazla olmaktadır. Ürün iç sıcaklığı dış yüzey

sıcaklığından çok düşük olduğundan oluşan sert dış yüzeyden dolayı nemin uzaklaştırılması yavaşlamakta ve mikroyapısal stres artmaktadır. Böylece büyük boyutlu porlar oluşmaktadır. HAD işlemi ürünün yaklaşık olarak yarısında büzülme ve çökme ortaya çıkarabilmektedir (Yao, Fan ve Duan, 2019).



Şekil 3.2 Farklı sıcaklık (50, 60 ve 70°C) ve yöntemlerle (HAD, USV ve FD) kurutulmuş taflan örneklerinin SEM görüntüleri

Sıcak hava (70°C), mikrodalga-sıcak hava ve infrared kurutmanın elma dilimlerinin kurutulmasında ürünün yapısına olan etkisinin araştırıldığı bir çalışmada sıcak hava ile kurutulan örnek hücrelerinin diğer yöntemlerle kurutulan örneklere göre daha küçük kesit alana sahip olduğu görülmüştür. Sıcak hava ile kurutma sonrasında en küçük hacimli ve en yüksek büzülme dereceli ürün elde edilmiştir. Aynı zamanda en düşük porozitesi olan ürünün sıcak hava ile kurutulan ürün olduğu tespit edilmiştir. Bu örneklerin mikroyapısı incelendiğinde yoğunluğun yüksek ve kavitelerin küçük olduğu görülmüştür. Araştırmada sıcak hava ile kurutma sırasında uygulanan

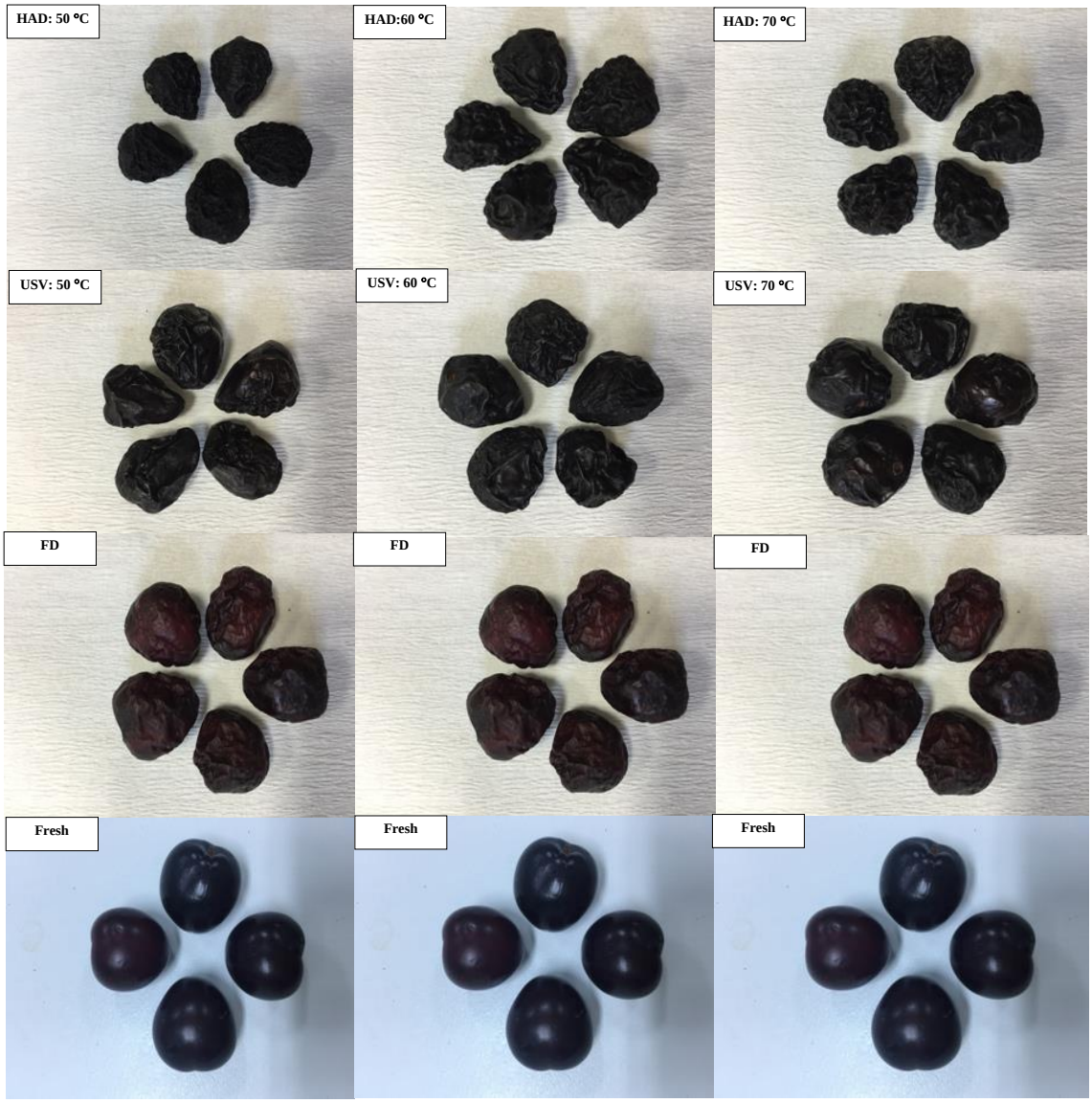
yüksek sıcaklığın ürün yapısını olumsuz etkilediği belirtilmiştir (Witrowa-Rajchert ve Rząca, 2009).

Sıcak hava ile kurutma sırasında meydana gelen yüksek nem farkından dolayı da üründe yüksek derecede büzülme meydana gelmektedir. Bu yüksek nem farklılığı mikroyapıda strese, kapiler yapıda çökmelere ve geri dönüşümsüz yapısal değişikliklere neden olmaktadır (Zotarelli, Porciuncula ve Laurindo, 2012). HAD işleminde düşük sıcaklıkta (50°C) kurutmanın yapılması yüksek sıcaklıklara (60 ve 70°C) göre yapıda daha fazla büzülmeye sebep olmuştur. HAD-50°C' de kuruma süresinin uzun olması hücre duvarına zarar vermiş olabilmekte ve bu şekilde büzülme seviyesini artırabilmektedir. HAD-60°C'deki büzülme derecesi ise 70°C' dekinden daha az olmuştur. 60°C' de olduğu gibi sıcaklık ve süre ile ilgili optimum koşulların sağlandığı durumlarda yapıda daha az büzülme meydana gelmektedir. Sıcaklığın 60°C'den 70°C'ye yükseltilmesi kapiler yapının çökebilmesine ve büzülmeye sebep olabilmektedir. USV-70°C'de kurutma işlemi uygulanmış örnekler 50 ve 60°C'lerde kurutulan örneklerden daha fazla büzülme göstermiştir.

Ultrases destekli vakum kurutma için kurutma sıcaklığı büzülmenin oluşumunda belirleyici faktör olmuştur. USV işleminde büzülme miktarını azalttığı için kurutma sıcaklığı olarak 50 ve 60°C seçilebilir. USV işleminde ürün içindeki ve ortamdaki basınç farklılığından dolayı baskılayıcı stress oluşmakta ve büzülme oluşabilmektedir (Xu vd., 2019). USV kurutma işlemi uygulanmış örneklerin HAD işlemi uygulanmış örneklere göre daha az büzülme göstermesi USV yönteminde işlem süresinin daha kısa olması ve yöntemin ürünün yüzey yapısına daha az zarar vermesi ile ilgilidir (Puig vd., 2012).

USV-50 ve 60°C ile FD işlemi benzer yüzey özellikleri göstermiştir. FD işlemi için en az büzülmeye neden olması camsı geçiş sıcaklığından daha düşük olan kurutma sıcaklığı ile ilgilidir. HAD işleminde olduğu gibi eğer kurutma sıcaklığı örneğin camsı geçiş sıcaklığından daha yüksek olursa belirgin şekilde büzülme meydana gelebilmektedir (Bhandari ve Adhikari, 2008). Kurutulmuş taflan meyvelerinin büzülme derecelerinin sıralaması FD < USV50°C < USV60°C < USV70°C < HAD60°C < HAD70°C < HAD50°C şeklindedir. Taze ve kurutulmuş örneklerin fotoğrafları ile

SEM görüntülerinin birbirleriyle uyumlu olduğu görülmektedir (Şekil 3.3). Ayrıca HAD uygulanmış örneklerin hacminin diğerlerine göre daha küçük olduğu da görülmektedir. Dondurularak kurutulmuş örneklerde petek şeklindeki (honeycomb) yapı korunmuş olup toplam hacim ve yüzey karakteristikleri açısından taze örnek ile benzerlik göstermektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda da diğer yöntemlere kıyasla dondurularak kurutulmuş örneklerin en az büzülmeye sahip olduğu görülmüştür (Aksoy, Karasu, Akçiçek ve Kayacan, 2019; Chen vd., 2020; Xu vd., 2019).



Şekil 3.3 Taze ve kurutulmuş taflan meyvesine ait görüntüler

Büzülme oranı azaldıkça mikroyapısal açıdan daha stabil ürünler elde edilmektedir. Kurutma ile ilgili proseslerde büzülmeyi açıklayan camsı geçiş sıcaklığı teorisine göre camsı geçiş sıcaklığının altındaki bir sıcaklıkta işlem uygulandığında ürünün yapısında daha az çökmeler ve daha fazla gözenek meydana gelmektedir. Dondurarak kurutma işleminde ürün camsı geçiş sıcaklığının altında kurutulduğu için daha az büzülme ve daha gözenekli bir yapı görülmüştür. Sıcak hava ile kurutmada ise örnek camsı geçiş sıcaklığının üzerindeki bir sıcaklığa maruz bırakıldığından büzülme fazla olmuştur (Rahman, 2008).

3.4 Kurutma İşlemlerinin Renk Üzerindeki Etkisi

Kurutma yöntemleri ve sıcaklıklarının renk üzerindeki etkisi Tablo 3.3' te verilmiştir. Örneklerin L*, a* ve b* değerleri üzerinde kurutma yöntemi ve sıcaklığı etkili olmuştur ($p<0,05$). Taze örneklerin L*, a* ve b* değerleri 29.23, 9.15 ve -4.15 olarak tespit edilmiştir. 82 adet farklı taflan genotipinin incelendiği bir çalışmada L*, a* ve b* renk değerlerinin 17.63-25.10, 0.90-11.52 ve 0.01-2.58 arasında değiştiği belirlenmiştir (İslam ve Deligöz, 2012). Renk değerlerindeki farklılıklar olgunlaşma derecesi ve hasat zamanından kaynaklanmaktadır. Ayrıca toplam antosiyanin miktarı ile b* değeri arasında güçlü negatif korelasyon bulunduğu bir çalışmada saptanmıştır. Farklı taflan genotiplerinde en yüksek antosiyanin (260,81 mg/kg taze meyve) içeren genotipin b* değeri 0,42 iken en düşük antosiyanin miktarına (67,52 mg/kg taze meyve) sahip olan meyvenin b* değeri 3,97'dir (R. Kasım, Sülüşoğlu ve M.U. Kasım, 2011).

Taze meyvenin L* ve a* değerleri 29,23 ve 9,15 olarak tespit edilmiştir. FD ile kurutulmuş örneklerin ise taze meyveye en yakın düzeyde renk değerlerine (33,45 ve 16,91) sahip olduğu belirlenmiştir. Üç farklı kurutma sıcaklığında da USV ve HAD ile kurutulan örneklerin renk değerleri taze meyveye göre azalmıştır. Kayacan vd. (2019)' un çalışmasında da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Düşük kurutma sıcaklığında polifenoloksidaz aktivitesi sonucu monofenollerin o-difenollere hidroksilasyonu ve kinonlara oksidasyonu gerçekleşmekte, istenmeyen koyu renkli polimerik pigmentler oluşabilmektedir (Teles vd., 2018).

FD uygulanmış örneklerin L* ve a* değerlerinin taze ürüne göre yüksek olması termal degradasyon ve esmerleşme reaksiyonlarının düşük sıcaklıklarda meydana gelmemesinden kaynaklanmaktadır (Gao vd., 2012). Dondurarak kurutma işlemi sonrasında su içeriği uzaklaştırıldıktan sonra antosiyanin konsantrasyonundaki artış da a* değerinin yükselmesinde etkili olabilmektedir. Ayrıca FD uygulanmış örneklerin mikroyapısının korunması ve por oluşumu sebebiyle ışığı daha iyi yansıtabildiğinden L* değeri taze ürüne göre yüksek çıkabilmektedir.

HAD işlem sıcaklığının renk parametrelerinde etkili olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Sıcak hava ile kurutma işleminde kurutma süresi uzadıkça daha fazla pigment degradasyonu olmuş ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları meydana gelmiştir (Guiné ve Barroca, 2012). Kurutma sıcaklığı 50°C olan örnekler 23,18 ve 0,95 ile en düşük L* ve a* değerlerini göstermiştir.

Kurutma sıcaklığı ve yöntemleri açısından renk değerleri karşılaştırıldığında en iyi kurutma yöntemi 60°C'de HAD işlemi olmuştur. Renk parametrelerinin korunmasındaki en iyi etki süre ve sıcaklığın kombine etkisidir. USV tekniğinde örneklerin L* değerleri üzerinde işlem sıcaklığının herhangi bir etkisi gözlenmemiştir. ΔE değeri toplam renk farklılığını açıklamak için hesaplanmıştır. USV işleminin kurutma koşulları ve dondurarak kurutma işlemi ΔE değeri üzerinde benzer sonuçlar göstermiştir. FD ile kurutulmuş örneğin renk parametreleri diğer kurutma yöntemlerininkine göre daha yüksek olduğundan ΔE değeri 10,12 çıkmıştır. HAD ve USV işleminde ΔE değerinde azalma saptanmıştır ve bu özelliğiyle negatif kalite indeksi olarak düşünülmektedir. Renk sonuçları ile mikro yapı özelliklerinin uyumlu oldukları görülmüştür. Chen vd. (2019)'nin sarımsak dilimlerinde farklı kurutma yöntemlerinin renk değişikliğine olan etkisini araştırdıkları çalışmada ultrases destekli vakum kurutma ve sadece vakum kurutma yöntemi uygulanmış örneklerin en düşük ΔE değerine sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Ortamda oksijen olmamasının enzimatik oksidasyonu engellediği belirtilmiştir.

Tablo 3.3 Taze ve kurutulmuş taflanın renk değerleri

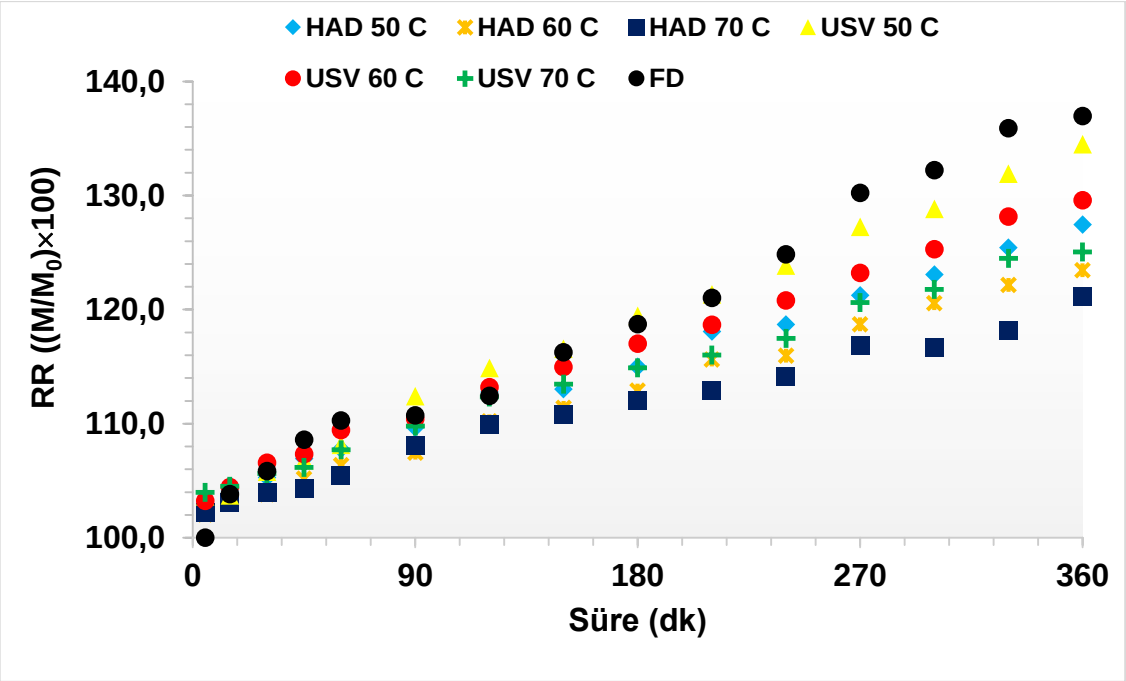
Örnek	Sıcaklık (°C)	L*	a*	b*	ΔL	Δa	Δb	ΔE
Taze		29.23 ± 0.08 ^{Bb}	9.15 ± 1.75 ^{Bb}	−4.15 ± 0.27 ^{Dd}				
HAD	50	23.18 ± 0.16 ^{De}	0.95 ± 0.50 ^{Cd}	−2.50 ± 0.55 ^{Cc}	6.05 ± 0.07 ^{Aa}	8.21 ± 0.15 ^{Aa}	6.65 ± 0.09 ^{Aa}	12.34 ± 0.19 ^{Aa}
	60	27.53 ± 0.20 ^{Cc}	2.57 ± 0.09 ^{Cc}	−1.27 ± 0.02 ^{Bb}	1.17 ± 0.05 ^{Bc}	6.58 ± 0.05 ^{Ab}	5.42 ± 0.05 ^{Ab}	9.26 ± 0.26 ^{Bc}
	70	25.94 ± 0.33 ^{Cd}	1.25 ± 0.33 ^{Dd}	−2.37 ± 0.13 ^{Bc}	3.29 ± 0.95 ^{Bb}	7.91 ± 0.50 ^{Aa}	6.74 ± 0.05 ^{Aa}	11.13 ± 0.05 ^{Ab}
USV	50	27.92 ± 0.32 ^{Cc}	1.16 ± 0.07 ^{Cd}	−1.99 ± 0.03 ^{Bb}	1.31 ± 0.05 ^{Bc}	8.09 ± 0.03 ^{Aa}	6.14 ± 0.37 ^{Ab}	10.16 ± 0.03 ^{Ba}
	60	27.71 ± 0.15 ^{Cc}	1.19 ± 0.16 ^{Dd}	−2.27 ± 0.15 ^{Cb}	1.53 ± 0.09 ^{Bc}	7.96 ± 0.01 ^{Aa}	6.02 ± 0.15 ^{Ab}	10.74 ± 0.01 ^{Aa}
	70	27.31 ± 0.90 ^{Cc}	2.10 ± 0.08 ^{Cc}	−3.00 ± 0.09 ^{Cc}	1.93 ± 1.15 ^{Cb}	7.05 ± 0.07 ^{Ab}	7.15 ± 0.09 ^{Aa}	10.89 ± 0.15 ^{Aa}
FD		35.45 ± 0.51 ^{Aa}	16.91 ± 2.38 ^{Aa}	2.25 ± 0.35 ^{Aa}	6.22 ± 1.33 ^{Aa}	7.76 ± 0.03 ^{Aa}	1.19 ± 0.11 ^{Bc}	10.12 ± 0.11 ^{Aa}

Aynı sütundaki farklı büyük harfler aynı sıcaklıkta farklı kurutma yöntemleri ve FD ile kurutulmuş ve taze örnek arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$)
Aynı sütundaki farklı küçük harfler aynı yöntem farklı sıcaklıkta ve FD ile kurutulmuş ve taze örnek arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$)

Basınç altında vakum kurutma, infrared-sıcak hava ile kurutma ve sıcak hava ile kurutma yöntemi kırmızı biberlere uygulandığında L* değeri basınç altında vakum kurutma (50-80°C) uygulanmış biberlerde 36,00-39,31 iken sıcak hava ile kurutulmuş (50-80°C) biberlerde 30,53-26,88 değerindedir. Basınç altında vakum kurutma uygulanmış biberler diğer kurutma yöntemleri uygulanmış olanlara göre düşük esmerleşme indeksi değeri göstermiştir. Basınç altında vakum kurutma yönteminde ortamda oksijenin çok az olması veya hiç olmaması askorbik asit degradasyonu ve maillard reaksiyonlarını engelleyebildiğinden L* değerinin düşük çıkmamasına neden olmuştur. Çalışmada tüm kurutma yöntemlerinde işlem sıcaklığı artırıldıkça esmerleşme indeksinin arttığı belirtilmiştir (Deng vd., 2017).

3.5 Kurutma İşlemlerinin Taflanın Rehidrasyon Özelliklerine Etkisi

Kurutulmuş örneklerin 25°C'deki rehidrasyon kinetikleri Şekil 3.4' te gösterilmiştir. Kurutma yöntemleri ve sıcaklıkları örneklerin farklı rehidrasyon oranlarına sahip olmasına neden olmuştur. Kurutma metotları arasında FD işlemi ile kurutulan taflan meyvelerinin suyu en fazla absorpladığı görülmüştür. FD işlemi ile üründe mikro-delikler ve kapiler kanallar oluştuğu için rehidrasyon kapasitesi yüksek olmaktadır (Xu vd., 2019). Aynı sıcaklık değeri için USV ile kurutulmuş örneklerin rehidrasyon kapasitesi sıcak hava ile kurutulmuş örneklerinkinden daha yüksektir. USV ve HAD yöntemlerinin ikisinde de örneklerin rehidrasyon kapasitesi sıcaklık artışıyla azalma göstermiştir. Rehidrasyon kapasitesi üzerinde işlem sıcaklığının etkisi farklı çalışmalarda da görülmüştür (Aksoy vd., 2019; Miranda vd., 2010; Vega-Gálvez vd., 2013). Vega-Gálvez vd. (2013) 50-70°C arasında sıcaklığın yükselmesinin absorpsiyon kapasitesinde düşüşe sebep olduğunu belirtmişlerdir. Kurutulmuş örneklerin rehidrasyon sonrası mikroyapıları incelendiğinde hücreler arası boşlukların görülmediği ve hücre içi materyallerle dolu olduğu görülmüştür. Yüksek kurutma sıcaklığı (70-90°C) hücre duvarına zarar verebildiğinden böyle bir etkinin ortaya çıktığı ve rehidrasyon kapasitesinin de düşük olmasında etkili olduğu belirtilmiştir. USV-70°C ve HAD-50°C'de kurutulmuş örneklerde benzer rehidrasyon eğiliminin olduğu görülmüştür.



Şekil 3.4 Kurutulmuş taflan meyvelerinin rehidrasyon kinetiği

Farklı gıdaların dondurularak kurutulması sonrasında rehidrasyon kapasitesinin genel olarak diğer kurutma yöntemlerine göre yüksek olduğu belirtilmiştir (Aksoy vd., 2019; Wang, Q. Zhao ve B. Zhao, 2019). Dondurarak kurutma prosesinde işlem sıcaklığının düşük olması ve hücre yapısına daha az zarar verilmesinden dolayı yüksek rehidrasyon kapasitesi elde edilmektedir. FD sırasında oluşan süngerimsi yapı su absorpsiyon kapasitesinin yüksek değerde olmasına neden olmaktadır.

HAD işlemi ile kıyaslandığında USV işleminde vakum ve ultrases uygulaması daha porlu bir yapının oluşmasını sağlamakta ve bu şekilde yüksek su absorpsiyon kapasitesine yol açmaktadır (Xu vd., 2019). Gıdanın yapısında iç stresin ortaya çıkması ve por oluşumu ile rehidrasyon kapasitesinin yüksek oluşu açıklanabilmektedir. HAD işleminde azalan hızda kuruma periyodu ve kuruma süresinin uzun olması hücreye zarar vermekte ve lokal olarak kuru madde birikmesine yol açabilmektedir. Aynı zamanda sıcak hava ile kurutma işlemi yüzeydeki kapiler kanalların kapanmasına yol açtığından rehidrasyon kapasitesinin düşük olmasına neden olmaktadır. Önceki çalışmalarda da farklı gıda türlerinde ultrases uygulamasının rehidrasyon kapasitesini artırdığı tespit edilmiştir (Aksoy vd., 2019; Ricce vd., 2016).

Sıcak hava ile kurutulmuş örneklerde işlem sıcaklığı artırıldıkça (60-70-80°C) rehidrasyon gücünün azaldığı saptanmıştır. En yüksek rehidrasyon gücü 60°C işlem sıcaklığı olan örneklerde tespit edilmiştir. Kurutma sıcaklığı artırıldıkça yüzeysel kabuklanma, hücre yapısında bozulma ve porozitede azalma meydana geldiğinden rehidrasyon gücünün düşük olduğu bildirilmiştir (Chan vd., 2009). Çalışmada ayrıca ürünlerin kurutma işlemi boyunca belli oranda yapılarının zarar görmelerinden dolayı ilk baştaki su içeriğini tekrar geri kazanmalarının mümkün olmadığı belirtilmiştir. Bu nedenle rehidrasyon olayının dehidrasyonun tersi olmadığına vurgu yapılmıştır (Jamradloedluk, Nathakaranakule, Soponronnarit ve Prachayawarakorn, 2004).

k_1 parametresi Peleg hız sabitidir ve su absorpsiyon veya rehidrasyon kapasitesi ile ilişkilidir. k_2 parametresi ise Peleg kapasite sabiti olup su tutma kapasitesi ile ilişkilidir ve uzun rehidrasyon süresinden sonra ürünün tutabildiği maksimum nem içeriğini göstermektedir. Düşük k_1 değeri rehidrasyonun hızlı olduğunu göstermektedir. Kurutma sıcaklığı yükseldikçe k_2 değeri artmaktadır (Ricce vd., 2016).

Tablo 3.4 Peleg modelinin rehidrasyon kinetiği parametreleri

Yöntem		M	k_1	k_2	R^2
HAD	50°C	102.04 ± 0.01	12.38 ± 0.90 ^{cA}	0.91 ± 0.05 ^{cA}	0.9946
	60°C	102.30 ± 0.45	14.92 ± 0.05 ^{bA}	1.26 ± 0.01 ^{bA}	0.9979
	70°C	102.13 ± 0.04	16.06 ± 0.07 ^{aA}	1.51 ± 0.01 ^{aA}	0.9945
USV	50°C	102.68 ± 0.11	10.09 ± 0.01 ^{cB}	0.38 ± 0.02 ^{cB}	0.9989
	60°C	104.22 ± 0.25	11.04 ± 0.03 ^{bB}	0.41 ± 0.02 ^{bB}	0.9984
	70°C	103.72 ± 0.25	15.38 ± 0.01 ^{aB}	0.49 ± 0.01 ^{aB}	0.9968
FD		102.16 ± 0.09	8.04 ± 0.05 ^{dC}	0.10 ± 0.01 ^{dC}	0.9955

Aynı sütundaki farklı büyük harfler aynı sıcaklıkta farklı kurutma yöntemleri ve FD ile kurutulmuş örnekler arasındaki farklılığı göstermektedir ($p<0.05$). Aynı sütundaki farklı küçük harfler aynı kurutma yöntemlerinde farklı sıcaklıklarda ve FD ile kurutulmuş örnekler arasındaki farklılığı göstermektedir ($p<0.05$).

R^2 değerinin 0,99'dan yüksek olduğu ve Peleg modelinin örneklerin rehidrasyon kinetiğini tanımlamada güvenilir bir şekilde kullanılabildiği görülmüştür. k_1 ve k_2 değerlerinin kurutma sıcaklığı ve kurutma yöntemlerinden etkilendiği saptanmıştır. En düşük k_1 (8,04) ve k_2 değerleri (0,1) dondurarak kurutulmuş örneklerde elde edilmiştir. Bu sonuçlar FD işleminin diğer kurutma yöntemlerinden daha yüksek rehidrasyon kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir. k_1 ve k_2 değerlerinin kurutma sıcaklığı yükseldikçe arttığı belirlenmiştir. Aynı kurutma sıcaklığında (50°C) USV ile kurutulan örneklerin k_1 ve k_2 değerleri (10,09-0,38) olarak belirlenirken HAD işlemi ile kurutulan örneklerin 12,38-0,91 değerlerine sahip olduğu görülmüştür. USV ile kurutulan örneklerin rehidrasyon kapasitesinin HAD ile kurutulan örneklerinkinden daha yüksek olması sonuçları doğrulamaktadır.

4
SONUÇ VE ÖNERİLER

Taflan fenolik bileşikler ve antosiyanince zengin olması sebebiyle iyi bir fonksiyonel gıda olarak düşünülmektedir. Uzun yıllardır tedavi edici özelliği bilinmekte ve kullanılmakta, yetiştiği alanlarda bölge halkı tarafından sevilerek tüketilmektedir. Biyoaktif bileşenlerin sağlığa faydaları, tüketicilerin bu özellikteki ürünlere olan ilgisinin sürekli artması ve yüksek nem içeriğinden dolayı raf ömrünün kısa olması düşünüldüğünde taflan gibi fonksiyonel meyvelerin kurutularak muhafazası kaçınılmaz olmaktadır. Ayrıca gıda endüstrisi ürün formülasyonlarında biyoaktif madde miktarı ve çeşitliliği yüksek yeni ara ürünleri değerlendirmektedir. Bu çalışma ile taflan meyvesinin kurutulmasının ve son ürünün kalite özelliklerinin belirlenmesinin tüketicilere ve endüstriye katkı sağladığı düşünülmektedir.

Bu tez çalışmasında farklı kurutma yöntemleri ve sıcaklıklarının taflan meyvesinin farklı kalite parametreleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla sıcak hava ile kurutma (HAD), ultrases-destekli vakum kurutma (USV) ve dondurarak kurutma (FD) işlemleri taflan meyvesine uygulanmıştır. HAD ve USV işlemleri için 50, 60 ve 70°C olmak üzere üç farklı sıcaklık değerinde kurutma yapılmıştır. FD işlemi için laboratuvar ölçekli dondurarak kurutucu cihazında standart yöntem ile meyveler kurutulmuştur. Kurutma yöntemi ve uygulanan sıcaklığın meyvenin incelenen tüm özelliklerini etkilediği saptanmıştır.

HAD ve USV işlemlerinde sıcaklık artışı ile kuruma süresinin kısaldığı saptanmıştır. USV işleminde HAD işlemine göre ultrasesin üründe oluşturduğu kavitasyon ve mikrokanalların oluşumu ayrıca vakum etkisiyle ürünün buhar basıncının düşürülmesinden dolayı nem üründen daha kolay uzaklaştırıldığı için kuruma süresinin kısaldığı belirlenmiştir.

Taflanın toplam biyoaktif madde içeriğinin hem kurutma yöntemleri hem de kurutma sıcaklıklarından etkilendiği saptanmıştır. FD ile kurutulmuş örneklerin en

yüksek toplam fenolik madde (TPC), toplam flavonoid (TFC), toplam antosiyanin (TA) ve antioksidan kapasite (DPPH) gösterdiği tespit edilmiştir. USV uygulanmış örneklerin biyoaktif madde miktarlarının FD işlemi uygulanmış örneklerden sonra taze meyvenin içerdiği miktarlara en yakın düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Aynı kurutma sıcaklığında USV uygulanmış örneklerin HAD işlemi uygulanmış örneklerden daha yüksek biyoaktif madde miktarına sahip olduğu belirlenmiştir. HAD ve USV işlemleri için kurutma sıcaklığının artırılması ile toplam biyoaktif madde miktarının arttığı görülmüştür. Taflan meyvesinin fenolik profili sonuçlarında klorojenik asit temel fenolik bileşik olarak tespit edilmiştir ve miktarı kurutma metotlarına bağlı olarak değişiklik göstermiştir.

SEM görüntüleri kurutulmuş örneklerin yüzey karakteristiklerini tanımlamaktadır. HAD uygulanmış örneklerde FD ve USV işlemi uygulanmış örnekler ile karşılaştırıldığında daha fazla büzülme olduğu görülmüştür. Kurutma metotları arasında FD işlemi ile kurutulan taflan meyvelerinin suyu en fazla absorpladığı görülmüştür. Aynı sıcaklık değeri için USV ile kurutulmuş örneklerin rehidrasyon kapasitesi sıcak hava ile kurutulmuş örneklerinkinden daha yüksektir. USV ve HAD yöntemlerinin ikisinde de örneklerin rehidrasyon kapasitesi sıcaklık artışıyla azalma göstermiştir.

FD ile kurutulmuş örneklerin L* ve a* değerlerinin taze meyveye göre arttığı USV ve HAD ile kurutulan örneklerin değerlerinde ise azalma olduğu belirlenmiştir. FD işleminde termal degradasyon ve esmerleşme reaksiyonlarının düşük sıcaklıklarda meydana gelmemesi sebebiyle meyve renginin korunduğu görülmüştür. Sıcak hava ile kurutma işleminde kurutma süresi uzadıkça daha fazla pigment degradasyonu olduğu ve 50°C'de kurutulan örneklerin en düşük L* ve a* değerleri gösterdiği saptanmıştır. ΔE değeri toplam renk farklılığını açıklamak için hesaplanmıştır. Tüm kurutma yöntemleri örneklerin toplam renk farklılığı değeri (ΔE) üzerinde etkili olmuştur. USV işleminin kurutma koşulları ve FD işlemi ΔE değeri üzerinde benzer sonuçlar göstermiştir. FD ile kurutulmuş örneğin renk parametreleri diğer kurutma yöntemlerininkine göre daha yüksek olduğundan ΔE değerinin daha yüksek çıktığı

belirlenmiştir. Renk sonuçları ile mikro yapı özelliklerinin uyumlu oldukları görülmüştür.

Analiz sonuçları FD yönteminin diğer metotlara göre meyvenin bütün özelliklerinde en iyi sonuçlara sahip olduğunu göstermiştir. Çalışma ile daha yüksek seviyede biyoaktif maddenin korunması ve rehidrasyon oranları, kurutma süresinin kısalması, daha az renk değişikliği ve büzülmenin oluşmasından dolayı taflan meyvesinin kurutulmasında USV yönteminin HAD yöntemine göre daha iyi olduğu ortaya çıkarılmıştır. Son ürün kalitesi ve proses şartları dikkate alınarak tüm kurutma yöntemleri içinde USV işlemi kurutma süresini kısaltması ve son ürün kalite özelliklerinin iyi olması sebebiyle FD yönteminin yerine taflan meyvesinin kurutulmasında potansiyel bir yöntem olarak önerilmektedir.

Taflan meyvesinin antosiyanin içeriğinin yüksek olmasından dolayı kurutulmuş formunda da antosiyanin profilinin araştırılmasının son ürün kalitesi açısından yararlı olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca kurutulmuş taflan meyvesinin hem ticari değerinin artırılması hem de biyoaktif madde içeriği üzerinde olumlu etkisinin olabileceği düşünüldüğünden sıcak hava ile kurutma işleminin diğer kurutma teknikleri ile kombine şekilde uygulamalarının araştırılması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

Acar, J. ve Gökmen, V. (2000). *Meyve ve Sebze Teknolojisi (Meyve ve Sebze Suyu Üretim Teknolojisi)* (Cilt. 1). Ankara, H. Ü. Müh. Fak. Yayınları.

Acar, J. ve Gökmen, V. (2007). Fenolik bileşikler ve doğal renk maddeleri. Saldamlı, İ. *Gıda Kimyası* (3.bs.). Ankara, Hacettepe Üniversitesi Yayınları.

Agus, D. B., Gambhir, S. S., Pardridge, W. M., Spielholz, C., Baselga, J., Vera, J. C. ve Golde, D. W. (1997). Vitamin C crosses the blood-brain barrier in the oxidized form through the glucose transporters. *The Journal of Clinical Investigation*, *100*(11), 2842-2848.

Akbarian, M., Ghasemkhani, N. ve Moayedi, F. (2014). Osmotic dehydration of fruits in food industrial: A review. *International Journal of Biosciences*, *4*(1), 42-57.

Aksoy, A., Karasu, S., Akçiçek, A. ve Kayacan, S. (2019). Effects of different drying methods on drying kinetics, microstructure, color, and the rehydration ratio of minced meat. *Foods*, *8*(6).

Aksoylu, Z. ve Karakaya, S. (2013). Effect of food processing on flavanols. *Akademik Gıda*, *11*(2), 70-79.

Alaşalvar, C., Al-Farsi, M. ve Shahidi, F. (2005). Compositional characteristics and antioxidant components of Cherry Laurel varieties and pekmez. *Journal of Food Science*, *70*(1), 47-52.

Alaşalvar, C. ve Shahidi, F. (2013a). Composition, phytochemicals and beneficial health effects of dried fruits: An overview. Alaşalvar, C. ve Shahidi, F. *Dried Fruits: Phytochemicals and Health Effects.* Oxford, Wiley-Blackwell.

Alaşalvar, C. ve Shahidi, F. (2013b). Nutritional composition, phytochemicals, and health benefits of dates. Alaşalvar, C. ve Shahidi, F. *Dried Fruits: Phytochemicals and Health Effects.* Oxford, Wiley-Blackwell.

Albayrak, S., Sağdıç, O. ve Aksoy, A. (2010). Bitkisel ürünlerin ve gıdaların antioksidan kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *26*(4), 401-409.

Alexander, R. J. (1998). *Sweeteners:nutritive*. St. Paul, Minnesota, Eagan Press.

Al-Farsi, M., Alaşalvar, C., Morris, A., BARON, M. ve Shahidi, F. (2005). Comparison of antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, and phenolics of three native fresh and sun-dried Date (*Phoenix dactylifera* L.) varieties grown in Oman. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 7592-7599.

Alibaş, İ., (2012). Determination of vacuum and air drying characteristics of celeriac slices. *Journal of Biological and Environmental Sciences*, *6*(16), 1-13.

An, K., Li, H., Zhao, D., Ding, S., Tao, H. ve Wang, Z. (2013). Effect of osmotic dehydration with pulsed vacuum on hot-air drying kinetics and quality attributes of cherry tomatoes. *Drying Technology*, *31*(6), 698-706.

Andersen, O. M. (2001). *Anthocyanins, in Encyclopedia of Life sciences*. New York, Macmillan Publishers.

Aoki, T., Akashi, T. ve Ayabe, S. (2000). Flavonoids of leguminous plants: structure, biological activity, and biosynthesis. *Journal of Plant Research*, 113, 475-488.

Aron, P. M. ve Kennedy, J. A. (2008). Flavan-3-ols: Nature, occurrence and biological activity, *Molecular Nutrition & Food Research*, 52, 79-104.

Asami, D. K., Hong, Y. J., Barrett, D. M. ve Mitchell, A. E. (2003). Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry, and corn grown using conventional, organic, and sustainable agricultural practices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 1237-1241.

Ashokkumar, M., Bhaskaracharya, R., Kentish, S., Lee, J., Palmer, M. ve Zisu, B. (2010). The ultrasonic processing of dairy products-An overview. *Dairy Science Technology*, 90, 147-168.

Ataie-Jafari, A., Hosseini, S., Karimi, F. ve Pajouhi, M. (2008). Effects of sour cherry juice on blood glucose and some cardiovascular risk factors improvements in diabetic women: A pilot study. *Nutrition & Food Science*, *38*(4), 355-360.

Ayaz, F. A., Kadıoğlu, A., Reunanen, M. ve Var, M. (1997a). Sugar composition in fruits of *Laurocerasus officinalis* Roem. and its three cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 10, 82-86.

Ayaz, F. A., Kadıoğlu, A., Reunanen, M. ve Var, M. (1997b). Phenolic acid and fatty acid composition in the fruits of *Laurocerasus officinalis* Roem. and its cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 10, 350-357.

Badwaik, L. S., Choudhury, S., Borah, P. K., Sit, N. ve Deka, S. C. (2014). Comparison of kinetics and other related properties of bamboo shoot drying pretreated with osmotic dehydration. *Journal of Food Processing and* Preservation, 38, 1171-1180.

Barbosa-Cánovas, G.V. ve Vega-Mercado, H. (1996). Barbosa-Cánovas, G.V. *Dehydration of Foods*. New York, Chapman & Hall.

Başlar, M., Kılıçlı, M., Toker, Ö. S., Sağdıç, O. ve Arıcı, M. (2014). Ultrasonic vacuum drying technique as a novel process for shortening the drying period for beef and chicken meats. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 26, 182-190.

Başlar, M., Kılıçlı, M. ve Yalınkılıç, B. (2015). Dehydration kinetics of salmon and trout fillets using ultrasonic vacuum drying as a novel technique. *Ultrasonics Sonochemistry*, 27, 495-502.

Batu, A. (1993). Kuru üzüm ve pekmezin insan sağlığı ve beslenmesi açısından önemi. *Gıda*, *18*(5), 303-307.

Baytop, T. (1984). *Therapy with medicinal plants in Turkey (past and present)*. İstanbul, İstanbul Üniversitesi Yayınları.

Belitz, H. D., Grosch, W. ve Schieberle, P. (2009). *Food Chemistry*, Garching, Springer.

Bettger, W. J. (1993). Zinc and selenium, site-specific versus general antioxidant. *The Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 71, 721-724.

Beyhan, Ö. (2010). A study on selection of promising native cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) genotypes from sakarya, Turkey. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, *20*(4), 231-233.

Bhandari, B. R. ve Adhikari, B. (2008). *Drying Technologies in Food Processing*. Hoboken, Blackwell Publishing Ltd.

Biesalski, H. K. (2001). *Nutraceuticals in health and disease prevention*. New York, Marcel Dekker, Inc.

Bingöl, G. (2009). *Gıda İşlemede Kurutma Teknolojilerinin Temel İlkeleri*, İstanbul, İstanbul Sanayi Odası.

Calín-Sánchez, Á., Figiel, A., Hernández, F., Melgarejo, P., Lech, K. ve Carbonell-Barrachina, Á. A. (2013). Chemical composition, antioxidant capacity, and sensory quality of pomegranate (*Punica granatum* L.) arils and rind as affected by drying method. *Food Bioprocess Technology*, 6, 1644-1654.

Cantos, E., Espín, J. C., Tomás-Barberán, F. A. (2002). Varietal differences among the polyphenol profiles of seven table grape cultivars studied by LC−DAD−MS−MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 5691-5696.

Castaneda-Ovando, A., de Lourdes Pacheco-Hernández, M., Paez-Hernandez, M. E., Rodriguez, J. A., Galan-Vidal, C. A. (2009). Chemical studies of anthocyanins: A review, *Food Chemistry*, 113, 859-871.

Celep, E., Aydın, A. ve Yeşilada, E. (2012). A comparative study on the in vitro antioxidant potentials of three edible fruits: Cornelian cherry, Japanese persimmon and cherry laurel. *Food and Chemical Toxicology*, 50, 3329-3335.

Chan, E. W. C., Lim, Y. Y., Wong, S. K., Lim, K. K., Tan, S. P., Lianto, F. S. ve Yong, M.Y. (2009). Effects of different drying methods on the antioxidant properties of leaves and tea of ginger species. *Food Chemistry*, 113, 166-172.

Chandrasekara, N. ve Shahidi, F. (2011). Effect of roasting on phenolic content and antioxidant activities of whole cashew nuts, kernels, and testa. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 5006-5014.

Chang, S. K., Alaşalvar, C. ve Shahidi, F. (2016). Review of dried fruits: Phytochemicals, antioxidant efficacies, and health benefits. *Journal of Functional Foods*, 21, 113-132.

Chemat, F. ve Chemat, M. K. K. (2011). Applications of ultrasound in food technology: processing, preservation and extraction. *Ultrasonic Sonochemistry*, 18, 813-835.

Chen, Y., Li, M., Dharmasiri, T. S. K., Song, X., Liu, F ve Wang, X. (2019). Novel ultrasonic-assisted vacuum drying technique for dehydrating garlic slices and predicting the quality properties by low field nuclear magnetic resonance. *Food Chemistry*, 306, 125625.

Chen, D., Xing, B., Yi, H., Li, Y., Zheng, B., Wang, Y. ve Shao, Q. (2020). Effects of different drying methods on appearance, microstructure, bioactive compounds and aroma compounds of saffron (*Crocus sativus* L.). *LWT-Food Science and Technology*, 120, 108913.

Clifford, M. N. (1999) Chlorogenic acids and other cinnamates-Nature, occurrence and dietary burden. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79, 362-372.

Coleman, A. L., Stone, K. L., Kodjebacheva, G., Yu, F., Pedula, K. L., Ensrud, K. E., … Mangione, C. M. (2008). Glaucoma risk and the consumption of fruits and vegetables among older women in the study of osteoporotic fractures. *American Journal of Ophthalmology*, 145, 1081-1089.

Çalışır, S. ve Aydın, C. (2004). Some physico-mechanic properties of cherry laurel (*Prunus lauracerasus* L.) fruits. *Journal of Food Engineering*, *65*, 145-150.

Çapanoğlu, E., Boyacıoğlu, D., de Vos, R. C. H., Hall, R. D. ve Beekwilder, J. (2011). Procyanidins in fruit from Sour cherry (*Prunus cerasus*) differ strongly in chainlength from those in Laurel cherry (*Prunus lauracerasus*) and Cornelian cherry (*Cornus mas*). *Journal of Berry Research*, 1, 137-146.

Çelik, F., Ercişli, S., Yılmaz, S. O. ve Hegedus, A. (2011). Estimation of certain physical and chemical fruit characteristics of various Cherry Laurel (*Laurocerasus officinalis* Roem.) genotypes. *HortScience*, *46*(6), 924-927.

Çelik, Ö. F., Demirkol, M., Durmuş, Y. ve Tarakçı, Z. (2019). Efects of drying method on the phenolics content and antioxidant activities of cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14, 48-54.

Çelik, Ö. F., Demirkol, M., Durmuş, Y. ve Tarakçı, Z. (2020). Efects of drying method on the phenolics content and antioxidant activities of cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14, 48-54.

Dawidowicz, A. ve Typek, R. (2010). Thermal Stability of 5-O-caffeoylquinic acid in aqueous solutions at different heating conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 12578-12584.

Decker, E. A., Ivanov, V., Zhu, B. Z. ve Frei, B. (2001). Inhibition of low-density lipoprotein oxidation by carnosine and histidine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 511-516.

de la Iglesia, R., Milagro, F. I., Campión, J., Boqué, N., Martínez, J. A. (2010). Healthy properties of proanthocyanidins. *Biofactors*, 36, 159-168.

Deng, L. Z., Yang, X. H., Mujumdar, A. S., Zhao, J. H., Wang, D., Zhang, Q., … Xiao, H. W. (2017). Red pepper (*Capsicum annuum* L.) drying: Effects of different drying methods on drying kinetics, physicochemical properties, antioxidant capacity, and microstructure. *Drying Technology*, *36*(8), 893-907.

Deprez, S., Mila, I., Huneau, J. F., Tome, D. ve Scalbert, A. (2001). Transport of proanthocyanidin dimer, trimer, and polymer across monolayers of human intestinal epithelial Caco-2 cells, *Antioxidant Redox Signaling*, *3*(6), 957-967.

Dewanto, V., Wu, X. ve Liu, R. H. (2002). Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 4959-4964.

Doymaz, İ. ve Karasu, S. (2018). Effect of air temperature on drying kinetics, colour changes and total phenolic content of sage leaves (*Salvia officinalis*). *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, *10* (3), 269-276.

Doymaz, İ., Karasu, S. ve Başlar, M. (2016). Effects of infrared heating on drying kinetics, antioxidant activity, phenolic content, and color of jujube fruit. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 10, 283-291.

Ekici, L. ve Sağdıç, O. (2008). Serbest radikaller ve antioksidan gıdalarla inhibisyonu. *Gıda*, *33*(5), 251-260.

Elisia, I., Hu, C., Popovich, D. G. ve Kitts, D. D. (2007). Antioxidant assessment of an anthocyanin-enriched blackberry extract, *Food Chemistry*, 101, 1052-1058.

Erenler, R., Yılmaz, B. ve Tekin, Ş. (2016). Antiproliferative effect of Cherry laurel. *Journal of the Turkish Chemical Society*, (Bölüm A: Chemistry), 3, 217-228.

Ergüney, E., Gülsünoğlu, Z., Fıratlıgil-Durmuş, E. ve Kılıç-Akyılmaz, M. (2015). Karayemiş tozu fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi. *Akademik Gıda*, *13*(2), 108-114.

Fellows, P. (2000). *Dehydration, in Food Processing Technology: Principles and Practice* (2.bs.). Cambridge, Midway Technology Limited.

Gallego-Juarez, J. A., Rodriguez-Corral, G., Ga Lvez-Moraleda, J. C. ve Yang, T. S. (2007). A new high intensity ultrasonic technology for food dehydration. *Drying Technology*, 17, 597-608.

Gao, L. ve Mazza, G. (1995). Characterization, quantitation, and distribution of anthocyanins and colorless phenolics in sweet cherries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43, 343-346.

Gao, Q. H., Wu, C. H., Wang, M., Xu, B. N. ve Du, L. J. (2012). Effect of drying of jujubes (*Ziziphus jujuba* Mill.) on the contents of sugars, organic Acids, α-tocopherol, β-carotene, and phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 9642-9648.

Giovanelli, G. ve Buratti, S. (2009). Comparison of polyphenolic composition and antioxidant activity of wild Italian blueberries and some cultivated varieties. *Food Chemistry*, 112, 903-908.

Giusti, M. M. ve Wrolstad, R. E. (2001). Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, F1.2.1-F1.2.13.

Grdzelishvili, G. ve Hoffman, P. (2012). Infrared drying of food products. chps.fsid.cvut.cz/pt/2012/pdf/2511.pdf

Guiné, R. P. F. ve Barroca, M. J. (2012). Effect of drying treatments on texture and color of vegetables (pumpkin and green pepper). *Food and Bioproducts Processing*, 90, 58-63.

Güleç, F., Turhan-Özdemir, G. D. (2017). Karayemiş (*Laurocerasus officinalis* Roemer) meyvesinin kuruma karakteristiğinin incelenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, *6*(1), 73-80.

Güzey, D. (2002). *Modification of protein structure and functionality using high-intensity ultrasound* (Yüksek lisans tezi). https://trace.tennessee.edu/utk_gradthes/2379

Habauzit, V. ve Morand, C. (2012). Evidence for a protective effect of polyphenols-containing foods on cardiovascular health: An update for clinicians. *Therapeutics Advances in Chronic Disease*, 3, 87-106.

Häkkinen, S. (2000). *Flavonols and phenolic acids in berries and berry products* (Doktora tezi). UEF Electronic Publications.

Halilova, H. ve Ercişli, S. (2010). Several physico-chemical characteristics of Cherry Laurel (*Laurocerasus Officinalis* Roem.) fruits. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, *24*(3), 1970-1973.

Halliwell, B. ve Gutteridge, J. M. C. (1998). *In Free Radicals in Biology and Medicine*; Oxford, Oxford University Press.

Harborne, J. B. ve Willians, C. A. (2000). Advances in flavonoid research since 1992. Phytochemistry, 55, 481-504.

Hardisson, A., Rubio, C., Baez, A., Martin. M., Alvarez, R. ve Diaz, E. (2001). Mineral composition of the banana (*Musa acuminata*) from the island of Tenerife. *Food Chemistry*, *73*(2), 153-161.

Harrison, P. M. ve Hoare, R. J. (1980). *Metals in Biochemisty*. London, Chapman and Hall.

Hassimoto, N. M. A., Genovese, M. I. ve Lajolo, F. M. (2005). Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *53*, 2928-2935.

Hollman, P. C. H.; Hertog, M. G. L. ve Katan, M. B. (1996). Analysis and health effects of flavonoids. *Food Chemistry*, 57, 43-46.

Hou, D. X. (2003). Potential mechanisms of cancer chemoprevention by anthocyanins. *Current Molecular Medicine*, 3, 149-159.

Hou , D. X., Kai, K., Li, J. J., Lin, S., Terahara, N., Wakamatsu, M., … Colburn, N. (2004). Anthocyanidins inhibit activator protein 1 activity and cell transformation: structure-activity relationship and molecular mechanisms. *Carcinogenesis*, *25*(1), 29-36.

Hou , D. X., Ose, T., Lin, S., Harazoro, K., Imamura, I., Kubo, M., … Fujii, M. (2003). Anthocyanidins induce apoptosis in human promyelocytic leukemia cells: structure-activity relationship and mechanisms involved. *International Journal of Oncology*, *23*(3), 705-712.

Hu, Q. G., Zhang, M., Mujumbar, A. S., Xiao, G. N. ve Sun, J. C. (2006). Drying of edamames by hot air and vacuum microwave combination. *Journal of Food Engineering*, 77, 977-982.

Huang, L. L., Zhang, M., Yan, W. Q., Mujumdar, A. S. ve Sun, D. F. (2009). Effect of coating on post-drying of freeze-dried strawberry pieces. *Journal of Food Engineering*, *92*(1), 107-111.

Igual, M., García-Martínez, E., Martín-Esparza, M. E. ve Martínez-Navarrete, N. (2012). Effect of processing on the drying kinetics and functional value of dried apricot. *Food Research International*, 47, 284-290.

INC (2019). Nuts&Dried Fruits Statistical Yearbook 2019/2020. *International Nut and Dried Fruit*. https://www.nutfruit.org/industry/technical-resources?category=statistical-yearbooks

Işık, A., Özdemir, M. ve Doymaz, İ. (2018). Effect of hot air drying on quality characteristics and physicochemical properties of bee pollen. *Food Science and Technology*, 39(10), 224-231.

İslam, A. (2002). 'Kiraz' cherry laurel (*Prunus laurocerasus*). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, *30*, 301-302.

İslam, A. (2005). Karayemiş yetiştiriciliği ve önemi. *Ege Karadeniz Dergisi*, *4*, 53-54.

İslam, A. ve Deligöz, H. (2012). Ordu ilinde karayemiş (*Laurocerasus officinalis* L.) seleksiyonu. *Akdemik Ziraat Dergisi*, *1*(1), 37-44.

Jamradloedluk, J., Nathakaranakule, A., Soponronnarit, S. ve Prachayawarakorn, S. (2004). Modelling of dehydration and rehydration kinetics of Durian. *ICFPTE, The 2nd International Conference on Innovations in Food Processings Technology and Engineering*, Thailand, Asian Institute of Technology, 267-277.

Kamei, H., Kojima, T., Koide, T., Hasegawa, M., Umeda, T., Teraba, K. ve Hashimoto, Y. (1996). Influence of OH group and sugar bonded to flavonoids on flavonoid-mediated suppression of tumor growth *in vitro*. *Cancer Biotherapy & Radiopharmaceuticals*, *11*(4), 247-249.

Karabegović, I. T., Stojičević, S. S., Veličković, D. T., Todorović, Z. B., Nikolić, N. Č. ve Lazić, M. L. (2014). The effect of different extraction techniques on the composition and antioxidant activity of cherry laurel (*Prunus laurocerasus*) leaf and fruit extracts. *Industrial Crops and Products*, 54, 142-148.

Karahalil, F. Y. ve Şahin, H. (2011). Phenolic composition and antioxidant capacity of Cherry laurel (*Laurocerasus officinalis* Roem.) sampled from Trabzon region, Turkey. *African Journal of Biotechnology*, *10*(72), 16293-16299.

Karasu, S., Başlar, M., Karaman, S., Kılıçlı, M., Us, A. A., Yaman, H. ve Sağdıç, O. (2016). Characterization of some bioactive compounds and physicochemical properties of grape varieties grown in Turkey: thermal degradation kinetics of anthocyanin. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 40, 177-185.

Karasu, S., Kılıçlı, M., Başlar, M., Arıcı, M., Sağdıç, O. ve Karaağaçlı, M. (2015). Dehydration kinetics and changes of bioactive compounds of tulip and poppy petals as a natural colorant under vacuum and oven conditions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39, 2096-2106.

Karataş, E. ve Uçar, A. (2018). Karayemiş'in sağlık üzerine etkisi. *Sağlık Bilimleri Dergisi*, *27*(1), 70-75.

Karim, A. and Hawlader, M. (2005). Mathematical modeling and experimental investigation of tropical fruits drying. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, *48*(23-24), 4914-4925.

Kasım, R., Sülüşoğlu, M. ve Kasım, M. U. (2011). Relationship between total anthocyanin level and colour of natural cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) fruits. *African Journal of Plant Science*, *5*(5), 323-328.

Kaya, A. ve Orhan, A. (2007). Experimental investigation of drying kinetics of cherry laurel. *Journal of Food Process Engineering*, 31, 398-412.

Kayacan, S., Karasu, S., Akman, P. K., Goktas, H., Doymaz, İ. ve Sagdıç, O. (2019). Effect of different drying methods on total bioactive compounds, phenolic profile, *in vitro* bioaccessibility of phenolic and HMF formation of persimmon. *LWT-Food Science and Technology*, 118, 108830.

Kayacan, S., Sağdıç, O. ve Doymaz, İ. (2018). Effects of hot-air and vacuum drying on drying kinetics, bioactive compounds and color of bee pollen. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *12*(2), 1274-1283.

Keast, D. R., O'Neil, C. E. ve Jones, J. M. (2011). Dried fruit consumption is associated with improved diet quality and reduced obesity in US adults: National Health and Nutrition Examination Survey, 1999-2004. *Nutrition Research*, *31*(6), 460–467.

Keleş, Y. (2015). Antosiyanin pigmentlerin biyokimyası ve analizi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, *8*(1), 19-25.

Khanal, R. C., Howard, L. R. ve Prior, R. L. (2009). Procyanidin content of grape seed and pomace, and total anthocyanin content of grape pomace as affected by extrusion processing. *Journal of Food Science* 74, 174-182.

Kolaylı, S., Küçük, M., Duran, C., Candan, F. ve Dinçer, B. (2003). Chemical and antioxidant properties of *Laurocerasus officinalis* Roem. (Cherry Laurel) fruit

grown in the black sea region. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *51*, 7489-7494.

Konak, Ü. İ., Erem, F., Altındağ, G., Certel, M. (2015). Effect of Cherry Laurel (*Laurocerasus officinalis* Roem.) incorporation on physical, textural and functional properties of cakes and cookies. *U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, *29*(2), 13-24.

Kroehnke, J., Szadzińska, J., Stasiak, M., Radziejewska-Kubzdela, E., Biegańska-Marecik, R. Z. ve Musielak, G. (2018). Ultrasound- and microwave-assisted convective drying of carrots-Process kinetics and product's quality analysis. *Ultrasonics Sonochemistry*, 48, 249-258.

Kuljarachanan, T., Devahastin, S. ve Chiewchan, N. (2009). Evolution of antioxidant compounds in lime residues during drying. *Food Chemistry*, 113, 944-949.

Kurmanov, N., Shingissov, A., Kantureyeva, G., Nurseitova, Z., Tolysbaev, B. ve Shingisova, G. (2015). Research of plum dryıng process. *CBU International Conference on Innovation, Technology Transfer and Education*, 3, 494-498.

Kurozawa, L. E., Terng, I., Hubinger, M. D. ve Park, K. J. (2013). Ascorbic acid degradation of papaya during drying: effect of process conditions and glass transition phenomenon. *Journal of Food Engineering*, 123, 157-164.

Lavelli, V. ve Vantaggi, C. (2009). Rate of antioxidant degradation and color variations in dehydrated apples as related to water activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 4733-4738.

Leung, A. Y. ve Foster, S. (1996). *Encyclopedia of Common Natural Ingredients Used in Food, Drugs, and Cosmetics*, Mississippi, John Wiley and Sons, Inc.

Li, W., Li, Y., Bi, J., Ji, Q., Zhao, X., Zheng, Q., Tan, S. ve Gao, W. (2020). Effect of hot air drying on the polyphenol profile of Hongjv (*Citrus reticulata* Blanco, CV. Hongjv) peel: A multivariate analysis. *Journal of Food Biochemistry*, 1-10.

Lim, Y. Y. ve Murtijaya, J. (2007). Antioxidant properties of *Phyllanthus amarus* extracts as affected by different drying methods. *Swiss Society of Food Science and Technology*, 40, 1664-1669.

Liyana-Pathirana, C. M., Shahidi, F. ve Alaşalvar, C. (2006). Antioxidant activity of cherry laurel fruit (*Laurocerasus officinalis* Roem.) and its concentrated juice. *Food Chemistry*, 99, 121-128.

Macit, İ. (2008). *Karadeniz bölgesi karayemiş (Prunus Laurocerasus L.) seleksiyonu II.aşama*. (Yüksek Lisans tezi). YÖK Ulusal Tez Merkezi. (213440).

Macit, İ. ve Demirsoy, H. (2012). New promising cherry laurel (*Prunus Laurocerasus* L.) genotypes in Turkey. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, *18*(1), 77-82.

Mao, T. K., Powell, J. J., de Water, J. V. Keen, C. L., Schmitz, H. H., Hammerstone, J. F. ve Gershwin, M. E. (2000). The effect of cocoa procyanidins on the transcription and secretion of interleukin-1 in peripheral blood mononuclear cells. *Life Science*, 66, 1377-1386.

Matsumoto, H., Inaba, H., Kishi, M., Tominaga, S., Hirayama, M. ve Tsuda, T. (2001). Orally administered delphinidin 3-rutinoside and cyanidin 3-rutinoside are directly absorbed in rats and humans and appear in the blood as the intact forms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 1546-1551.

Moyer, R. A., Hummer, K. E., Finn, C. E. Frei, B. ve Wrolstad, R. E. (2002). Anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity in diverse small fruits: *Vaccinium, Rubus,* and *Ribes*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 519-525.

Madrau, M. A., Piscopo, A., Sanguinetti, A. M., Del Caro, A., Poiana, M., Romeo, F. V. ve Piga, A. (2009). Effect of drying temperature on polyphenolic content and antioxidant activity of apricots. *European Food Research and Technology*, 228, 441-448.

Marques, L. G., Prado, M. M. ve Freire, J. T. Rehydration characteristics of freeze-dried tropical fruits. *LWT-Food Science and Technology*, *42*(7), 1232-1237.

Maskan, M. (2000). Microwave/air and microwave finish drying of banana. *Journal of Food Engineering, 44*(2), 71-78.

Medina, M. B. (2011). Determination of the total phenolics in juices and superfruits by a novel chemical method. *Journal of Functional Food*, 3, 79-87.

Michalska, A., Wojdyło, A., Lech, K., Łysiak, G. P. ve Figiel, A. (2016). Physicochemical properties of whole fruit plum powders obtained using different drying technologies. *Food Chemistry*, 207, 223-232.

Miranda, M., Vega-Gálvez, A., García, P., Scala, K. D., Shi, J., Xue, S. ve Uribe, E. (2010). Effect of temperature on structural properties of Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) gel and Weibull distribution for modelling drying process. *Food and Bioproducts Processing*, 88, 138-144.

Nayak, B., Liu, R. H. ve Ang, J. (2015). Effect of processing on phenolic antioxidants of fruits, vegetables, and grains-A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55, 887-919.

Nemzer, B., Vargas, L., Xia, X., Sintara, M. ve Feng, H. (2018). Phytochemical and physical properties of blueberries, tart cherries, strawberries, and cranberries as affected by different drying methods. *Food Chemistry*, 262, 242-250.

Nicoli, M, C., Anese, M. ve Parpinel, M. (1999). Infuence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 10, 94-100.

Noda, Y., Kaneyuki, T., Mori, A. ve Packer, L. (2002). Antioxidant activities of pomegranate fruit extract and its anthocyanidins: delphinidin, cyanidin, and pelargonidin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 166-171.

Okos, M. R., Campanella, O., Narsimhan, G., Singh, R. ve Weitnauer, A. C. (2007). Food Dehydration. Valentas, K. J., Rotstein, R. ve Singh, R. P. *Handbook of Food Engineering.* London, Taylor and Francis Group, LLC.

Orhan, İ., Aydın, A., Çölkesen, A., Sener, B. ve İsimer, A. I. (2003). Free radical scavenging activities of some edible fruit seeds. *Pharmaceutical Biology*, *41*(3), 163-165.

Orhan, İ. E. ve Akkol, E. K. (2011). Free radical scavenging activities of some edible fruit seeds. *Food Research International*, 44, 818-822.

Orhan, N., Damlaci, T., Baykal, T., Özek, T. ve Aslan, M. (2015). Hypoglycaemic effect of seed and fruit extracts of laurel cherry in different experimental models and chemical characterization of the seed extract. *Records of Natural Products*, *9*(3), 3-379.

Orphanides, A., Goulas, V. ve Gekas, V. (2013). Effect of drying method on the phenolic content and antioxidant capacity of Spearmint. *Czech Journal of Food Sciences*, *31*(5), 509-513.

Orsat, V., Changrue, V., Raghavan, G. S. V. (2006). Microwave drying of fruits and vegetables. *Stewart Postharvest Review*, *6*(4), 1-7.

Orsat, V., Yang, W., Changrue, V., Raghavan, G. S. V. (2007). Microwave-assisted drying of biomaterials. *Food and Bioproducts Processing*, 85, 255-263.

Osakabe, N., Yasuda, A., Natsume, M., Takizawa, T., Terao, J. ve Kondo, K. (2002). Catechins and their oligomers linked by C4–C8 bonds are major cacao polyphenols and protect low-density lipoprotein from oxidation in vitro. *Experimental Biology and Medicine*, 227, 51-56.

Özbey, A. (2009). *Karayemiş meyvesinin fenolik kompozisyonunun belirlenmesi ve meyve suyu üretiminin optimizasyonu* (Doktora tezi). YÖK Ulusal Tez Merkezi. (244788).

Pacheco-Palencia, L. A., Duncan, C. E. ve Talcott, S. T. (2009). Phytochemical composition and thermal stability of two commercial açai species, *Euterpe oleracea* and *Euterpe precatoria*. *Food Chemistry*, 115, 1199-1205.

Panche, A. N., Diwan, A. D. ve Chandra, S. R. (2016). Flavonoids: an overview. *Journal of Nutritional Science*, *5*(47), 1-15.

Pardo, J.M. ve Leiva, D.A. (2010). Effects of different pre-treatments on energy consumption during freeze drying of pineapple pieces. *Interciencia*, *35*(12), 934-938.

Park, J. H., Lee, J. M., Cho, Y. J., Kim, C. T., Kim, C. J., Nam, I. C. ve Lee, S. C. (2007). Effect of far-infrared heater on the physicochemical characteristics of green tea during processing. *Journal of Food Biochemistry*, 33, 149-162.

Peleg, M. (1988). An empirical model for the description of moisture sorption curves. *Journal of Food Science*, 53, 1216-1217.

Perera, C.O. (2005). Selected quality attributes of dried foods. *Drying Technology*, *23*(4), 717-730.

Prior, R. L. ve Gu, L. (2005). Occurence and biological significance of proanthocyanidins in the American diet. *Phytochemistry*, 66, 2264-2280.

Prior, R. L., Wu, X. ve Gu, L. (2006). Identification and urinary excretion of metabolites of 5-(hydroxymethyl)-2-furfural in human subjects following consumption of dried plums or dried plum juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 3744-3749.

Puig, A., Perez-Munuera, I., Carcel, J. A., Hernando, I. ve Garcia-Perez, J. V. (2012). Moisture loss kinetics and microstructural changes in eggplant (*Solanum melongena* L.) during conventional and ultrasonically assisted convective drying. *Food and Bioproducts Processing*, 90, 624-632.

Rahman, M.S. (2008). Post-drying aspects for meat and horticultural products. Chen, X. D. ve Mujumbar, A. S. *Drying Technologies in Food Processing*. Hoboken, Blackwell Publishing.

Rahman, M. S. ve Perera C.O. (2007). Drying and Food Preservation. Rahman, M. S. *Handbook of Food Preservation*. Boca Raton, CRC Press.

Ramirez-Tortosa, C., Andersen, Ø. M., Gardner, P. T., Morrice, P. C., Wood, S. G., Duthie, S. J., … Duthie, G. G. (2001). Anthocyanin-rich extract decreases indices of lipid peroxidation and DNA damage in vitamin E-depleted rats. *Free Radical Biology & Medicine*, *31*(9) 1033-1037.

Ratti, C. (2001). Hot air and freeze-drying of high value foods: a review. *Journal of Food Engineering*, 49, 311-319.

Rawson, A., Patros, A., Tiwari, B. K., Noci, F., Koutchma, T. ve Brunton, N. (2011). Effect of thermal and non thermal processing technologies on the bioactive content of exotic fruits and their products: Review of recent advances. *Food Research International*, 44, 1875-1887.

Reis, F. R. (2014). *Vacuum drying for extending food shelf-life*. Brazil, Springer.

Riadh, M.H., Ahmad, S. A. B., Marhaban, M. H. ve Soh, A. C. (2014). Infrared heating in food drying: An overview. *Drying Technology*: *An International Journal*, 33, 322-335.

Ricce, C., Rojas, M. L., Miano, A. C., Siche, R. ve Augusto, P. E. D. (2016). Ultrasound pre-treatment enhances the carrot drying and rehydration. *Food Research International*, *89*(1), 701-708.

Rice-Evans, C. A., Miller, N. J. ve Paganga, G. (1997). Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Science*, *2*(4), 152-159.

Robards, K., Prenzler, P. D., Tucker, G., Swatsitang, P. ve Glover, W. (1999). Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chemistry*, 66, 401-436.

Robbins, R. J. (2003). Phenolic acids in foods: An overview of analytical methodology. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 2866-2887.

Rodríguez, M. M., Rodriguez, A. ve Mascheroni, R. H. (2015). Color, texture, rehydration ability and phenolic compounds of plums partially

osmodehydrated and finish-dried by hot air. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39, 2647-2662.

Sabarez, H. T. (2014). Mathematical modeling of the coupled transport phenomena and color development: finish drying of trellis-dried Sultanas. *Drying Technology*, 32, 578-589.

Sadilova, E., Carle, R. ve Stintzing, F. C. (2007). Thermal degradation of anthocyanins and its impact on color and in vitro antioxidant capacity. *Molecular Nutrition & Food Research*, 51, 1461-1471.

Saengrayap, R., Tansakul, A. ve Mittal, G. S. (2015). Effect of far-infrared radiation assisted microwave-vacuum drying on drying characteristics and quality of red chilli. *Journal of Food Science and Technology*, *52*(5), 1-12.

Sagar, V. R. ve Kumar, P. S. (2007). Processing of guava in the form of dehydrated slices and leather. *Acta Horticulture*, 735, 579-589.

Sagar, V. R. ve Kumar, P. S. (2010). Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review. *Journal of Food Science and Technology*, *47*(1), 15-26.

Santos-Buelga, C. ve Scalbert, A. (2000). Proanthocyanidins and tannin-like compounds-nature, occurrence, dietary intake and effects on nutrition and health. *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 80, 1094-1117.

Schramm, D. D., Wang, J. F., Holt, R. R., Ensunsa, J. L., Gonsalves, J. L., Lazarus, S. A., … Keen, C. L. (2001). Chocolate procyanidins decrease the leukotriene-prostacyclin ratio in humans and human aortic endothelial cells. *Amercian Journal of Clinical Nutrition*, 73, 36-40.

Seeram, N. P., Momin, R. A., Nair, M.G. ve Bourquin, L. D. (2001). Cyclooxygenase inhibitory and antioxidant cyanidin glycosides in cherries and berries. *Phytomedicine*, *8*(5), 362-369.

Sellappan, S., Akoh, C. C. Krewer, G. (2002). Phenolic compounds and antioxidant capacity of Georgia-grown blueberries and blackberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 2432-2438.

Shahidi, F. ve Naczk, M. (2004). *Phenolics in Food and Nutraceuticals*. Boca Raton, CRC Press.

Shwartz, S. J., von Elbe, J. H. ve Giusti, M. M. (2008). Colorants. Damodaran, S. ve Parkin, K. L. *Fennema's Food Chemistry* (4.bs.). Oregon, CRC Pres.

Simonetti, P., Ciappellano, S., Gardana, C., Bramati, L., Pietta, P. (2002). Procyanidins from Vitis vinifera seeds: in vivo effects on oxidative stress, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 6217–6221.

Singh, D. B. ve Ambrose, K. (2008). Effect of convective drying on quality of anardana. *Indian Journal of Horticulture*, *65*(4), 413-416.

Singh, R. P., Chidambara-Murthy, K. N. ve Jayaprakasha, G. K. (2002). Studies on the antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel and seed extracts using in vitro models. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 81-86.

Singleton, V.L. ve Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.

Siriwardhana, S. S. K. W. ve Shahidi, F. Antiradical activity of extracts of almond and its by-products. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *79*(9), 903-908.

Slatnar, A., Klancar, U., Stampar, F. ve Veberic, R. (2011). Effect of drying of figs (*Ficus carica* L.) on the contents of sugars, organic acids, and phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 11696-11702.

Slavin, J. L. ve Lloyd, B. (2012). Health benefits of fruits and vegetables. *Advances in Nutrition*, 3, 506-516.

Spanos, G. A. ve Wrolstad, R. E. (1992). Phenolics of apple, pear, and white grape juices and their changes with processing and storage-A Review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40, 1478–1487.

Spranger, I., Sun, B., Mateus, A. M., de Freitas, V. ve da Silva, J. M. R. (2008). Chemical characterization and antioxidant activities of oligomeric and polymeric procyanidin fractions from grape seeds. *Food Chemistry*, 108, 519-532.

Stanisavljevic, I. T. K., Lazic, M. L., Veljković, V. B., Stojičević, S., Veličković, D. T. ve Ristić, M. S. (2010). Kinetics of hydrodistillation and chemical composition of essential oil from cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L. var. *serbica* Pančić) leaves. *Journal of Essential Oil Research*, *22*, 564-567.

Stoner, G. D., Wang, L. S., Sardo, C., Zikri, N., Hecht, S. S. ve Mallery, S. R. (2010). Cancer prevention with berries: Role of anthocyanins. Milner, J. A. ve Romagnolo, D. F. *Nutrition and Health: Bioactive Compounds and Cancer*. London, Humana Press.

Sultana, B., Anwar, F., Ashraf, M. ve Saari, N. (2012). Effect of drying techniques on the total phenolic contents and antioxidant activity of selected fruits. *Journal of Medicinal Plants Research*, *6*(1), 161-167.

Şahin-Ercan, S. ve Soysal, Ç. (2013). Use of ultrasound in food preservation. *Natural Science*, 5, 5-13.

Şenaylı, A., Şahin, A. ve Şenaylı, Y. (2012). Evaluation the anti-diabetic activity of cherry laurel (*Laurocerasus officinalis*). *The Open Conference Proceedings Journal*, 3, 8-12.

Talih, M. ve Dirim, S. N. (2018). Determination of the drying characteristics of cherry laurel (*Laurocerasus officinalis* Roem.) puree in a freeze-dryer. *Bulgarian Chemical Communications*, *50*(3), 467-477.

Tekin, Z. H. ve Başlar, M. (2018). The effect of ultrasound-assisted vacuum drying on the drying rate and quality of red peppers. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, *132*(9), 1131-1143.

Tekin, Z. H., Başlar, M., Karasu, S. ve Kılıçlı, M. (2017). Dehydration of green beans using ultrasound-assisted vacuum drying as a novel technique: drying kinetics and quality parameters. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41, e13227.

Teles, A. S. C., Chávez, D. W. H., Gomes, F. D. S., Cabral, L. M. C., Tonon, R. V. (2017). Effect of temperature on the degradation of bioactive compounds of Pinot Noir grape pomace during drying. *Brazilian Journal of Food Technology*, 21, e2017059.

Terefe, N. S., Delon, A., Buckow, R. ve Versteeg, C. (2015). Blueberry polyphenol oxidase: characterization and the kinetics of thermal and high pressure activation and inactivation. *Food Chemistry*, 188, 193-200.

Tonucci, L. H., Holden, J. M., Beecher, G. R., Khachik, F., Davis, C. S. ve Mulokozi, G. (1995). Carotenoid content of thermally processed tomato-based food products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *43*, 579-586.

Topuz, A., Feng, H. ve Kushad, M. (2009). The effect of drying method and storage on color characteristics of paprika. *LWT-Food Science and Technology*, *42*(10), 1667-1673.

Tsuda, T., Horio, F. ve Osawa, T. (1999). Absorption and metabolism of cyanidin 3-*O*-β-D-glucoside in rats. *FEBS Letters*, 449, 179-182.

Tsuda, T., Shiga, K., Ohshima, K., Kawakishi, S. ve Osawa, T. (1996). Inhibition of lipid peroxidation and the active oxygen radical scavenging effect of anthocyanin pigments isolated from *Phaseolus vulgaris* L.. *Biochemical Pharmacology*, 52, 1033-1039.

Tulasidas, T. N., Raghavan, G. S. V. ve Mujumbar, A. S. (1995). Microwave drying of grapes in a single mode cavity at 2450 Mhz-11: Quality and energy aspects. *Journal of Drying Technology*, 13, 1973-1992.

Türkmen, F. (2012). *Yüksek güçlü ultrases işleminin sütün fizikokimyasal ve jelleşme özelliklerine etkisi* (Yüksek lisans tezi). YÖK Ulusal Tez Merkezi. (350561).

TürKomp (2020). Ulusal Gıda Kompozisyon Veri tabanı. http://www.turkomp.gov.tr

Us, F. (2007). Su ve Buz. Saldamlı, İ. *Gıda Kimyası*. Ankara, Hacettepe Üniversitesi Yayınları.

Üstün, N. S. ve Tosun, I. (2003). A research on composition of wild cherry laurel (*Laurocerasus officinalis* Roem.). *Journal of Food Technology*, *1*, 80-82.

Vashisth, T., Singh, R. K. ve Pegg, R. B. (2011). Effects of drying on the phenolics content and antioxidant activity of muscadine pomace. *LWT-Food Science and Technology*, 44, 1649-1657.

Vega-Gálvez, A., Zura-Bravo, L., Lemus-Mondaca, R., Martinez-Monzó, J., Quispe-Fuentes, I., Puente, L. ve Scala, K. D. (2013). Influence of drying temperature on dietary fibre, rehydration properties, texture and microstructure of Cape

gooseberry (*Physalis peruviana* L.). *Jornal of Food Science and Technology*, *52*(4), 2304-2311.

Vega-Mercado, H., Gongora-Nieto, M. ve Barbosa-Canovas, G. V. (2001). Advances in dehydration of foods, *Journal of Food Engineering*, 49, 271-289.

Verstraeten, S.V., Hammerstone, J. F., Keen, C. L., Fraga, C. G. and Oteiza, P. I. (2005). Antioxidant and membrane effects of procyanidin dimers and trimers isolated from peanut and cocoa. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *53*(12), 5041-5048.

Vilkhu, K., Mawson, R., Simons, L. ve Bates, D. (2008). Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry-A review. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 9, 161-169.

Virgili, F., Kim D. ve Packer L. (1998) Procyanidins extracted from pine bark protect alpha-tocopherol in ECV 304 endothelial cells challenged by activated RAW 264.7 macrophages: role of nitric oxide and peroxynitrite. *FEBS Letters*, *431*(3), 315–318.

Wang, H., Cao, G. ve Prior, R. L. (1997). Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 304-309.

Wang, H., Zhao, Q. ve Zhao, B. (2019). Comparison of drying methods on drying efficiency and physicochemical quality of okra (*Abelmoschus esculentus*) cultivated in China. *Journal of Food Process Engineering*, 42, e13163.

Wang, R., Ding, S., Zhao, D., Wang, Z., Wu, J. ve Hu, X. (2016). Effect of dehydration methods on antioxidant activities, phenolic contents, cyclic nucleotides, and volatiles of jujube fruits. *Food Science and Biotechnology*, *25*(1), 137-143.

Wang, J. ve Xi, Y. S. (2005). Drying characteristics and drying quality of carrot using a two-stage microwave process. *Journal of Food Engineering*, 68, 505-511.

Welti-Chanez, J., Bermudaz, D., Valdez-Fragoso, A., Mujica-Paz, H. ve Alzamora, S.M. (2004). Principles of Freeze-Concentration and Freeze-Drying. Hui, Y. H., Cornillon, P., Legarretta, I. G., Lim, M. H. ve Murrell, K.D. *Handbook of Frozen Foods*, New York, Marcel Dekker.

Witrowa-Rajchert, D. ve Rząca, M. (2009). Effect of drying method on the microstructure and physical properties of dried apples. *Drying Technology*, 27, 903-909.

Wojdyło A., ve Figiel, A ve Oszmiański J. (2007). Influence of temperature and time of drying apple on content phenolic compound and their antioxidant activity. Polish Journal of Food and Nutrition Science, *57*(4), 601-605.

Wojdyło, A., Figiel, A. ve Oszmiański, J. (2009). Effect of drying methods with the application of vacuum microwaves on the bioactive compounds, color, and antioxidant activity of strawberry fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 1337-1343.

Wojdyło, A., Figiel, A., Legua, P., Lech, K., Carbonell-Barrachina, Á. A. ve Hernández, F. (2016). Chemical composition, antioxidant capacity, and sensory quality of dried jujube fruits as affected by cultivar and drying method. *Food Chemistry*, 207, 170-179.

Wu, X., Beecher, G. R., Holden, J. M., Haytowitz, D. B., Gebhardt, S. E. ve Prior, R. L. (2006). Concentrations of anthocyanins in common foods in the United States and estimation of normal consumption. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *54*(11), 4069-4075.

Xu, Y., Xiao, Y., Lagnika, C., Li, D., Liu, C., Jiang, N., Song, J. ve Zhang, M. (2019). A comparative evaluation of nutritional properties, antioxidant capacity and physical characteristics of cabbage (Brassica oleracea var. Capitate var L.) subjected to different drying methods. *Food Chemistry*, 309, e124935.

Yao, L., Fan, L. ve Duan, Z. (2019). Effect of different pretreatments followed by hot-air and far-infrared drying on the bioactive compounds, physicochemical property and microstructure of mango slices. *Food Chemistry*, 305, e125477.

Yıldız, S., Yavaş, H., Gürbüz, O. ve Değirmencioğlu, N. (2015). Türkiye'de yetişen yaban mersini meyvesinin fenolik bileşiklerinin karakterizasyonu. *Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi Dergisi*, 15, 9-18.

Yılmaz G. (2014). *Sıçanlarda methotrexate kaynakli testis hasarına karşı Laurocerasus officinalis Roem. (Karayemiş)' in antiapoptotik ve antioksidan etkileri.* (Yüksek lisans tezi). YÖK Ulusal Tez Merkezi. (359743).

Zhishen, J., Mengcheng, T. ve Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 64, 555-559.

Zhu, Q. Y., Hammerstone, J. F., Lazarus, S. A. Schmitz, H. H. ve Keen, C. L. (2003). Stabilizing effect of ascorbic acid on flavan-3-ols and dimeric procyanidins from cocoa. *Journal of Agricultural and Food Chemistry 51*(3), 828-833.

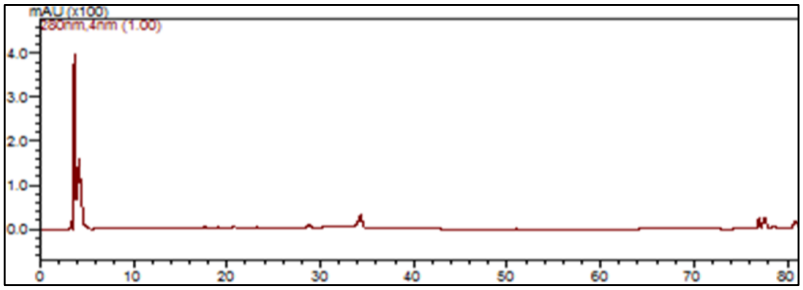
Zhu, Q. Y., Holt, R. R., Lazarus, S. A., Orozco, T. J. ve Keen, C. L. (2002). Inhibitory effects of cocoa flavanols and procyanidin oligomers on free radical-induced erythrocyte hemolysis. *Experimental Biology and Medicine*, *227*(5), 321-329.

Zielinska, M. ve Markowski, M. (2016). The Influence of microwave-assisted drying techniques on the rehydration behavior of blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *Food Chemistry*, 196, 1188-1196.

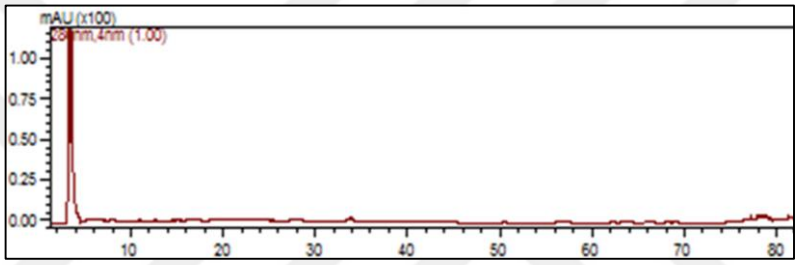
Zotarelli, M. F., Porciuncula, B. D. A. ve Laurindo, J. B. (2012). A convective multi-flash drying process for producing dehydrated crispy fruits. *Journal of Food Engineering*, 108, 523-531.

Zlatanov, M. ve Janakieva, I. (1999). Phospholipid composition of some fruit-stone oils of Rosaceae species. *Lipid/Fett*, *7*, 312-315.

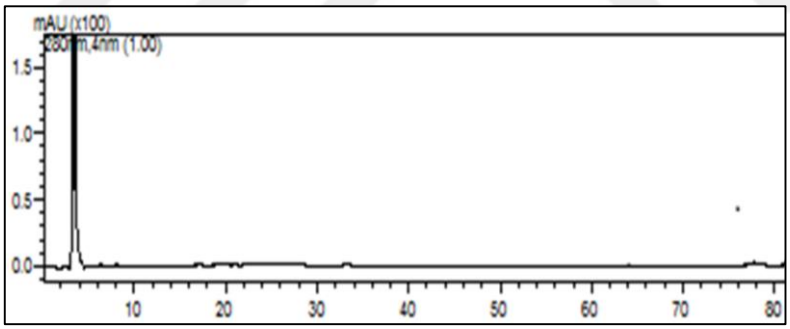
A
ÖRNEKLERE AİT KROMATOGRAMLAR



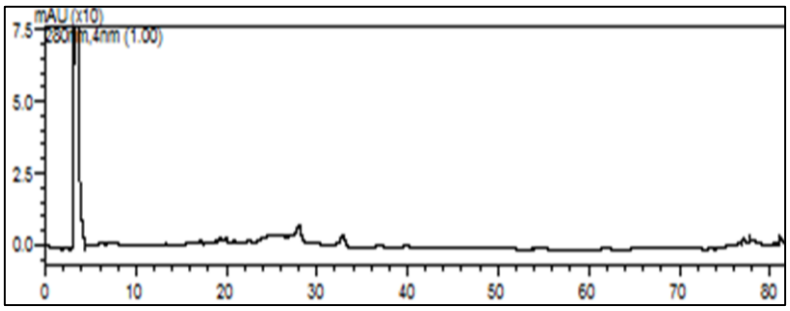
A.1 Taze örneğe ait kromatogram



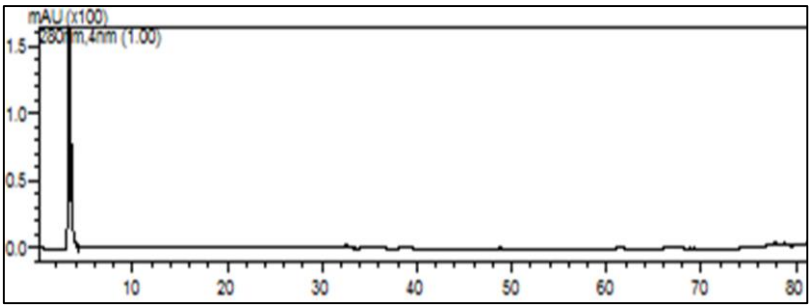
A.2 HAD-50°C örneğine ait kromatogram



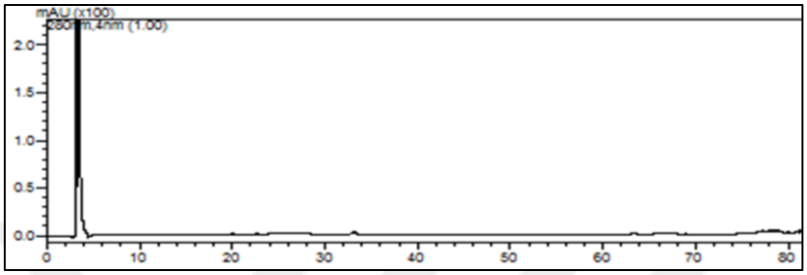
A.3 HAD-60°C örneğine ait kromatogram



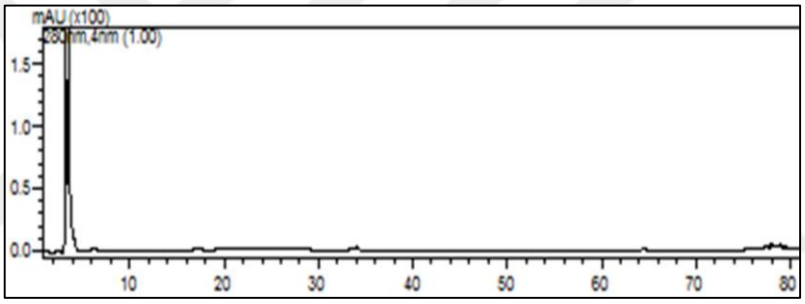
A.4 HAD-70°C örneğine ait kromatogram



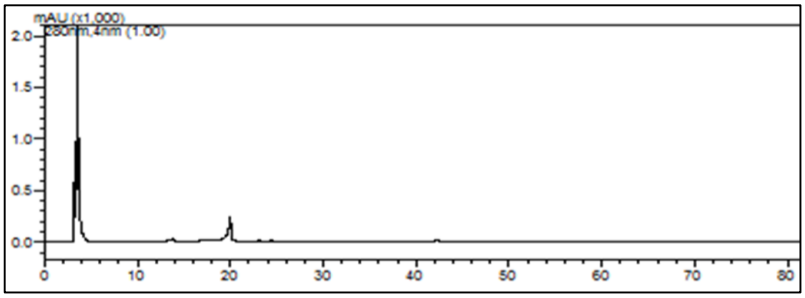
A.5 USV-50°C örneğine ait kromatogram



A.6 USV-60°C örneğine ait kromatogram



A.7 USV-70°C örneğine ait kromatogram



A.8 FD örneğine ait kromatogram

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

İletişim Bilgisi: fatma.turkmen@tarimorman.gov.tr

Makaleler

1. Turkmen, F., Karasu, S. ve Karadag, A. (2020). Effects of different drying methods and temperature on the drying behavior and quality attributes of Cherry Laurel fruit. *Processes*, *8*(7), 761. (SCIE). https://doi.org/10.3390/pr8070761