T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİNİN ERİK MEYVESİNİN FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE BİYOAKTİF MADDELERİNİN SİNDİRİLEBİLİRLİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ

Elif YENER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Danışman

Doç. Dr. Ayşe KARADAĞ

Aralık, 2020

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİNİN ERİK MEYVESİNİN FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE BİYOAKTİF MADDELERİNİN SİNDİRİLEBİLİRLİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ

Elif YENER tarafından hazırlanan tez çalışması çalışması 23.12.2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gıda Mühendisliği Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Ayşe KARADAĞ
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Ayşe KARADAĞ, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

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

Prof. Dr. Esra ÇAPANOĞLU, Üye
İstanbul Teknik Üniversitesi _____

Danışmanım Doç. Dr. Öğretim Üyesi Ayşe KARADAĞ sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Farklı Kurutma Yöntemlerinin Erik Meyvesinin Fizikokimyasal Özellikleri Ve Biyoaktif Maddelerinin Sindirilebilirliği Üzerine Etkisi 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.

Elif YENER

İmza

Aileme

ve

yanımda olan herkese

TEŞEKKÜR

YıldızYüksek lisans eğitimim boyunca hem bilimsel çalışmalarımdaki teşvik ve yönlendirmeleri için, hem de hayatın her alanındaki engin bilgi ve tecrübeleriyle destekleri için değerli Danışman hocam, Sayın Doç. Dr. Ayşe KARADAĞ'a teşekkürlerimi sunuyorum.

Bilimsel çalışmalarımdaki teşvik ve yönlendirmeleri için değerli hocam, Sayın Doç. Dr. Salih KARASU 'ya teşekkür ederim.

Çalışma boyunca her türlü teknik bilgi ve yardımları için kıymetli hocalarım Öznur SAROĞLU, Hatice BEKİROĞLU ve ayrıca Kübra ÖZKAN'a teşekkür ederim.

Elif YENER

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ vii
KISALTMA LİSTESİ viii
ŞEKİL LİSTESİ ix
TABLO LİSTESİ x
ÖZET xi
ABSTRACT xii
1 GİRİŞ 1
1.1 Literatür Özeti 1
1.2 Tezin Amacı 2
1.3 Hipotez 2
2 LİTERATÜR ÖZETİ 4
2.1 Erik 4
2.1.1 Mürdüm Eriği (*Prunus domestica L.*) 5
2.1.2 İn vitro Sindirim Sistemleri 9
3 MATERYAL-METOT 11
3.1 Materyal 11
3.2 Metot 11
3.2.1 Mürdüm Eriklerinin Hazırlanması ve Kurutulması 11
3.2.2 Fiziksel Analizler 13
3.2.3 Besin Değeri Analizi 17
3.2.4 Mürdüm Eriklerinin Ekstraktının Hazırlanması 21
3.2.5 Antioksidan Kapasitesi Analizleri 22
3.2.6 SEM Analizi 29
3.2.7 Fenolik Madde Profili (HPLC-DAD) 29
3.2.8 Simüle Sindirim Modelinde Biyoerişilebilirlik Analizi 31
3.2.9 İstatistiksel Analizler 34
4 ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 35
4.1 Yaş Eriğin Besin İçeriği 35
4.2 Kurutulmuş Mürdüm Eriklerinin Fiziksel Özellikleri 36
4.2.1 Boyut Ölçümleri 36

4.2.2 Kurutulmuş Eriklere Ait Nem İçerikleri 37
4.2.3 Renk Analizi 37
4.2.4 Rehidrasyon Kapasitesi 41
4.3 Yaş ve Kurutulan Eriklerin Biyoaktif Madde İçerikleri ve Antioksidan Aktiviteleri 43
4.4 Mürdüm Eriklerine Uygulanan SEM Analizi 52
4.5 Kurutulmuş Mürdüm Eriklerindeki Fenolik MaddelerinİN Vitro Biyoerişilebilirliği 57
5 SONUÇ VE ÖNERİLER **74**
KAYNAKÇA **76**
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR **87**

SİMGE LİSTESİ

V	Hacim
H*	Hue açısı
C*	Kroma değeri
M	Molarite
ΔE	Renk değişimi
˚C	Santigrat Derece

KISALTMA LİSTESİ

µL	Mikrolitre
µm	Mikrometre
µmol	Mikromol
CE	Kateşin Eşdeğeri
dak.	Dakika
DK	Dondurarak Kurutma
FD	Freeze Drying
FP	Fresh plum
G	Gram
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
kg	Kilogram
L	Litre
mg	Miligram
mm	Milimetre
NE	Normal Etüv
nm	Nanometre
NO	Normal Oven
SBS	Simüle Edilmiş Bağırsak Sıvısı
SMS	Simüle Edilmiş Mide Sıvısı
STS	Simüle Edilmiş Tükürük Sıvısı
TE	Troloks Eşdeğeri
TFC	Toplam Flavonoid Madde Miktarı
TFM	Toplam Fenolik Madde Miktarı
TPC	Toplam Fenolik İçeriği
UVD	Ultrasound Assisted Vacuum Drying
UVK	Ultrases Destekli Vakum Kurutma
VD	Vacuum Drying
VK	Vakum Kurutma
YE	Yaş Erik

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3. 1 Yaş mürdüm eriği 11
Şekil 3. 2 a)Normal etüv, b)Vakum etüv, c)Dondurarak kurutma, d)Ultrases destekli vakum kurutma 12
Şekil 3. 3 Dört farklı teknikle kurutulan erikler 13
Şekil 3. 4 Ölçüm alınan bölgeler: en-e, boy-b 14
Şekil 3. 5 Nem tayinine alınan erikler 14
Şekil 3. 6 Kabuk -sol, erik içi-sağ 15
Şekil 3. 7 CIE L* a* b* renk düzlemi 16
Şekil 3. 8 Hue Açısı, Kroma ve Parlaklık 16
Şekil 3. 9 Ekstraksiyon işlem basamakları 22
Şekil 3. 10 TFM miktarının belirlenmesinde kullanılan standart gallik asite ait kalibrasyon eğrisi 23
Şekil 3. 11 Toplam flavonoid içeriği için hazırlanan standart kateşine ait kalibrasyon eğrisi 24
Şekil 3. 12 DPPH yöntemi için hazırlanan standart Troloks'a ait kalibrasyon eğrisi 25
Şekil 3. 13 ABTS yöntemi için hazırlanan standart Troloks'a ait kalibrasyon eğrisi 26
Şekil 3. 14 CUPRAC yöntemi için hazırlanan standart Troloks'a ait kalibrasyon eğrisi 27
Şekil 3. 15 FRAP yöntemi için hazırlanan standart Troloks'a ait kalibrasyon eğrisi 28
Şekil 3. 17 İn vitro sindirilebilirlik analizi 33
Şekil 3. 18 Yaş örneklere ait sindirim aşaması örnekler (santrifüj sonrası üst fazlar) (1-3(ağız sindirimi), 4-6 (mide sindirimi sonrası), 7-9(İN), 10-12(OUT)) 34
Şekil 4. 1 Kuru eriklere 25°C'de uygulanan rehidrasyon oranı analizinin zamana bağlı değişim grafiği 43
Şekil 4. 2 Kuru eriklerde 50°C'de uygulanan rehidrasyon oranı analizinin zamana bağlı değişim grafiği 43
Şekil 4. 3 Yaş eriğin dış yüzeyinin x2000 büyütme SEM görüntüsü. Beyaz oklar stoma yapıları, siyah oklar vaks tabaka bölgelerini göstermektedir 52
Şekil 4. 4 Yaş eriğe ait sol-erik iç yüzey, sağ-erik kesit görüntüleri 52
Şekil 4. 5 Kurutulmuş eriklere ait dış yüzey görüntüleri, sol x500 sağ x2000 büyütme 54
Şekil 4. 6 Kurutulmuş eriklere ait erik iç kesit görüntüreleri 56

TABLO LİSTESİ

Tablo 3. 1 Elementlere ait slit ve dalga boyu değerleri 20
Tablo 3. 2 Standart fenolik maddeler ve alıkonma zamanları 30
Tablo 3. 3 Antosiyanin maddelerin alıkonma zamanları 31
Tablo 4. 1 Yaş eriğe ait besin değeri analizleri 35
Tablo 4. 2 Mineral madde analizi sonuçları 36
Tablo 4. 3 Yaş ve kuru eriklere ait boyut analizi 37
Tablo 4. 4 Yaş ve kuru eriklere ait erik içinin L*, a*, b* değerleri 38
Tablo 4. 5 Yaş ve kuru eriklere ait erik dış kısmın L*, a*, b* değerleri 39
Tablo 4. 6 Yaş ve kuru eriklere ait ΔE değerleri 39
Tablo 4. 7 Yaş ve kuru eriklere ait Hue açısı değerleri 40
Tablo 4. 8 Yaş ve kuru eriklere ait Kroma değerleri 40
Tablo 4. 9 Yaş ve kuru eriklere ait toplam fenolik madde, toplam flavonoid miktarı toplam antosiyanin ve toplam antioksidan aktiviteleri 44
Tablo 4. 10 Yaş ve kuru eriklere ait fenolik madde içeriği (mg/100g) 49
Tablo 4. 12 Sindirim sonrası spektrofotometrik yöntemlerle gerçekleştirilen analizlerin sonuçları 64
Tablo 4. 12(devamı) Sindirim sonrası spektrofotometrik yöntemlerle gerçekleştirilen analizlerin sonuçları 65
Tablo 4. 13 Posalara ait spektrofotometrik yöntemlerle gerçekleştirilen analizlerin sonuçları (mg/100g) 66
Tablo 4. 14 Ekstrakt ve sindirim sonrasına ait fenolik ve antosiyanin profili analizi sonuçları (mg/100g kuru erik) 70
Tablo 4. 14(devamı) Ekstrakt ve sindirim sonrasına ait fenolik ve antosiyanin profili analizi sonuçları (mg/100g kuru erik) 71
Tablo 4. 14(devamı) Ekstrakt ve sindirim sonrasına ait fenolik ve antosiyanin profili analizi sonuçları (mg/100g kuru erik) 72
Tablo 4. 15 Posalara ait fenolik profil analizi (mg/100g kuru erik) 73

ÖZET

Farklı Kurutma Yöntemlerinin Erik Meyvesinin Fizikokimyasal Özellikleri ve Biyoaktif Maddelerinin Sindirilebilirliği Üzerine Etkisi

Elif YENER

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Ayşe KARADAĞ

Bu çalışmada, mürdüm erikleri (*Prunus domestica L.*) dondurarak kurutma (DK), vakum kurutma (VK), normal etüv (NE) ve ultrases destekli vakum kurutma (UVK) yöntemleri ile kurutulmuştur. Eriklerde, renk, boyut, rehidrasyon ve morfoloji (SEM) analizleri uygulanmış ve taze eriğe en çok benzerlik gösteren eriklerin DK erikler olduğu, UVK eriklerde ise, benzerliğin düşük olduğunu saptanmıştır. Yaş ve kurutulmuş erik ekstraklarının, fenolik madde içerikleri ve antioksidan aktiviteleri belirlenmiştir. Toplam fenolik madde miktarı yaş erikte (YE) 656±17.49 iken DK, VK, NE ve UVK erikleri için 196.84±7.27 ve 919.58±28.81 mg GAE/100g erik (kuru madde (KM)) arasında bulunmuştur. Toplam flavonoid değerleri yaş erikte 247.10±19.53 iken kuru eriklerde 39.56±2.03 ile 432.34±36.54 mg CE/100g arasındadır. Yaş eriklerde ABTS değeri 5413±548.73 iken kuru eriklerde 48.55±46.86 ile 3525.72±285.505 µmol TE/100g erik (KM) arasında bulunuştur. DPPH değerleri, YE eriklerde 588.50±23.25 iken kuru eriklerde, 189.45±4.34 ile 533.15±3.13 arasında µmol TE/100g erik (KM) hesaplanmıştır.

FRAP değerleri ise YE eriklerde 2836.04±343.3 ölçülmüş kuru eriklerde ise değer aralığı 436.13±9.35-4061.35±192.46 μmol TE/100g erik (KM) bulunmuştur. CUPRAC değerleri 5399.58±616.9, 7659.58±367.76, 4343.49±147.57, 3579.79±163.84 ve 1036.86±143.19 μmol TE/100g erik (KM) ölçülmüştür. Antosiyanin sonuçlarında YE eriklerde 50.28±4.19 iken kuru eriklerde 0.65±0.09 ile 87.01±5.21 arası mg *siyanidin 3-glikosit*/100g erik (KM) hesaplanmıştır. En düşük değerler UVK eriklerde gözlenirken, DK erikte ise en yüksek olduğunu, DK eriğe ait değerlerin, DPPH hariç, her zaman yaş erikten yüksek olduğunu göstermektedir. Vakum ve etüv kurutmada, genel olarak eğilim, VK eriklerde değerlerin daha yüksek olması şeklindedir. Erik örneklerinde, gallik asit, protokateşuik asit, klorojenik asit, kafeik asit, rutin, elajik asit, ferulik asit ve kuersetin, antiosiyaninlerden ise *siyanidin-3-O-glikosit* ve *peonidin-3-O-glikosit* tespit edilmiştir. İn vitro gastrointestinal sindirim sonrası ise kuru ve yaş eriklerde fenolik maddelerin biyoerişebilirliği incelenmiş, yüksek miktarda fenolik madde içeren kuru eriklerde, IN fazına geçen miktarın her zaman daha fazla olmadığını, bu durum başlangıca göre uygulanan kurutma işleminin erikler üzerinde etkisi ile de ilişkili bulunmuştur.

Anahtar Sözcükler: Mürdüm eriği, kurutma, biyoerişilebilirlik, fenolik madde, antosiyanin

ABSTRACT

The Effect of Different Drying Methods on the Physicochemical Properties and the Digestibility of Bioactive Substances of Plum Fruit

Elif YENER

Department of Food Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Ayşe KARADAĞ

In this study, plums (Prunus domestica L.) were dried by freeze drying (FD), vacuum drying (VD), normal oven (NO) and ultrasound assisted vacuum drying (UVD) methods. Color, size, rehydration and morphology (SEM) analyzes were performed in plums, and it was found that the plums were the most similar to fresh plums, whereas the similarity was low in UVK plums. The extracts of fresh and dried plums were also analyzed in terms of their phenolic substances (total phenolic, total flavonoid, total anthocyanin content) and antioxidant activities (DPPH, ABTS, CUPRAC and FRAP). Phenolic substance was found to be 656±17.49 in fresh plums (FP), while it was between 196.84±7.27 and 919.58±28.81 mg GAE/100g plum (dry matter (DM)) for prunes. Total flavonoid values are between 247.10±19.53 in fresh plums, 39.56±2,03 and 432.34±36.54 mg CE/100g of plum (DM). While the ABTS value in fresh plums was 5413±548.73, it was found between 48.55±46.86 and 3525.72±285.505 µmol TE/100g plum (DM) in prunes. While DPPH values were 588.50± 23.25 in FP plums, it was calculated between 189.45 ± 4.34 and 533.15 ± 3.13 µmol TE/100g plum (DM) for prunes. FRAP

values were measured as 2836.04±343.3 in FP plums, and the range was 436.13±9.35-4061.35±192.46 μmol TE/100g of plum (DM). CUPRAC values were measured as 5399.58±616.9, 7659.58±367.76, 4343.49±147.57, 3579.79±163.84 and 1036.86±143.19 μmol TE/100g plums (DM). Anthocyanin results were calculated as 50.28±4.19 mg *cyanidine 3-glycoside*/100 g plum (DM) in fresh plum while 0.65±0.09 and 87.01±5.21 mg in prunes. While the lowest values are observed in UVK plums, it is the highest in DK plum, and the values of DK plum, except DPPH, are always higher than the fresh plum. In vacuum and oven drying, the general trend is that the values in VK plums are higher. In plum samples, gallic acid, protocatechuic acid, chlorogenic acid, caffeic acid, rutin, ellagic acid, ferulic acid and quercetin, and *cyanidin-3-O-glycoside* and *peonidin-3-O-glycoside* were detected among antiocyanins. After in vitro gastrointestinal digestion, the bioavailability of phenolic substances in dried and wet plums were investigated and it was concluded that the amount passing to the IN phase was not always higher in prunes than at the beginning.

Keywords: Plum, drying, in vitro bioaccessibility, phenolics, anthocyanin

1
GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Prunus domestica L. (Mürdüm Eriği) anavatanı Anadolu olan sert çekirdekli bir meyve olarak bilinmektedir. Erikler, dünya genelinde sert çekirdekli meyve grubu olarak bilinen şeftali ve nektardan sonra en çok üretilen gıdalardır. Son yıllarda üretimindeki artış dolayısı ile 2023 yılında erik üretiminin 14 milyon ton olacağı tahmin edilmektedir(Kaşka et al., 2005). Günümüzde Türkiye'de üretilen erik çeşitleri: *Prunus cerasifera* (Can erikleri), *Prunus domestica* (Avrupa erikleri) ve *Prunus salicina* (Japon erikleri) türlerine aittir. Bunlardan can eriklerinin tamamı yerli, Avrupa eriklerinin bir kısmı yerli bir kısmı yabancı, Japon eriklerinin tamamı yabancı çeşitlerdir(Çöçen et al.). Bu erik grupları arasından kurutmaya en elverişli olan Avrupa grubu erikleridir(Dumanoğlu). Ayrıca bu erikler ekonomik bakımdan en önemli çeşitlerdir**.** Ilıman iklim meyvesi olarak bilinen mürdüm eriğinin toplumların tüketim alışkanlıklarına göre pek çok kullanım alanı vardır. Yaş tüketiminin ve kurutulmalarının yanı sıra; marmelatı hazırlanılarak, meyve suyu elde edilerek tüketimi sağlanmaktadır. Eriğe olan ticari ilginin artmasındaki temel sebepler arasında farklı kültürlere hitabı, artan nüfus, sağlıklı yaşam alışkanlıklarının benimsenmesi ve ürünün gelişime açık olması sayılabilir(Karamürsel, 2010). Erikler, kısa hasat dönemine sahip olduklarından dolayı genelde kurutularak muhafaza edilirler(İ. Doymaz, 2004). Kurutma işlemi tarım ürünlerinin tüketim ve depolama zamanlarını arttırmak amacıyla uygulanan en yaygın yöntemlerden biridir. Meyvelerde de yoğun olarak kullanılan kurutma tekniği ilk çağlardan bu yana tercih edilen muhafaza tekniği olup, en yaygın olan teknik güneşte kurutma olarak bilinmektedir(I. Doymaz, 2004). Kurutma kelimesinin terimsel anlamı gıdalarda yer alan nemin uzaklaştırılmasıdır(Ratti, 2001). Böylelikle kurutma ile gıdaların nem seviyeleri, su aktivite değerleri, mikroorganizmaların gelişimini engelleyecek seviyeye düşürülmektedir(Baydır, Draman, Palamutoğlu, & Kasnak, 2019). Kurutulmuş eriğin birim miktarının besin

içeriğinin tazesine nazaran daha yüksek olduğu bilinmektedir(Usenik, Kastelec, Veberič, & Štampar, 2008). Kurutulmuş meyveler, karotenler, fenolik maddeler, antioksidanlar, karbonhidratlar, mineral maddelerve diyet lifleri açısından iyi kaynaktırlar. Gastrointestinal ortamın fenolik bileşiklerin gıda matriksinden salınmasını ve antioksidan aktivitelerini etkilediği bilinmektedir. İn vitro gastrointestinal sindirim sürecinin erikte antioksidan bileşiklerin biyoerişebilirliği üzerine sadece bir çalışmaya rastlanmıştır. İlgili çalışmada özellikle antosiyanince zengin Japon eriklerinin hasat zamanının etkisi incelenmiştir(Bobrich et al., 2014). Kurumanın(elma(Dalmau, Bornhorst, Eim, Rosselló, & Simal, 2017), istiridye mantarı(Ucar & Karadag, 2019), çilek(Bermúdez-Oria, Rodríguez-Gutiérrez, Fernández-Prior, Vioque, & Fernández-Bolaños, 2019) gibi farklı gıdalardaki antioksidan bileşiklere in vitro biyoerişilebilirliğin etkisi ile ilgili çalışmalar mevcut ise de, genel olarak kurutmanın ve daha detaylı olarak çalışmamızda kullanılan farklı yöntemlerin kuru eriklerin fenolik madde değişimi ve bu maddelerin in vitro biyoerişilebilirliği üzerine ise her hangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

1.2 Tezin Amacı

Vakum etüv, normal etüv, dondurarak kurutma ve ultrases destekli vakum kurutma olmak üzere dört farklı teknikle kurutulan eriklerin ve yaş eriğin fiziksel özellikleri (renk, morfoloji, boyut, su alma kapasitesi), besin kompozisyonu, antioksidan özellikleri, fenolik madde içerikleri ve açısından değerlendirmek hem kurutulmuş hem de yaş erikleri simüle sindirim sistemine maruz bırakarak ve antosiyaninler dahil fenolik madde değişimlerini sindirim basamakları sırasında incelemektir.

1.3 Hipotez

Mürdüm eriği antioksidan özellik gösteren bileşiklere sahip olan bir meyvedir. Ayrıca, kurutulmuş erik tüketimi yüksek lif ve sorbitol içeriği dolayısıyla EFSA tarafından da önerilmektedir. Erik, yüksek nem içeriği (~% 80) sebebiyle hızlı şekilde bozulur. Kurutma işlemi, meyvelerinraf ömürlerinin uzatılması ve ayrıca farklı gıda ürünlerinde kullanılabilir hale getirilmeleri amacıyla kullanılmaktadır. Doğru seçilen ve uygulanan bir kurutma yöntemi ile, fiziksel özellikleri beğenilen ve

biyoaktif bileşenleri korunmuş kuru meyvelerelde edilebilir. Gastrointestinal ortam koşullarının yanısıra, kurutulmuş gıdaların fiziksel yapılarının da gıdaların yapısında serbest ve bağlı olarak bulunan sağlık açısından önem taşıyan bu bileşenlerin biyoerişilebilirliği üzerine etkisi olduğuson yıllarda yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur. Bundan dolayı, çalışmamızda dört farklı teknikle kurutulan eriklerin, hem taze örneğe kıyasla hem de kendi aralarında değişen fiziksel özellikleri, biyoaktif bileşimleri değerlendirilmiş ve bu değişimlerin taze ve kurutulmuş eriklerden simüle sindirim ortamında biyoaktif bileşiklerin salınımı arasındaki ilişki incelenmiştir.

2
LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Erik

Erik, yaş ve işlenmiş olarak tüketilen, beslenme ve insan sağlığı bakımından önemli bir meyvedir. İçerdiği antioksidan maddelerle, A ve C vitaminleri, potasyum, magnezyum gibi mineraller ve lif oranı açısından zengin bir gıdadır(Çöçen et al.).

Dünyada tüketim amaçlı üretilen eriklerin 2016 senesinde 12.050.800 ton olduğu ve Türkiye'nin sahip olduğu 297.589 ton erik üretim oranıyla dünyada beşinci sırada bulunduğu bilinmektedir. Ülkemizde ayrıca yıllık oranda erik üretimi değerlendirildiğinde sert çekirdekliler grubunda dördüncü sırada yer almaktadır. Dünya üzerinde erik türlerinin 2000 kadarı doğal yolla yayılış göstermektedir. Erik türleri gen dağılımına göre; Avrupa-Asya türleri, Uzak Doğu türleri ve Amerikan türleri olmak üzere 3 grup altında toplanabilir. Ülkemizde üretimi yapılan erik türleri ise Avrupa-Asya grubuna dâhildir(Osmanoğlu, Şimşek & Şanlı, 2013).Erik meyvesinin bitkisel sistematiğine bakıldığında takım, familya, alt familya ve cins olarak sırasıyla Rosales, Rosaceae, Pomoideae ve Pyrus'a bağlı olduğu bilinmektedir(Çöçen et al.). Yüksek besin değerine ve düşük oranda kalori içeriğine sahip olan erik meyvesi; karbonhidrat (fruktoz, glukoz, sukroz), organik asit (malik asit, sitrik asit), fenolik maddeler, flavonoidler, aromatik bileşikler, karotenoidler ve antosiyaninleri içermektedir(Ertekin, Gozlekci, Kabas, Sonmez, & Akinci, 2006). Özellikle fenolik bileşiklerin güçlü antioksidan kaynakları olarak insan vücudunda serbest haldebulunan radikalleri inaktif hale getirerek kalp rahatsızlıklarını önlenmesine ve yaşlanma sürecini yavaşlatmalarına olan katkıları bildirilmiştir(Shukitt-Hale, Carey, Simon, Mark, & Joseph, 2006). Farklı erik türlerinde yüksek oranlardabulunan antosiyaninler, meyvenin renginin oluşumunda etkili olan fenolik maddeler arasında yer alır(Mazza, 2018). Ayrıca yapılan çalışmalarda antosiyaninlerin oksidasyonu, alerjik reaksiyonları, viral rahatsızlıkları, mutajenik durumları, mikrobiyal aktiviteleri ve şeker hastalıkları

rahatsızlıklarını engellemede etkisi olduğu görülmüştür(Ghosh & Konishi, 2007; Moline, Bukharovich, Wolff, & Phillips, 2000; Wang, Cao, & Prior, 1997).

2.1.1 Mürdüm Eriği (*Prunus domestica L.*)

Ülkemizde mürdüm eriği, özellikle ılık iklime sahip olan bölgelerimizde, yerleşim alanlarına yakın yerlerde, yayla ve yol kenarlarına yakın alanlarda yetişir(Çakmaklı, 2019). Mürdüm erik ağacı yaklaşık 11-13 m civarlarında boya sahip kış mevsiminde yapraklarını döken, meyvesi hem taze hem de kuru olarak tüketilen bir ağaçtır. Taze durumda meyve mor renge sahip iken kurutulmuş ürünler koyu mor veya koyu mavi rengine sahip olmaktadır. Ağustos ve Eylül aylarında tüketime hazır hale gelen mürdüm erikleri, mayhoş bir lezzette olmakla birlikte ağaç cinsine bağlı hafif iri, etli ve çekirdeklidir. Meyve olgunluk seviyesine ulaştığında daha yumuşak ve tatlı olmaktadır. Mürdüm eriğinin saklanma zamanı, olgunlaşma zamanı ile ters orantıya sahiptir. Bu durumda yüksek olgunlaşma oranına sahip mürdüm eriklerinin raf ömürleri kısa olmaktadır. Yani olgunlaşmasını tamamlamış mürdüm eriklerinin en kısa zamanda tüketilmesi veya satışının gerçekleştirilmesi gerekir. Halk arasında 'bardak erik' veya 'kara erik' olarak da bilinmektedir. Mürdüm eriğinin kabuk kısmında bulunan renk maddelerinin, bazı kanser türlerinin oluşumunu engellediği ve tedavi sürecini olumlu yönde etkilediği görülmüştür(Chun, Kim, & Lee, 2003). Magnezyum ve C vitamini içeriğinden dolayı mürdüm eriğinin dinlendirici ve uyku düzenini sağlayıcı etkisi mevcuttur(Farag & Mills, 2003). Ayrıca manganez, bakır, demir ve fosfor gibi mineraller sayesinde kemik yoğunluğuna katkı sağlamaktadır(Lim, 2012).C vitaminin yanı sıra içerdiği etkili fenolik antioksidanlar (özellikle neoklorojenik ve klorojenik asit) sayesinde serbest radikaller kaynaklı hasarlara engel olarak vücudu hastalıklardan korurlar(Kim et al., 2012). Mürdüm eriklerinde bulunan fenolik maddeler sinir hücrelerini ve hücre membranlarını oksidatif strese karşı korurlar

2.1.1.1 Mürdüm Eriklerinin Muhafazası

Mürdüm eriklerinin hasat zamanına karar verebilmek için meyvenin kabuk ve et rengine, tadına, sertlik durumuna ve suda çözünebilir kuru madde miktarına bakılır. Meyveler hasat edilirken ve kasalama işlemi sırasında meyvelerin

yüksekten atılmamasına ve zarar görmemesine dikkat edilmesi gerekmektedir. Meyveler kasalarla muhafaza edilecekse iki sıradan fazla üst üste dizilmemelidir. Erik çeşitlerine bağlı olarak değişim göstermekle birlikte -0,5°C-0°C sıcaklık ve %90-95 bağıl nem miktarında 2 ile 4 hafta süre ile depolanabilmektedir. Ön soğutma işleminin uygulandığı durumlarda hızla depolama sıcaklığına düşürülen ürünler -1°C sıcaklıkta 2 aya kadar depolanabilmektedir**.** Mürdüm erikleri yaş olarak muhafaza edilebildikleri gibi kurutularak da muhafaza edilebilir. Gıda ürünlerinin kurutma yöntemleriyle muhafazası, uygulaması ilk çağlardan günümüze uzanan yöntemlerdendir. Kurutma ile raf ömrü uzatılan ürünler taze ürünlere göre yoğunlaşmış besin özelliklerini taşımaktadırlar. Bunlara ilave olarak geleneksel kurutma yöntemleri, diğer muhafaza tekniklerine göre maliyeti daha düşük yöntemler olarak bilinmektedir(Güner, 2015). Kurutulmuş meyveler iyi birer potasyum ve lif kaynaklarıdır. Kuru erik tüketiminin, diyetle alınan potasyum emilimini arttırdığı yönünde çalışmalar mevcuttur(Appel, 2003). Kurutulmuş meyvelerden özellikle kayısı, şeftali ve erik beslenme ile alınan potasyumun en önemli kaynaklarıdır. Kolon kanseri için risk faktörlerinden biri kalın bağırsak mikroflorasında ikincil safra asitlerinin üremesidir(Reddy et al., 1988). Kuru eriklerde bulunan yüksek lif içeriğinin kolon kanseri riskini azalttığı belirtilmiştir(Howe et al., 1992). Kuru erik, yine içerdiği mineraller dolayısıyla özellikle kadınlarda kemik sağlığına iyi geldiği için diyete dahil edilmektedir. Yapılan araştırmalar kuru erik ve kemik sağlığı arasında pozitif yönlü bir ilişkinin varlığını ortaya koymuştur(Arjmandi et al., 2002; Deyhim, Stoecker, Brusewitz, Devareddy, & Arjmandi, 2005; Franklin et al., 2006; Halloran et al., 2010; Johnson et al., 2011; Rendina et al., 2012).İlaveten erikte doğal olarak bulunan bir şeker alkolü olan sorbitolun, kabızlığı önleyerek müsil etkisine sahip olduğu bilinmektedir(Bae, 2014; Siegel & Di Palma, 2005). Kuru meyvelerde bulunan şeker içerikleri değişkenlik göstermektedir. Örneğin; kuru eriklerde kayısılara oranla daha yüksek oranda sorbitol bulunurken sakkaroz içeriği kayısıya nazaran daha düşüktür(Wilford, Sabarez, & Price, 1997). Kurutma işlemlerinde kurutulacak olan erik çeşidinin seçiminde eriğin sorbitol içeriği önem taşımaktadır(Forni, Erba, Maestrelli, & Polesello, 1992). Kuru meyvelerde bulunan lifler ve meyvelerin sorbitol içerikleri sağlıklı bir sindirim sistemini sağlamak için sinerjistik etki

gösterebilirler. Meyve ve sebzeler bilindiği üzere iyi vitamin, mineral ve lif kaynaklarıdır. Ancak içerdikleri %80'den fazla nemden dolayı çabuk bozulabilen gıdalar olarak bilinmektedirler(Changrue, Raghavan, Orsat, & Vijaya Raghavan, 2006). Meyve ve sebzelerin muhafazası çağlar öncesine güneşte kurutmaya dayanmaktadır. Ancak güneşte kurutma tekniği, üründe olumsuz kalite problemleri oluşturmuş ve farklı kurutma yöntemlerinin geliştirilmiştir(Bezyma & Kotovoy, 2005). Kullanılan yöntemler arasında dondurarak kurutma, vakum kurutma, ozmotik kurutma, kabin kurutucular ve konveyör kurutucular, mikrodalga ve bunların kombine şekilde uygulanması sayılabilir.

2.1.1.2 Normal Etüv Kurutma

Etüvler, belirli sıcaklıklarda ürünleri sterilize etmek, ısıtmak veya kurutma amacıyla kullanılan sıcaklık değerleri 60°C ile 250°C arasında değişen ve termostat ile ayarlanabilen hava geçirmez labotatuvar fırınlarıdır.

2.1.1.3 Vakum Kurutma

Vakum kurutma yöntemi, nem oranı yüksek gıdalara negatif basınç uygulanarak üründe bulunun suyun dehidrasyonu için geliştirilmiş bir kutruma şeklidir. Diğer geleneksel yöntemlere kıyasla yüksek kurutma hızına sahip olmasıyla birlikte kurutma sıcaklığının düşük tutulması ve oksijensiz ortam sağlaması nedeniyle gıdaların yüksek kalitede olmasını ve besin değerlerini korumasını sağlamaktadır(Arévalo-Pinedo & Murr, 2006; Bazyma et al., 2006; Cui, Xu, & Sun, 2004; Giri & Prasad, 2007; Kompany, Benchimol, Allaf, Ainseba, & Bouvier, 1993; Pei et al., 2014). Kurutma yöntemlerine kıyasla vakum kurutma, numunenin hava ile temasını engellediği için üründe oluşabilecek oksidasyonun önüne geçmektedir(Arévalo-Pinedo & Murr, 2006; Ferenczi, Czukor, & Cserhalmi, 2014; Wu, Orikasa, Ogawa, & Tagawa, 2007). Genelde vakum kurutma ile kurutulmuş ürünlerde renk, aroma ve tekstür korunabilmektedir(Yongsawatdigul & Gunasekaran, 1996). Vakum kurutuma sistemlerinde katı gıdaların yanı sıra sıvı ve püre halinde olan ürünlerde kurutulabilmektedir. Bu kurutma sisteminde belirli değerde vakum ortamı oluşturabilmek için vakum pompası veya buhar enjektörleri kullanılmaktadır. Ürünün sahip olduğu nem miktarı konveksiyon, kondüksiyon veya radyasyon yöntemleriyle buharlaştırılır ve uzaklaştırma işlemi

gerçekleştirilir(Şahin, 2010). Vakum kurutma, hem kurulum hem de uygulanma masraflarının fazla olmasından dolayı daha çok ısıya ve oksijene karşı hassas gıdaların kurutulmasında kullanılmaktadır.

2.1.1.4 Ultrases Destekli Vakum Kurutma

Ultrases uygulamasının gıdalarda, kütle transfer hızını arttırarak mikro kanallar oluşturduğu ve bu sayede vakum kurutma sırasında sadece yüzeyde gerçekleşen suyun uzaklaştırılma işlemine katkı sağlayarak bu eksikliğin iyileştirilerek ortadan kaldırılmasına yarar sağladığı bilinmektedir. Ultrases ısıl olmayan etkili bir işlem olarak gıdada sünger yapı oluşumunu sağlayarak, vakum kurutma ile gerçekleşemeyen hem serbest hem de sıkı sıkıya bağlı suyun uzaklaştırılmasını kavitasyon oluşumuyla sağlamaktadır. İşlem gıdanın sıcaklığında ciddi bir artış olmadan kurutma hızını arttırmaktadır(Cohen & Yang, 1995; Garcia-Noguera et al., 2010; García-Pérez, Cárcel, De la Fuente-Blanco, & De Sarabia, 2006).

Ultrases destekli kurutma, hem vakum kurutmadan gelen dehidrasyon özelliğinin hem de ultrases uygulamasının avantajını içermektedir. Vakum kurutma işlemi için gerekli sıcaklık ve basınç ortamı oluşturulduğunda, var olan su kaynamaya başlar ve tam bu esnada, kurutma hızı arttığı için kurutma için gerekli süre azalır. Bu kaynama sırasında gıdanın içerisinde baloncuklar oluşmaya başlar. Ultrases destekli vakum kurutma esnasında ise, kavitasyon oluşumu ile kütle transferi artar. Böylece sıkı sıkıya bağlı olan su kavitasyon oluşmu ile yapıdan uzaklaştırılmış olur(Bantle & Eikevik, 2011; Ratti, 2008).

2.1.1.5 Dondurarak Kurutma

Gıdaların dondurularak kurutulması işlemi son üründe en yüksek kalite özelliklerini sağlayan iyi bir dehidrasyon yöntemidir. Gıdanın içerisinde bulunan suyun dondurulduktan sonra uygun koşullar altında süblimleştirilmesi şeklinde çalışma prensibine sahiptir. Liyofilizasyon şeklinde adlandırmaya da sahip olan yöntem, biyoteknoloji, gıda ve ilaç sanayinde yaygın olarak kullanılmaktadır(Menlik, Kirmaci, & Usta, 2009). Dondurarak kurutma, diğer dehidrasyon yöntemlerinin birçoğundan daha iyi ve etkili bir muhafaza yöntemidir(Hammami & René, 1997). Yapılan çalışmalar, işlem sıcaklığının düşük

olması kurutulmuş gıdaların fonksiyonel ve duyusal özelliklerini geliştirdiğini göstermektedir(Pääkkönen & Mattila, 1991). Dondurarak kurutma yöntemi diğer yöntemlere göre yatırım ve işletme maliyetleri daha yüksek bulunmaktadır. Diğer geleneksel yöntemlere kıyasla masraf 2 ile 5 kat fazladır. Bu dezavantajına rağmen ısıl işleme duyarlı ürünlerin kurutulmasında uygulanmaktadır. Ayrıca kurutma esnasında gıda içerisindeki su bulunduğu yerde buza dönüştüğünden üründeki buz süblime edilirken üründe her hangi bir büzülme veya şekil bozukluğu olmamakta ürün orijinal şeklini korumaktadır(Güner, 2015; Khalloufi & Ratti, 2003).

2.1.2 İn vitro Sindirim Sistemleri

Günümüzde gıdaların insan sağlığı üzerine etkilerini incelemek adına sindirim çalışmalarına olan ilgi artmıştır. Dünya genelinde bilim insanları, gıdaların mide-bağırsak içerisindeki durumlarını ve özel diyet maddelerinin davranışlarını incelemekte ve gıdaların insan sağlığı üzerinde oluşturduğu etkileri araştırmaktadır. Gıdalarda yürütülen sindirim çalışmalarının en ideal olanı in vivo sindirim yöntemiyle yapılanlardır. Fakat bu yöntemin pahalı olması, uzun süre gerektirmesi ve karmaşık olması, in vitro çalışmaların bir alternatif olarak değerlendirilmesine olanak sağlamıştır. In vitro yöntemlerle dahakısa sürede daha fazla sayıda örnek çalışılarak etkili ucuz, hızlı ve güvenilir sonuçlar elde edilebilmektedir(Capanoglu, Beekwilder, Boyacioglu, Hall, & De Vos, 2008). İn vitro sindirim sistemleri, gastrointestinal sistemin simüle edilmesiyle gıda maddelerinin mide ve bağırsak içerisindeki yapısal farklılıklarını, davranışlarını, sindirilebilirliğini ve gıda matriksinden salınımlarını araştırmaktadır. Sindirim enzimlerini, asitliği ve tuz konsantrasyonlarını kullanarak sindirim ortamlarının simüle edilmesiyle elde edilen sonuçlar in vivo çalışmalara benzerlik göstermeyi amaçlar(Gibson, Schönfeldt, & Pretorius, 2011; Monro, Mishra, & Venn, 2010). İn vitro sindirim modellerinden tüketilen gıda maddesinin ağızdan alındıktan sonra mide ve bağırsak ortamlarından geçmesi sonunda vücutta kalan miktarı belirlemek için faydanılanlır. Biyoerişilebilirlik, genelde in vitro sistemlerle belirlenen, gıda matriksinden salınan ve sindirim sonrası kana geçen biyoaktif madde/hedeflenen madde miktarını tanımlar(Demircan, 2016). Biyoyararlılık terimi ise, genelde in vivo sistemlerle belirlenen, sindirim sistemi tarafından absorpsiyonu

gerçekleştirilen biyoaktif maddeleri, oluşan metobolitlerinive hedeflenen dokularda dağılımını da kapsar(McDougall, Dobson, Smith, Blake, & Stewart, 2005; Stalmach, Edwards, Wightman, & Crozier, 2012).

3
MATERYAL-METOT

3.1 Materyal

Çalışmada kullanılmak üzere satın alınan mürdüm erikleri (Şekil 3.1) İstanbul Meyve Sebze Toptancı Hali'nden temin edilmiştir. Temin edilen erikler aynı gün içerisinde işleme alınmıştır.



Şekil 3. 1 Yaş mürdüm eriği

3.2 Metot

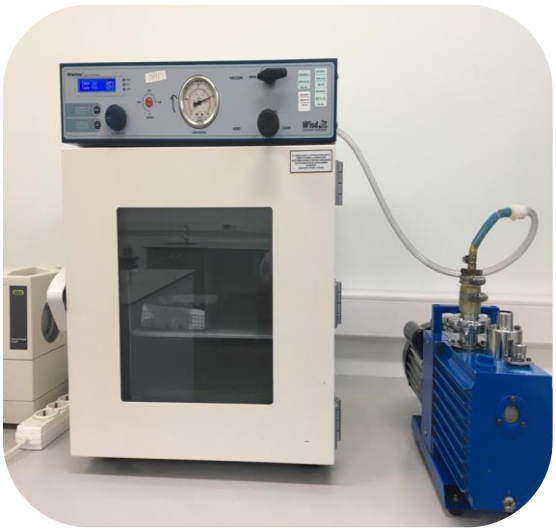
3.2.1 Mürdüm Eriklerinin Hazırlanması ve Kurutulması

Alındığı gün işleme alınan mürdüm eriklerinin fiziksel analizleri için gerekli ölçümleri (renk, kumpas, nem tayini, kurutma öncesi ağırlık) alındıktan sonra normal etüv, vakum etüvde, ultrases destekli vakum kurutucuda ve -80°C'de dondurulduktan sonra liyafilizatörde kurutulmuştur. Cihazların detaylı görünümleri Şekil 3.2.'de verilmiştir. UVK uygulamasında 210 W güç ve 28 kHz frekans ile çalışılmıştır.



a)Normal Etüv (kabin kurutucu)

- Cihaz: Memmert UF110, Munich, Germany
- 1,3 m/s sabit hıza sahip



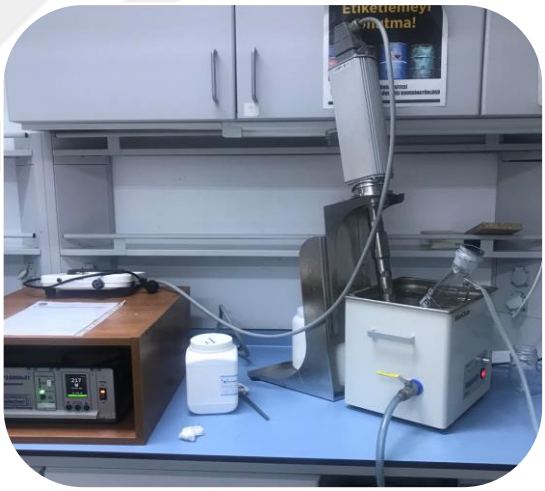
b)Vakum Etüv

- Cihaz: Daihan WOV-30, Gangwondo, South Korea
- Vakum Pompası :EVP 2XZ-2C, Zhejiang, China. 60mbar nihai basınca ve 2 L/s pompa hızına sahiptir



c)Dondurarak Kurutma

- Christ Beta 1-8 LSC plus, Germany



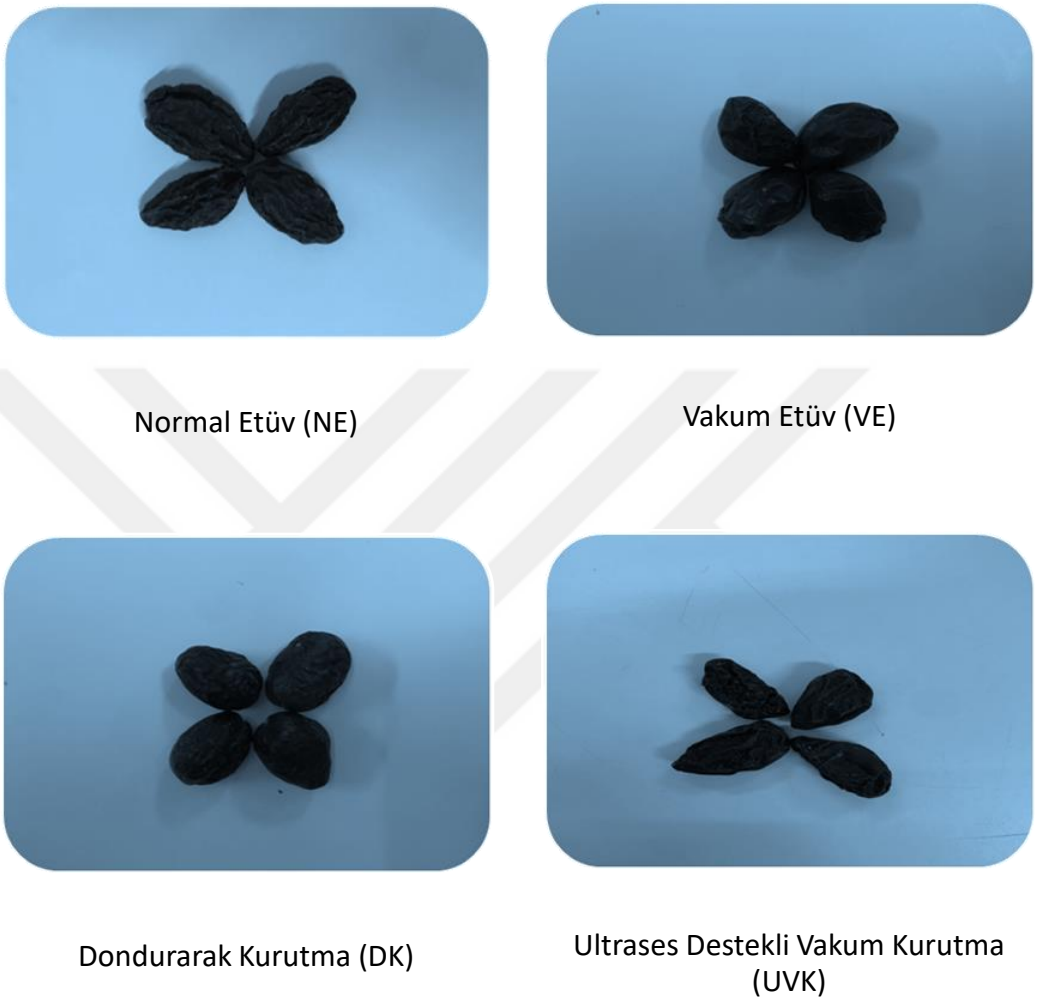
d)Ultrases Destekli Vakum Kurutma

- Su banyosu:Daihan, WUC-D10H, South Korea . Frekans :28 kHz Güç: 210W, Hacim:10L
- Vakum Pompası:KNF N838.3KT.45.18, Germany. Basınç: 15 mbar Hız:22L/min

Şekil 3. 2 a)Normal etüv, b)Vakum etüv, c)Dondurarak kurutma, d)Ultrases destekli vakum kurutma

Liyafilizatör hariç, diğer kurutma işlemlerinde sıcaklık, 60°C'de sabit tutulmuştur. Kurutma işlemleri erik için hedeflenen nem değerine (~%26) ulaşıncaya kadar devam ettirilmiş ve kurutma süreleri vakum etüvde 20 saat, normal etüvde 72

saat, ultrases destekli kurutucuda 42 saat ve liyafilizatörde 72 saat sürmüştür. Kuru erikler analiz günlerinde kullanılmak üzere +4°C de hava geçirmeyecek ambalajlarda porsiyonlanarak muhafaza edilmiştir. Şekil 3.3'de kullanılan kurutma yöntemlerin sonucu elde edilen kuru eriklerin görüntüleri verilmiştir.

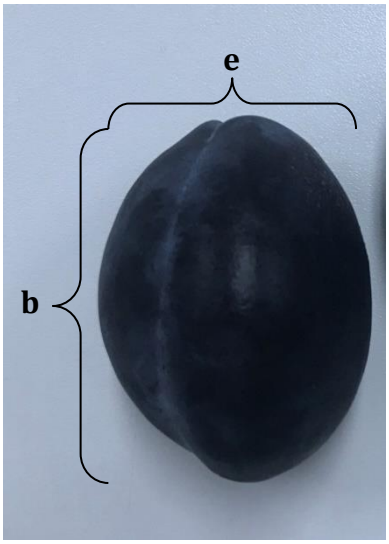


Şekil 3. 3 Dört farklı teknikle kurutulan erikler

3.2.2 Fiziksel Analizler

3.2.2.1 Kumpas Ölçümü

Kullanılan mürdüm erikleri kurutma öncesi ve sonrası, en uzun bölgelerinden ölçüm alınmak üzere en (e) ve boy (b) kısımlarından kumpas aleti ile ölçülmüştür (Şekil 3.4). Her en ve boy ölçümü 10 farklı erik üzerinden gerçekleştirilip sonuçlar ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir.



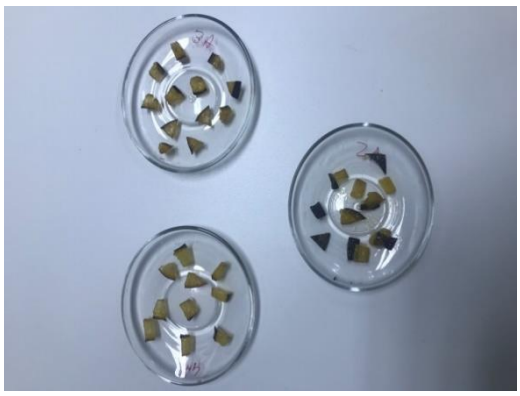
Şekil 3. 4 Ölçüm alınan bölgeler:en-e, boy-b

3.2.2.2 Toplam Nem Tayini

Öncesinde sabit tartıma getirilen tartım kaplarına, yaklaşık 15'er gram parçalanmış erik konulmuş (Şekil 3.5) ve 105°C'de sabit tartıma gelene kadar kurutulmuş ve nem miktarı yüzde (3.1) eşitliği kullanılarak belirlenmiştir(Darıcı&gen, 2011).

$$\%Nem = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} x100 \qquad (3.1)$$

- **m_1(g)**: kurutulmuş boş kabın ağırlığı
- **m_2(g):** Analiz örneği+ kurutma kabının ağırlığı
- **m_3(g):** içinde analiz örneği bulunan kurutma kabının kurutulmadan sonraki ağırlığı



Şekil 3. 5 Nem tayinine alınan erikler

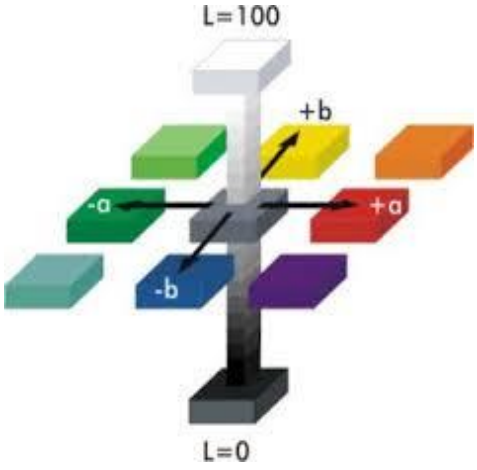
3.2.2.3 Renk Ölçümü

Taze ve kuru eriklerin renk ölçüm parametreleri (L*, a*, b*), eriklerin hem dış kabuk bölgesinden hem de erik içinden içinden (Şekil 3.6) alınmıştır. Ölçümler alınırken, her koşulu yansıtan 3 örnekten ve örneğin ilgili bölgelerinin (kabuk ve iç) farklı kısımlarından en az 5 ölçüm alınmış ve ortalama değerler hesaplamalarda kullanılmıştır. Renk ölçüm işlemi CR- 400 (Konica, Minolta, Tokyo, Japan) cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

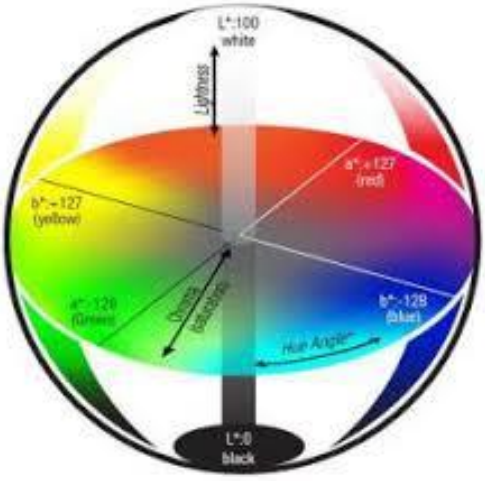
L* değeri parlaklık (L*=100) ile koyuluk (L*=0) arasındaki değerleri tanımlarken, a* değeri kırmızı (+a*) ve yeşil (-a*), ve b* değeri ise sarı (+b*) ve mavi (-b*) arasındaki değerleri tanımlamaktadır (Şekil 3.7). Ayrıca toplam renk değişimleri ΔE (3.2) eşitliği, hue açısı (α) değerleri (3.3) eşitliği ve kroma (C*) değerleri (3.4) eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır. Hue açı değeri, ana renklerden ayırt edilebilirlik ve bulunabildiği görünür ışığın konumunu ifade eder (Şekil 3.8).



Şekil 3. 6 Kabuk -sol, erik içi-sağ



Şekil 3. 7 CIE L* a* b* renk düzlemi



Şekil 3. 8 Hue Açısı, Kroma ve Parlaklık

$$\Delta E^* = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2} \quad (3.2)$$

$$\alpha = arctan\left(\frac{b}{a}\right) \quad (3.3)$$

$$C * = \sqrt{(a^2) + (b^2)} \quad (3.4)$$

3.2.2.4 Rehidrasyon Oranın Ölçülmesi

Rehidrasyon oranı, ‘ kuru ürünün rehidrasyon işlemi sonundaki ağırlığının, işlem başındaki ağırlığına yüzde olarak oranıdır’ şeklinde ifade edilir(Krokida & Philippopoulos, 2005). Tüm kurutma teknikleri ile elde edilmiş kuru erikler, tartıldıktan sonra ağırlıklarının 50 katı kadar olan saf suda hem oda sıcaklığında

(25°C) hem de 50°C'de 3 paralelli olacak şekilde rehidre edilmiştir(Doymaz & Kocayigit, 2011). Belirlenen sürelerde dışarı çıkarılan erikler, önce bir tel üzerinde ve sonra kağıtpeçede 10 sn kadar bekletilmiş yüzey suyu uzaklaştırılıp, hemen tartım yapılmıştır.İşlem toplamda 7 saat sürmüş ve sırasıyla 5., 10., 15., 30., 45., 60., 90., 120., 150., 180., 210., 240., 270., 300., 330., 360., 390. ve 420. dak.'da hassas terazi (model XB220A, Precisa Instruments AG, Dietikon, İsviçre) ile tartım alınmıştır. Rehidrasyon oranı (3.5) eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\%\mathrm{RO} = \left(\frac{\text{Rehidrasyon sonundaki ağırlık} - \text{Başlangıç ağırlığı}}{\text{Kuru ürünün başlangıç ağırlığı}}\right) \mathrm{x}100 \qquad (3.5)$$

3.2.3 Besin Değeri Analizi

Çalışmada kullanılmak üzere temin edilen taze mürdüm eriklerinde kül ve lif (AOAC(1980)), mineral, yağ (AOAC(1990)), protein (AOAC(2004)) analizleri gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.1 Kül Tayini

Analizde kullanılmak üzere bir gün evvelden nitrik asit (HNO_3) çözeltisinde bekletilen krozeler yıkanıp saf sudan geçirildikten sonra sabit tartıma getirilmiştir. 3 paralel olarak yapılan analizde krozelerin daraları kaydedildikten sonra (M1) örnekler krozelere tartılmıştır (m). Kül fırının sıcaklığı 550°C'a getirilmiş ve bu sıcaklıkta 7-8 saat yakılmıştır. Yakma işlemi sonunda krozeler fırından alınıp desikatörde oda sıcaklığına gelene kadar bekletilmiş ve tartımları alınmıştır (M2). Üründen elde edilen kül miktarının hesaplama işlemi (3.6) eşitliğinde belirtilen formül ile hesaplanmıştır.

$$\%\mathrm{Kül} = \left(\frac{\mathrm{M2} - \mathrm{M1}}{\mathrm{m}}\right) \mathrm{x}100 \qquad (3.6)$$

3.2.3.2 Protein Analizi

Yaş eriğe uygulanan protein analizi makro-Kjeldahl yöntemi ile yapılmıştır. Yakma tüplerine yaklaşık 2'şer gram ürün tartıldıktan sonra üzerine 20 ml %97'lik derişik sülfirik asit (H_2SO_4) ve 2 adet katalizör tablet ve bakır sülfat içeren tablet konulmuştur. Örnekler cihaza yerleştirildikten sonra 20 dak.'lık ön yakma işlemine tabi tutulmuş daha sonra sıcaklık kademeli olarak arttırılmıştır. Tüpler berrak sıvı

içerene kadar yakılmıştır. Sonrasında destilasyon cihazına alınan örnekler 4 dak. boyunca destilasyon işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen destilatlar 0.1 N HCl ile titre edilmiş ve HCl sarfiyatına göre (3.7) eşitliğinde verilen denklem kullanılarak üründe bulunan ham protein miktarı hesaplanmıştır.

$$\%\text{Ham Protein} = \left(\frac{\left((\text{VHCl} - \text{Vk})\text{x}0{,}014\text{xN}\right)}{\text{mx}6{,}25}\right)\text{x}100 \qquad (3.7)$$

- $\mathbf{V_{HCl}}$: Sarfedilen0.1 N HCl hacmi (mL)
- $\mathbf{V_k}$: Kör için sarfedilen 0,1 N HCl hacmi (mL)
- **0,014:** Azotun mili ekivalent ağırlığı
- **N:** Kullanılan HCl' nin normalitesi
- **m:** Örnek miktarı (g)
- **6,25:** Azotu proteine dönüştürme faktörü

3.2.3.3 İndirgen ve Toplam Şeker Analizi

Şeker analizi için Lane-Eynon yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde temel olarak Cu-II iyonu indirgen şekerler tarafından indirgenerek Cu-I oksidine dönüşür. Bu durumda bir alkali kompleks-Cu çözeltisi, şeker içeren örnekten hazırlanmış çözeltiyle titrasyonu kaynama sıcaklığında yapılmakta ve titrasyonun son noktasını belirlemede metilen mavisi indikatörü kullanılmaktadır. Örnekler öğütülmüşve tartımları alınmıştır. Tartımı alınan örneklerin üzerine 50 ml saf su eklenmiş ve devamında içeriğindeki kuru madde miktarıyla aynı olacak şekilde Carrez-1 ve Carrez-2 çözeltileri ilave edilmiş, 30 dak. boyunca bekletilmiştir. Daha sonra 0,1 N NaOH ile pH 8,0'e ayarlanmıştır. Elde edilen çözelti saf su ile 250 ml ye tamamlanmış ve kaba filtre kâğıdından süzülerek, filtrat işleme alınmıştır. Örnekte ilk olarak indirgen şeker analizi yapılmıştır. Hazırlanmış olan filtrat bürete alınmış, bir erlende 5 mL Fehling A, 5 mL Fehling B ve 25 mL saf su karışımının 2 dak. kaynatılmasından sonra %1'lik metilen mavisi ilave edilerek renk maviden bakır kırmızısına dönene kadar titrasyon yapılmış, sarfiyat not edilmiştir. İndirgen şeker miktarı (3.8) eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{İndirgen Şeker Miktarı}\left(\frac{g}{100g}\right) = \left(\frac{f}{M_1}\right) X100 \quad (3.8)$$

- **f(g):** 10 mL Fehling çözeltisi karışımına eşdeğer invert şeker miktarı
- **M_1(g)**: İnversiyondan önceki titrasyonda harcanmış örnek çözeltisinin içerdiği örnek miktarı

Daha sonra toplam şeker analizi için duru fitrattan 50 mL alınmış ve üzerine %37'lik HCl çözeltisinden 6 mL eklendikten sonra 70°C'ye ayarlanmış su banyosunda 3 dak. tutulmuş ve sonra hızlı bir şekilde akan musluk suyu altında soğutulmuştur. Üzerine 5 N NaOH çözeltisi ve 1-2damla fenolfitalein indikatörüilave edilerek nötralize edilip, son hacim su ile 100 mL'e tamamlanmıştır. İndirgen şeker analizinde olduğu gibi titrasyon işlemi yapılıp sarfiyat not edilmiştir. Toplam şeker miktarı (3.9) eşitliğikullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam Şeker Miktarı}\left(\frac{g}{100g}\right) = \left(\frac{f}{M_2}\right) X100 \quad (3.9)$$

- **f(g):** 10 ml Fehling çözeltisi karışımına eşdeğer invert şeker miktarı,
- **M_2(g)**: Örneğin inversiyonundan sonraki titrasyonda harcanan miktardaki örnek çözeltisinin içerdiği örnek miktarı

3.2.3.4 Mineral Madde Analizi

Mineral madde analizi için yaş örnekler homojen hale getirildikten sonra yaklaşık olarak 0,5-0,1 g tartılır. Tartılan örnekler mikrodalga ünitesinin örnek gözüne yerleştirilir üzerine 6 mL %65'lik nikrik asit (HNO_3) ve 1mL %30'luk hidrojenperoksit (H_2O_2) eklenir. Örnek kaplarının kapakları iyice sıkıştırılarak cihazın içine yerleştirilir ve yakma işlemi 80°C'de 10 dak., 110°C'de 10 dak., 150°C'de 10dak.ve 195°C'de 15 dak. olacak şekilde gerçekleştirilir. Daha sonra içerisinde örnek alınıp 50 mL deiyonize su ile seyreltilir. Atomik absorbsiyon spektrofotomete (AAS) cihazı kullanılarak ölçüm gerçekleştirilir. Ölçülen her bir mineral madde için uygun lamba cihaza yerleştirildikten sonra, lamba uygun sıcaklığa gelene kadar beklenmiş ve her bir element için ayarlanan slit ve dalga

boyları Tablo 3.1''de verilmiştir. Çalışmamızda bakır (Cu), çinko (Zn) ve demir (Fe) (AOAC 999.10), potasyum (K), magnezyum (Mg), sodium (Na), kalsiyum (Ca) ve manganez (Mn) (AOAC 985.35), selenium (Se) (TSE EN 14627) ve fosfor (P) (AOAC 986.24) yöntemleri ile belirlenmiş ve sonuçlar mg/kg olarak verilmiştir.

Tablo 3. 1 Elementlere ait slit ve dalga boyu değerleri

Element	Dalga Boyları(nm)	Slit(nm)
K	766,5	0,7
P	400	-
Mg	285,2	0,7
Ca	422,7	0,7
Na	589,2	0,2
Fe	248,3	0,2
Zn	213,9	0,7
Mn	279,8	0,2
Cu	324,8	0,7
Se	196	2

3.2.3.5 Diyet Lif

Yaş erikteki toplam diyet lif içeriği AOAC 991.43 numaralı enzimatik gravimetrik yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Homojenize hale getirilen örnekten yaklaşık 1 g'lık 2 adet tartılmış ve sırasıyla aşağıda verilen işlem basamakları uygulanmıştır. Ayrıca kör örnek de analize eklenmiştir ve hesaplama (3.10) eşitliği kullanılarak yapılmıştır.

Yaş erik ve kör örnek için izlenecek adımlar:

- Yaklaşık 1 g örnek 50 mL falkon tüpüne alınır +40 ml MES/TRIS tampon çözeltisi eklenir ve karıştırılır
- 50 µL α-amilaz çözeltisi ile karıştırılır 30 dak. 95-100°C 'de bekletilir 60°C ye soğutulur.
- 50 µL proteaz çözeltisi eklenir, karıştırılır 30 dak. 60°C'de bekletilir.

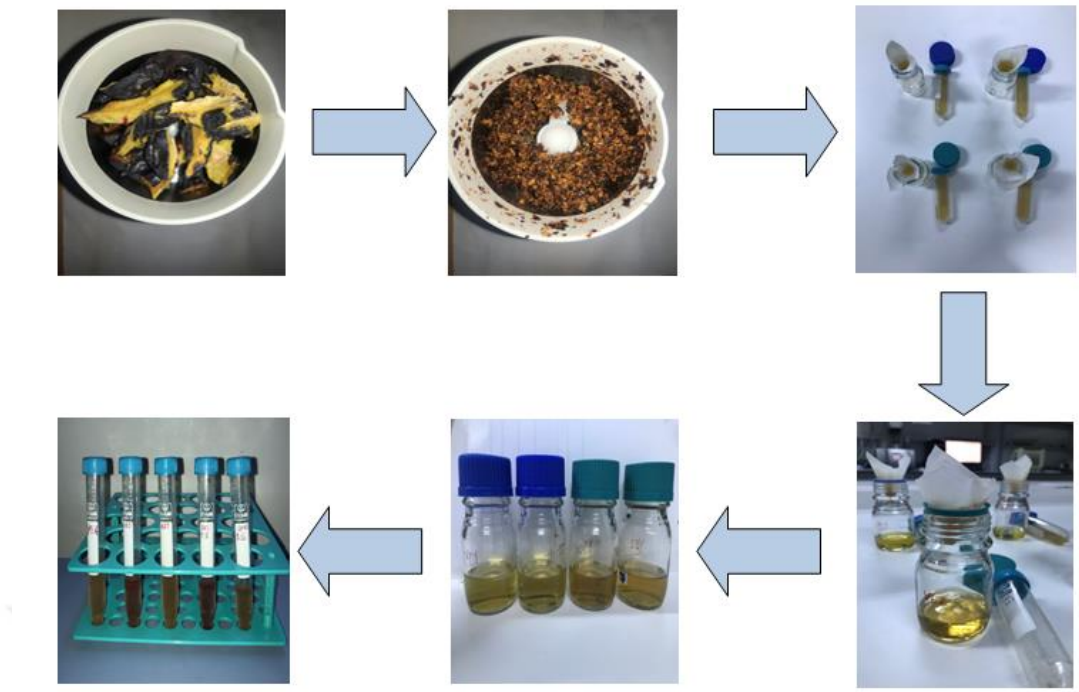
- 5 mL 0,561 N HCl eklenir pH (4.0-4.7 60°C)
- 150 µL amiloglikozidaz çözeltisi eklenir karışıtrılır ve, 30 dak. 60ºC'de bekletilir.
- Toplam besinsel lif etenol ile çöktürülür
- Filtre edilir, yıkama yapılır, kurutulur ve tartım alınır
- Protein ve kül analizleri yapılır

$$\%\text{Diyet lif} = \frac{\text{Örnek kalıntı miktarı} - \text{P} - \text{A} - \text{B}}{\text{m}} \text{x}100 \qquad (3.10)$$

- **m(g)**: Örnek ağırlığı
- **P:** Kör örnekteki kalıntı miktarı
- **A:** Örnek kalıntısındaki kül miktarı
- **B:** Örnek kalıntısındaki protein miktarı (N*6,25)

3.2.4 Mürdüm Eriklerinin Ekstraktının Hazırlanması

Yaş ve kurumürdüm erikleri öğütücüden geçirildikten sonra 2 g tartılarak 1:30 oranında metanol:su (80:20, v:v) çözeltisi ile karıştırılmıştır. Çözeltiler 7000 rpm de 5 dak. homojenize edildikten sonra oda sıcaklığında yaklaşık 16 saat çalkalayıcıda karıştırılmaya devam edilir. Sonrasında, santrifüj işlemi yapılır, üst fazı filtreden (whatman no:4) geçirilen örnekler (filtrat) ayrılmış, kalan posalar tekrar 1:20 oranında metanol:su (80:20, v:v) çözeltisi ile karıştırılmış ve 2 saat bekletilerek süzülmüş, santrifüj ve süzme işlemlerine tabi tutulmuş, bir önceki filtrat ile birleştirilmiştir. Ekstraksiyon işlemi 3 paralelli olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Ekstrakttaki alkol düşük basınç altında 40°C'de vakum evaporatör (BÜCHI Rotavapor R-200) kullanılarak uzaklaştırılmış ve son hacim 6 mL olacak şekilde falkon tüplerde -20°C'de muhafaza edilmiştir. Uygulanan işlemler Şekil 3.9'da gösterilmektedir.

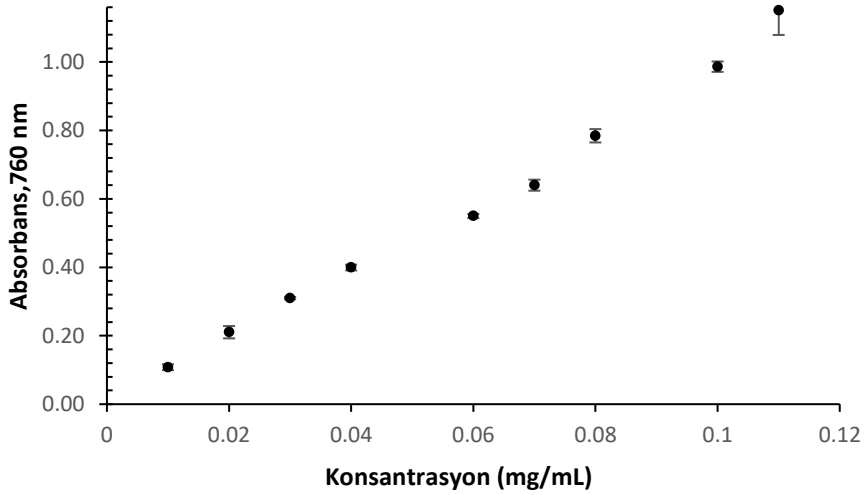


Şekil 3. 9 Ekstraksiyon işlem basamakları

3.2.5 Antioksidan Kapasitesi Analizleri

3.2.5.1 Toplam Fenolik Madde Analizi (TFM)

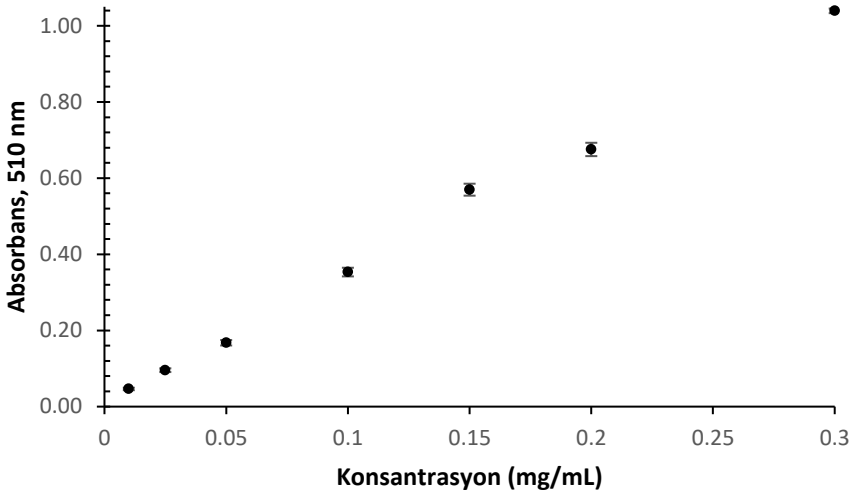
YE, VK, NE, DK ve UVK ekstraktları analiz için belirli oranlarda seyreltildikten sonra toplam fenolik içerikleri (TFM), Singleton ve Rossi(Singleton & Rossi, 1965) tarafından uygulanan Folin-Ciocalteu (FC) yöntemine göre belirlenmiştir. TFM miktarınınbelirlenmesinde standart olarak gallik asit seçilmiştir. 3 paralel halinde ve belirli oranlarda seyreltilen ekstrakların her birinden 0,5 mL alınmış ve üzerine 2,5 mL FC reaktifi (0.2 N) eklenmiştir. 3 dak. bekletildikten sonra aynı tüpe 2 mL %2 (w/v) Na_2C0_3 ilave edilmiştir. Hazırlanan çözeltiler 30 dak. boyunca oda sıcaklığında karanlık bir ortamda bekletilmiştir. Mavi renge dönen çözeltilerin absorbans değerleri spektrofotometre (Shimadzu 150 UV-1800, Japonya) cihazı kullanılarak 760 nm'de ölçülmüştür. TFM miktarının belirlenmesi için oluşturulan standart Gallik Asit eğrisi kullanılmıştır (Şekil 3.10) ve sonuçlar mg GAE/100 g kuru madde olarak verilmiştir. Standart eğrinin denklemi y=9,9883x-0,005 ve R^2=0,991 dir. (y=760 nm'de absorbans değeri, x=Gallik Asit konsantrasyonu (mg/mL))



Şekil 3. 10 TFM miktarının belirlenmesinde kullanılan standart gallik asite ait kalibrasyon eğrisi

3.2.5.2 Toplam Flavonoid Madde Miktarı

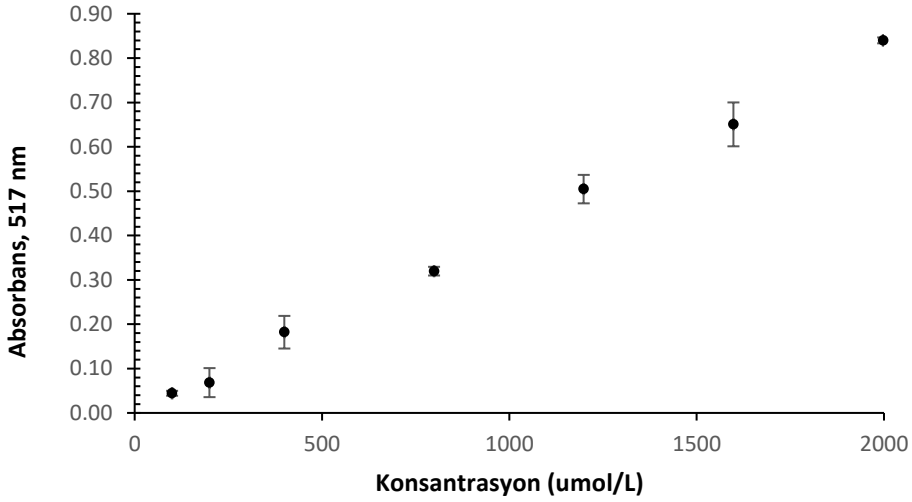
YE, DK, VK, NE ve UVK eriklerin toplam flavonoid madde miktarı, Zhishen vd. (Zhishen, Mengcheng, & Jianming, 1999) tarafından uygulanan yönteme göre belirlenmiştir. Uygun oranlarda seyreltilen ekstraktlar, 4 mL saf su ile karıştırılıp sırasıyla 0,3 mL $NaNO_2$ (% 5) ekleyip 5 dak. bekletilmiş daha sonra devamında 0,3 mL $AlCl_3$ (% 10) ekleyip 6 dak. beklenmiş ve süre sonunda 2 mL NaOH (1 M) ve 2,4 mL su ile hacmi 10 mL'e tamamlanmıştır. Karışımların absorbans değerleri spektrofotometre (Shimadzu 150 UV-1800 spektrofotometre, Japonya) cihazı kullanılarak 510 nm'de ölçülmüştür. Toplam flavonoid içeriği için standart olarak kateşin (CE) seçilmiş ve kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur (Şekil 3.11). Sonuçlar mg CE/100 g erik (kuru madde) olarak verilmiştir. Standart eğrinin denklemi y=3,4337x+0,011 ve R^2=0,996 dir. (y=510 nm'de absorbans değeri, x=Kateşin konsantrasyonu (mg/mL))



Şekil 3. 11 Toplam flavonoid içeriği için hazırlanan standart kateşine ait kalibrasyon eğrisi

3.2.5.3 DPPH (Serbest Radikalnin Yakalama Aktivitesi Tayini)

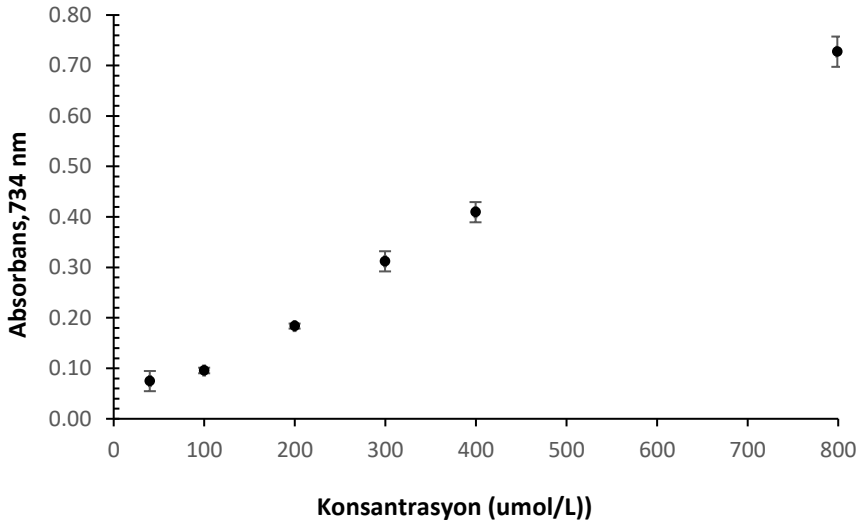
Kararlı bir organik radikal olan DPPH (1,1-difenil-2-pikril hidrazil) çözeltisi kullanılarak antioksidan aktivitesi belirlenmektedir(Cheynier & Rigaud, 1986; Öztan, 2006). YE, DK, VK, NE ve UVK eriklerden ekstrakte edilen örneklerden 0,1 mL alınmış ve 3 paralel halinde çalışılmıştır. Daha sonra ekstraklar üzerine 4,9 mL DPPH çözeltisi eklenip 20 dak. oda sıcaklığında karanlıkta bekletilmiş, 517 nm'de spektrofotometre (Shimadzu 150 UV-1800, Japonya) kullanılarak absorbans değerleri ölçülmüştür. DPPH serbest radikalleri yakalama aktivitesi, hazırlanan standart Troloks eğrisi (Şekil 3.12) kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar µmol Troloks Eşdeğeri (TE)/100g erik (kuru madde) şeklinde verilmiştir. Standart eğrinin denklemi y=1,601x+0,007 ve R^2=0,996 dir. (y=517 nm'de absorbans değeri, x=Troloks konsantrasyonu (µmol/L))



Şekil 3. 12 DPPH yöntemi için hazırlanan standart Troloks'a ait kalibrasyon eğrisi

3.2.5.4 ABTS (Radikal Süpürme Aktivitesi Tayini)

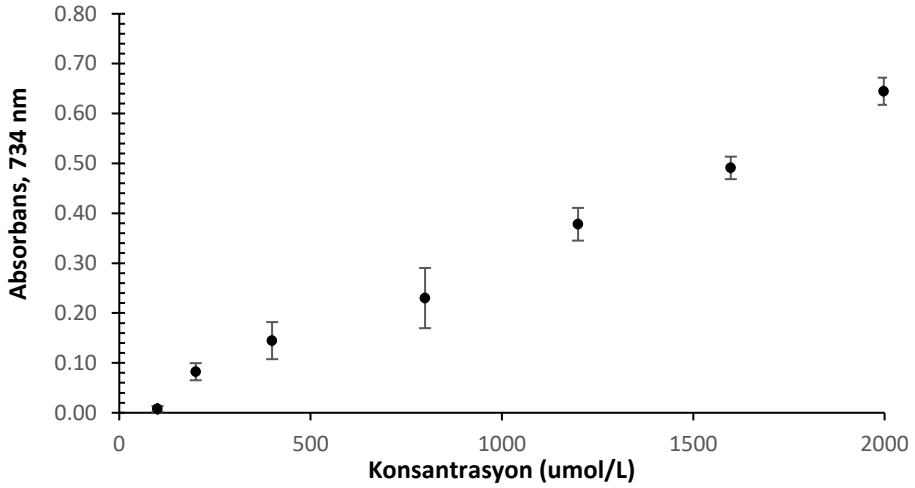
ABTS radikal süpürme aktivitesi (2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit)), Re ve arkadaşlarının uyguladığı yönteme göre gerçekleştirilmiştir(Re et al., 1999). Ölçümler için hazırlanan ABTS stok çözeltisi 734 nm'de 0,700'lük bir absorbansa ulaşıncaya kadar saf su ile seyreltilmiştir. DK, VK, NE ve UVK erik ekstraktları gerekli oranlarda seyreltildikten sonra 0,1 mL ekstrakta 2 mL stok ABTS eklenmiş sonra 6 dak. boyunca 30°C'de karanlıkta bekletilip 734 nm'de absorbans değerleri ölçülmüştür. Troloks standardı için kalibrasyon eğrisi (Şekil 3.13) hazırlanmış ve sonuçlar her bir erik için µmol Troloks Eşdeğeri (TE)/100g erik (kuru madde) olarak verilmiştir. Standart eğrinin denklemi y=0,001x+0,027 ve R^2=0,992 dir. (y=734 nm'de absorbans değeri, x=Troloks konsantrasyonu (µmol/L))



Şekil 3. 13 ABTS yöntemi için hazırlanan standart Troloks'a ait kalibrasyon eğrisi

3.2.5.5 CUPRAC (Cu(II) İyonu İndirgeyici Antioksidan Kapasitesi Tayini)

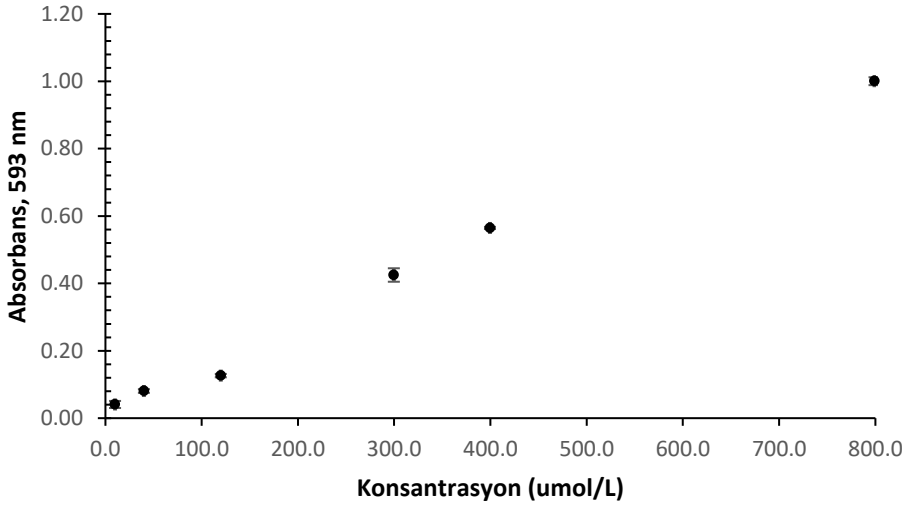
CUPRAC tayini Apak vd.(Apak, Güçlü, Özyürek, & Karademir, 2004) yöntemine göre belirlenmiştir. 1 mL $CuCl_2$ çözeltisi (0,01 M), neokuprin (7,5 mM) ve 1 M amonyum asetat tampon (pH 7.0) çözeltileri ilave edilen tüplere, 0,1 mL seyreltilmiş ekstrakt eklendikten sonra, 1 mL saf su eklenmiştir. Örnekler oda sıcaklığında karanlıkta 1 saat inkübe edilmiştir. Bekleme süresinden sonra spektrofotometre cihazı kullanılarak 450 nm'de absorbans değerleri ölçülmüştür. Standart olarak kullanılan Troloksun kalibrasyon grafiği (Şekil 3.14) ve sonuçlar µmol Troloks Eşdeğeri (TE)/100g erik (kuru madde) olarak verilmiştir. Standart eğrinin denklemi y=0,001x-0,002 ve R^2=0,993 dir. (y=450 nm'de absorbans değeri, x=Troloks konsantrasyonu (µmol/L))



Şekil 3. 14 CUPRAC yöntemi için hazırlanan standart Troloks'a ait kalibrasyon eğrisi

3.2.5.6 FRAP(Ferrik İndirgen Antioksidan Potansiyeli Tayini)

FRAP analizi Benzie ve Strain'a(Benzie & Strain, 1996) göre gerçekleştirilmiştir. Frap çözeltisi kullanılmadan hemen önce 10:1:1 oranında 300 mM asetat tamponu (pH3.6), 10mM 2,4,6-tripiridil-s-triazin (TPTZ) çözeltisi ve 20 mM $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ karıştırılarak hazırlanmıştır. 300 mM asetat tamponu, 0.31 g sodyum asetat trihidrat ($C_2H_3NaO_2 \cdot 3H_2O$), 1.6 ml asetik asit ile karıştırılıp son hacim 100 mL'ye gelinceye kadar saf su ile seyreltilmiştir. TPTZ çözeltisi, 40 mM HCI içerisinde 10 mM TPTZ'nin çözdürülmesiyle hazırlanmıştır. 100 µL örnek, sırasıyla 900 µL H_20 ve 2 mL FRAP reaktifi ile karıştırılıp oda sıcaklığında ve karanlıkta 30 dak. inkübe edildikten sonra 593 nm'de absorbansları köre karşı ölçülmüştür. Standart olarak kullanılan Troloksun kalibrasyon garifiği (Şekil 3.15) ve sonuçlar µmol Troloks Eşdeğeri (TE)/100g erik (kuru madde) olarak verilmiştir. Standart eğrinin denklemi y=4,981x+0,026 ve R^2=0,992 dir. (y=593 nm'de absorbans değeri, x=Trolokskonsantrasyonu (µmol/L))



Şekil 3. 15 FRAP yöntemi için hazırlanan standart Troloks'a ait kalibrasyon eğrisi

3.2.5.7 Monomerik Antosiyanin Tayini

Toplam monomerik antosiyanin analizi içi pH diferansiyel metodu kullanılmıştır(Damar & Ekşi). Bu analiz yönteminde kullanılmak üzere pH 1.0 ile pH 4.5 arasındaki renk farklılığını gözleyebilmek amacıyla, bu pH değerlerinde iki farklı tampon çözelti hazırlanmaktadır. pH 1.0 tamponu: 250 mL 0.2 N KCl (14.9 g/L), 650 mL 0.2 N HCl (17 mL/L) çözeltisi bir behere alınır ve karıştırılır. Çözeltinin pH değeri 1.0 olmalıdır. Eğer değil ise HCl çözeltisi ile ayarlanır. pH 4.5 tamponu: 1.64 g sodyum asetat ($CH_3CO_2Na.3H_2O$) 100 mL saf suda çözülür ve üzerine 1 N HCl (83 ml yoğun HCl/L) eklenerek pH' sı 4.5±0.1 olacak şekilde ayarlanır. DK, VK, NE ve UVK erik ekstraktları gerekli oranlarda seyreltildikten sonrapH 1.0 ve pH 4.5'a ayarlanmış örneklerin spektrofotometre de 700 nm ve 520 nm de ölçülmesi sonucu elde edilen absorbans değerleri arasındaki fark, örneğe ait antosiyanin miktarıyla doğru orantılı olarak değişiklik göstermektedir. Sonuçlar aşağıda verilen (3.11) eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır. Her bir erik için sonuçlar mg *siyanidin-3-glikosit*/100g erik (kuru madde) olarak verilmiştir.

$$\text{Monomerik Antosiyanin Tayini} = \left(\frac{\text{AxMWxDFx1000}}{\text{ExL}}\right) \qquad (3.11)$$

- **A(Absorbans):**$(A_{516}\text{-}A_{700})_{pH\ 1.0} - (A_{516}\text{-}A_{700})_{\ pH\ 4.5,}$
- **MW:**Yapıda bulunan antosiyanin pigmentinin molekül ağırlığı(26900),

- **DF:**Seyreltme fakörü,
- **E:**Molar absorbans,
- **L:** Küvetin Optik yolu

3.2.6 SEM Analizi

Yaş ve kurutulmuş eriklerin uygulanan SEM (mikrostrüktür) analizi için meyvelerin her birinden 5mm, 5mm, 3mm boyutlarındaki parçalar çekirdeğin eksenine dik gelecek bir biçimde kesilerek alınmış ve mikroskobun tablasına çekirdek eksenine paralel olacak şekilde yerleştirilmiştir(Huang, Zhang, Wang, Mujumdar, & Sun, 2012). Yaş ve kurutulmuş erikler altın ile kaplandıktan sonra, 10 kV'luk hızlanma geriliminde Yıldız Teknik Üniversitesi'nde yer alan Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde bulunan SEM (model ZEISS LS EVO 10) cihazı iapılmıştır.

3.2.7 Fenolik Madde Profili (HPLC-DAD)

YE, DK, VK, NE ve UVK ekstraktlarının fenolik madde profili analizleri, diyot dizinli dedektörü bulunan yüksek basınçlı sıvı kromotografisi ile belirlenmiştir. Standartlar ve numuneler 0,45 µm'lik filtrelerden şırınga yardımı ile süzülerek viallere konulmuş ve ölçümleri HPLC cihazında (LC-20AD pompa, DGU-20A5R degazör, SPDM20A DAD dedektör, CTO-10ASVP kolon fırını, SIL-20A HT autosampler, ve CMB-20A iletişim modülü; Shimadzu Corp., Kyoto, Japan) yapılmıştır. Mobil faz olarak solvent A asetik asit (%0.1 (v/v)) bulunduran ultra saf su içerirken solvent B ise asetonitril ve asetik asit (%0.1 (v/v)) içermektedir. Ayırım işlemi 40°C'de C-18 kolonu (250mm x4,6mm uzunluk, 5 µm partikül boyutunda) yardımıyla yapılmıştır. Mobil fazların gradyanları sıfırıncı dak. ile 2. dak. arası %10 B, 2. dak. ile 27. dak. Arası %10-30 B, 27. dak. ile 50. dak. arası %30-90 B,50. dak. ile 60 dak. arası %90 ile %100 B olarak ayarlandıktan sonra 63. dak.da işlem başlangıç konumuna gelmektedir. Akış oranı 1mL/dak dır ve kromatografik ölçümler 278, 320 ve 360 nm'de alınmıştır. Kantitatif analiz ve tanımlama işlemleri, alıkonma zamanı ve standart eğrileri baz alınarak gerçekleştirilmiştir. Standart olarakgallik asit, protokateşuik asit, klorojenik asit, hidroksibenzoik asit, kafeik asit, şiringik asit, rutin, elajik asit, ferulik asit, *m*-kumarik asit, *o*-kumarik asit, mirisetin, kuersetin, kamferol ve kirisin

kullanılmıştır. Fenolik madeler ve alıkonma zamanları (dak) (Tablo 3.2) verilmiştir. Örneklere ait analiz sonuçları mg/100g erik (kuru madde) olarak verilmiştir.

Tablo 3. 2 Standart fenolik maddeler ve alıkonma zamanları

	Fenolik Maddeler	**Alıkonma Zamanları(dak)**
1	Gallik Asit	5.447
2	Protokateşuik Asit	8.927
3	Klorojenik Asit	12.361
4	Hidroksibenzoik Asit	13.156
5	Kafeik Asit	14.765
6	Şiringik Asit	15.349
7	Rutin	19.648
8	Elajik Asit	20.638
9	Ferulik Asit	21.758
10	m-kumarik Asit	22.676
11	o-kumarik Asit	25.960
12	Mirisetin	27.147
13	Kuersetin	33.141
14	Kamferol	36.128
15	Krisin	40.806

Antosiyanin profili analizi: YE, DK, VK, NE ve UVK ekstraklarına ait antosiyanin madde profilleri analizi Çapanoğlu ve diğ. (2008) metoduna göre yapılmıştır(Capanoglu et al., 2008). Analiz için hazırlanan ekstraktlar 0,45 µm'lik filtrelerden geçirilmiş ve HPLC sistemine verilmiştir. HPLC cihazı Waters 600 kontrol birimi, Waters 996 (fotodiyot dizinli dedektör) ve 40°C ayarlı kolondan oluşmaktadır. Çözücü madde olarak çözgen A (%0.1 trifluoroasetik asit ile asitlendirilmiş) ve çözgen B (%0.1 trifluoroasetik asit içeren asetonitril) kullanılmıştır. Akış oranı 1 mL/dak şeklinde ayarlanmış, doğrusal asetonitril gradiyenti kullanılmıştır. Analiz 520 nm de 54 dak'lık ölçümler şeklinde gerçekleştirilmiştir. Sunuçlar mg *siyanidin-3-glikosit*/100g erik (kuru madde)

olarak verilmiştir. Analizi yapılan antosiyanin maddelerin alıkonma zamanları Tablo 3.3'de verilmiştir.

Tablo 3. 3 Antosiyanin maddelerin alıkonma zamanları

	Antosiyaninler	Alıkonma Zamanları(dak)
1	*Siyanidin*	26.400
2	*Siyanidin-3-O-glikosit*	19.017
3	*Delfinidin-3-O-galaktosit*	16.000
4	*Delfinidin-3-O-glikosit*	16.900
5	*Malvidin-3-galaktosit*	36.933
6	*Pelargoidin*	30.283
7	*Pelargoidin-3-O-glikosit*	21.083
8	*Peonidin-3-O-glikosit*	22.533
9	*Petunidin-3-O-glikosit*	20.433

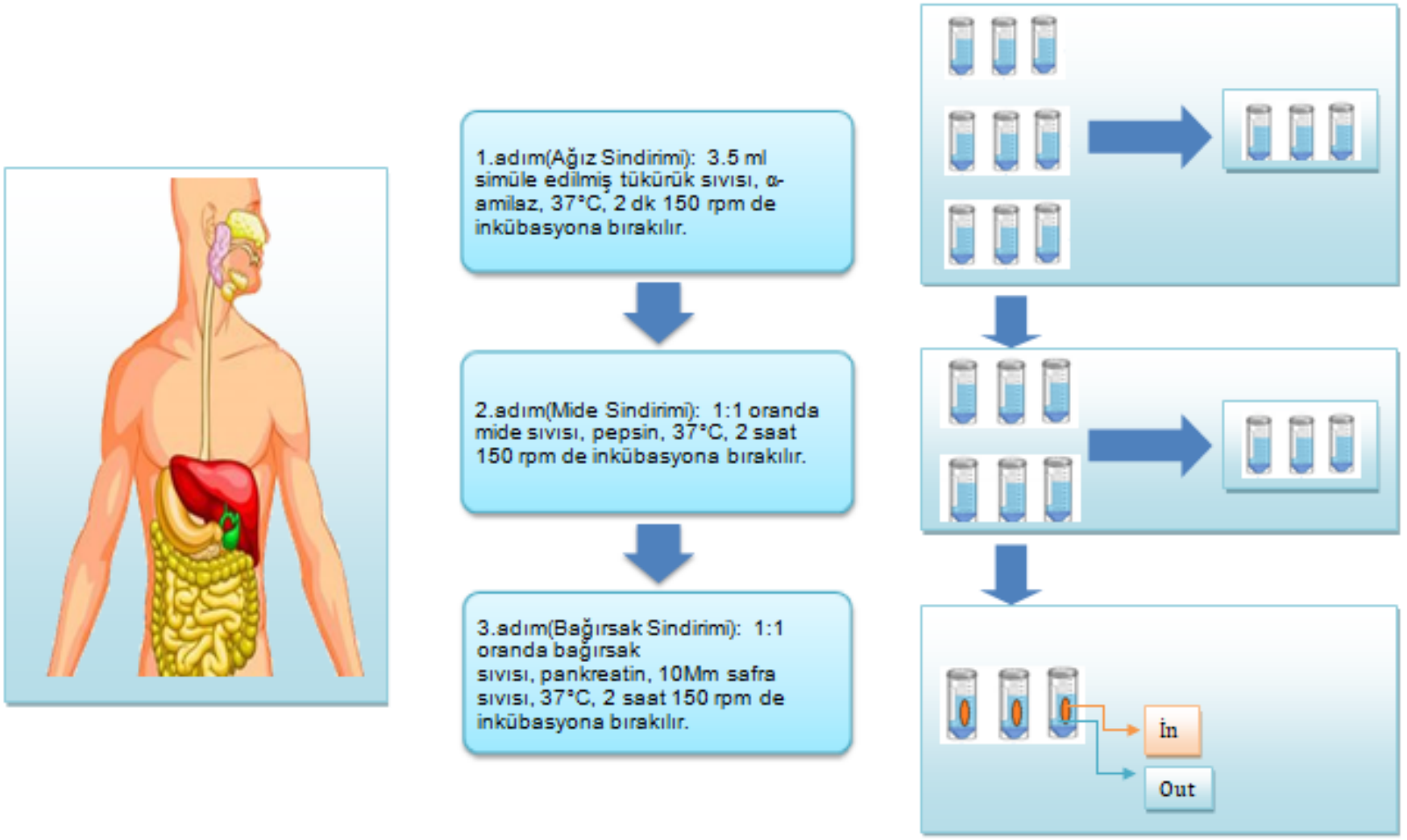
3.2.8 Simüle Sindirim Modelinde Biyoerişilebilirlik Analizi

Sindirim analizinde kullanılmak üzere hazırlanan simüle edilmiş stok çözeltileri: STS: Simüle tükürük sıvısı, SMS: Simüle mide sıvı ve SBS: Simüle bağırsak sıvısı olarak Minekus vd.(Minekus et al., 2014) tarafından belirlenen yönteme göre hazırlanmış ve kullanılmadan önce vücut sıcaklığına ulaştırılmıştır. Santrifüj tüplerine belirli gramajlarda tartılarak yerleştirilen YE, NE, VK, UVK ve DK örnekleri ağız ortamını oluşturmak amacıyla tükürük sıvısı (STS), α-amilaz çözeltisi ve $CaCl_2$ eklenir. Erik: STS oranı (yaş erikte 1:1; kuru erikte 1:2), son aktivitesi 75 U/mL olacak şekilde enzim çözeltisive 25 µL $CaCl_2$ çözeltisi (0,75mM) ilave edilmiştir. Daha sonra yeterli miktarda saf su eklenerek ağız ortamı oluşturulmuştur. Ağız ortamına ait tüpler 37°C'de 2 dak. boyunca inkübe edilmiştir. Analize her örnek için 9 tüple başlanmıştır. Ağız tüpleri için üç tüp analizlerde kullanılmak üzere ayrılmış, santrifüjlenmiş (4500 rpm, 10 dak, +4C) ve üst fazlar -20ºC de depolanmıştır. Kalan 6 tüpte de toplam hacim ağız fazının (oral bolus) 2 katını oluşturulacak bir biçimde mide sıvısı (SMS), $CaCl_2$, pepsin çözeltisi (

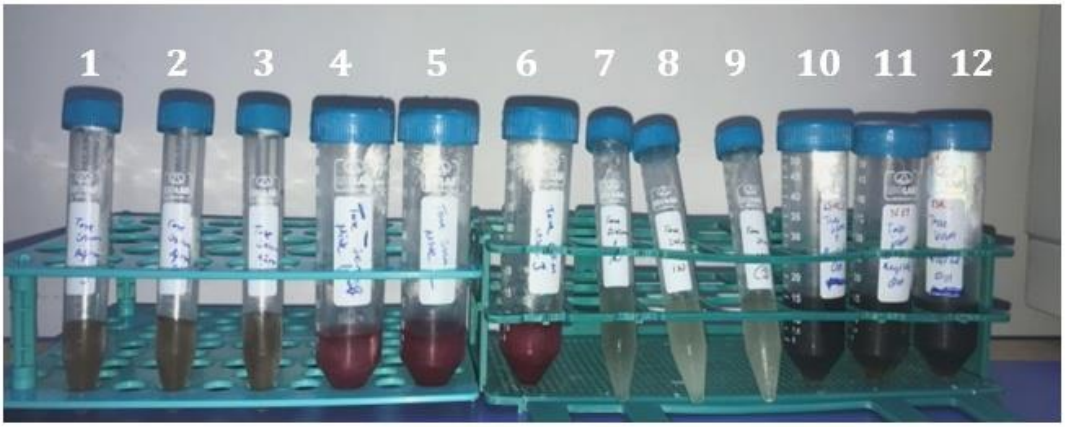
son karışımda aktivitesi 2000 U/mL), saf su ve mide asitliği ayarı için 1 M HCl ilave edilmiştir. Daha sonra tekrar 37°C'de çalkalamalı su banyosunda 2 saat inkübasyona devam edilmiştir. İnkübasyon işleminin sonunda mide fazını temsilen 3 tüp gerçekleştirilecek olan analizler için ayrılmış, santrifüjlenmiş (4500 rpm, 10 dak, +4C) ve üst fazlar -20ºC'de depolanmıştır. Geri kalan 3 tüpte de toplam hacim mide fazının 2 katını oluşturulacak bir biçimde bağırsak sıvısı (SBS), $CaCl_2$ (0,3 M), pankreatin çözeltisi, safra sıvısı, saf su ve pH=7 ayarı için 1M NaOH ilave edilmiştir. Diyaliz için gerekli torbalar boyutlarına uygun kesilerekiçlerine gerekli miktarda sodyum bikarbonat (0,1M) konulduktan sonra torbalar sıkıca kapatılmış ve bu 3 tüpe daldırılmıştır. Tüpler tekrar 37°C de çalkalamalı su banyosunda 2 saat boyunca inkübasyona devam etmiştir. Diyaliz torbalarının içi IN olarak, dışı ise OUT olarak tanımlanmıştır. Yapılan analizlerin adımları Şekil 3.17'de verilmiştir. Yaş örneklere ait sindirim sonrası elde edilen tüpler Şekil 3.18'de verilmiştir. Sindirim sonucunda her aşamada alınan, santrifüjlenen ve -20°C'de depolanan tüpler liyofilizatörde kurutulmuşlar ve daha sonra analiz gününe-20°C de kadar muhafaza edilmiştir. Örnek içermeyen kör tüpler de aynı işlemlerden geçirilmiştir. Her sindirim aşamasından (ağız, mide, IN ve OUT) alınan ve toz haline getirilen sindirim örnekleriuygun oranlarda seyreltilerek toplam fenolik madde (TFM), fenolik madde profili analizi (HPLC-DAD), toplam flavonoid madde, ABTS, CUPRAC, FRAP, DPPH, antioksidan aktiviteve antosiyanin profili (HPLC-DAD) analizlerine tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre biyoerişilebilirlik yüzdesi (%BI) (3.12) ve % Recovery (%Geri kazanım) değerleri (3.13) eşitliklerinde verilen formüllere göre hesaplanmıştır.

$$\%\mathrm{BI} = \left(\frac{\mathrm{IN}}{\mathrm{IN} + \mathrm{OUT}}\right) \mathrm{X100} \tag{3.12}$$

$$\%\mathrm{REC} = \left(\frac{\mathrm{IN}}{\mathrm{Ekstrakt}}\right) \mathrm{X100} \tag{3.13}$$



Şekil 3. 16 İn vitro sindirilebilirlik analizi



Şekil 3. 17 Yaş örneklere ait sindirim aşaması örnekler (santrifüj sonrası üst fazlar) (1-3(ağız sindirimi), 4-6 (mide sindirimi sonrası), 7-9(İN), 10-12(OUT))

3.2.9 İstatistiksel Analizler

Bu tez çalışmasında tüm ölçümler 3 paralelli olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel değerlendirmelerin oluşturulmasında SPSS programı (IBM SPSS statistics 20.0, USA) kullanılmıştır. Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Farklılıklar tek yönlü ANOVA ile değerlendirilmiş ve kurutma yöntemleri arasındaki kıyaslamalar Tukey post hoc testi ile gerçekleştirilmiştir($p < 0,05$).

4
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 Yaş Eriğin Besin İçeriği

Yaş eriğin besin içeriği Tablo 4.1'de verilmiştir. Yaş eriklerin nem içeriği %80,02±0,02 olarak belirlenmiştir. Protein miktarı %0,9±0,04 ve inorganik madde miktarı %2,2±0,17 olarak belirlenmiştir. Yaş erikte yağ tespit edilmemiştir. Toplam ve invert şeker oranları sırası ile 12,05±0,07 ve 11,69±0,60 g/100g yaş erik, diyet lif miktarı 1,86±0,05 g/100g olarak hesaplanmıştır. Ayrıca gerçekleştirlen mineral madde analizi sonuçları Tablo 4.2'de mg/kg olarak verilmiştir.

Tablo 4. 1 Yaş erigeait besin değeri analizleri

	g /100 g Yaş erik
Nem	80,02±0,02
Protein	0,9±0,04
Yağ	-
Kül	2,2±0,17
Toplam Şeker	12,05±0,07
İnvert Şeker	11,69±0,60
Diyet lif	1,86±0,05

Tablo 4. 2 Mineral madde analizi sonuçları

Element	mg/100 g erik (kuru madde)
K	1136,7±14,8
P	100±9,29
Mg	52,46±0,46
Ca	34,5±0,37
Na	2,61±0,01
Fe	1,53±0,001
Zn	0,84±0,11
Mn	0,48±0,10
Cu	0,283±0,03
Se	0,005±0,0001

4.2 Kurutulmuş Mürdüm Eriklerinin Fiziksel Özellikleri

4.2.1 Boyut Ölçümleri

Mürdüm eriklerinden hem kurutma öncesi hem de kurutma sonrası kumpas ile alınan boyut ölçümleri ve kuru örneklerin yaş eriklere göre gösterdiği değişimler Tablo 4.3'de verilmiştir. Yaş eriğe göre, tüm tekniklerle kurutulmuş eriklerin en ve boylarında azalma gözlenmiştir. Yaş örmeğe göre boyut azalmasının en az olduğu örnek beklendiği üzere dondurarak kurutma sonrasında elde edilen örnektedir. En ölçümünde en fazla azalma UVK eriklerde gözlenirken, boy ölçümünde ise UVK ve NE erikleri benzer derecede azalma göstermiştir. VK eriklerde ise, en ve boy ölçümleri DK eriklerine benzerdir. Dondurarak kurutma işleminde erikler kurutulmaya başlanmadan önce -80°C muhafaza edilir. Erikler donuk bir formda kurutmaya girer ve yapıda bulunan su eriğin doğal formunu bozmadan süblimasyonla uzaklaşır. Bu durum DK eriklerin yaş örneğe boyut olarak yakınlığının nedeni olarak düşünülmektedir.

Tablo 4. 3 Yaş ve kuru eriklere ait boyut analizi

BOYUT (mm)	YE	DK	VK	NE	UVK
EN	40,64±4,03^{a}	35,18±1,64^{b}	33,05±3,97^{b}	26,13±2,06^{c}	24,95±1,27^{c}
BOY	59,20±2,25^{a}	48,31±2,66^{b}	47,65±2,19^{b}	47,55±3,08^{bc}	44,37±2,48^{c}

4.2.2 Kurutulmuş Eriklere Ait Nem İçerikleri

Yaş eriklere ait nem içerikleri 80,02±0,02 olarak tespit edildikten sonra kuru eriklerin nem içerikleri DK, VK, NE ve UVK erikleri için sırasıyla %26,03±0,06, %27, 08±0,12, %26,15±0,10ve %26,85±0,13 olarak kuru bazda hesaplanmıştır.

4.2.3 Renk Analizi

Kurutulmuş meyvelerde renk müşteri satın alma taleplerini etkilediğinden, aynı zamanda enzimatik kararma reaksiyonlarının, kurutma koşullarının dolaylı göstergesi olduğundan dolayı kurutmada renk özelliklerinin muhafaza edilebilmesi istenen bir durumdur. Bu çalışmada yapılan renk analizleri, eriklerin hem dış yüzeyinden hem de iç yüzeyinden alınan renk parametreleri dikkate alınarak gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Tablo 4.4 ve 4.5'de verilmiştir. Koyuluk-parlaklık değerini ifade eden $L_{iç}$ değerlerinde kurutma sonrasında yaş eriğe göre azalma durumu, erik iç renginin başlangıca göre kurutma sonrasında daha koyu olduğunu göstermektedir, ancak bu durum DK erikler için geçerli değildir. Liyofilizasyon işlemi sonrası eriğin $L_{iç}$ değerlerinde artış görülmektedir. Bu durum, diğer kurutma işlemlerinde gerçekleşen sıcaklığa bağlı degredasyon ve kahverengileşme reaksiyonlarının dondurarak kurutma işleminin gerçekleştiği düşük sıcaklıklarda meydana gelmemesi ile açıklanabilir. $L_{dış}$ değerleri ise, kurutulmuş eriklerde sadece DK eriklerde yaş eriğe göre artarken yani koyuluk değeri azalırken parlaklık değeri artmıştır. Eriklerin dış kısmında negatif b değerleri (mavi) geçerli olup, yaş örnekten en fazla farklılık, (-) b değerlerinde azalma DK ve UVK eriklerde gözlenmiştir. İç kısımlarda ise pozitif b değerleri (sarı) gözlenmiş olup, renkte en fazla azalma UVK ve NE eriklerde gözlenirken, DK eriklerde sarılık değerinde yaş

eriğe göre artış gözlenmiş, VK erikte ise yaş erikle fark önemsiz olmuştur. Taze eriğin iç kısmından alınan $a_{iç}$negatif değerlerde iken tüm kurutma işlemleri sonrası $a_{iç}$ değeri pozitif değerlerde ölçülmüştür. Negatif olan a* değerinin pozitife dönmesi başlangıçta yeşil tonlarına sahip erik içinin, kurutma sonrasında kırmızı tonlarına döndüğünü göstermektedir. Uygulanan kurutma yöntemlerinin tamamı a* değerini önemli miktarda arttırmıştır, bu artış en yüksek VK ve NE eriklerde gözlenmiştir, UVK ve DK eriklerinin ise $a_{iç}$ değerleri benzer düzeydedir. Eriklerin dış kısmındaki $a_{dış}$ değerleri ise yaş eriğe göre DK hariç tüm eriklerde azalırken en önemli azalma UVK eriklerde gözlenmiştir. Kabukta ve iç kısımda renge katkıdabulunan antosiyanin miktarının kurutma koşulları arasındaki farklı olması da elde edilen sonuçların yorumlanmasında önemlidir. Örneğin toplam antosiyanin miktarında en fazla azalma UVK ve sonrasında NE eriklerde gerçekleşmiştir. Meyvelerde kuruma sırasında gerçekleşen kahverengileşme reaksiyonları kurutma sırasında eş zamanlı gerçekleşen enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları ile de ilişkilidir. Yine uygulanan sıcaklık ve süre renk değerine katkıda bulunan bileşiklerin termal degredasyonuna sebep olmuş olabilir veya ortamda oksijen olmamasını sağlayan kurutma koşulları, enzimatik oksidasyon sonucunda oluşan istenmeyen renk değişimlerini azaltmış olabilir(Alwazeer, 2018). DK eriklerde renk parametrelerinde görülen artış ($L_{iç}$, $a_{iç}$ ve $b_{iç}$) literatürde farklı çalışmalarda da gözlenmiştir. Örneğin, karpuzların dondurularak kurutulma sonucu renk parametreleri incelendiğinde b* değerlerinde çalışmamıza benzer olarak artış görülmüştür(Akyıldız, Polat, & Ağçam, 2017).

Tablo 4. 4 Yaş ve kuru eriklere ait erik içinin L*, a*, b* değerleri

İÇ	YE	DK	VK	NE	UVK
L*	41,79±3,34^{b}	61,52±1,20^{a}	39,94±3,87^{b}	33,34±2,19^{c}	34,30±1,26^{c}
a*	-1,06±1,02^{c}	1,89±1,5^{b}	5,22±2,03^{a}	4,92±0,58^{a}	1,54±0,54^{b}
b*	16,17±3,84^{b}	27,27±2,20^{a}	13,20±6,29^{b}	6,59±1,03^{c}	1,97±1,57^{c}

Tablo 4. 5 Yaş ve kuru eriklere ait erik dış kısmın L*, a*, b* değerleri

DIŞ	YE	DK	VK	NE	UVK
L*	31,16±0,76^{b}	33,87±0,95^{a}	30,30±0,94^{b}	30,23±0,68^{b}	30,39±0,67^{b}
a*	3,78±2,18^{a}	3,08±0,71^{ab}	1,90±0,80^{bc}	1,34±0,40^{c}	0,68±0,29^{c}
b*	-3,70±1,45^{d}	-1,33±0,28^{ab}	-2,05±0,72^{bc}	-2,70±0,50^{cd}	-0,79±0,38^{a}

VK, NE, DK ve UVK eriklerde renk ölçümlerinde alınan L*, a* ve b* değerleriyle ΔE değeri hesaplanmış ve Tablo 4.6'da verilmiştir. Elde edilen ΔE değerlerinin düşük bulunması kuru ürünlerin renk değerlerinin yaş eriklere benzediğini göstermektedir. Çalışmamızda ki ΔE değerleri, VK eriklerin iç kısmı için 7,86±1,11 olarak bulunmuştur. Buna göre yaş eriklerin iç rengine en fazla benzerlik gösteren erikler VK erikleridir. DK eriklerin iç kısmından alınan ΔE değeri 22,93 olarak hesaplanmış fakat DK eriklerin L* değeri yaş eriklere göre daha yüksek ΔE değerlerinin tek başına yorumlanması bu anlamda yanıltıcı olabilir. Benzer şekilde dış renk değerlendirildiğinde, UVK ve DK eriklerin yaş erikten en fazla farklılık gösterdiği söylenebilir.

Tablo 4. 6 Yaş ve kuru eriklere ait ΔE değerleri

ΔE	DK	VK	NE	UVK
İÇ	22,93±1,92^{a}	7,86±1,11^{c}	14,20±1,70^{b}	16,29±1,81^{b}
DIŞ	3,79±0,46^{b}	2,64±0,56^{c}	2,67±0,94^{c}	4,34±0,82^{a}

Taze ve kurutulmuş eriklerdeki rengin saptanmasını sağlayan hue açısı sonuçları Tablo 4.7'de verilmiştir. Veriler incelendiğinde eriğin sahip olduğu negatif değer pozitif değerlere dönüşmüş ve bu durum erik içinin rengi üzerinde tüm kurutma yöntemlerinin önemli olduğunu göstermiştir. Hue açısı derece ile ifade edilir, 0º +a* (kırmızı-mor) ekseni üzerinde yer alır, 90º de +b* (sarı) ekseni, 180º de -a* (mavimsi-yeşil), 270º de -b* (mavi) ve tekrar 360º = 0º dir. Erik içinde hue değerleri -84 ile 85 arasında değişirken dış kabuk değerleri -63 ile -24 arasında

değişmektedir. Yaş eriklerde negatif hue açıları, negatif a* değerlerinden kaynaklanmaktadır. Erik içinde negatif olan değer bizlere erik içinin sarımsı-yeşil tonlarında olduğunu, kurutma sonrasında hue açısı değerlerinin pozitife dönmesi renklerin kırmızı tonlarına yaklaştığını ifade etmektedir. Fakat hue açısı 90°'ye ne kadar yakınsa sarı tonları o kadar yüksek demektir. DK eriklerde bu sarılık düzeyi tüm kurutma tiplerinden fazladır. Kabuk kısmında elde edilen değerlerin negatif olması (-) b* değerlerinden kaynaklanmaktadır. Bu da eriklerin başlangıçlarında mavi-mor tonlarında olduğunu, kurutulduktan sonra ise bu mavi-mor rengin daha da koyulaştığını gösterir. Fakat DK eriklerde mavi-mor olan başlangıç rengi kırmızılığa doğru yaklaşmıştır.

Tablo 4. 7 Yaş ve kuru eriklere ait Hue açısı değerleri

Hue Açısı	YE	DK	VK	NE	UVK
İÇ	-84,72±2,56^{d}	85,97±3,31^{a}	67,02±4,41^{b}	53,08±3,49^{c}	46,18±14,12^{c}
DIŞ	-45,23±11,98^{b}	-24,30±7,62^{a}	-51,39±15,22^{b}	-63,52±6,86^{b}	-49,45±16,19^{b}

Analizler sonucunda elde edilen kroma değerleri Tablo 4.8'de verilmiştir. Kroma değeri rengin doygunluğunun değerlendirilmesinde kullanılır. Doygunluğun artması renklilik derecesini arttırmaktadır. Donuk renklerde kroma değeri düşük olurken canlı renklere sahip örneklerde ise bu değer artmaktadır. Kroma değerlerinin DK örneklerde, yaş ve diğer kuru eriklere göre önemli derecede yüksek olduğu gözlenmiştir. UVK eriklerde ise bu değer oldukça düşüktür, dolayısıyla DK örneklerinin renginin daha canlı ve doygun, UVK örneklerinin renginin ise diğer tüm örneklere kıyasla donuk olduğunu göstermektedir.

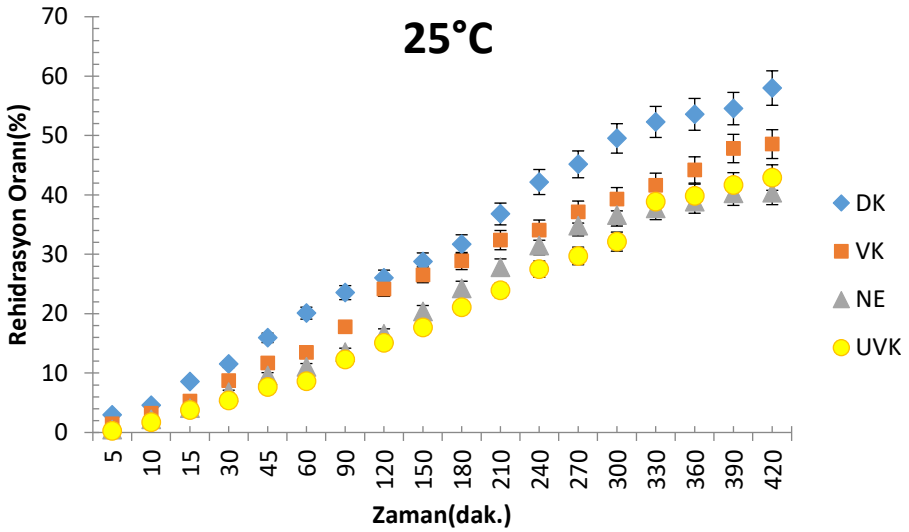
Tablo 4. 8 Yaş ve kuru eriklere ait Kroma değerleri

Kroma	YE	DK	VK	NE	UVK
İÇ	16,24±3,81^{b}	27,37±2,16^{a}	14,23±6,52^{b}	8,24±1,07^{c}	2,57±1,55^{c}
DIŞ	5,71±1,31^{a}	3,38±0,62^{b}	2,94±0,43^{b}	3,04±0,52^{b}	1,11±0,27^{c}

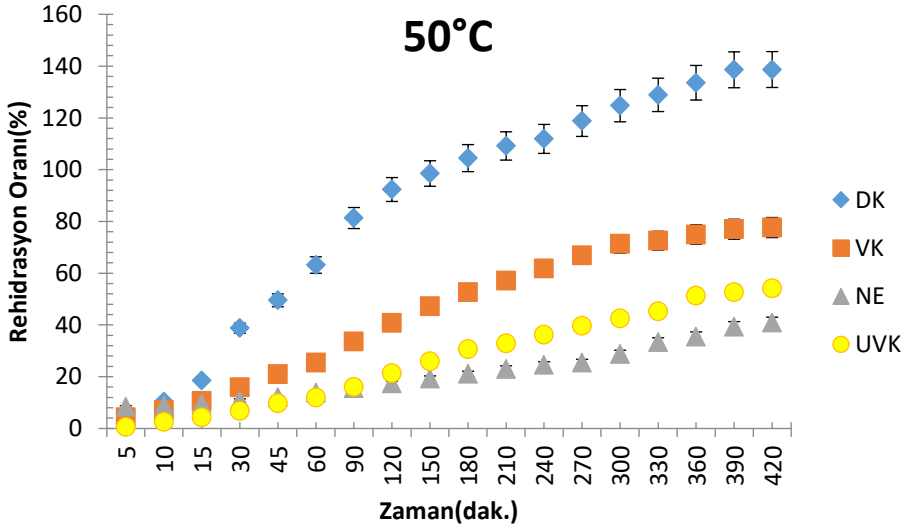
4.2.4 Rehidrasyon Kapasitesi

Kurutulmuş gıda ürünü yaş halde sahip olduğu miktarda suyu tekrar geri alabiliyorsa kaliteli bir ürün olarak kabul edilir. Kuru gıda ürünlerinin rehidrasyon kabiliyeti; kurutma şartlarına, ürün cinsine, rehidrasyonun uygulandığı sıcaklığa, bulunduğu kabın içerdiği su miktarına bağlı olarak da değişiklik göstermektedir(Rehman & Awan, 2012; Van Arsdel & Copley, 1964). Vakum kurutma, normal etüv, dondurarak kurutma ve ultrases destekli vakum kurutma ile kurutulan yaklaşık %26 nem içeriğine sahip mürdüm erikleri, 7 saat süresince oda sıcaklığında (25°C) ve 50°C'de saf suda bekletilmiştir. Her iki koşulda ilk 15 dak. süresince 5 dak.'da bir, 15. dak.'dan 60. dak.'ya kadar 15 dak.'da bir, 1 saat sonrasında ise 30 dak.'da bir ölçüm (toplam 18 adet) alınmış ve rehidrasyon oranının zamana bağlı değişim grafiği Şekil 4.1 (25°C) ve 4.2 (50° C)'de verilmiştir. Rehidrasyon oranı zamanla artış göstermektedir.Fakat işlem süresi sonuna doğru bu artış hızı yavaşlamaktadır. DK, VK, NE ve UVK örneklerin tümünde 25°C rehidrasyon işleminde yaklaşık 3 saat boyunca artış gözlenmiş ancak bu artış hızının işlemin son 2 saatinde yavaşladığı görülmüştür. 50°C deki rehidrasyon işlemi incelendiğinde DK eriklerde yüksek oranda bir artış görülürken VK, NE ve UVK eriklerde DK eriklere göre rehidrasyon oranı düşük kalmıştır. Bu durum, dondurarak kurutmanın eriklerin hücre por yapısını önemli ölçüde değişikliğe uğratmadığını ve eriklerin geri kazandıkları su ile ilk nem içeriklerine yaklaştığını göstermektedir. Acerola meyvesinin dondurarak kurutulması işleminde; donma olayının hızlı gerçekleşmesi, ürünün sahip olduğu orijinal yapının korunmasına olanak sağladığı ve son ürünün bozulma tepkimelerine karşı daha hassas olmasına neden olduğu görülmüştür. Ayrıca, yine dondurarak kurutulmuş acerola meyvelerinde çok az büzülme ve yüksek rehidrasyon oranı saptanmıştır(Marques, Ferreira, & Freire, 2007). UVK eriklerde uygulanan ultrasonik dalgalar, mikro boyutlarda kanalların oluşumu sayesinde kurutma hızını arttırabilir fakat meyvenin gözenekli yapısı deforme olabilmektedir. Çalışmamızda UVK eriklerde görülen düşük rehidrasyon oranı bu durum ile ilişkili olabilir. Kırmızı biberlerüzerinde, sıcak hava kurutma (60°C'de) işlemi pilot ölçekli tepsili kurutuculardа gerçekleştirilmiş ve sonrasında kırmızı biberler üzerine 20°C, 40°Cve 60°C'de 600 dak. rehidrasyon çalışması uygulanmıştır. Su tutma kapasitesi

ve rehidrasyon oranının değerlendirildiği çalışmada maksimum ve minimum değerlerin 40°C'de elde edildiği görülmüştür. Aynı zamanda gerçekleştirilen bu çalışmada rehidrasyon işlemi sırasında, ilk 2 saat içerisinde rehidrasyon oranında önemli bir artış gözlendiği, 2 saat sonrasında bu artışın dengeye yaklaştığı gözlemlenmiştir(Zura-Bravo, Vega-Galvez, Lemus-Mondaca, Ah-Hen, &Di Scala, 2013). Düşük ve yüksek sıcaklıklarda rehidrasyon uygulamalarında, kuru ürünlerde gerçekleşen rehidrasyon oranları, yüksek sıcaklıklarda artış göstermektedir. Şekil 4.1 ve 4.2 incelendiğinde kuru eriklerin 25°C ve 50°C lerde farklı rehidrasyon oranlarına sahip olduğunu görülmektedir. Kurutulmuş bir ürünün tamamıyla rehidre olması için rehidrasyon oranının %100 ü aşması beklenmektedir. Bu özellik sadece DK eriklerde 50°C'de tespit edilmiştir. VK, NE ve UVK eriklerde farklı sıcaklıklarda rehidrasyon işleminin uygulanması NE eriklerin haricinde artışa neden olurken, NE eriklerde önemli bir değişiklik fark edilememiştir. NE eriklerde görülen bu durumun kurutma süresinin uzun olmasından ve bu süre içerisinde hücre por yapılarının zarar görerek gerekli suyu çekememelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Rehidrasyonlarda farklı sıcaklık uygulamalarının DK, VK ve UVK eriklerde rehidrasyon oranını arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. VK, NE ve UVK eriklerin her iki sıcaklıkta da gerekli suyu tamamıyla ememedikleri ve rehidrasyon kapasitelerinin düşük olduğu görülmüştür. Kısaca çalışmamızda 25°C'ye kıyasla 50°C'de rehidrasyon uygulamasında rehidrasyon oranlarının arttırtığını görmekteyiz. Endüstiyel kurutma sistemlerinde kurutulan erik, elma ve çilek üzerinde gerçekleştirilen bir rehidrasyon çalışmasında 20°C'de 6 saat ve 100°C'de 2 saat olarak farklı sıcaklıklarda rehidre edilmiş, 100°C'de gerçekleşen rehidrasyonun ilk dakikalarda hızlı olduğu 20°C'de ise bu artışın 100°C'ye kıyasla daha homojen olduğu ve süreç boyunca yavaş arttığı gözlemlenmiştir. Çalışmada sonuçlar, bağıl kütle artışıyla karakterize edilirken elma ve çileğe göre erikler en düşük oranda kalmıştır. Uygulanan rehidrasyon işlemlerinin bu doğrulduda elmalarda en yüksek bağıl kütle artışına neden olduğu görülmüştür(Kaleta, Gornıckı, Kowalık, &Brys, 2010).



Şekil 4. 1 Kuru eriklere 25°C'de uygulanan rehidrasyon oranı analizinin zamana bağlı değişim grafiği



Şekil 4. 2 Kuru eriklerde 50°C'de uygulanan rehidrasyon oranı analizinin zamana bağlı değişim grafiği

4.3 Yaş ve Kurutulan Eriklerin Biyoaktif Madde İçerikleri ve Antioksidan Aktiviteleri

Mürdüm eriği,doğal antioksidan özellik gösteren fenolik madde, flavonoid ve antosiyanin içeriği açısındanzengindir(Gil, Tomás-Barberán, Hess-Pierce, & Kader, 2002). Yaş (YE) ve farklı tekniklerle (dondurarak kurutma (DK), vakum etüv (VE), normal etüv (NE) ve ultrases destekli vakum (UVK)) kurutulan eriklerin metanol

ekstraktları hazırlanmış ve toplam fenolik madde (TFM), toplam flavonoid madde, toplam antosiyanin, ABTS, DPPH, FRAP, CUPRAC analizleri gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Tablo 4.9'da verilmiştir.

Tablo 4. 9 Yaş ve kuru eriklere ait toplam fenolik madde, toplam flavonoid miktarı toplam antosiyanin ve toplam antioksidan aktiviteleri

	Birim	YE	DK	VK	NE	UVK
TFM	**mg GAE/ 100g**	656,91± 17,49^{b}	919,58±28,81^{a}	504,41±58,78^{c}	498,23±23,11^{c}	196,84±7,27^{d}
Toplam Flavonoid	**mg CE/ 100g**	247,10± 19,53^{b}	432,34±36,54^{a}	170±2,20^{c}	276,53±18,75^{b}	39,56±2,03^{d}
Antosiyanin	**mg siyanidin3 -glikosit/ 100g**	49,28±3, 23^{b}	87,01±5,21^{a}	59,47±9,36^{b}	1,71±0,01^{c}	0,65±0,09^{c}
ABTS	**µmolTE/ 100g**	5413,33 ±548,73^{a}	3525,72±285 ,50^{b}	3556,16±71, 32^{b}	2344,59±273 ,10^{c}	548,55±46,8 6^{c}
DPPH	**µmolTE/ 100g**	588,50± 23,25^{a}	533,15±3,13^{a}	189,45±4,34^{c}	255,20±10,0 7^{b}	193,56±16,3 3^{c}
FRAP	**µmolTE/ 100g**	2836,04 ±343,31^{b}	4061,35±192 ,46^{a}	2936,81±149 ,61^{b}	1932,76±106 ,62^{c}	436,13±9,35^{d}
CUPRAC	**µmolTE/ 100g**	5399,58 ±616,99^{b}	7659,58±367 ,76^{a}	4343,49±147 ,57^{c}	3579,79±163 ,84^{c}	1063,86±143 ,19^{d}

Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda belirtilen farklı harfler p≤0.05 seviyesinde örnekler arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir.(YE: yaş erik, VK: vakum kurutma, NE: Normal etüv, DK: dondurarak kurutma, UVK: ultrases destekli vakum kurutma), TFM: Toplam fenolik madde, TE: Troloks eşdeğeri, CE: Kateşin eşdeğerini ifade etmektedir.

Çalışmada YE, DK, VK, NE ve UVK sırasıyla toplam fenolik madde içerikleri 656,91±17,49, 919,58±28,81, 504,41±58,78, 498,23±23,11 ve 196,84±7,27 mg GAE/100gerik (kuru madde) olarak bulunmuştur. Kurutulmuş erik çeşitleri üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada toplam fenolik madde analizi sonuçları etüvdekurutulan iki farklı erik cinsinde 529,10±0,46 ve 562,17±9,43 mg GAE/100g erik (kuru madde)olarak bulunmuştur(Družić et al., 2007). Çalışmamızda ki eriklerin, toplam flavonoid sonuçları değerlendirildiğinde YE, DK, VK, NE ve UVK için sırasıyla 247,10±19,53, 432,34±36,54, 170±2,20, 276,53±18,75, 39,56±2,03 mg CE/100g erik (kuru madde) olduğu ve en yüksek flavonoid madde miktarının dondurarak kurutulan erik ekstraktlarında belirlendiği görülmüştür. 14 farklı taze erik çeşidi üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada fenolik ve flavonoid madde

sonuçları yaş madde bazında verilmiş, ortalama nem değerleri göz önüne alınarak yapılan hesaplamada kuru madde bazında sonuçlar sırasıyla 309,5-1045 mg GAE/100g ve 125-720 mg CE/100g şeklinde değişmiştir(Kaulmann, Jonville, Schneider, Hoffmann, & Bohn, 2014). 33 farklı meyve üzerinde gerçekleştirilen, toplam fenolik madde ve antioksidan kapasitelerinin belirlendiği bir çalışmada erik meyvesi için toplam fenol değeri 495,12±0,91 mg GAE/100g kuru madde olarak bulunmuştur(Chen et al., 2014). Çalışmamızda kullandığımız eriğin fenolik madde miktarı literatür ile benzerlik göstermektedir. Meyvelerin fenolik madde miktarının meyvenin cinsine, yetiştirildikleri bölgeye, iklim ve toprak koşullarına, depolama koşullarına bağlı değişiklik gösterdiği bilinmektedir(F. Fang et al., 2008). Çalışmamızda YE, DK, VK, NE ve UVK eriklerinde belirlenen antosiyanin değerleri sırasıyla 49,28±3,23, 87,01±5,21, 59,47±9,36, 1,71±0,01 ve 0,72±0,09 mg *siyanidin-3-O-glikosit*/100g olarak bulunmuştur. Diğer sonuçlara benzer şekilde DK eriklerinde antosiyanin miktarı yaş erikten fazla çıkıp, VK eriklerde ise antosiyanin miktarı yaş eriğe benzer düzeyde kalmıştır, vakum kurutma işleminin süresinin kısa olması (20 saat) ve ortamda oksijen bulunmaması antosiyanin korunmasına etkili olmuş olabilir. UVK ve NE örneklerinde ise hem yaş örneğe hem de diğer kuru eriklere göre oldukça önemli düzeyde azalma gözlenmiştir, bu durum sıcaklığın yanısıra, kurutma süresinin uzunluğu ve uygulanan ultrases ile ilişkili olabilir. Yapılan çalışmalar, antosiyaninlerin gıda işleme sırasında uygulanan ısıdan kolayca etkilendiğini göstermektedir. Eriklerde 95°C de gerçekleştirilen bir başka kurutma çalışmasında 1 saat kurutulan eriklerde antosiyaninlerin başlangıca göre sadece %86,4 ünün degrade olduğu, 55°C'de kurutulan örnekte ise %54,6 sının degrade olduğu belirlenmiştir(Raynal, Moutounet, & Souquet, 1989). Yaban mersinleri üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada yaban mersinlerinin taze örnekleri 5°C ve -20°C muhafaza edilmiş ayrıca kabin kurutucuda kurutulmuş olarak 3 şekilde işleme alınmış ve antosiyanin içerikleri incelenmiştir. -20°C muhafaza edilmiş örneklerde antosiyanin içerikleri yaş örneğe kıyasla daha fazla iken, kabin kurutucuda kurutulmuş yaban mersinlerinin antosiyanin içeriklerinde ise azalma (%49 azalma) gözlemlenmiştir(Lohachoompol, Srzednicki, & Craske, 2004). Çalışmamızda DK eriklerin toplam fenolik, flavonoid ve antosiyanin değerleri yaş eriklere kıyasla

daha yüksek çıkmıştır. Liyofilizasyon öncesi, erikler -80°C'de dondurulmuş, daha sonra vakum ve düşük sıcaklıkta buz kristalleri süblimleşme ile uzaklaştırılmıştır. Uygulanan dondurma işlemi sırasında oluşan buz kristalleri, hücre yapısının bozulmasına, geçirgenliğinin artmasına dolayısıyla hücre yapısında bağlı şekilde bulunan biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyon çözgenine geçebilecek serbest formlarına dönüşmesine yardım etmiş olabilir. Daha sonraki aşamada ortamda enzim ve sıcaklık olmaması ise enzimatik degredasyon reaksiyonlarının görülmemesini sağlamıştır, bundan dolayı DK örneklerindeki biyoaktif bileşenlerin miktarı hem yaş örnekten hem de diğer tekniklerle kurutulan eriklerden istatiksel olarak önemli düzeyde fazladır. Yapılan bazı çalışmalarda, kurutulan örneklerde analizlenen toplam fenolik ve flavonoid madde miktarının yaş örneklerden daha fazla olduğu belirtilmiştir. Örneğin, taze ve güneşte kurutulmuş hurmalar üzerine gerçekleştirilmiş bir çalışmada toplam fenolik içeriğin kuru örneklerde yaş örneklere kıyasla daha fazla olduğu görülmüştür(Al-Farsi, Alasalvar, Morris, Baron, & Shahidi, 2005; Vinson, Zubik, Bose, Samman, & Proch, 2005). Bu durum, bağlı halde bulunan fenolik maddelerin ısıl işlemin etkisi ile ekstrakte edilebilirliğinin artması ile ilişkilidir. Kayısı, yaban mersini, hurma, incir, üzüm ve erik üzerine gerçekleştirilen bir başka kurutma çalışmasında, yaş meyveler ve kuru meyvelere ait flavonoid madde içeriği analizlendiğinde bazı meyvelerde, kayısı, yabanmersini, üzüm ve eriklerde, kuru meyvelere ait flavonid içeriğinin yaş meyvelerden fazla olduğu görülmüştür(Aktürk). UVK eriklerinde görülen toplam fenolik, flavonid ve antosiyanin miktarlarındaki düşüşün sıcaklığın yanı sıra uygulanan ultrases kaynaklı olması mümkündür. Bu anlamda yapılan çalışmada, ultrases vakum kurutma sisteminde 42 saat boyunca, ultrases devre dışı bırakılarak örnekler vakum ve sıcaklık altında işlem görmüştür. 42 saat sonunda UVK eriklerin nem değeri %26,21 iken, sadece sıcaklık ve vakum uygulanan, ultrases uygulanmayan eriklerde nem değeri %30,52 olmuştur, işleme 10 saat kadar devam edildiğinde ise nem içeriği ~%26'lara azalabilmiştir. 42 saat sonunda ultrases uygulanmayan eriklerin toplam fenolik ve flavonoid madde miktarları kuru madde bazında şu şekildedir: 218,90±2,10 mg GAE/100g ve 139,86±1.40 mg CE/100g, bu değer 42 saat sonunda elde edilen UVK eriklerinkinden yüksektir, bu durumda ultrases uygulamasının biyoaktif bileşiklerin degredasyonu üzerine etkisinden

bahsedilebilir. Ultraseste etkili olan mekanizmalardan birisi de kavitasyon baloncuklarının patlaması sırasında oluşan bölgesel ani sıcaklık ve basınç artışları dolayısıyla ürünün fiziksel yapısının yanısıra biyoaktif bileşikler de degrade olabilir. Antioksidan aktivitenin değerlendirilmesi için yapılan ABTS analizinde, YE, DK, VK, NE ve UVK eriklerin değerleri sırasıyla 5413,33±548,73, 3525,72±285,50, 3556,16±71,32, 2344,59±273,10 ve 548,55±46,86 µmol TE/100g erik (kuru madde) olarak bulunmuştur. Bir diğer antioksidan aktivitesi analiz yöntemi olan FRAP analizinde sonuçlar yine aynı sırayla 2836,04±343,31, 4061,35±192,46, 2936,81±149,61, 1932,76±106,62 ve 436,13±9,35 µmol TE/100g olarak şeklinde olmuştur, CUPRAC yönteminde de sırasıyla 5399,58±616,99, 7659,58±367,76, 4343,49±147,57, 3579,79±163,84 ve 1063,86±143,19 µmol TE/100g erik (kuru madde) olarak bulunmuştur. CUPRAC ve FRAP sonuçlarında DK eriklerde antioksidan aktivite, yaş erik dahil diğer tüm örneklerden daha yüksek çıkmıştır, en düşük sonuç ise UVK ve sonrasında NE eriklerde gözlenmiştir. ABTS analizinde ise yaş erik en yüksek aktiviteyi gösterirken, diğer örneklerde trend diğer antioksidan analizleri ile benzerdir. Bir çalışmada 33 farklı meyve üzerinde FRAP, DPPH ve ABTS anlizileri yapılmış bu meyveler arasında en yüksek antioksidan özellik gösteren meyvenin erik (sanhua plum, *Prunus salicina* Lindl) olduğu görülmüş ve analiz sonuçaları sırasıyla yaş meyve bazında15,57± 0,60 µmol TE/g, 129,71± 1,36 µmol VitC/g ve 12,61± 0,09 µmol TE/g taze örnek olarak verilmiştir(Chen et al., 2014). İtalya'da yapılan bir çalışmada farklı baharat, kuru meyve, tahıl, bakliyat ve kuruyemiş türlerinde toplam antioksidan aktivite analizleri yapılmış ve kurutulmuş meyveler (kayısı, kestane, incir, kuru erik ve kuru üzüm) arasında en yüksek antioksidan aktivite gösteren meyvenin kuru erik olduğubelirtilmiştirve FRAP analizi sonuçları 60,54 µmol Fe^{+2}/kg kuru madde ekstrakt olarak verilmiştir(Pellegrini et al., 2006). Yapılan bir çalışmada yabani ekşi elmalar üzerinde donrurarak, sıcak hava ile, infrared ile ve oda sıcaklığında kurtuma işlemleri uygulanmış ve FRAP yöntemine göre donrurarak kurutulmuş elmalarda antioksidan aktivite değeri 213,7±6,1 µmolTE/km olarak verilen en yüksek değer olduğu görülmüştür(Güldemir, Çakır, & Çakıroğlu). Uygulanan kurutma işlemleri sırasında antioksidan aktiviteyi etkileyen kimyasal ve biyokimyasal değişikler meydana gelebilmektedir. UVK örneklerindeki düşüşe ise

sıcaklığın bölgesel olarak artmasının neden olduğu düşünülmektedir.DPPH değerleri ise YE, DK, VK, NE ve UVK eriklerde 588,50±23,25, 533,15±3,13, 189,45±4,34, 255,20±10,07, 250±19,10 ve 193,56±16,33 µmol TE/100g erik (kuru madde) olarak Tablo 4.9'da verilmiştir. Çalışmamızda tüm kurutma yöntemlerinde DPPH değerlerinin YE örneklerinden daha düşük olduğu görülmüştür. DK ve NE erikleri ve benzer şekilde VK ve UVK eriklerinin DPPH değerleri arasında fark gözlenmemiştir. Elma, armut, mango ve papaya meyvelerinde uygulanan kombine kurutma yöntemlerinin (ısı pompası ile kurutma, sıcak-soğuk hava ile kurutma, sıcak hava vakum-mikrodalga ile kurutma, vakum ve mikrodalga destekli ısı pompasıile kurutma) hepsinde DPPH sonuçları µmol TE/g kuru madde olarak verilmiş ve kurutulmuş meyvelerin yaş meyvelerine göre düşüş gösterdiği saptanmıştır(Chong, Law, Figiel, Wojdyło, & Oziembłowski, 2013). Yaş ve kuru eriklerin fenolik madde profili ve toplam monomerik antosiyanin madde sonuçları Tablo 4.10'da mg/100g erik (kuru madde) olarak verilmiştir. Eriklerde fenolik asitlerden protokateşuik asit, klorojenik asit, elajik asit, gallik, kafeik ve ferulik asit, flavonoidlerden ise mirisetin, kuersetin ve rutin, antosiyaninlerden ise *siyanidin-3-O-glikosit* ve *peonidin-3-O-glikosit* tespit edilmiştir.

Tablo 4. 10 Yaş ve kuru eriklere ait fenolik madde içeriği (mg/100g)

	YE	DK	VK	NE	UVK
Fenolik Profil					
Gallik Asit	11,05±1,15^{a}	6,76±0,17^{b}	6,74±0,01^{b}	6,18±0,76^{b}	1,74±0,005^{c}
Protokateşuik Asit	363,84±25,10^{b}	601,87±0,91^{a}	243,01±10,02^{c}	210,86±7,17^{c}	5,90±0,40^{d}
Klorojenik Asit	51,13±8,09^{b}	80,34±4,58^{a}	24,29±1,51^{c}	32,55±5,20c	0,97±0,06^{d}
Kafeik Asit	7,08±0,29^{a}	4,60±0,23^{b}	3,65±0,004^{c}	4,69±0,01^{b}	0,94±0,20^{d}
Rutin	7,24±0,74^{b}	12,01±1,16^{a}	5,74±0,24^{b}	3,42±0,07^{c}	0,47±0,02^{d}
Elajik Asit	13,38±1,26^{a}	7,63±0,19^{b}	7,65±0,13^{b}	6,94±0,02^{b}	1,56±0,01^{c}
Ferulik Asit	1,62±0,01^{a}	0,89±0,002^{c}	0,85±0,008^{d}	1,53±0,02^{b}	0,39±0,002^{e}
Kuersetin	28,99±0,02^{a}	15,85±0,002^{c}	15,93±0,002^{b}	15,87±0,005^{c}	-
Antosiyanin Profili					
***Siyanidin-3-O-Glikosit* (mg/100g)**	34,45±5,39^{b}	45,14±3,27^{a}	24,45±0,28^{c}	-	-
***Peonidin-3-O-Glikosit* (mg/100g)**	12,83±1,61^{a}	13,82±1,94^{a}	8,17±0,15^{b}	-	-

Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Aynı satırda belirtilen farklı harfler p≤0.05 seviyesinde örnekler arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir.(YE: yaş erik, VK: vakum kurutma, NE: Normal etüv, DK: dondurarak kurutma, UVK: ultrases destekli vakum kurutma)

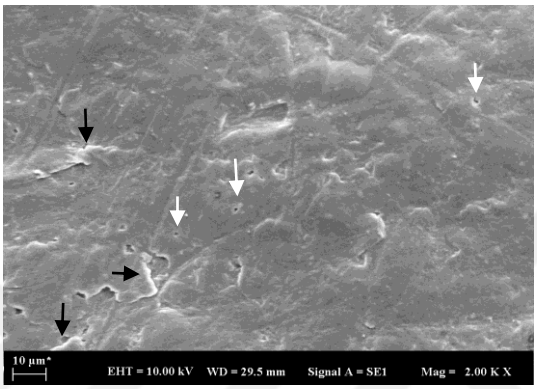
YE, DK, VK, NE ve UVK erikleri için gallik asit değerleri sırasıyla 11,05±1,15, 6,76±0,17, 6,74±0,01, 6,18±0,76 ve 1,74±0,005 mg/100g erik (kuru madde) olarak bulunmuştur. Türkiye'de yaygın olarak tüketilen kuru kırmızı meyvelerin içerdiği antioksidanların tespiti üzerine yapılan bir çalışmada mor eriklere ait gallik asit değeri10,7±0,1 mg/100g olarak bulunmuştur(Horasan Sağbasan, 2015). Kuşburnu, kızılcık, çakal eriği ve ahlat armudu marmelatları üzerinde gerçekleştirilen fenolik profil analizlerinde gallik ait içerikleri eriklerde 1,46±0,03 ile 7.62±0,08 mg/kg arasında kuru madde olarak bulunmuştur(Şengül, Topdaş, Doğan, & Serencam, 2018). Çalışmamızda YE, DK, VK, NE ve UVK erikleri için klorojenik asit değerleri sırasıyla 51,13±8,09, 80,34±4,58, 24,29±1,51, 32,55±5,20 ve 0,97±0,06 mg/100g erik (kuru madde) olarak bulunmuştur. Yapılan bir çalışmada erik türlerinde en çok yer alan fenolik bileşenin klorojenik ve

neoklorojenik asit olduğu tespit edilmiştir(Chun & Kim, 2004). Ayrıca yapılan bu çalışmanın sonuçlarına göre klorojenik asitin fenolik bileşen olarak en yoğun olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç sonrasında kuru eriklerin fenolik bileşenlerinin tanımlanabilmesi için gallik asit eşdeğerinin yerine klorojenik asit önerilmiş fakat gallik asitin ucuz olması, kolay temin edilebilmesi ve çözünürlüğünün yüksek olması gibi özellikleri bulunduğundan ve özellikle kuru meyvelerde yoğun olarak bulunduğundan, toplam fenolik madde analizlerinde standart olarak kullanılmaktadır. Kuru erik ve kuru erik suyu üzerine bulunan bir kaç çalışmada gerçekleştirilen fenolik profil analizlerinde klorojenik asit içeriği kuru erik için 6,7-56,2 mg/100 g erik (kuru madde), kuru erik suyunda ise bu değerler 19,3-33,5 mg/100g erik (kuru madde) arasında bulunmuştur(Del Caro, Piga, Pinna, Fenu, & Agabbio, 2004; Donovan, Meyer, & Waterhouse, 1998; Kayano et al., 2003; Nakatani et al., 2000; Piga, Del Caro, & Corda, 2003; Van Gorsel, Li, Kerbel, Smits, & Kader, 1992). YE, VK ve NE eriklerin kuru eriklere özgü değerlerin bu değerler arasında olduğu görülmektedir. DK eriklerin sahip olduğu değerin yüksekliği uygulama sıcaklığının düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yine aynı çalışmada incelenen kafeik asit aralığı kuru erik için 0,1-3,5 mg/100g erik (kuru madde) olarak bildirilirken, kuru erik suyu için 0,3-4,5 mg/100g erik (kuru madde) olarak bildirilmiştir. Çalışmamızda elde edilen yaş erik haricindeki tüm kurutmalara ait erikler belirtilen aralıklarda bulunmuştur. Aynı çalışmaların rutin aralıkları ise kuru erik ve kuru erik suyu için sırasıyla 0,3-8,9 ve 0,4 mg/100g erik (kuru madde) olarak verilmiş, belirtilen aralıklara DK erikler haricindeki tüm erikler benzer sonuç vermiştir. Farklı erik çeşitleri üzerinde yapılan başka bir çalışmada fenolik bileşenler arasında neoklorojenik asit 8,4±6,6 ile 739,1±51,3 arasında klorojenik asit değerlerinin 2,8±0,9 ile 151,6±15,7 arasında, rutin değerlerinin ise 0,5±0,5 ile 219,9±68,5 mg/100g taze erik olarak bildirilmiştir(Treutter et al., 2012). Eriklerde tespit edilen diğer bir fenolik bileşen protokateşuik asittir. Protokateşuik asit sonuçları YE, DK, VK, NE ve UVK sırasıyla 363,84±25,10, 601,87±0,91, 243,01±10,02, 210,86±7,17ve 5,90±0,40 mg/100g olarak bulunmuştur. Kuru ve mor erikler üzerine gerçekleştirlen çalışmada protokateşuik değeri 13,08±0,1 mg/100g taze örnek olarak verilmiştir(Horasan Sağbasan, 2015). Çalışmamızda protokateşuik asit değerleri bahsedilen çalışmaya

kıyasla oldukça yüksek bulunmuştur. Farklı rakımlardan (200m ve 800m) alınan Angeleno erik çeşidi üzerinde gerçekleştirilen fenolik profil analizlerinde rakım sırasına bağlı olarak klorojenik asit 50,3±7,2 ve 75,2±4,63, gallik asit 18,0±1,6 ve 18,1±3,8, protokateşuik asit 14,4±4,4 ve 18,1±7,9, kafeik asit 10,2±3,1 ve 17,4±2,1 ve rutin 1,1±0,2 ve 0,2±0,1 mg/L meyve suyu olarak bulunmuştur(Mertoğlu, Gülbandılar, & Bulduk, 2020). Çakal eriği marmelatı üresinde gerçekleştilen fenolik profil tespit çalışmasında gallik asit, klorojenik asit, kafeik asit, elajik asit ve kuersetin tespit edilmiş değerler sırasıyla 1,46±0,03, 2,35±0,10, 5,95±0,11, 2,43±0,11 ve 0,87±0,13 mg/kg kuru madde olarak verilmiştir(Şengül et al., 2018). Ayrıca kuru erikler üzerinde yapılan bir çalışmada fenolik bileşen profili analizi yapılmış ve elde edilen sonuçlarda hidroksisinamik asit, neoklorojenik asit, klorojenik asit ve kuersetin tespit edilmiş ve sırasıyla 9,57, 6,42, 2,20 ve 0,03 mg/100g örnek olarak belirlemişlerdir(Sójka et al., 2015). Kurutulmuş ve taze erik örneklerinde yapılan bir diğer çalışmada gallik asit, neoklorojenik asit, protokateşuik asit, *p*-hidroksibenzoik asit, kafeik asit, *p*-kumarik ve ferulik asit tespit etmişlerdir. Ayrıca bu çalışmaya göre mor eriklerde hakim olan fenolik bileşenin neoklorojenik asit olduğu tespit edilmiştir(N. Fang, Yu, & Prior, 2002).Tablo 4.10'da belirtilen antosiyanin sonuçlarına göre sadece YE, VK ve DK eriklerde *siyanidin-3-O-glikosit* ve *peonidin-3-O-glikosit* antosiyaninlerine rastlanılmıştır. Erik meyvesi üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada *siyanidin-3-O-glikosit*, *peonidin-3-O-glikosit*ve *3-rutinozit* antosiyaninleri ekstrakte edilmiştir(Jackman, Yada, TUNG, & SPEERS, 1987). Taze eriklerin 25 gün süreyle olgunlaşması sırasında eriklerde antosiyanin içeriğinin incelendiği bir çalışmada ise sonuçlar taze örnek cinsinden verilmiş gerekli dönüşümler sağlandıktan sonra *siyanidin-3-glikosit* içeriği için 0,05 ile 27,85 mg/100g erik (kuru madde),*peonidin-3-glikosit* için 0,05 ile 0,95 mg/100g erik (kuru madde) olarak bulunmuştur. Olgunluk düzeylerine göre bu aralıkta değişkenlik gösterdiği görülmüştür(Usenik et al., 2008).Yaş eriklerimizde saptanan değerler bahsedilen çalışmadan yüksek çıkmıştır. Antosiyaninler bilindiği üzere sıcaklıktan kolayca etkilenen maddelerdir. Bundan dolayı NE ve UVK örneklerinde tespit edilememekle birlikte VK eriklerde saptanan miktar ise, diğerlerinden düşük olmuştur.

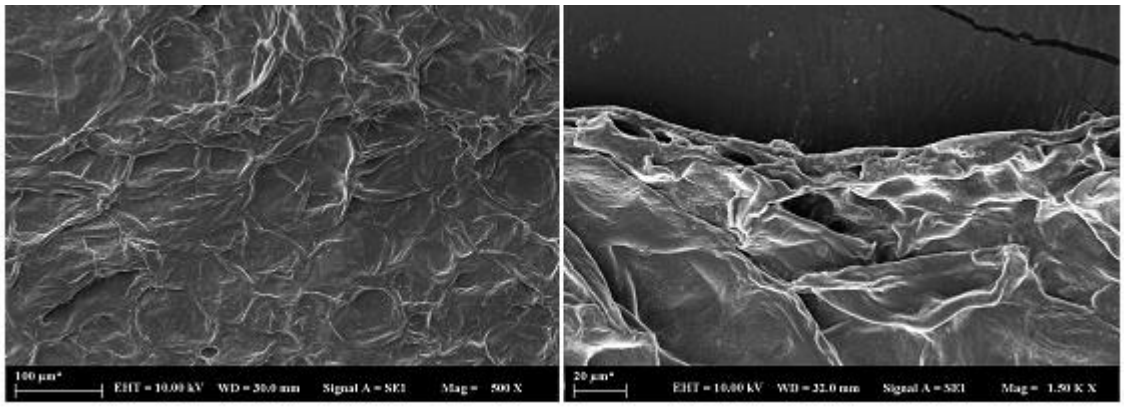
4.4 Mürdüm Eriklerine Uygulanan SEM Analizi

Yaş erik ve 4 farklı kurutma (vakum kurutma, normal etüv, dondurarak kurutma ve ultrases destekli vakum kurutma) yöntemi ile kurutulan örneklerden taramalı elektron mikroskobu kullanılarak hem dış yüzeylerinden hem de kesitlerinden görüntüler elde edilmiştir ve hücre yapılarında meydana gelen değişiklikler incelenmiştir. Şekil 4.3'de yaş eriğe ait dış yüzey Şekil 4.4'de yaş eriğe ait iç yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



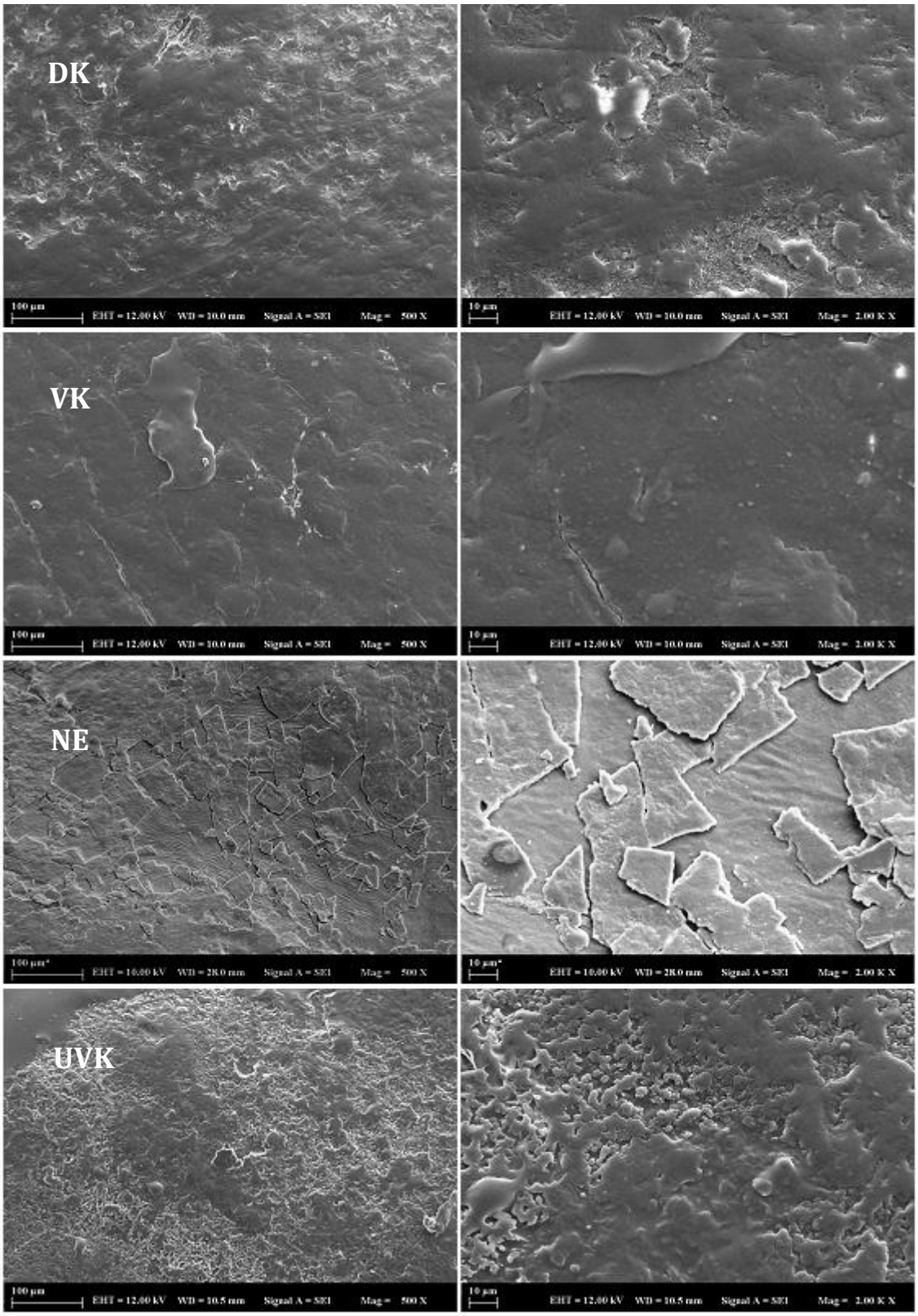
Şekil 4. 3 Yaş eriğin dış yüzeyinin x2000 büyütme SEM görüntüsü. Beyaz oklar stoma yapıları, siyah oklar vaks tabaka bölgelerini göstermektedir

Yaş eriklere ait verilen yüzey görüntülerinde pürüzsüz bir yapı gözlenmektedir, ayrıca en dış yüzeydeki epidermis tabakasında bulunan ve gaz giriş-çıkışına izin veren stoma hücrelerinin varlığı görülmektedir, bazı bölgelerde ise wax tabakasının oluşturduğu tabakalar da ayırt edilmektedir. Yaş eriğin iç yüzeyi ve görüntüsünde ise, parenkima hücrelerinin yüksek su içeriğinden dolayı büzülmemiş, düzgün ve boşluklu yapısı gözlenmektedir.



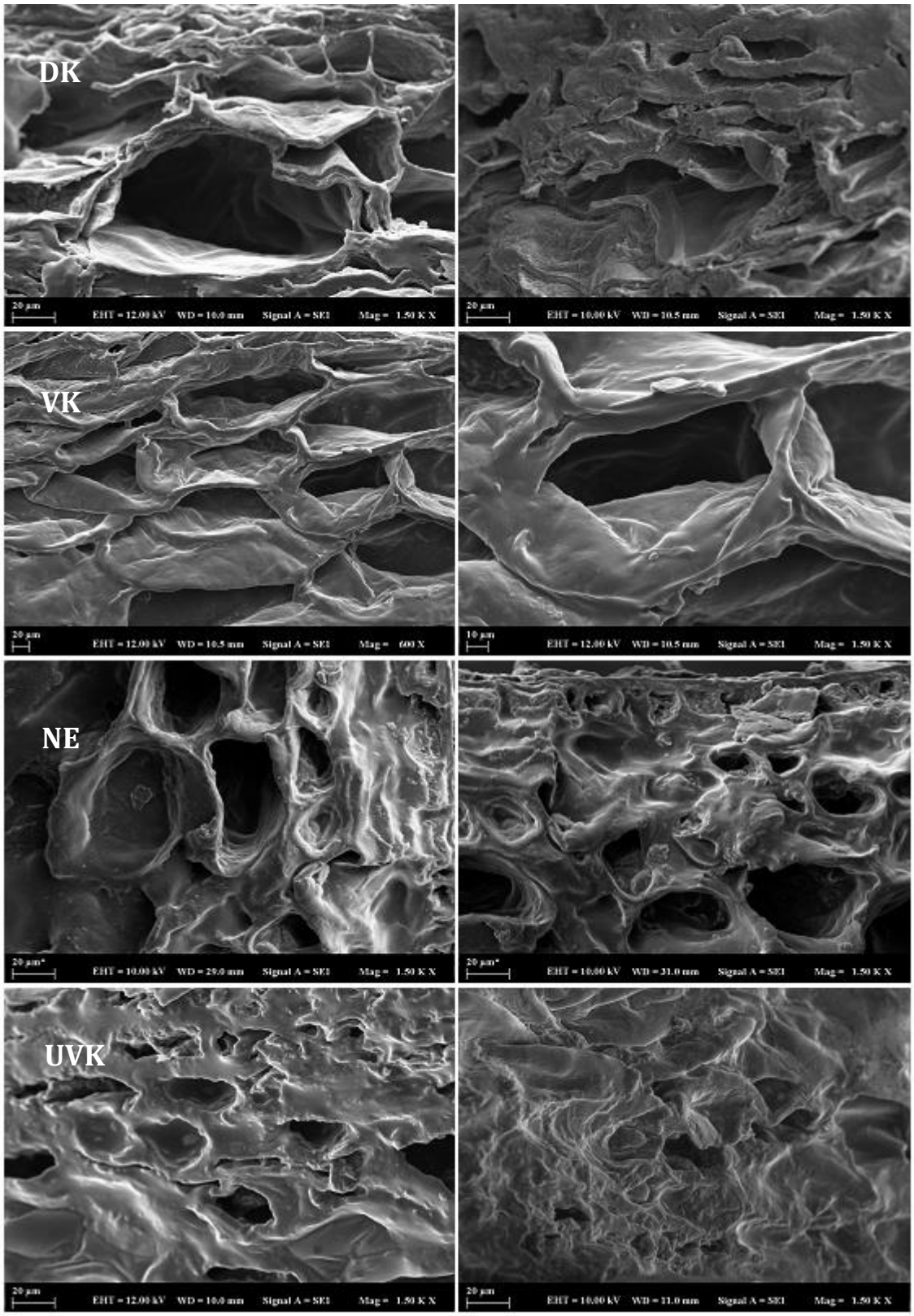
Şekil 4. 4 Yaş eriğe ait sol-erik iç yüzey, sağ-erik kesit görüntüleri

Kurutma işlemleri sonrası meydana gelen bozulmalar kurutma tiplerine bağlı olarak SEM görüntülerinde gözlenebilmektedir. Şekil 4.5'de farklı tekniklerle kurutulan eriklerin dış yüzey görüntüleri verilmiştir. Görüntü itibari ile taze eriğe en çok benzeyen yapı VK ve DK eriklerde oluşmuştur, yüzeyde büzüşme çok az düzeydedir. Her ikisinde de wax yapıların yaş erik yüzryine göre daha yoğun şekilde kümelendiklerini ve ince kesikler-kanallar oluştuğu söylenebilir. VK ve DK eriklerin yüzeyleri yaş eriklere benzerlik göstermesinin daha düşük kurutma süresi, vakum uygulaması ve düşük sıcaklıkta gerçekleşen kurutma kaynaklı hücrelerin sıcaklık artışından daha az zarar görmesi ile ilişkili olabilir.



Şekil 4. 5 Kurutulmuş eriklere ait dış yüzey görüntüleri, sol x500 sağ x2000 büyütme

NE ve UVK eriklerin dış yüzeyi ise diğer iki kurutma tipi ile elde edilenden oldukça farklı olmuştur. NE erikte yapıda parçalanmalar meydana geldiği, UVK erikte ise yüzeyde yüksek yoğunlukta mikrogranüler düzeyde birikmeler olduğu görülmektedir. 3 farklı erik çeşidi üzerinde gerçekleştirilen SEM analizlerinde yüzey ölçümleri alınmış ve yüzeylerin erik çeşitlerine bağlı değiştiğini ve farklı mikro kırışıklıklar oluştuğunu gözlemlermiştir. Bu mikro kırışıklıkların faklılık göstermesindeki neden ise eriklerin farklı mumsu tabakalara sahip olmasından kaynaklandığı bulunmuştur(Konarska, 2015). Eriklere uygulanan geleneksel kurutma yöntemlerin eriklerin yüzeyinde bulunan mum tabakasına zarar vermekle birlikte yüzeydeki dokuların küçülmesine de neden olabilmektedir. Pektin maddesi hücre duvarında bulunur ve hücreler arası bağı oluşturup dokuya sertlik sağlar. Fakat pektinin ısıl işlem ile deforme olabileceği(Brummell, 2006), dolayısıyla erikte dokunun yumaşamasına sebep olabilir. Kurutma sırasında turgor basıncının düşmesiyle birlikte eriklerin iç kısımlarında Şekil 4.6'da görülen değişiklikler meydana gelmiştir. Kurutma işlemleri sonrasında eriğin iç kesiminde boşluk yapıların varlığı, yaş eriğe kıyasla daha belirgindir. DK meyvelerin yüksek poroziteye, gözenekliliğe sahip olduğu bilinmektedir. Numunenin hazırlanması sırasında uygulanan kesme işlemindeki kuvvetten etkilendiğinden dolayı SEM görüntülerinde bu gözeneklerin üst üste bindikleri açıkça görülmektedir. Tüm kurutulan eriklerde, gözenekli yapılar oluşmuş ancak en düzgün, büzüşmeyen gözenekler VK ve DK eriklere aittir. Eriklerde porlu yapılar oluştuğu, hücrelerin büzülmeler yaşadığı, orta lamel ve primer hücrelerin bu doğrultuda oldukça değişikliğe uğradığı görülmüştür.



Şekil 4. 6 Kurutulmuş eriklere ait erik iç kesit görüntüreleri

Kurutma esnasında meyvenin yapısal özelliklerini ve dokusunu etkileyen etmenler arasında pektin maddesi bulunmaktadır. Yapılan bir çalışmada, taze erik, haşlanmış erik ve şeker solüsyonuna daldırılmış kurueriklere SEM analizi uygulanmış ve taze ile işlem uygulanmış eriklerin sahip olduğu hücre por yapılarının farklılık gösterliği görülmüştür. Yaş eriklerin sahip olduğu hücrelerin tutarlı boşluklara sahip olduğu, haşlanmış olan eriklerde hücre duvarının dış hatlarında bozulma ve küçülmeler saptanırken parankima hücrelerin daha düzensiz olduğu görülmüştür. Şeker solüsyonuna daldırılan eriklerin ise haşlanmış eriklere kıyasla hücreler arası boşluklarında azalma saptanmıştır. Bu durum yaş erikle olan benzerliğinin haşlanmış eriğe kıyasla fazla olduğunu göstermektedir(Nunes et al., 2008). Daha önce farklı meyve ve sebzeler üzerinde yapılan birkaç çalışmada (armut(Ferreira et al., 2008), kestane(Waldron, Smith, Parr, Ng, & Parker, 1997)) ısıl işlemin turgorun kaybına, hücre duvarının yapısının bozulmasına ve hücre içi yapışmalara neden olduğu bildirilmiştir(Van Buren, 1979). Çalışmamızda elde edilenvakum eriklerin ve normal etüv kurutulmuş eriklerin iç mikro yapılarında bir benzerlik olduğu görülmektedir. Bunun yanında dondurarak kurutulmuş eriklerde gözenek yapısının oluştuğu görülmektedir. Bu gözenek yapısı özellikle, çalışmamızda 50°C'de gerçekleştirilen rehidrasyon işleminin ilk birkaç dakikasında yapıya hızla su almasıyla açıklanabilir. Konvektif ve dondurarak kurutulmuş pancarlar üzerinde gerçekleştirilen SEM analizinde hücerelerin hasara uğrayarak değişikler gösterdiği görülmüştür(Dalmau, Eim, Rosselló, Cárcel, & Simal, 2019). UVK kurutma tipinde eriklerde mikro yapının deforme olduğu görülmektedir. Yapılan bir çalışmada farklı kurutma sıcaklıkları uygulanan üründe oluşan nem kaybından kaynaklı ürünün mikro yapısında bozulmalar olabileceği aynı zamanda kurutma süresinin uzunluğundan kaynaklı olarak yapıda çökmeler görülebileceği bildirilmiştir(Ghahramanlou, 2013).

4.5 Kurutulmuş Mürdüm Eriklerindeki Fenolik Maddelerinİn Vitro Biyoerişilebilirliği

Gastrointestinal ortamı simüle etmek için uygulanan in vitro sindirim yöntemleri, hızlı ve güvenli olmalarıin vivo yöntemlerle aynı etik kısıtlamara sahip olmadıkları için yaygın olarak kullanılmaktadır(Liang et al., 2012). Sindirimden sonra

antioksidan özellik gösteren fenolik maddelerin potansiyel mevcudiyeti önemlidir, çünkü birçok çalışma fenolik maddelerin biyoyararlanımının zayıf olduğunu ve bundan dolayı diyetle alınan düzeylerinde sağlık üzerinde sınırlı bir etkiye sahip olacağını belirtmektedir(Ryan & Prescott, 2010). Yaş ve kuru eriklerin in vitro sindirim sistemi basamaklarında toplam fenolik, flavonoid, antosiyanin madde, ABTS, DPPH, FRAP ve CUPRAC antioksidan aktivite değerleirnin değişimleri spektrofotometrik yöntemlerle ölçülmüş HPLC cihazı ile ise fenolik maddelerin değişimi tayin edilip sonuçlar Tablo 4.12'de verilmiştir. Karşılaştırma amacıyla meyvelere ait bileşenlerin sindirimden önce kapasitelerini bilmek faydalı olsa da, sindirim işlemi sırasında gıda matrisinden maddelerin salınmalarına bağlı olarak ve çoğu çalışmada kullanılan kimyasal ekstraksiyonla elde edilen kantitatif ve kalitatif sonuçlar farklılık gösterebilir(Serrano, Goñi, & Saura-Calixto, 2007). Tablo 4.12 incelendiğinde fenolik ve antioksidan analizlerinin ağız fazında çıkan değerlerin, ekstraklara kıyasla daha az olmasının nedeni, yapıda bulunan bileşenlerin tükürük sıvısında çözünürlüğünün az olmasından ve ağız ortamında kalma süresinin (2 dak.) kısalığından kaynaklanlandığı düşünülmektedir. Ağız ortamından sonra mide ortamına ulaşan YE, VK, NE, DK ve UVK eriklerde toplam fenolik madde, flavonoid, ABTS, DPPH, FRAP, CUPRAC ve antosiyanin içeriklerinde genel bir artış gözlenmiştir. Mide ortamında tespit edilen fenolik bileşiklerin miktarının ağız ortamına göre daha yüksek olması, mide koşullarının asidik pH'sı ve sindirim enzimlerinden kaynaklı olabilir(Chen et al., 2016). 33 adet farklı meyvenin in vitro sindirimi çalışmasında, aynı şekilde mide oratamında fenolik madde miktarının arttığı bildirilmiştir(Chen et al., 2014). Mor eriklerin sindirimi üzerine gerçekleştirilen bir çalışmada ise toplam fenol değerlerinin sindirim sonrasında artış gösterdiği gözlemlenmiştir(Horasan Sağbasan, 2015). Anjelik eriklerinden elde dilen reçeller üzerine gerçekleştirlen bir sindirim çalışmasında iseekstraklarda ve sindirim sonrasında TFM, flavonoid madde ve DPPH değerleri ekstraklar için sırasıyla 6,33±1,09 mg GAE/100g kuru madde, 3,87±0,73 mg rutin eşdeğeri/100g kuru madde ve 21,77±3,38 mg TE/100g kuru madde iken sindirim sonrasında bu değerler mide ortamında artarak 11,03±0,85 mg GAE/100g kuru madde, 13,21±2,95 mg rutin eşdeğeri/100g kuru madde ve 252,04±6,92 mg TE/100 g kuru madde olarak bulunmuştur(Koç & Ömeroğlu, 2020). Bir başka

çalışmada Invicta ve tixia bektaşi üzümlerinin antioksidan özellikleri araştırılmış, üzümlere ait ekstraktlar ve sindirim sonrası ürünleri TFM ve DPPH analizlerine tabi tutulmuş ve sonuç olarak aktif sindirim enzimlerinin ilavesinin toplam fenollik madde içeriğini ve DPPH radikal temizleme aktivitesini arttırdığı belirtilmiştir(Chiang, Kadouh, & Zhou, 2013). Yapılan bir çalışma şeftali, erik, kuru erik, ceviz ve domateslerden bazı fitokimyasalların (polifenollar, flavonoidler, antosiyaninler, karetenoidler) in vitro olarak salınması ağız-mide-bağırsak sindiriminin simüle edilmesi ile incelemiştir. Yapıda bulunan fitokimyasalların ağız fazında da ortaya çıktığı ve mide sindiriminde biyolojik olarak erişilebilen polifenollerin, flavonoidlerin ve antosiyaninlerin miktarında artış gözlenmiştir. Bağırsak ortamına geçişlerde ise toplam polifenollerde bir azalma olurken, flavonoidlerin miktarı ise (antosiyaninler hariç) değişmemiştir. Çalışmada yaş ve kuru eriklerde kimsayal ekstraktsiyon sonrası toplam fenol, flavonoid, antosiyanin, FRAP ve ABTS analizleri uygulanmış sonuçlar sırasıyla; yaş erikler için 222,13±16,36 mg CE/100g, 144,35±12,48 mg CE/100g, 41,19±1,93 mg *siyanidin 3-glikosit*/100g, 203,36±11,33 mg C vitamin/100g ve 674,57±132,10 mg C vitamin/100g, kuru erikler için sırasıyla 295,53±46,34 mg CE/100g, 243,10±58,02 mg CE/100g, antosiyanin analizi yapılmamış, FRAP ve ABTS için sonuçlar304,11±84,84 mg C vitamini/100g ve 674,57±132,10 mg C vitamini/100g olarak ölçülmüştür.Sindirim sonrası toplam fenolik madde, flavonoid ve antosiyanin analizleri uygulandığında; ağız-mide-bağırsak ortamlarında yaş ve kuru eriklerin mide ortamında en yüksek miktarda sonuç verdikleri görülmüştür. Bağırsak fazı sonrası yaş erikte antosiyaninin sadece %7'si geri kazanılırken, TFM nin %44'ü toplam flavonidin ise %31'i geri kazanılmıştır. Kuru eriklerde her ne kadar azalma olsa da, geri kazanım miktarları daha fazla olmuştur (Tagliazucchi, Verzelloni, & Conte, 2012). Chokeberry meyvesi üzerinde yapılan bir in vitro sindirim çalışmasında ise fenolikler üzerinde mide sindiriminin önemli bir değişiklik yaratmadığı saptanmıştır ancak bunun yanında aynı bileşiklerin bağırsak sindirim aşamasında önemli ölçüde değiştiği, antosiyanin içeriklerinde bu değişimin belirgin bir şekilde olduğu görülmüştür(Bermúdez-Soto, Tomás-Barberán, & García-Conesa, 2007). Yapılan başka bir çalışmada dahızlı ve geleneksel olarak dondurulmuş çilekler üzerinde sindirim çalışması uygulanmış

taze ve dondurulmuş çilekler TFM, flavonoid madde, antosiyaninler ve antioksidan kapasiteyi belirlemek için spektrofotometrik analiz uygulanmış ve genel olarak ekstraktlarda taze ve dondurulmuş örnekler arası bir fark olmadığı görülmüş, ancak sindirim sonrasında değerlerin taze örneğe kıyasla ağız, mide ve bağırsakta düşüş gösterdiği görülmüştür(Kamiloglu, 2019). Kurutulmuş incir, kayısı ve üzüm üzerine gerçekleştirlen bir çalışmada toplam flavonoid madde analizleri ekstraktlar ve sindirim sonrasında gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak flavonoid madde içeriklerinin genel dağılımı mide>OUT>IN şekilinde olduğu görülmüştür(Kamiloğlu, Paslı, Çapanoğlu, & Özçelik, 2014). Çalışmamızda IN ve OUT kısmının toplamı ise tüm bağırsak fazını temsil etmektedir. Bu anlamda, ekstrakttaki TFM'nin bağırsak fazı sonunda geri kazanımı [(In+out)/ekstrakt] en yüksek UVK (%81.40), en düşük ise VK erikte (%12.88) olmuştur. Diğer örneklerde ise sırasıyla NE (%51.85), YE (%32.12) ve DK (%29.43) olmuştur. Burada UVK eriklerde yüksek çıkmasının sebebi, OUT fazındaki miktarın çokluğundan ziyade, ekstrakttaki miktarın az olmasından kaynaklıdır. Bu toplam bağırsak fazından IN kısmına geçebilen maddelerin miktarı yani %BI açısından değerlendirdiğimizde ise, en yüksek geçişin NE ve YE'de benzer düzeyde olduklarını, bunu DK, VK ve UVK eriklerin takip ettiğini görmekteyiz. Yani her ne kadar UVK eriklerde bağırsak fazında daha çok TFM ölçülmüşse de bu maddelerin çok azı IN fazına geçebilmiştir. UVK işlemi sırasında uygulanan sıcaklık ve ultrases polifenollerin polimerizasyon reaksiyonlarına uğramasına ve nispeten diyaliz poşetinden geçemeyen büyük moleküllü polimerler oluşturmasına sebep olmuş olabilir. Ayrıca, yine sıcaklığın etkisi ile Maillard reaksiyon ürünleri oluşmuş olabilir ve bu bileşiklerin FC reaktifi ile konsantrasyona bağlı reaksiyona girdiği bilinmektedir. Siyah ve kurutulmuş erik çeşitleri üzerinde gerçekleştirilen bir biyoerişilebilirlik çalışmasında TFM değerlerinin %BI değerleri taze ve kuru eriklerde sırasıyla %15,29 ve %7,30 olarak bulunmuş taze örneklerde bu değerin kuru eriklere nazaran yüksek olduğu görülmüştür(Kumari & Gunathilake, 2020).IN fazına geçen maddelerin ekstrakta oranı ile hesaplanan geri kazanım değeri %REC, açısından ise TFM değerlerinde sıralama, NE>YE=UVK=DK>VK şeklindedir, istatiksek olarak YE, UVK ve DK erikleri arasında fark bulunamamıştır. Yapılan bir çalışmada kivi meyvesi 3 farklı yöntem (sıcak hava ile kurutma (SHK), vakum

kurutma (VK) ve dondurarak kurutma (DK)) ile kurutulmuş, simüle edilmiş gastrointestinal sindirim sistemi ve kimyasal ekstraktsiyon yöntemleri kullanılarak TFM miktarları tespit edilmiştir. Taze kivi örneklerinde TFM miktarı 6,67 mg GAE/g kuru ağırlık iken kurutulmuş kivi örneklerinde 4,58-5,06 mg GAE/g kuru ağırlık arasında olduğu görülmüştür. Sonuçlar üzerinden hesaplanan biyoerişilebilirlik değerleri taze, SHK, VK ve DK kiviler için sırasıyla %68,0, %67,9, %74,0 ve %67,8 olarak hesaplanmıştır. VK kivilerin biyoerişilebilirlik değerleri diğer kurutma yöntemlerine göre daha yüksek bulunmuştur(Kızmaz, 2019). Çalışmamızda ise elde edilen TFM'nin biyoerişilebilirlik yüzdelerinin dağılımı YE=NE>DK=VK>UVK olduğu istatistiksel olarak YE ve NE erikler DK eriklerden fazla olsada aralarında fark olmadığı, DK eriklerin aynı zamanda VK eriklerde benzerlik gösterdiği görülmektedir. Yapılan başka bir çalışmada ise gastrik sindirim işlemi sonrası fenolik maddelerin geri kazanımlarının yüzdesini kuru üzüm, kuru mor erik, kızılcık ve yaban mersini için sırasıyla; %66, %157, %91 ve %108 olarak saptamıştır(Horasan Sağbasan, 2015). Başlangıç değerlerine kıyasla yüksek oranlara elde edilen %REC değerlerinin sindirim sırasında değişen pH değerleri, sindirim sıvılarının ve enzimlerin etkisiyle gıda yapısından fenolik maddelerin açığa çıkmasına bağlı olarak arttığı düşünülmektedir. Ayrıca sindirim sonrası toplam fenolik maddelerin miktarlarının düşük veya yüksek çıkması meyveye bağlı olarak da değişiklik göstermektedir. Toplam flavonoid madde açısından, örnekler arasında ekstrakttaki maddelerin ne kadarının bağırsak fazında geri kazanıldığı şu şekilde sıralanabilir: UVK (%15.77)> VK (%10.20)> NE (%5.02)> YE (%3.69)> DK (%2.11). TFM'ye benzer şekilde UVK en yüksek değeri verirken, YE ve DK eriklerin sonuçları benzer çıkmıştır. Antosiyanin açısından değerlendirdiğimizde yine ekstraktta en düşük antosiyanine sahip olan örneklerde bağırsak fazında geri kazanım daha fazladır, UVK (%68.87)>NE (%32.16) >YE (%4.09)> DK (%2.97) >VK (%2.54). Her ne kadar, YE ekstraktındaki antosiyanin miktarı başlangıçta UVK eriğinkinden yaklaşık 50 kat daha fazla olsa da sindirim süreci sonrasında %96'sı degrade olmuştur, UVK erik ekstraktında ölçülen oldukça düşük miktardaki antosiyaninin ise %32'si degrade olmuştur. %BI açısından değerlendirdiğimizde ise, yani IN fazına geçebilenler açısından, en yüksek değer NE ve UVK eriklerinde, en düşük değer ise VK eriklerinde görülümüştür. Bu durum

sıcaklık etkili kurutma prosesi sırasında oluşan farklı antosiyanin polimerik maddelerinin bağırsak ortamında farklı stabilitelere ve molekül ağırlıklarına sahip olabileceğini göstermektedir. Ekstrakttaki maddenin IN fazında geri kazanımı değerlendirildiği zaman, flavanoidler açısından NE eriklerinin %REC değeri diğer tüm örneklerden istatiksek olarak anlamlı düzeyde yüksek çıkarken diğer örneklerin kendi aralarındaki fark önemsiz olmuştur. Antosiyanin %REC değerleri açısından da en yüksek değerlersırasıyla UVK ve NE gözlenmiş diğerleri arasındaki fark ise önemli düzeyde olmamıştır. Antioksidan sonuçlarının %REC değerleri karşılaştırıldığı zaman UVK eriklerin ABTS değeri, diğer eriklerden anlamlı derecede yüksek çıkmıştır, FRAP değeri açısından da en yüksek %REC değeri NE eriklerde, en düşük değer ise VK eriklerde gözlenmiştir. CUPRAC sonuçlarına göre UVK eriklerin %REC değeri, diğer tüm eriklerden anlamlı derecede yüksek çıkarken, VK eriklerinki ise en düşüktür, diğer erik örneklerin CUPRAC sonuçlarına ait %REC değerleri arasında fark gözlenmemiştir. Çalışmamıza benzer olarak farklı kurutma yöntemlerinin toplam fenolik madde, toplam flavonoid, toplam antioksidan kapasite (CUPRAC ve DPPH), fenolik maddenin biyoerişilebilirliğinin incelendiği bir çalışmada Trabzon hurmasına ultrases destekli kurutma (UVK), dondurarak kurutma (DK), kızılötesi kurutma (KK) ve sıcak hava ile kurutma (SHK) uygulanmıştır. Taze ve kurutulmuş hurmalara sindirim işlemi uygulandığı zaman sindirim sonrası %REC değerlerinin TFM ve CUPRAC için sırasıyla SHK>KK>UVK>DK=TAZE olduğu görülmüştür. Bu örneklerin sindirim öncesi başlangıç TFM değerlerinde ise, SHK en düşük DK ise en yüksek değerlere sahip olmuştur(Kayacan et al., 2020).

Çalışmamızda, diğer antioksidan aktivitesi tayin yöntemlerinden farklı olarak DPPH sonuçlarında ise en yüksek geri kazanım dondurularak kurutulan (DK) eriklerde en düşük değer ise UVK ve VK eriklerde gözlenmiştir. YE, DK ve NE erikler arasındaki fark önemsiz olmuştur. Bağırsaktan IN fazına geçen miktar (%BI) değerlendirildiğinde en fazla taze, DK ve NE eriklerde bu oranın benzer düzeyde olduğu, daha sonra sırasıyla VK ve UVK eriklerin geldiği görülmektedir. DPPH radikal yakalama yöntemi, diğer analizlerden farklı olarak radikali alkolde çözünen ve alkol bazlı sistemde gerçekleştirilen bir analiz olup, nispeten daha lipofilik yapıdaki bileşiklerin antioksidan aktivitesini belirlemede kullanılabilir.

OUT kısmı kalın bağırsağa geçmektedir, dolayısıyla bu kısımda yüksek miktarda bulunan fenoliklerin bakteriler tarafından metabolize olarak kullanılması mümkündür. Gastrointestinal ortamda sürdürülebilir antioksidanlar üzerine yapılan bir araştırmada diyet antioksidanlarının bağırsak mukozasını koruduğu görülmüştür(Galvez et al., 2001). Yapılan bir çalışmada domatesler 70°C'de 37 saat kurutulduktan sonra sindirim aşamalarına tabi tutulmuş ve TFM, flavonoid madde, ABTS, FRAP, DPPH ve CUPRAC analizleri her bir sindirim basamağı için uygulanmıştır. Bu analizlerin genel dağılımında, kuru örneklerin daha yüksek TFM, flavonoid ve antioksidan aktiviteye sahip olduğu görülmüştür. TFM, flavonoid ve ABTS'de %REC değerleri kuru ürünlere nazaran yaş örneklerde daha yüksekken, DPPH, FRAP ve CUPRAC analizlerinde kuru örneklerde %REC değerleri daha yüksek olduğu görülmüştür(Kamiloglu et al., 2014).

İn vivo gıda sindiriminde bileşiklerin emilimi esas olarak ince bağırsakta gerçekleşmektedir(Tagliazucchi et al., 2012). Bu çalışma kapsamında ince bağırsak sonrası ürüne ait posalar biyolojik olarak erişelemeyen kısmı belirlemek için işleme alınmıştır. Kalan posalar tekrar aynı koşullar altında ekstrakte edilmiş ve aynı şekilde her bir örnek için toplam fenolik, flavonoid, ABTS, DPPH, FRAP, CUPRAC ve Antosiyanin analizleri gerçekleştirilmiştir. Posa sonuçları Tablo 4.13'de verilmiştir. Elde edilen posa sonuçları değerlendirildiğinde eriklerin örneklerinde posada var olan fenolik ve antioksidan madde miktarlarının sindirim öncesinde elde edilen değerlere kıyasla oldukça az olduğu görülmüştür. Üzüm üzerine gerçekleştirilen bir çalışmada üzüme ait posalar üzerine aynı işlemler uygulanmış ve sonuçlar başlangıç değerlerine kıyasla azalmıştır. Farklı kurutma yöntemlerinin kullanılmasından kaynaklı olarak posaya uygulanan analiz sonuçları çeşitlilik göstermektedir(Gomes et al., 2019).

Tablo 4. 11 Sindirim sonrası spektrofotometrik yöntemlerle gerçekleştirilen analizlerin sonuçları

			TFM (mg GAE/100g)	Toplam Flavonoid Madde (mg CE/100g)	Antosiyanin (mg siyanidin 3-glikosit/100g)	ABTS (µmolTE/100g)	DPPH (µmolTE/100g)	FRAP (µmolTE/100 g)	CUPRAC (µmolTE/100g)
YE	Ekstrakt		656,91±17,49	247,10±19,53	50,28±4,19	5413±548,73	588,50±23,25	2836,04±343,31	5399,58±616,99
	Ağız		88,04±7,51c	22,01±2,10b	5,76±2,38b	378,14±95,78bc	370,16±46,25a	261,97±0,96b	668,58±33,57c
	Mide		349,03±45,78a	281,18±3,02a	16,40±3,62a	3856,29±241,48 a	207,66±15,06b	3011,38±100,46 a	1750,25±108,02 a
	Bağırsak	IN	17,93±2,49d	3,49±1,04c	0,33±0,08b	142,66±20,00c	115,60±35,25c	55,01±4,64c	177,65±24,10d
		OUT	193,11±22,03b	5,62±2,47c	1,73±0,57b	569,70±78,04b	51,83±12,58c	215,02±2,54b	856,91±51,07b
	%BI		8,60±1,90A	39,13±7,68A	13±1,46B	20,37±3,69B	68,07±10,28A	20,36±1,47A	17,15±1,99A
	%REC		2,72±0,32B	1,41±0,38B	0,49±0,33B	2,84±0,43B	19,70±6,10A	1,97±0,37C	3,30±0,44B
DK	Ekstrakt		919,58±28,81	432,34±36,54	87,01±5,21	3525,72±285,50	533,15±3,13	4061,35±192,46	7659,58±367,76
	Ağız		139,80±15,13c	59,82±1,01c	2,08±1,17b	344,59±196,47b	250±19,10b	514,49±26,33c	901,02±46,07b
	Mide		355,35±26,57a	243,46±7,27a	28,95±8,46a	1549,67±15,01a	1830,13±34,24a	2734,13±43,09a	3592±247,93a
	Bağırsak	IN	17,35±1,44d	2,67±0,17d	0,13±0,02b	94,49±19,53b	121,39±17,75c	113,26±5,57d	177,30±15,77c
		OUT	253,27±65,34b	88,72±2,65b	2,45±0,44b	1345,91±298,90 a	72,46±12,10c	1590,71±130,46 b	3156,62±416,92 a
	%BI		6,65±1,56AB	2,92±0,13C	4,78±4,54BC	6,76±1,87C	62,49±6,80A	6,68±0,84BC	5,35±0,67C
	%REC		1,89±0,21B	0,62±0,01B	0,11±0,09B	2,72±0,77B	22,89±7,79A	2,70±0,08B	2,31±0,10B
VK	Ekstrakt		504,41±58,78	138,66±59,03	59,47±9,36	3556,16±71,32	189,45±4,34	2936,81±149,61	4343,49±147,57
	Ağız		86,36±5,98b	20,66±1,02b	1,69±0,62ab	200±19,01b	171,96±49,83a	127,25±3,98b	590,52±58,95b
	Mide		132,76±14,10a	37,38±3,01a	2,55±0,38a	396,85±16,69a	73,79±9,90b	414,80±15,20a	617,87±2,46b
	Bağırsak	IN	2,37±0,40c	1,35±0,69d	-	107,03±20,53c	14,68±1,94b	4,11±0,20d	30,17±6,38c
		OUT	62,60±14,94b	12,93±0,81c	1,49±0,08b	453,77±37,57a	59,40±19,37b	94,07±9,57c	831,39±111,35a
	%BI		3,69±0,28BC	9,42±4,56BC	0	19,09±3,61B	20,88±6,91BC	4,22±0,51C	3,50±0,60C
	%REC		0,48±0,13C	1,18±0,83B	0	3,01±0,63B	7,73±0,87B	0,14±0,01D	0,69±0,14C

Tablo 4.12(devamı) Sindirim sonrası spektrofotometrik yöntemlerle gerçekleştirilen analizlerin sonuçları

			TFM (mg GAE/100g)	Toplam Flavonoid Madde (mg CE/100g)	Antosiyanin (mg siyanidin 3-glikosit/100g)	ABTS (µmolTE/100g)	DPPH (µmolTE/100g)	FRAP (µmolTE/100)	CUPRAC (µmolTE/100)
NE	Ekstrakt		498,23±23,11	276,53±18,75	1,71±0,01	2344,59±273,10	255,20±10,07	1932,76±106,62	3579,79±163,84
	Ağız		103,18±7,78b	29,77±1,32b	0,09±0,02b	195,28±58,99b	130,73±34,07b	198,66±32,61b	558,56±56,06b
	Mide		230,29±18,84a	68,07±0,33a	-	530,79±12,20a	185,89±6,53a	430,78±36,14a	1387,32±53,82a
	Bağırsak	IN	22,65±2,59c	2,39±0,38d	0,13±0,04b	44,91±24,32c	50,71±2,28c	107,10±1,04b	93,32±15,22c
		OUT	235,64±1,71a	11,50±3,22c	0,42±0,13a	76,30±10,69c	88,63±6,74bc	438,43±101,13a	677,28±100,33b
	%BI		8,76±0,87A	17,64±3,19B	25,26±8,99A	37,18±6,98A	36,43±1,59B	20,11±3,86A	12,31±2,96B
	%REC		4,53±0,36A	0,86±0,08B	8,12±2,60B	1,93±0,37B	19,87±0,74A	5,55±0,34A	2,61±0,50B
UVK	Ekstrakt		273,47±7,27	39,56±2,03	0,72±0,20	548,55±46,86	193,56±16,33	436,13±9,35	1063,86±143,19
	Ağız		24,78±2,74c	7,52±1,48b	1,06±0,16a	59,05±8,91c	108,52±10,96a	120,89±8,09b	243,26±48,76b
	Mide		142,75±6,92b	33,80±2,93a	0,10±0,04c	368,84±54,58a	16,81±8,56c	466,19±27,72a	681,62±86,78a
	Bağırsak	IN	5,30±1,54c	1,11±0,10c	0,12±0,01c	72,38±7,36c	9,86±3,13c	11,80±1,04c	66,50±3,81c
		OUT	217,31±17,97a	5,13±1,33bc	0,61±0,10b	204,75±37,99b	67,42±9,70b	90,82±14,83b	585,73±48,28a
	%BI		2,42±0,84C	18,44±4,59B	17,24±4,01AB	26,46±4,61AB	13,05±5,23C	11,72±2,52B	10,23±0,98B
	%REC		1,93±0,84B	2,83±0,31A	17,85±7,95A	13,18±0,44A	5,07±1,49B	2,70±0,26B	6,30±7,59A

Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda belirtilen farklı büyük harflar ve aynı satırda belirtilen farklı küçük harfler p≤0.05 seviyesinde örnekler arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir.(YE: yaş erik, VK: vakum kurutma, NE: Normal etüv, DK: dondurarak kurutma, UVK: ultrases destekli vakum kurutma)(%BI: Biyoerişilebilirlik değeri(IN/(IN+OUT)), %REC: Kazanım (IN/Ekstrakt)) (Büyük harfler ilgili değişkenin(BI ve REC %), farklı erikler arasındaki farkını; küçük harfler ise aynı erik örneğinde sindirim basamakları (ağız, mide, IN ve OUT) arasındaki farkını gösterir

Tablo 4. 12 Posalara ait spektrofotometrik yöntemlerle gerçekleştirilen analizlerin sonuçları (mg/100g)

POSA	Birim	YE	DK	VK	NE	UVK
TFM	**mg GAE/ 100g**	22,82±2,27b *%3,47*	10,92±1,16b *%1,18*	72,19±8,69a *%1,42*	72,23±9,35a *%14,50*	14,52±0,19b *%5,31*
Toplam Flavonoid	**mg CE/ 100g**	0,93±0,53c *%0,37*	5,43±0,80a *%1,25*	4,57±0,40ab *%3,31*	3,39±0,47b *%1,22*	0,96±0,24c *%2,46*
Antosiyanin	**mg siyanidin 3-glikosit/ 100g**	0,96±0,28a *%1,84*	0,85±0,12a *%0,97*	-	-	-
ABTS	**µmolTE/ 100g**	53,37±5,82a *%0,98*	12,06±0,38b *%0,34*	11,76±1,31b *%0,33*	13,83±1,41b*% 0,59*	21,53±6,09b *%3,92*
DPPH	**µmolTE/ 100g**	14,60±7,39c *%2,48*	69,61±13,36a *%13,06*	20,16±1,25c *%10,66*	57,28±22,25ab *%22,46*	27,21±7,57bc *%14,09*
FRAP	**µmolTE/ 100g**	30,68±0,76c *%1,08*	241,14±15,87 a*%5,93*	49,77±0,28c *%1,69*	194,10±5,47b *%10,04*	37,14±1,49c *%8,51*
CUPRAC	**µmolTE/ 100g**	97,98±15,69 b *%1,81*	152,91±1,88a *%1,99*	147,98±13,15 a *%3,40*	153,19±4,76a *%4,28*	163,99±22,86a *%15,42*

Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.(Aynı satırda belirtilen farklı küçük harfler p≤0.05 seviyesinde örnekler arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir. (TFM: Toplam fenolik madde, YE: yaş erik, VK: vakum kurutma, NE: Normal etüv, DK: dondurarak kurutma, UVK: ultrases destekli vakum kurutma)(Tabloda belirtilen % ifadeleri sindirim öncesi meyvenin içerdiği biyoaktif maddenin yüzde kaçının posada kaldığını göstermektedir.)

Sindirim sonrasında örneklere uygulanan fenolik ve antosiyanin profili analizlerinin sonuçları ise Tablo 4.14'de mg/100g erik (kuru madde) olarak verilmiştir. Yaş, konveksiyonel ve dondurarak kurutulmuş elmalar üzerine gerçekleştirilen in vitro sindirilebilirlik çalışmasında, ürünün fiziksel özelliklerinin ve farklı kurutma yöntemlerinin ürüne ait toplam fenol ve antioksidan içeriğini değiştirebileceği görülmüştür(Dalmau et al., 2017). Çalışmada elde edilen sonuçlar, tüm örneklerde gastrointestinal sistem dikkate alındığında belirlenengenelde fenolik maddelerin ağız ortamında mide ortamına geçtikleri zaman miktarının arttığını göstermektedir. *Siyanidin-3-O-glikosit* ve *peonidin-3-O-glikosit* ise sadece mide aşamasında matriksten salınmış bağırsak ortamında ise gözlenmemiştir.

Antosiyaninlerin, bağırsak pH larında stabil olmadıkları bilinmektedir. Antosiyaninler gastrointestinal sistemden geçerken pH yüksekliğinden ve kurutma işlemleri sırasında oluşan ortam ısısının yükselmesinden kaynaklı olaraketkilenipstabilitelerini koruyamamaktadır(Felgines et al., 2003). Üzümsü meyveler üzerine yapılan bir biyoerişebilirlik çalışmasında, antosiyaninlerin ortam şartlarından kolay bir şekilde etkilendiği kanıtlanmıştır(Deighton, Brennan, Finn, & Davies, 2000). Nar üzerine gerçekleştirilen bir biyoerişilebilirlik çalışmasında, nardaki fenolik maddelerin sindirim ortamlarında antosiyaninlarden daha dayanıklı olduğu anlaşılmıştır. Antosiyaninler sindirim esnasında midedeki yüksek asiditeden ve bağırsaktaki alkali ortamdan kaynaklı okside olmakta ve zarar görmektedir. Antosiyaninlerin biyoerişilebilirliğinin düşmesindeki bir diğer neden ise vücut tarafından emilimleri gerçekleşmeden başka moleküllere dönüşmesidir(McDougall et al., 2005). Mideye göre, tüm örneklerde bağırsak ortamında (IN+OUT) protokateşuik asit, klorojenik asit ve kafeik asit değerleri azalırken, diğer belirlenen bileşiklerde miktar genelde değişmemiştir. IN ortamına geçen maddelerin miktarı her zaman daha az olmuştur. Bağırsak sıvısında fenolik bileşiklerin stabilitelerinin kaybolması, fenolik bileliklerin yüksek pH da oksidasyona ve polimerizasyona uğraması, ayrıca yüksek molekül ağırlığına sahip bileşiklerin meydana gelmesi, IN fazıdan geçen miktarın OUT fazına göre daha az olmasının sebebi olabilir(Chen et al., 2014; Dalmau et al., 2017). Taze ve güneşte kurutulmuş sarı ve Bursa siyahi incir meyvesi üzerine gerçekleştirilen başka bir çalışmada, in vitro sindirim çalışmasında klorojenik asit, rutin, siyanidin 3-glikosit ve siyanidin 3-rutinosit fenolikleri araştırılmış ve sindirim sonunda fenolik asitlerin miktarının düştüğü ve bu düşüşün, meyvenin cinsi ve başlangıçta sahip olduğu fenolik içeriğe bağlı olarak değişiklik gösterdiği gözlenmiştir(Kamiloglu & Capanoglu, 2013). Çalışmamızda benzer olarak fenolik asitlerin hepsinde yaş örneğe nazaran sindirim sonrası düşüş görülmüştür. Aynı çalışma klorojenik asit için kuru incirlerde elde edilen %REC değerlerinin sarı incirler için %10'dan %33'e, mor incirler için de %6'dan %73'e çıktığı görülmektedir. %REC değerlerinde sarı incirlerde kurutmanın rutin değerini değiştirmesinde bir etkisinin olmadığı görülmüş olsada mor incirler için %REC değerleri kurutulduktan sonra %16'dan %9'a düşmüştür. Çalışmamızda klorojenik aside ait

%REC değerleri kıyaslandığında bu artışın sadece UVK eriklerde görüldüğünü ve dağılımın ise UVK>NE=YE=DK>VK olduğu tespit edilmiştir. UVK eriklerde yüksek çıkmasının sebebi, OUT fazındaki miktarın çokluğundan ziyade, ekstrakttaki miktarın az olmasından kaynaklıdır. Çalışamamıza ait rutin değerlerinin %REC dağılımının ise UVK=YE>DK=NE>VK olduğu görülmektedir. Kiraz meyvesi üzerine gerçekleştirilen başka bir in vitro çalışmasında meyve yapısında bulunan fenolik bileşenlerin pankreatik ve gastrik sindirime olan davranışları incelenmiş ve mide sindirimi sırasında fenoliklere olumlu veya olumsuz bir etki tespit edilmemesine karşın, bağırsak sindirimi esnasında kafeik asit, antosiyanin ve flavonol gibi bileşiklerin zarara uğradığı tespit edilmiştir(Bermúdez-Soto et al., 2007). 60°C'de 12 saat boyunca kurutma fırınında kurutulan ahududu ve ahududulardan ayrılan tohumları kurutma sonrasında sindirim işlemide tabi tutulmuş, sindirim öncesi (%70'lik etanolde ve suda çözdürülen örnekler) ve sonrasında fenolik profil analizi uygulanmış, gallik asit, klorojenik asit, elajik asit ve rutin tespit edilmiştir(Qin et al., 2018). Çalışmamıza benzer olarak bahsedilen çalışmasında sindirim öncesinde %70'lik etanoldeki ekstraktlarda elde edilen değerler en yüksek bulunmuştur. Aynı çalışmada bağırsaktan İN fazına geçen miktar (%BI) değerlendirildiğinde gallik asit ve elajik asitte sırasıyla %83 ve %71 olduğu görülmüş fakat klorojenik asit ve rutinde tespit edilememiştir. Çalışmamızda ise benzer şekilde kurutma yöntemlerinden VK ve UVK eriklerde elajik aside ve kuersetine, NE eriklerinde ise sadece kuersetine ait %BI değerlerinine ulaşılamamıştır. Bu sonuç İN ve OUT kısmında değerlerin tespit edilememesinden kaynaklanmaktadır. Dondurulmuş Chokeberry meyvesi üzerine yapılan bir kaç sindirim çalışmasında kuersetinin %40-57 sinin bağırsak ortamında degrede olduğu ve diğer kimyasal bileşiklerin etkileşime girerek, bağırsak simüle edilmiş sindirim işlemi sırasında kuersetin ve kaempferol türevlerinin stabilitesini bozulduğu saptanmıştır(Bermúdez-Soto et al., 2007). Benzer bir çalışma olan iki çeşit Çin alıç meyvesi, dondurarak kurutulduktan sonra toz haline getirilmiş ve sindirim işlemleri uygulandıktan sonra fenolik profil incelemesi ağız, mide ve bağırsak ortamı için gerçekleştirilmiştir. Fenolik profil analizi HPLC ile tespit edilen alıçlarda kateşin, klorojenik asit, epikataşin,izokuersetin ve parakumarik varlığına rastlanılmıştır. Fenolik maddelerin sindirim sisteminde bulunma durumları sırasıyla en yüksek

ağız, mide ve bağırsak olarak saptanmış fakat her iki türe ait kateşin, klorojenik asit, izokuersetin ve parakumarik asit fenoliklerine ait biyoerişilebilirlik yüzdeleri (%BI) moleküllerin degrede olması veya stabilitelerinin bozulmasından kaynaklı olarak hesaplanamamıştır(Zheng et al., 2018). Posa örneklerine ait fenolik profil sonuçları Tablo 4.15'de verilmiştir. Sonuçlardan anlaşılacağı üzere değerlerin düşük çıkması ve bazı fenoliklerin tespit edilememesi emiliminin ince bağırsakta oldukça etkili düzeyde gerçekleştiğini göstermektedir.

Tablo 4. 13 Ekstraktve sindirim sonrasına ait fenolik ve antosiyanin profili analizi sonuçları (mg/100g kuru erik)

			Gallik Asit	Prokateşuik Asit	Klorojenik Asit	Kafeik Asit	Rutin	Elajik Asit	Ferulik Asit	Kuersetin	Siyanidin-3-O-glikozit	Peonidin-3-O-glikozit
YE	Ekstrakt		11,05±1,15	363,84±25,10	51,13±8,09	7,08±0,29	7,24±0,74	13,38±1,26	1,62±0,01	28,99±0,02	34,45±5,39	12,83±1,61
	Ağız		1,68±0,002ab	11,95±0,32b	5,65±0,12b	1,11±0,08b	0,45±0,04b	0,80±0,80b	0,21±0,005c	-	-	-
	Mide		2,20±0,05a	299,42±28,71a	41,24±4,02a	2,54±0,11a	14,90±1,87a	2,52±0,07a	0,34±0,01a	3,85±0,001a	6,83±1,25a	6,83±1,25a
	Bağırsak	IN	0,95±0,05b	0,33±0,04b	1,65±0,03bc	0,55±0,003d	0,64±0,04b	1,06±0,16b	0,12±0,002d	-	-	-
		OUT	2,39±0,60a	2,42±0,01b	0,22±0,01d	0,87±0,002c	0,86±0,10b	1,82±0,04ab	0,26±0,007b	3,32±0,52a	-	-
	%BI		29,18±6,47A	12,22±1,49A	88,02±0,33A	38,73±0,06A	42,77±1,24A	36,71±3,39AB	32,42±1,02B	0	-	-
	%REC		8,56±0,42B	0,09±0,006B	3,29±0,45B	7,84±0,28B	8,93±0,24A	8,04±1,83A	7,95±0,09B	0	-	-
DK	Ekstrakt		6,76±0,17	601,87±0,91	80,34±4,58	4,60±0,23	14,97±0,72	7,63±0,19	0,89±0,002	15,85±0,002	45,14±3,27	13,28±1,94
	Ağız		0,60±0,02c	65,41±5,50b	9,69±0,42c	1,07±0,04c	3,97±0,01c	1,33±0,01a	0,15±0,002c	1,06±0,005ab	-	-
	Mide		1,37±0,03a	303,59±2,64a	40,38±2,17a	3,88±0,07a	10,32±0,24b	1,55±0,05a	0,74±0,03b	1,05±0,001b	19,40±1,96a	6,25±0,23a
	Bağırsak	IN	0,30±0,05d	0,21±0,01d	1,58±0,12d	0,20±0,01d	0,51±0,03d	0,70±0,01b	0,03±0,005d	0,63c	-	-
		OUT	0,86±0,07b	33,81±4,94c	34,42±2,29b	1,80±0,01b	12,01±1,16a	1,55±0,38a	1,18±0,03a	1,06±0,005a	-	-
	%BI		25,69±1,91AB	0,63±0,05C	4,93±0,06C	10,04±0,89E	3,34±0,39E	31,69±4,95B	3,17±0,06E	37,34±0,01A	-	-
	%REC		4,45±0,72C	0,03±0,002B	1,98±0,27BC	4,37±0,18B	4,30±0,10C	9,19±0,44A	4,30±0,07C	3,99±0,006A	-	-

Tablo 4. 14(devamı) Ekstrakt ve sindirim sonrasına ait fenolik ve antosiyanin profili analizi sonuçları (mg/100g kuru erik)

			Gallik Asit	Prokateşuik Asit	Klorojenik Asit	Kafeik Asit	Rutin	Elajik Asit	Ferulik Asit	Kuersetin	Siyanidin-3-O-glikozit	Peonidin-3-O-glikozit
VK	Ekstrakt		6,74±0,01	243,01±10,02	24,29±1,51	3,65±0,004	5,74±0,24	7,65±0,13	0,85±0,008	15,93±0,002	24,45±3,27	8,17±0,15
	Ağız		0,59±0,01b	0,56±0,02c	0,18±0,004c	0,63±0,13b	1,42±0,41b	0,88±0,006b	0,08±0,01b	1,04±0,007b	-	-
	Mide		0,55±0,001b	1,50±0,17b	1,22±0,08a	1,53±0,05a	3,13±0,10a	1,57±0,03a	0,29±0,004a	1,05±0,001ab	0,58±0,02	-
	Bağırsak	IN	0,27±0,001c	0,09±0,02d	0,08±0,01c	0,14±0,005c	0,04±0,008c	-	0,03±0,005c	-	-	-
		OUT	1,08±0,06a	1,91±0,06a	0,37±0,03b	0,29±0,005c	0,18±0,02c	0,52±0,01c	0,10±0,005b	1,06±0,001a	-	-
	%BI		20,14±1,08BC	4,69±1,10B	17,91±4,03B	33,08±0,49C	20,52±0,82B	0	25,26±0,78C	0	-	-
	%REC		4,03±0,01C	0,03±0,009B	0,34±0,07C	3,93±0,02B	0,83±0,11D	0	4,01±0,03C	0	-	-
NE	Ekstrakt		6,18±0,76	210,86±7,17	32,55±5,20	4,69±0,01	3,42±0,07	6,94±0,02	1,53±0,02	15,87±0,001	-	-
	Ağız		0,80±0,02b	27,45±2,79b	8,49±0,68b	1,29±0,23b	1,78±0,24c	0,73±0,06b	0,15±0,04c	1,05a	-	-
	Mide		1,68±0,05a	93,94±2,87a	16,57±0,98a	2,59±0,08a	4,87±0,10a	2,80±0,46a	0,50±0,007a	1,05±0,001a	-	-
	Bağırsak	IN	0,28±0,002c	0,18±0,02d	0,96±0,10d	0,17±0,007d	0,22±0,006d	0,37±0,03b	0,04±0,001c	-	-	-
		OUT	1,67±0,006a	5,43±0,16c	6,04±0,74c	0,58±0,03c	2,77±0,17b	0,50±0,02b	0,29±0,008d	1,05±0,005a	-	-
	%BI		14,49±0,04C	3,22±0,36B	13,80±0,17B	22,67±0,27D	7,38±0,63D	42,62±1,27A	13,45±3,35D	0	-	-
	%REC		4,64±0,60C	0,08±0,009B	3,05±0,82B	3,66±0,13B	6,45±0,33B	5,39±0,54B	2,86±0,11C	0	-	-

Tablo 4. 14(devamı) Ekstrakt ve sindirim sonrasına ait fenolik ve antosiyanin profili analizi sonuçları (mg/100g kuru erik)

			Gallik Asit	Prokateşuik Asit	Klorojenik Asit	Kafeik Asit	Rutin	Elajik Asit	Ferulik Asit	Kuersetin	Siyanidin-3-O-glikozit	Peonidin-3-O-glikozit
UVK	Ekstrakt		1,74±0,005	5,90±0,40	0,97±0,06	0,94±0,20	0,47±0,02	1,56±0,01	0,39±0,002	-	-	-
	Ağız		0,88±0,05b	0,88±0,05c	0,19±0,06c	0,41±0,01b	0,19±0,07bc	0,87±0,07b	0,13±0,01b	-	-	-
	Mide		1,24±0,002a	2,31b	4,07±0,01a	1,26±0,036a	2,53±0,11a	1,19±0,02a	0,26±0,09a	-	-	-
	Bağırsak	IN	0,43±0,02c	0,18±0,02d	0,08±0,02d	0,24b	0,04±0,007c	-	0,07±0,004b	-	-	-
		OUT	1,33±0,26a	3,32±0,03a	0,35±0,0005b	0,44±0,007b	0,31±0,08b	0,94±0,03b	0,09b	-	-	-
	%BI		24,71±2,82AB	5,30±0,71B	19,18±4,53B	35,39±0,36B	13,58±1,47C	0	45,84±1,41A	-	-	-
	%REC		24,64±1,07A	3,18±0,63A	8,69±1,99A	26,18±5,68A	10,21±1,13A	0	19,98±1,25A	-	-	-

Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir. Aynı sütunda belirtilen farklı büyük harflar ve aynı satırda belirtilen farklı küçük harfler p≤0.05 seviyesinde örnekler arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir.(YE: yaş erik, VK: vakum kurutma, NE: Normal etüv, DK: dondurarak kurutma, UVK: ultrases destekli vakum kurutma)(%BI: Biyoerişilebilirlik değeri(IN/(IN+OUT)), %REC: Kazanım (IN/Ekstrakt)) (Büyük harfler ilgili değişkenin(BI ve REC %), farklı erikler arasındaki farkını; küçük harfler ise aynı erik örneğinde sindirim basamakları (ağız, mide, IN ve OUT) arasındaki farkını gösterir

Tablo 4. 14 Posalara ait fenolik profil analizi (mg/100g kuru erik)

Fenolik profil	YE	DK	VK	NE	UVK
Gallik Asit	1,06±0,01a *%9,63*	0,31±0,02d *%5,16*	0,40±0,009c *%5,93*	0,39±0,01c *%6,5*	0,54±0,01b *%31,76*
Protokateşuik Asit	-	0,14±0,009c *%0,02*	0,25±0,004ab *%0,10*	0,26±0,08a *%0,12*	0,13±0,001c *%2,16*
Klorojenik Asit	0,12±0,002c *%0,23*	0,35±0,14ab *%0,43*	0,25±0,05ab *%1,04*	0,46±0,13a *%1,43*	0,23±0,007ab *%23*
Kafeik Asit	-	0,18±0,02b *%3,91*	0,14±0,001c *%3,50*	0,17±0,007b *%3,4*	0,23±0,005a *%23*
Rutin	-	1,02±0,02a *%8,50*	0,19±0,06b *%3,16*	0,05±0,03c *%1,66*	0,07±0,003c *%3,29*
Elajik Asit	-	0,38±0,04a *%4,75*	0,28±0,002b *%4*	0,24±0,002b *%3,42*	-
Ferulik Asit	-	0,04±0,001b *%5,01*	0,06±0,004b *%7,50*	0,11±0,008a %7,33	0,11±0,01a *%28,20*
Kuersetin	-	0,63±0,05b *%3,98*	0,65±0,02b *%4,08*	0,63±0,03b *%3,96*	-

Sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.(Aynı satırda belirtilen farklı küçük harfler p≤0.05 seviyesinde örnekler arasında anlamlı bir fark olduğunu gösterir. (TFM: Toplam fenolik madde, YE: yaş erik, VK: vakum kurutma, NE: Normal etüv, DK: dondurarak kurutma, UVK: ultrases destekli vakum kurutma)(Tabloda belirtilen % ifadeleri sindirim öncesi meyvenin içerdiği biyoaktif maddenin yüzde kaçının posada kaldığını göstermektedir.)

5
SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamız eriklere uygulanan 4 farklı kurutma tekniği ile elde edilen eriklerin fenolik madde, flavonoid madde, antioksidan aktivite, fenolik ve antosiyanin içerikleri açısından hem kendi aralarında hem de taze eriğe göre farklılık gözlenmiştir. Ayrıca elde edilen kurutulmuş eriklerin renk, rehidrasyon özellikleri ve yüzey morfolojileri de uygulunan kurutma koşuluna göre farklılık göstermiştir. Çalışmamızda ki sonuçlar incelendiğinde, renk ölçümleri, rehidrasyon kapasite tespiti ve boyutsal ölçümler açısından değerlendirildiğinde dondurarak kurutma uygulanan eriklerin, taze eriklere en fazla benzemelerinden dolayı tercih edilebilir olduğu görülmüştür. Ultrases destekli vakum kurutulan eriklerde ise, renk, su alma kapasiteleri, boyut ölçümler ve morfoloji analizleri sonucunda, taze örnekten en fazla farklılık gösteren ürünler olduğu bulunmuştur.

Gıdaların içerdiği biyoaktif bileşiklerin biyoerişilebilirliğine olan etkisini değerlendiren çalışmalar, gıda işleme tekniklerinin bu anlamda önemli olduğunu göstermektedir. Bu açıdan, sonuçlarımız değerlendirildiğinde, uygulanan kurutma yöntemlerinin, eriklerin morfolojisine de etki ettiklerinden dolayı erikte serbest veya bağlı formda bulunan bu bileşenlerin-gıda matriksinden ekstraksiyonlarına etki edebileceği görülmüştür. Örneğin, taze ve dondurularak kurutulan erik örnekleri karşılaştırıdığında, kuru eriklerde daha fazla biyoaktif madde tespit edilmiştir. Erikte mevcut antioksidan özellik gösteren bişeliklerin in-vitro sindirim sırasında mide ortamında yüksek oranda bulunurken, bağırsakta stabilitelerini koruyamadıkları ve antioksidanların düşüşe uğradığı görülmüştür. Bu durumunfarklı kurutma yöntemleri arasında farklılık gösterdiği görülmüştür. Mide kısmındakiartışın son zamanlarda yapılan benzer biyoerişilebilirlik çalışmalarında da anlaşılacağı gibi ortamda bulunan sindirim bileşenlerinden ve enzimlerin varlığından kaynaklandığı bu sayede antioksidan bileşiklerin bağlı bulundukları yapılardan mide sıvısına salındığı ortaya çıkmıştır. Çalışmamız, başlangıçta yüksek miktarda fenolik madde içeren kuru eriklerde, IN fazına geçen miktarın oranının

her zaman daha fazla olmadığını, bu durumun başlangıçta mevcut miktarın yanısıra uygulanan kurutma işleminin etkisi ile de ilişkili olduğunu göstermektedir. Çalışmamızda ayrıca, in vitro sonrası ince bağırsakta kalan ve kalın bağırsağa geçecek olan posalarda da aynı analizler gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarının düşük düzeyde çıkması, emilimin ince bağırsakta büyük oranda tamamlandığını göstermektedir. Bu durumda antioksidan bileşenlerin, fenolik maddelerin ve antosiyaninlerin etkilerini net bir şekilde anlayabilmek için, işlem görmüş ürünlerdebiyoerişilebilirlik üzerine çalışmaların arttırılması büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

Aktürk, Z. Besin Değeri ve Sağlık Açısından Hurma (Phoenix dactylifera). *Konuralp Tıp Dergisi, 4*(3), 62-68.

Akyıldız, A., Polat, S., & Ağçam, E. (2017). Konveksiyonel ve Dondurarak kurutma Yöntemlerinin Karpuzun Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi. *Gıda, 42*(2), 169-176.

Al-Farsi, M., Alasalvar, C., Morris, A., Baron, M., & 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*(19), 7592-7599.

Alwazeer, D. (2018). Kuru Gıdaların Rengini Muhafaza Etmeye Yönelik Yeni bir Teknik: İndirgen Atmosferik Kurutma. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8*(4), 125-131.

Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., & Karademir, S. E. (2004). Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method. *Journal of agricultural and food chemistry, 52*(26), 7970-7981.

Appel, L. J. (2003). Lifestyle modification as a means to prevent and treat high blood pressure. *Journal of the American Society of Nephrology, 14*(suppl 2), S99-S102.

Arévalo-Pinedo, A., & Murr, F. E. (2006). Kinetics of vacuum drying of pumpkin (Cucurbita maxima): modeling with shrinkage. *Journal of Food Engineering, 76*(4), 562-567.

Arjmandi, B. H., Khalil, D. A., Lucas, E. A., Georgis, A., Stoecker, B. J., Hardin, C., . . . Wild, R. A. (2002). Dried plums improve indices of bone formation in postmenopausal women. *Journal of women's health & gender-based medicine, 11*(1), 61-68.

Bae, S. H. (2014). Diets for constipation. *Pediatric gastroenterology, hepatology & nutrition, 17*(4), 203-208. doi:10.5223/pghn.2014.17.4.203

Bantle, M., & Eikevik, T. M. (2011). Parametric study of high-intensity ultrasound in the atmospheric freeze drying of peas. *Drying Technology, 29*(10), 1230-1239.

Baydır, A. T., Draman, H., Palamutoğlu, R., & Kasnak, C. (2019). Afyonkarahisar'da Tüketilen Önemli Yabancı Elma Çeşitlerinin Bazı Kalite ve Antioksidan Özellikleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*(17), 927-932.

Bazyma, L. A., Guskov, V. P., Basteev, A. V., Lyashenko, A. M., Lyakhno, V., & Kutovoy, V. A. (2006). The investigation of low temperature vacuum drying processes of agricultural materials. *Journal of Food Engineering, 74*(3), 410-415.

Benzie, I. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical biochemistry, 239*(1), 70-76.

Bermúdez-Oria, A., Rodríguez-Gutiérrez, G., Fernández-Prior, Á., Vioque, B., & Fernández-Bolaños, J. (2019). Strawberry dietary fiber functionalized with phenolic antioxidants from olives. Interactions between polysaccharides and phenolic compounds. *Food chemistry, 280*, 310-320.

Bermúdez-Soto, M.-J., Tomás-Barberán, F.-A., & García-Conesa, M.-T. (2007). Stability of polyphenols in chokeberry (Aronia melanocarpa) subjected to in vitro gastric and pancreatic digestion. *Food chemistry, 102*(3), 865-874.

Bezyma, L., & Kotovoy, V. (2005). Vacuum drying and hybrid technologies. *Stewart Postharvest Review, 4*, 7.

Bobrich, A., Fanning, K. J., Rychlik, M., Russell, D., Topp, B., & Netzel, M. (2014). Phytochemicals in Japanese plums: impact of maturity and bioaccessibility. *Food Research International, 65*, 20-26.

Brummell, D. A. (2006). Cell wall disassembly in ripening fruit. *Functional Plant Biology, 33*(2), 103-119.

Capanoglu, E., Beekwilder, J., Boyacioglu, D., Hall, R., & De Vos, R. (2008). Changes in antioxidant and metabolite profiles during production of tomato paste. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56*(3), 964-973.

Changrue, V., Raghavan, V. G., Orsat, V., & Vijaya Raghavan, G. (2006). Microwave drying of fruits and vegetables. *Stewart Postharvest Review, 2*(6), 1-7.

Chen, G.-L., Chen, S.-G., Chen, F., Xie, Y.-Q., Han, M.-D., Luo, C.-X., . . . Gao, Y.-Q. (2016). Nutraceutical potential and antioxidant benefits of selected fruit seeds subjected to an in vitro digestion. *Journal of Functional Foods, 20*, 317-331.

Chen, G.-L., Chen, S.-G., Zhao, Y.-Y., Luo, C.-X., Li, J., & Gao, Y.-Q. (2014). Total phenolic contents of 33 fruits and their antioxidant capacities before and after in vitro digestion. *Industrial Crops and Products, 57*, 150-157.

Cheynier, V., & Rigaud, J. (1986). HPLC separation and characterization of flavonols in the skins of Vitis vinifera var. Cinsault. *American journal of Enology and Viticulture, 37*(4), 248-252.

Chiang, C.-J., Kadouh, H., & Zhou, K. (2013). Phenolic compounds and antioxidant properties of gooseberry as affected by in vitro digestion. *LWT-Food Science and Technology, 51*(2), 417-422.

Chong, C. H., Law, C. L., Figiel, A., Wojdyło, A., & Oziembłowski, M. (2013). Colour, phenolic content and antioxidant capacity of some fruits dehydrated by a combination of different methods. *Food chemistry, 141*(4), 3889-3896.

Chun, O. K., & Kim, D.-O. (2004). Consideration on equivalent chemicals in total phenolic assay of chlorogenic acid-rich plums. *Food Research International, 37*(4), 337-342.

Chun, O. K., Kim, D.-O., & Lee, C. Y. (2003). Superoxide radical scavenging activity of the major polyphenols in fresh plums. *Journal of agricultural and food chemistry, 51*(27), 8067-8072.

Cohen, J. S., & Yang, T. C. (1995). Progress in food dehydration. *Trends in Food Science & Technology, 6*(1), 20-25.

Cui, Z.-W., Xu, S.-Y., & Sun, D.-W. (2004). Microwave–vacuum drying kinetics of carrot slices. *Journal of Food Engineering, 65*(2), 157-164.

Çakmaklı, T. (2019). *Bartın ilinde odun dışı orman ürünlerinin sosyoekonomik analizi.* Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,

Çöçen, E., Canbay, A., Yavuz, Ç., Sarıtepe, Y., Özelçi, M., & Altun, O. T. Avrupa Grubu (Prunus domestica) Bazı Erik Çeşitlerinin Malatya Ekolojisindeki Performansı. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 6*(4), 678-684.

Dalmau, M. E., Bornhorst, G. M., Eim, V., Rosselló, C., & Simal, S. (2017). Effects of freezing, freeze drying and convective drying on in vitro gastric digestion of apples. *Food chemistry, 215*, 7-16.

Dalmau, M. E., Eim, V., Rosselló, C., Cárcel, J. A., & Simal, S. (2019). Effects of convective drying and freeze-drying on the release of bioactive compounds from beetroot during in vitro gastric digestion. *Food & function, 10*(6), 3209-3223.

Damar, İ. Y., & Ekşi, A. T. D. *Vişne suyunun antosiyanin profili ve antioksidan kapasitesi.* Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı,

Darıcı, S., & ġEN, S. (2011). 'Kivi Meyvesinin kurutulmasında kurutma havası hızının kurumaya etkisinin incelenmesi. *X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi-13/16/Ġzmir*.

Deighton, N., Brennan, R., Finn, C., & Davies, H. V. (2000). Antioxidant properties of domesticated and wild Rubus species. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 80*(9), 1307-1313.

Del Caro, A., Piga, A., Pinna, I., Fenu, P. M., & Agabbio, M. (2004). Effect of drying conditions and storage period on polyphenolic content, antioxidant capacity, and ascorbic acid of prunes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52*(15), 4780-4784.

Demircan, E. (2016). *Elma Kabuklarından Elde Edilen Fenolik Bileşiklerin Lipozom İle Enkapsülasyonu.* Fen Bilimleri Enstitüsü,

Deyhim, F., Stoecker, B. J., Brusewitz, G. H., Devareddy, L., & Arjmandi, B. H. (2005). Dried plum reverses bone loss in an osteopenic rat model of osteoporosis. *Menopause, 12*(6), 755-762.

Donovan, J. L., Meyer, A. S., & Waterhouse, A. L. (1998). Phenolic composition and antioxidant activity of prunes and prune juice (Prunus domestica). *Journal of agricultural and Food Chemistry, 46*(4), 1247-1252.

Doymaz, I. (2004). Convective air drying characteristics of thin layer carrots. *Journal of food engineering, 61*(3), 359-364.

Doymaz, İ. (2004). Effect of dipping treatment on air drying of plums. *Journal of food engineering, 64*(4), 465-470.

Doymaz, İ., & Kocayigit, F. (2011). Drying and rehydration behaviors of convection drying of green peas. *Drying Technology, 29*(11), 1273-1282.

Družić, J., Voća, S., Čmelik, Z., Dobričević, N., Duralija, B., & Skendrović Babojelić, M. (2007). Fruit quality of plum cultivars 'Elena'and 'Bistrica'. *Agriculturae Conspectus Scientificus, 72*(4), 307-310.

Ertekin, C., Gozlekci, S., Kabas, O., Sonmez, S., & Akinci, I. (2006). Some physical, pomological and nutritional properties of two plum (Prunus domestica L.) cultivars. *Journal of Food Engineering, 75*(4), 508-514.

Fang, F., Li, J.-M., Zhang, P., Tang, K., Wang, W., Pan, Q.-H., & Huang, W.-D. (2008). Effects of grape variety, harvest date, fermentation vessel and wine ageing on flavonoid concentration in red wines. *Food Research International, 41*(1), 53-60.

Fang, N., Yu, S., & Prior, R. L. (2002). LC/MS/MS characterization of phenolic constituents in dried plums. *Journal of agricultural and food chemistry, 50*(12), 3579-3585.

Farag, N., & Mills, P. (2003). A randomized-controlled trial of the effects of a traditional herbal supplement on sleep onset insomnia. *Complementary therapies in medicine, 11*(4), 223-225.

Felgines, C., Talavéra, S. v., Gonthier, M.-P., Texier, O., Scalbert, A., Lamaison, J.-L., & Rémésy, C. (2003). Strawberry anthocyanins are recovered in urine as glucuro-and sulfoconjugates in humans. *The Journal of nutrition, 133*(5), 1296-1301.

Ferenczi, S., Czukor, B., & Cserhalmi, Z. (2014). Evaluation of microwave vacuum drying combined with hot-air drying and compared with freeze-and hot-air drying by the quality of the dried apple product. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering, 58*(2), 111-116.

Ferreira, D., Da Silva, J. A. L., Pinto, G., Santos, C., Delgadillo, I., & Coimbra, M. A. (2008). Effect of sun-drying on microstructure and texture of S. Bartolomeu pears (Pyrus communis L.). *European Food Research and Technology, 226*(6), 1545-1552.

Forni, E., Erba, M., Maestrelli, A., & Polesello, A. (1992). Sorbitol and free sugar contents in plums. *Food Chemistry, 44*(4), 269-275.

Franklin, M., Bu, S., Lerner, M., Lancaster, E., Bellmer, D., Marlow, D., . . . Lucas, E. (2006). Dried plum prevents bone loss in a male osteoporosis model via IGF-I and the RANK pathway. *Bone, 39*(6), 1331-1342.

Galvez, J., Coelho, G., Crespo, M., Cruz, T., Rodríguez-Cabezas, M., Concha, A., . . . Zarzuelo, A. (2001). Intestinal anti-inflammatory activity of morin on chronic experimental colitis in the rat. *Alimentary pharmacology & therapeutics, 15*(12), 2027-2039.

Garcia-Noguera, J., Oliveira, F. I., Gallão, M. I., Weller, C. L., Rodrigues, S., & Fernandes, F. A. (2010). Ultrasound-assisted osmotic dehydration of strawberries: effect of pretreatment time and ultrasonic frequency. *Drying Technology, 28*(2), 294-303.

García-Pérez, J., Cárcel, J., De la Fuente-Blanco, S., & De Sarabia, E. R.-F. (2006). Ultrasonic drying of foodstuff in a fluidized bed: parametric study. *Ultrasonics, 44*, e539-e543.

Ghahramanlou, P. H. (2013). *Farklı Sıcak Hava Kurutma Derecesıne Maruz Kalan Mikroyapısal Değişim Apple'In Nicel Değerlendirilmesi.* Fen Bilimleri Enstitüsü,

Ghosh, D., & Konishi, T. (2007). Anthocyanins and anthocyanin-rich extracts: role in diabetes and eye function. *Asia Pacific journal of clinical nutrition, 16*(2).

Gibson, N., Schönfeldt, H. C., & Pretorius, B. (2011). Development of a rapid assessment method for the prediction of the glycemic index. *Journal of Food Composition and Analysis, 24*(4-5), 750-754.

Gil, M. I., Tomás-Barberán, F. A., Hess-Pierce, B., & Kader, A. A. (2002). Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids, and vitamin C contents of nectarine, peach, and plum cultivars from California. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50*(17), 4976-4982.

Giri, S., & Prasad, S. (2007). Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms. *Journal of food engineering, 78*(2), 512-521.

Gomes, T. M., Toaldo, I. M., da Silva Haas, I. C., Burin, V. M., Caliari, V., Luna, A. S., . . . Bordignon-Luiz, M. T. (2019). Differential contribution of grape peel, pulp, and seed to bioaccessibility of micronutrients and major polyphenolic compounds of red and white grapes through simulated human digestion. *Journal of Functional Foods, 52*, 699-708.

Güldemir, K., Çakır, Ö., & Çakıroğlu, K. Yabani-Ekşi Elmanın (Malus sylvestris Miller) Antioksidan Aktivite ve Fenolik Madde İçeriği Üzerine Farklı Kurutma Yöntemlerinin Etkisi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 32*(1), 279-285.

Güner, K. G. (2015). Çeşitli Aromatik Bitkilerin, Meyve Kurutmada Küf-Maya Gelişimi, Fonksiyonel ve Duyusal Özelliklere Etkileri.

Halloran, B. P., Wronski, T. J., VonHerzen, D. C., Chu, V., Xia, X., Pingel, J. E., . . . Smith, B. J. (2010). Dietary dried plum increases bone mass in adult and aged male mice. *The Journal of nutrition, 140*(10), 1781-1787.

Hammami, C., & René, F. (1997). Determination of freeze-drying process variables for strawberries. *Journal of food engineering, 32*(2), 133-154.

Horasan Sağbasan, B. (2015). *Türkiye'de yaygın olarak tüketilen kuru kırmızı meyvelerin içerdiği antioksidan maddelerin biyoerişilebilirliğinin incelenmesi.* Fen Bilimleri Enstitüsü,

Howe, G. R., Benito, E., Castelleto, R., Cornée, J., Estève, J., Gallagher, R. P., . . . Kune, G. A. (1992). Dietary intake of fiber and decreased risk of cancers of the colon and rectum: evidence from the combined analysis of 13 case-control studies. *JNCI: Journal of the National Cancer Institute, 84*(24), 1887-1896.

Huang, L.-l., Zhang, M., Wang, L.-p., Mujumdar, A. S., & Sun, D.-f. (2012). Influence of combination drying methods on composition, texture, aroma and microstructure of apple slices. *LWT-Food Science and Technology, 47*(1), 183-188.

Jackman, R. L., Yada, R. Y., TUNG, M. A., & SPEERS, R. A. (1987). Anthocyanins as food colorants—a review. *Journal of food biochemistry, 11*(3), 201-247.

Johnson, C. D., Lucas, E. A., Hooshmand, S., Campbell, S., Akhter, M. P., & Arjmandi, B. H. (2011). Addition of fructooligosaccharides and dried plum to soy-based diets reverses bone loss in the ovariectomized rat. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2011*.

Kaleta, A., Gornıckı, K., Kowalık, A., & Brys, A. (2010). Investigations on rehydration process of dried prunes, apples and strawberries obtained under industrial conditions. *Annals of Warsaw University of Life Sciences–SGGW, Agriculture (Agricultural and Forest Engineering), 55*, 21-26.

Kamiloglu, S. (2019). Effect of different freezing methods on the bioaccessibility of strawberry polyphenols. *International Journal of Food Science & Technology, 54*(8), 2652-2660.

Kamiloglu, S., & Capanoglu, E. (2013). Investigating the in vitro bioaccessibility of polyphenols in fresh and sun-dried figs (F icus carica L.). *International journal of food science & technology, 48*(12), 2621-2629.

Kamiloglu, S., Demirci, M., Selen, S., Toydemir, G., Boyacioglu, D., & Capanoglu, E. (2014). Home processing of tomatoes (Solanum lycopersicum): effects on in vitro bioaccessibility of total lycopene, phenolics, flavonoids, and antioxidant capacity. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 94*(11), 2225-2233.

Kamiloğlu, S., Paslı, A. A., Çapanoğlu, E., & Özçelik, B. (2014). Kuru meyvelerin kuruyemişler ile birlikte tüketiminin flavonoidlerin in vitro biyoyararlılığına etkisinin incelenmesi. *Gıda, 39*(4), 227-233.

Karamürsel, D. (2010). *Afyon'da erik üretimi yapan işletmelerin yapısal durumu ve gelişme olanakları.* Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,

Kaşka, N., Güleryüz, M., Kaplankıran, M., Kafkas, S., Ercişli, S., Eşitken, A., . Akçay, E. (2005). Türkiye meyveciliğinde üretim hedefleri. *TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi*, 3-7.

Kaulmann, A., Jonville, M.-C., Schneider, Y.-J., Hoffmann, L., & Bohn, T. (2014). Carotenoids, polyphenols and micronutrient profiles of Brassica oleraceae and plum varieties and their contribution to measures of total antioxidant capacity. *Food chemistry, 155*, 240-250.

Kayacan, S., Karasu, S., Akman, P. K., Goktas, H., Doymaz, I., & Sagdic, O. (2020). Effect of different drying methods on total bioactive compounds, phenolic profile, in vitro bioaccessibility of phenolic and HMF formation of persimmon. *LWT, 118*, 108830.

Kayano, S.-i., Yamada, N. F., Suzuki, T., Ikami, T., Shioaki, K., Kikuzaki, H., . . . Nakatani, N. (2003). Quantitative evaluation of antioxidant components in prunes (Prunus domestica L.). *Journal of agricultural and food chemistry, 51*(5), 1480-1485.

Khalloufi, S., & Ratti, C. (2003). Quality deterioration of freeze-dried foods as explained by their glass transition temperature and internal structure. *Journal of Food Science, 68*(3), 892-903.

Kim, S.-N., Kim, M.-R., Cho, S.-M., Kim, S.-Y., Kim, J.-B., & Cho, Y.-S. (2012). Antioxidant activities and determination of phenolic compounds isolated from oriental plums (Soldam, Oishiwase and Formosa). *Nutrition research and practice, 6*(4), 277-285.

Kızmaz, A. (2019). *Farklı Kurutma Teknikleri İle Kurutulan Kivi Dilimlerinin Adsorpsiyon İzotermlerinin Belirlenmesi.* Fen Bilimleri Enstitüsü,

Koç, E., & Ömeroğlu, P. Y. (2020). Geleneksel Anjelika Reçelinin Toplam Antioksidan Kapasite, Toplam Fenolik Madde ve İn Vitro Sindirim Modeli İle Biyoerişilebilirliğinin Belirlenmesi. *GIDA/The Journal of FOOD, 45*(1).

Kompany, E., Benchimol, J., Allaf, K., Ainseba, B., & Bouvier, J. M. (1993). Dehydration Kinetics and Modelling. *Drying Technology, 11*(3), 451-470. doi:10.1080/07373939308916838

Konarska, A. (2015). Characteristics of fruit (Prunus domestica L.) skin: structure and antioxidant content. *International Journal of Food Properties, 18*(11), 2487-2499.

Krokida, M., & Philippopoulos, C. (2005). Rehydration of dehydrated foods. *Drying Technology, 23*(4), 799-830.

Kumari, G. U. W. U. P., & Gunathilake, K. D. P. P. (2020). In vitro bioaccessibility and antioxidant activity of black plum (Syzygium caryophyllatum). *Journal of Food Biochemistry*, e13499.

Liang, L., Wu, X., Zhao, T., Zhao, J., Li, F., Zou, Y., . . . Yang, L. (2012). In vitro bioaccessibility and antioxidant activity of anthocyanins from mulberry (Morus atropurpurea Roxb.) following simulated gastro-intestinal digestion. *Food Research International, 46*(1), 76-82.

Lim, T. (2012). Prunus domestica. In (pp. 463-475).

Lohachoompol, V., Srzednicki, G., & Craske, J. (2004). The change of total anthocyanins in blueberries and their antioxidant effect after drying and freezing. *Journal of Biomedicine and Biotechnology, 2004*(5), 248.

Marques, L. G., Ferreira, M. C., & Freire, J. T. (2007). Freeze-drying of acerola (Malpighia glabra L.). *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, 46*(5), 451-457.

Mazza, G. (2018). *Anthocyanins in fruits, vegetables, and grains*: CRC press.

McDougall, G. J., Dobson, P., Smith, P., Blake, A., & Stewart, D. (2005). Assessing potential bioavailability of raspberry anthocyanins using an in vitro digestion system. *Journal of agricultural and food chemistry, 53*(15), 5896-5904.

Menlik, T., Kirmaci, V., & Usta, H. (2009). Modeling of freeze drying behaviors of strawberries by using artificial neural network. *J. Thermal Sci. Technol, 29*(2), 11-21.

Menlik, T., Kirmaci, V., & Usta, H. (2009). Modeling of freeze drying behaviors of strawberries by using artificial neural network. *J. Thermal Sci. Technol, 29*(2), 11-21.

Minekus, M., Alminger, M., Alvito, P., Ballance, S., Bohn, T., Bourlieu, C., . . . Dupont, D. (2014). A standardised static in vitro digestion method suitable for food–an international consensus. *Food & function, 5*(6), 1113-1124.

Moline, J., Bukharovich, I., Wolff, M., & Phillips, R. (2000). Dietary flavonoids and hypertension: is there a link? *Medical hypotheses, 55*(4), 306-309.

Monro, J. A., Mishra, S., & Venn, B. (2010). Baselines representing blood glucose clearance improve in vitro prediction of the glycaemic impact of customarily consumed food quantities. *British Journal of Nutrition, 103*(2), 295-305.

Nakatani, N., Kayano, S.-i., Kikuzaki, H., Sumino, K., Katagiri, K., & Mitani, T. (2000). Identification, quantitative determination, and antioxidative activities of chlorogenic acid isomers in prune (Prunus d omestica L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48*(11), 5512-5516.

Nunes, C., Santos, C., Pinto, G., Lopes-da-Silva, J. A., Saraiva, J. A., & Coimbra, M. A. (2008). Effect of candying on microstructure and texture of plums (Prunus domestica L.). *LWT-Food Science and Technology, 41*(10), 1776-1783.

Osmanoğlu, A., Şimşek, M., & Şanlı, A. (2013). Bazı standart erik çeşitlerinin Bingöl ekolojisindeki performansı üzerinde bir araştırma. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 23*(2), 126-133.

Öztan, T. (2006). *Mor havuç, konsantresi, şalgam suyu, nar suyu ve nar ekşisi ürünlerinde antioksidan aktivitesi tayini ve fenolik madde profilinin belirlenmesi.* Fen Bilimleri Enstitüsü,

Pääkkönen, K., & Mattila, M. (1991). Processing, Packaging, and Storage Effects on Quality of Freeze-Dried Strawberries. *Journal of food science, 56*(5), 1388-1392.

Pei, F., Shi, Y., Mariga, A. M., Yang, W.-j., Tang, X.-z., Zhao, L.-y., . . . Hu, Q.-h. (2014). Comparison of freeze-drying and freeze-drying combined with microwave vacuum drying methods on drying kinetics and rehydration characteristics of button mushroom (Agaricus bisporus) slices. *Food and Bioprocess Technology, 7*(6), 1629-1639.

Pellegrini, N., Serafini, M., Salvatore, S., Del Rio, D., Bianchi, M., & Brighenti, F. (2006). Total antioxidant capacity of spices, dried fruits, nuts, pulses, cereals and sweets consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. *Molecular nutrition & food research, 50*(11), 1030-1038.

Piga, A., Del Caro, A., & Corda, G. (2003). From plums to prunes: influence of drying parameters on polyphenols and antioxidant activity. *Journal of agricultural and food chemistry, 51*(12), 3675-3681.

Qin, Y., Wang, L., Liu, Y., Zhang, Q., Li, Y., & Wu, Z. (2018). Release of phenolics compounds from Rubus idaeus L. dried fruits and seeds during simulated in vitro digestion and their bio-activities. *Journal of Functional Foods, 46*, 57-65.

Ratti, C. (2001). Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. *Journal of food engineering, 49*(4), 311-319.

Ratti, C. (2008). *Advances in food dehydration*: CRC Press.

Raynal, J., Moutounet, M., & Souquet, J. M. (1989). Intervention of phenolic compounds in plum technology. 1. Changes during drying. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 37*(4), 1046-1050.

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free radical biology and medicine, 26*(9-10), 1231-1237.

Reddy, B. S., Engle, A., Simi, B., O'Brien, L. T., Barnard, R. J., Pritikin, N., & Wynder, E. L. (1988). Effect of low-fat, high-carbohydrate, high-fiber diet on fecal bile acids and neutral sterols. *Preventive medicine, 17*(4), 432-439.

Rehman, S.-u., & Awan, J. (2012). Dehydration of Fruit and Vegetables in Tropical Regions. *Progress in Food Preservation*, 191-209. doi:10.1002/9781119962045.ch9

Rendina, E., Lim, Y. F., Marlow, D., Wang, Y., Clarke, S. L., Kuvibidila, S., . . . Smith, B. J. (2012). Dietary supplementation with dried plum prevents ovariectomy-induced bone loss while modulating the immune response in C57BL/6J mice. *The Journal of nutritional biochemistry, 23*(1), 60-68.

Ryan, L., & Prescott, S. L. (2010). Stability of the antioxidant capacity of twenty-five commercially available fruit juices subjected to an in vitro digestion. *International journal of food science & technology, 45*(6), 1191-1197.

Serrano, J., Goñi, I., & Saura-Calixto, F. (2007). Food antioxidant capacity determined by chemical methods may underestimate the physiological antioxidant capacity. *Food Research International, 40*(1), 15-21.

Shukitt-Hale, B., Carey, A., Simon, L., Mark, D. A., & Joseph, J. A. (2006). Effects of Concord grape juice on cognitive and motor deficits in aging. *Nutrition, 22*(3), 295-302.

Siegel, J. D., & Di Palma, J. A. (2005). Medical treatment of constipation. *Clinics in colon and rectal surgery, 18*(2), 76.

Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture, 16*(3), 144-158.

Sójka, M., Kołodziejczyk, K., Milala, J., Abadias, M., Viñas, I., Guyot, S., & Baron, A. (2015). Composition and properties of the polyphenolic extracts obtained from industrial plum pomaces. *Journal of Functional Foods, 12*, 168-178.

Stalmach, A., Edwards, C. A., Wightman, J. D., & Crozier, A. (2012). Gastrointestinal stability and bioavailability of (poly) phenolic compounds following ingestion of Concord grape juice by humans. *Molecular nutrition & food research, 56*(3), 497-509.

Şahin, F. H. (2010). Domates kurutmada farklı yöntemlerin karşılaştırılması.

Şengül, M., Topdaş, E. F., Doğan, H., & Serencam, H. (2018). Artvin İlinde Geleneksel Olarak Üretilen Bazı Marmelat Çeşitlerinin Çeşitli Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile Antioksidan Aktiviteleri ve Fenolik Profillerinin Araştırılması. *Akademik Gıda, 16*(1), 51-59.

Tagliazucchi, D., Verzelloni, E., & Conte, A. (2012). The first tract of alimentary canal as an extractor. Release of phytochemicals from solid food matrices during simulated digestion. *Journal of Food Biochemistry, 36*(5), 555-568.

Treutter, D., Wang, D., Farag, M. A., Baires, G. D. A., Rühmann, S., & Neumüller, M. (2012). Diversity of phenolic profiles in the fruit skin of Prunus domestica plums and related species. *Journal of agricultural and food chemistry, 60*(48), 12011-12019.

Ucar, T. M., & Karadag, A. (2019). The effects of vacuum and freeze-drying on the physicochemical properties and in vitro digestibility of phenolics in oyster mushroom (Pleurotus ostreatus). *Journal of Food Measurement and Characterization, 13*(3), 2298-2309.

Usenik, V., Kastelec, D., Veberič, R., & Štampar, F. (2008). Quality changes during ripening of plums (Prunus domestica L.). *Food chemistry, 111*(4), 830-836.

Van Arsdel, W. B., & Copley, M. J. (1964). Food dehydration. Volume 2. Products and Technology. *Food dehydration. Volume 2. Products and Technology.*

Van Buren, J. (1979). The chemistry of texture in fruits and vegetables. *Journal of Texture Studies, 10*(1), 1-23.

Van Gorsel, H., Li, C., Kerbel, E. L., Smits, M., & Kader, A. A. (1992). Compositional characterization of prune juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 40*(5), 784-789.

Vinson, J. A., Zubik, L., Bose, P., Samman, N., & Proch, J. (2005). Dried fruits: excellent in vitro and in vivo antioxidants. *Journal of the American College of Nutrition, 24*(1), 44-50.

Waldron, K. W., Smith, A. C., Parr, A. J., Ng, A., & Parker, M. L. (1997). New approaches to understanding and controlling cell separation in relation to fruit and vegetable texture. *Trends in Food Science & Technology, 8*(7), 213-221.

Wang, H., Cao, G., & Prior, R. L. (1997). Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. *Journal of agricultural and Food Chemistry, 45*(2), 304-309.

Wilford, L. G., Sabarez, H., & Price, W. E. (1997). Kinetics of carbohydrate change during dehydration of d'Agen prunes. *Food Chemistry, 59*(1), 149-155.

Wu, L., Orikasa, T., Ogawa, Y., & Tagawa, A. (2007). Vacuum drying characteristics of eggplants. *Journal of Food Engineering, 83*(3), 422-429.

Yongsawatdigul, J., & Gunasekaran, S. (1996). Microwave-vacuum drying of cranberries: Part II. Quality evaluation. *Journal of Food Processing and Preservation, 20*(2), 145-156.

Zheng, G., Deng, J., Wen, L., You, L., Zhao, Z., & Zhou, L. (2018). Release of phenolic compounds and antioxidant capacity of Chinese hawthorn "Crataegus pinnatifida" during in vitro digestion. *Journal of Functional Foods, 40*, 76-85.

Zhishen, J., Mengcheng, T., & Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food chemistry, 64*(4), 555-559.

Zura-Bravo, L., Vega-Galvez, A., Lemus-Mondaca, R., Ah-Hen, K. S., & Di Scala, K. (2013). Effect of temperature on rehydration kinetics, functional properties, texture and antioxidant activity of Red Pepper Var. Hungarian (Capsicum Annuum L.). *Journal of Food Processing and Preservation, 37*(1), 74-85.

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

İletişim Bilgisi: elfynr94@gmail.com

Konferans Bildirileri

1. Yener E., Karadağ A. ve Saroğlu Ö., ''Farklı kurutma yöntemlerinin erik meyvesininfizikokimyasal özellikleri ve biyoaktif maddelerinin sindirilebilirliği üzerineetkisi''2.Uluslararası Gıda, Tarım ve Hayvancılık Kongresi, 1(2): 105-106, 2020.