

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİNİN İSTİRİDYE MANTARININ
BİYOAKTİVİTESİ VE BİYOERİŞİLEBİLİRLİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ

Tutku Merve UÇAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Danışman

Dr. Öğretim Üyesi Ayşe KARADAĞ

Haziran, 2019

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİNİN İSTİRİDYE MANTARININ
BİYOAKTİVİTESİ VE BİYOERİŞİLEBİLİRLİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ

Tutku Merve UÇAR tarafından hazırlanan tez çalışması 23.05.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gıda Mühendisliği Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğretim Üyesi Ayşe KARADAĞ

Yıldız Teknik Üniversitesi

Danışman

Jüri Üyeleri

Dr. Öğretim Üyesi Ayşe KARADAĞ, Danışman

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ, Üye

Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Esra ÇAPANOĞLU, Üye

İstanbul Teknik Üniversitesi

Danışmanım Dr. Öğretim Üyesi Ayşe KARADAĞ sorumluluğunda tarafımda hazırlanan Farklı Kurutma Yöntemlerinin İstiridye Mantarının Biyoaktivitesi Ve Biyoerişilebilirliği 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.

Tutku Merve UÇAR

İmza

Aileme

ve

yanımda olan herkese



TEŞEKKÜR

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

Bilimsel çalışmalarındaki teşvik ve yönlendirmeleri için değerli hocam, Sayın Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ'a teşekkür ederim.

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

Yüksek lisans eğitimim boyunca yanımda olan ve desteklerini eksik etmeyen kıymetli arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca en büyük destek olan babam Safa UÇAR, annem Zerrin UÇAR ve kardeşim Umut Emre UÇAR'a en içten sevgi ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Tutku Merve UÇAR

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	VII
KISALTMA LİSTESİ	VIII
ŞEKİL LİSTESİ.....	IX
TABLO LİSTESİ	X
ÖZET	XI
ABSTRACT.....	XIII
1 GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	2
1.3 Hipotez.....	2
2 LİTERATÜR ÖZETİ	3
2.1 Yenilebilir Yabani Mantarlar	3
2.1.1 <i>Pleurotus ostreatus</i> (İstiridye Mantarı).....	4
2.1.2 Kurutma Yöntemleri	5
3 MATERYAL-METOT.....	9
3.1 Materyal	9
3.2 Metot.....	9
3.2.1 Mantarların Hazırlanması ve Kurutulması	9
3.2.2 Fiziksel Analizler	11
3.2.3 Besin Değeri Analizleri	14
3.2.4 Kurutulan Mantarların Ekstraksiyonun Hazırlanması	17
3.2.5 Antioksidan Analizleri ve Karakterizasyonu	17
3.2.6 In Vitro Gastrointestinal Sindirilebilirlik Analizi	24

3.2.7 İstatistiksel Analizler.....	27
4 ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	28
4.1 Kurutulmuş İstiridye Mantarlarının Fiziksel Özellikleri ve Besin Etiketİ İçeriğı.....	28
4.1.1 Boyut Ölçümleri.....	28
4.1.2 Renk Analizleri	28
4.1.3 Rehidrasyon kapasitesi	31
4.1.4 Besin Değeri Tablosu.....	31
4.1.5 Ekstraksiyon Verimi	34
4.2 İstiridye Mantarlarının Kurutulmasından Sonra Meydana Gelen Biyoaktif Değışimler	34
4.3 Kurutulmuş İstiridye Mantarlarının İn Vitro Gastrointestinal Sindirilebilirliğı.....	39
5 SONUÇ VE ÖNERİLER.....	45
Kaynakça.....	46
Tezden Üretilmiş Yayınlar	53

SİMGE LİSTESİ

°C	Santigrat Derece
H*	Hue açısı
C*	Kroma değeri
ΔE	Renk değışimi
V	Hacim
M	Molarite
U	Unit

KISALTMA LİSTESİ

DK	Dondurarak Kurutma
FD	Freeze Drying
VK	Vakum Kurutma
VD	Vacuum Drying
dk.	Dakika
μ g	Mikrogram
mg	Miligram
g	Gram
kg	Kilogram
mm	Milimetre
MSG	Monosodyum Glutamat
TFMM	Toplam Fenolik Madde Miktarı
TPC	Toplam Fenolik İçeriği
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
QE	Kuersetin Eşdeğeri
CE	Kateşin Eşdeğeri
TE	Troloks Eşdeğeri
RSA	Radikal Süpürme Aktivitesi
STS	Simüle Edilmiş Tükürük Sıvısı
SGS	Simüle Edilmiş Gastrik Sıvı
SBS	Simüle Edilmiş Bağırsak Sıvısı

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1	İstiridye mantarı.....	9
Şekil 3.2	İstiridye mantarlarının kurutulması.....	10
Şekil 3.3	(a)Taze mantar, (b)DK mantar, (c) VK mantar.....	11
Şekil 3.4	Boyut analizi yapılan bölgeler: kalın bölge-i, ince bölge-ii	11
Şekil 3.5	Boyut analizi yapılan bölgeler: en bölgesi-iii.....	12
Şekil 3.6	Renk analizinde belirlenen iç ve dış bölge.....	13
Şekil 3.7	CIE L* a* b* renk düzlemi	14
Şekil 3.8	Hue Açısı, kroma (saturation/doygunluk), value (parlaklık)	14
Şekil 3.9	TFMM belirlenmesinde kullanılan standart gallik asit eğrisi	18
Şekil 3.10	Toplam flavonoid içeriği için hazırlanan standart kuersetin eğrisi.....	19
Şekil 3.11	Toplam flavonoid içeriği için hazırlanan standart kateşin eğrisi	19
Şekil 3.12	CUPRAC yöntemi için hazırlanan standart troloks eğrisi	21
Şekil 3.13	FRAP yöntemi için hazırlanan standart troloks eğrisi	22
Şekil 3.14	FRAP yöntemi için hazırlanan standart FeSO ₄ .7H ₂ O eğrisi	22
Şekil 3.15	HPLC Kromatogram (1:gallik asit; 2: protokateşuik asit; 3:klorojenik asit 4: <i>p</i> -hidroksibenzoik asit; 5: kafeik asit; 6: şiringik asit; 7: <i>p</i> -kumarik asit; 8:elajik asit; 9: ferulik asit; 10: <i>m</i> -kumarik asit; 11: <i>o</i> - kumarik asit; 12: mirisetin; 13: kuersetin; 14: kamferol ; 15: krisin)	23
Şekil 3.16	In vitro gastrointestinal sindirim şeması ve yapılan analizler	27
Şekil 4.1	Suya batırılan DK ve VK mantarların süreye bağlı ağırlık değişimi	31
Şekil 4.2	Mantar ekstraktlarının farklı konsantrasyondaki DPPH %RSA.....	38
Şekil 4.3	Mantar ekstraktlarının farklı konsantrasyondaki ABTS %RSA	38

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1	Standart fenolik maddelerin HPLC’de alıkonma zamanları.....	24
Tablo 4.1	Kurutulmuş mantarların boyutlarındaki yaş mantara göre azalma (%)	28
Tablo 4.2	DK ve VK mantarların iç ve dış kısım L*, a*, b* değerleri	29
Tablo 4.3	DK ve VK mantarların ΔE değerleri	30
Tablo 4.4	DK ve VK mantarların Hue açısı değerleri.....	30
Tablo 4.5	DK ve VK mantarların Kroma değerleri	31
Tablo 4.6	Kurutulmuş mantarların besin içeriği.....	33
Tablo 4.7	Kurutulmuş istiridye mantarının toplam fenol, flavonoid miktarları ve antioksidan aktiviteleri.....	35
Tablo 4.8	Kurutulmuş istiridye mantarının fenolik madde içeriği	36
Tablo 4.9	DK ve VK mantar in vitro gastrointestinal sindirim analiz sonuçları	43
Tablo 4.9	DK ve VK mantar in vitro gastrointestinal sindirim analiz (devamı).....	44

Farklı Kurutma Yöntemlerinin İstiridye Mantarının Biyoaktivitesi Ve Biyoerişilebilirliği Üzerine Etkisi

Tutku Merve UÇAR

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Ayşe KARADAĞ

Bu çalışmada, istiridye mantarları (*Pleurotus ostreatus*) dondurarak kurutma (DK) ve vakum kurutma (VK) yöntemleri kullanılarak kurutulmuş ve kuru mantarların besin maddesi bileşimleri, fiziksel özellikleri (renk, boyutlarındaki değişim ve tekrar su alma özellikleri), fenolik bileşikler ve antioksidan aktiviteleri belirlenmiştir. Toplam fenolik madde miktarı DK ve VK mantarları için $11,11 \pm 0,83$ ve $15,53 \pm 0,87$ mg GAE/g ekstrakt olarak bulunmuştur. Toplam flavonoid değerleri $5,32 \pm 1,49$ ve $11,12 \pm 2,69$ mg QE/g ekstrakt olarak belirlenmiştir. DPPH radikal süpürme aktiviteleri açısından, EC_{50} değerleri DK ve VK mantarları için $4,64 \pm 1,06$ ve $5,22 \pm 0,94$ mg ekstrakt/mL olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, her iki yöntemle kurutulan mantarlardaki fenolik bileşiklerin biyoerişilebilirliği, simüle edilmiş bağırsak bariyeriyle birleştirilmiş bir in vitro sindirim modeli kullanılarak belirlenmiştir. Gallik asit, protokateşuik asit, *p*-hidroksibenzoik asit, *p*-kumarik asit ve *o*-kumarik asit, istiridye mantarı ekstraktlarında bulunan başlıca fenolik maddelerdir. Vakumla kurutulmuş mantarlarda ekstraksiyon verimi, fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivite sonuçları daha yüksek çıkmıştır. Sonuçlar, kurutma sonucunda gıda matriksinin sahip olduğu farklı fiziksel yapıların, fenolik bileşiklerin

sindirilmelerini etkileyebileceğini, istiridye mantarındaki fenolik bileşiklerin büyük kısmının bağırsakta kaldığını ve biyoerişilebilirlik indeksinin %17,8 ile %41,9 arasında değiştiğini göstermiştir. Kuru mantarlar renk, boyut değişimleri ve tekrar su alma özellikleri açısından incelendiğinde, istiridye mantarlarının muhafazasında dondurarak kurutmanın tercih edilebilir bir yöntem olduğu görülmektedir. Ancak, fenolik maddelerin ekstrakte edilebilirliği ve in vitro gastrointestinal ortamda sindirilebilirliği göz önüne alındığı zaman ise, vakum kurutmanın daha iyi bir alternatif olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: İstiridye Mantarı, Fenolikler, Kurutma, Biyoerişilebilirlik, İn vitro gastrointestinal sindirim



The Effect of Different Drying Methods on Bioactivity and Bioaccessibility of Oyster Mushroom

Tutku Merve UÇAR

Department of Food Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Asst. Prof. Ayşe KARADAĞ

The oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) was dehydrated by vacuum and freeze drier, and their proximate composition, physical properties (change in color and size, rehydration), phenolic compounds and antioxidant activities were compared. Total phenolic values were found as 11.11 ± 0.83 and 15.53 ± 0.87 mg GAE/g extract FD and VD mushrooms. Total flavonoid values were determined as 5.32 ± 1.49 and 11.12 ± 2.69 mg QE/g extract. In terms of DPPH radical scavenging activities, EC_{50} values were calculated as 4.64 ± 1.06 and 5.22 ± 0.94 mg extract / mL for FD and VD mushrooms. The bioaccessibility of phenolics and antioxidant activity were determined by using an in vitro digestion model coupled with a simulated intestinal barrier. The extraction yield, total phenol content, antioxidant activity and the number of individual phenolics were higher in vacuum dried mushrooms. Gallic acid, protocatechuic acid, p-hydroxybenzoic acid, p-coumaric acid, and o-coumaric acid were phenolic acids found in the extracts of oyster mushrooms. The different physical structures of food matrix attained by drying would influence the digestibility of bioactive compounds, a great portion of phenolics remained in the gut, and bioaccessibility index of mushroom phenolics identified in this study was

between 17,8% and 41,9%. Regarding the color, size reduction, and rehydration properties, freeze drying was a preferable method for oyster mushroom preservation. However, vacuum drying was a better alternative in terms of extractability of phenolics from mushroom powders and their fate during in-vitro gastrointestinal digestion.

Keywords: Oyster Mushroom, Phenolics, Drying, Bioaccessibility, In-vitro gastrointestinal digestion



1.1 Literatür Özeti

Pleurotus ostreatus (istiridye mantarları), sadece beslenmedeki önemiyle değil aynı zamanda lezzetli tadı ve içerdiği fenolik maddeler nedeniyle antioksidan özelliklerinden dolayı da ilgi çekmektedir. *P. ostreatus*'un immünomodülatör, anti-inflamatuar, antimutagenik, antiradikal, antidiyabetik, antibakteriyel ve antilipidemik fonksiyon gibi biyolojik özelliklere sahip olduğu gösterilmiştir [1], [2]. Son yıllarda üretimi ve tüketiminde önemli bir artış olmasına rağmen, istiridye mantarı, yüksek nem içeriği (~% 90) nedeniyle hızla bozulabilen bir gıda olup, oda sıcaklığında yalnızca 1-2 gün raf ömrüne sahiptir. Kurutma, gıdaların raf ömrünü uzatmak için kullanılan en önemli muhafaza yöntemlerinden birisidir. Ayrıca, kurutulmuş mantar hazır çorbalar, makarnalar, atıştırmalık baharatlar, dolgu maddeleri, pizzalar ve et yemekleri dahil olmak üzere birçok gıda formülasyonunda kullanılabilen değerli bir bileşendir. Mantarlar uygulanan sıcaklığa çok duyarlı olduklarından, kurutma için doğru koşulların kullanılması, yalnızca büzülme, dehidrasyon kapasitesi ve renk gibi fiziksel özellikler üzerinde değil, aynı zamanda antioksidan ve sağlığa yararlı özellikler sergileyen bileşenler üzerinde de olumlu etkilere sahip olacaktır. Gastrointestinal ortamın, bu bileşiklerin, gıda matriksinden salınmasını ve antioksidan aktivitelerini etkileyebileceği bilinmektedir. İn vitro sindirim sürecinin yenilebilir mantarlarda antioksidan bileşiklerin biyoerişilebilirliği üzerindeki etkilerini araştıran az sayıda çalışma mevcuttur [3], [4]. Bununla birlikte, in vitro gastrointestinal ortamın farklı yöntemlerle kurutulmuş istiridye mantarlarının (*Pleurotus ostreatus*) fenolikleri ve antioksidan aktiviteleri üzerine odaklanan herhangi bir çalışma mevcut değildir.

1.2 Tezin Amacı

Bu tezin amacı, dondurarak ve vakumla kurutulan istiridye mantarlarının fiziksel özellikleri, besin madde içerikleri, antioksidan özellikleri ve fenolik bileşimleri açısından değerlendirilmesi ve ayrıca kurutulmuş mantarların antioksidan aktivite ve fenolik bileşiklerinin in vitro gastrointestinal sindirim süresince değişiminin incelenmesidir.

1.3 Hipotez

İstiridye mantarları antioksidan özelliklere sahip biyoaktif bileşikler içeren gıdalardır ve bu nedenle sağlık açısından olumlu etkilere sahiptirler. Yüksek nem içeriği nedeniyle hızlı bozulabilen bir yapıya sahip olduklarından, kurutma ile raf ömürlerinin uzatılması ve farklı gıda formülasyonlarında kullanılmaları mümkündür. Kurutma için doğru koşulların kullanılması ile fiziksel özellikleri ve biyoaktif bileşenleri korunmuş ürünler elde edilebilir. Gastrointestinal ortamın da bu bileşiklerin sindirilmesi üzerine etkisi vardır. Bu sebeple, farklı yöntemlerle kurutulan istiridye mantarının fizikokimyasal özelliklerini belirlemek ve adı geçen biyoaktif bileşiklerin sindirilmesinde kurutmanın etkisini belirlemek, kurutulmuş mantar ürünlerinin endüstriyel anlamda fonksiyonel gıdalar olarak kullanılabilirliğini değerlendirmektir.

2.1 Yenilebilir Yabani Mantarlar

Binlerce yıldır insan beslenmesinde yer alan yenilebilen yabani mantarlar, normal beslenmenin dışında dokusu, tadı ve aroması sebebiyle de antik çağlardan beri tercih edilen bir lezzet olmuştur.

Mantarlar, türlerine ve mevsim şartlarına göre değişken olarak %80-90 oranında nem içeriğine sahip, protein açısından zengin, yüksek miktarlarda karbonhidrat ve lif içeren, düşük yağ oranına sahip gıdalardır ve tüm temel aminoasitleri içermektedirler [5], [6]. Makro besinlerin yanı sıra mantarlar vitaminler, provitaminler, mineraller gibi önemli biyoaktif maddeleri barındırmaktadır [6]. Yenilebilir mantarlar iyi bir lif kaynağı olup, hücre duvarları hemiselüloz, mannan, kitin ve betaglukanları içerir. β -glukanlar kandaki kolesterol ve kan şekeri düzeyini düşürür, bağışıklık sisteminin etkinliğini artırır ve bazı enfeksiyonların engellenmesine yardımcı olur [5]. Yenilebilir mantarlar ayrıca fenolik bileşikler, terpenler ve steroidler gibi çeşitli molekülleri de içermektedir. Bu sekonder metabolitler, serbest radikalleri bağlayabilmeleri nedeniyle mükemmel antioksidanlar olarak kabul edilmektedir. Serbest radikaller hücresel lipidlerin, proteinin ve DNA'nın zarar görmesi nedeniyle insan organizmasının normal işlevini bozabilir [6]. Serbest radikallerin neden olduğu oksidatif hasar, yaşlanmaya ve ateroskleroz, diyabet, kanser ve siroz gibi hastalıklarla da ilişkili olabilmektedir [7]. Antioksidanların bu hastalıklarla ilişkili oksidatif hasarı önlediği bilinmektedir [8]. Çalışmalar mantar türlerinin in vitro sistemde antioksidan kapasiteye sahip olduğunu göstermiştir [9].

İçerdiği biyoaktif maddelerden dolayı mantarlar fonksiyonel gıdalar ve/veya nutrasötik maddelerin kaynağı olarak tanımlanmaktadır [10]. Antikanser, immünomodülatörler, antioksidanlar, antihipokolesterolemikler, anti-hiperglisemikler, antimikrobiyaller, anti-enflamatuar, anti-trombojenik, antidiyabetik, hepatoprotektif ve anti-osteoporotik olmaları gibi sağlık üzerine

olumlu özellikleri vardır. Bu amaçla kullanımlarına ek olarak son araştırmalar, kozmetik endüstrisinde de mantar metabolitlerinin potansiyel uygulamalarını göstermiştir. Bu nedenle, mantarlar, sağlık endüstrilerinin ana bileşenlerinden biri olarak kabul edilmiştir [11].

2.1.1 *Pleurotus ostreatus* (İstiridye Mantarı)

Pleurotus cinsi, bazidiomycota grubuna ait hızlı büyüyen bir mantardır. Bu cins için yetmiş tür keşfedilse de [12], [13] *P. florida*, *P. sajor-caju* ve *P. ostreatus* türleri gibi sadece birkaç tanesi ticari olarak kullanılmaktadır [14]. *Pleurotus* cinsinin mantarları yüksek gastronomik değer, az çevresel kontrole ihtiyaç, sporokarplara az sayıda hastalık ve zararlı saldırısı, basit ve ucuz yetiştirme tekniği gibi nedenlerden ötürü dünyanın birçok farklı bölgesinde yoğun olarak kullanılmaktadır [15]. Dünyada en fazla yetiştirilen yenilebilir mantar türü *Agaricus bisporus*, ikincisi ise *Pleurotus ostreatus* türüdür. *P. ostreatus*, halk arasında istiridye mantarı olarak bilinir. Diğer yenilebilir mantarlara kıyasla daha kısa sürede büyür. Bu sebeplerden dolayı kültüre alınmış ve dünyada beğenilerek tüketilen mantarlar arasına girmiştir. Kış aylarında geniş yapraklı ağaçların köklerinde bulunmaktadır. 5-14 cm çapında yelpaze şeklinde kenarları dalgali ve yarıklı bir şapkaya sahiptirler. Açık kahverengi, kahverengi veya grimsi-mavi gibi çeşitli renkleri vardır. Etli kısmı kalın, beyaz renkli ve sert yapıdadır [5].

Pleurotus ostreatus, içinde bulunan mineral ve bileşiklerin yanı sıra proteinler, karbonhidratlar, lifler ve bazı vitaminler gibi organik besin kaynaklarını içeren dünya çapında toplanan ve yetiştirilen yenilebilir bir mantardır [16]. Bu yaygın yenilebilir mantar geleneksel olarak çeşitli insan hastalıklarını tedavi etmek için kullanılmıştır. Ayrıca *P. ostreatus*'un immünomodülatör, anti-inflamatuvar, antimutagenik, antiradikal, hiperglisemik, antibakteriyel ve antilipidemik fonksiyon gibi biyolojik özelliklere sahip olduğu gösterilmiştir [2], [17].

2.1.1.1 *Pleurotus ostreatus* Mantarlarının Saklanması

Yüksek besin içeriği, eşsiz lezzet ve tıbbi özellikleri nedeniyle mantar talebi arttıkça, hasat sonrası yüksek kayıplar sorun haline gelmektedir. Mantarlar yaklaşık %90 nem içerir ve özellikle polifenoloksidaz aktivitesine bağlı olarak hızla bozulma

eğilimi gösterirler [18]. Ayrıca, mantarın yüksek solunum hızı, esmerleşmesi, sivilaşması, nem kaybı ve doku değişimi gibi sebepler piyasa değerinin azalmasına neden olmaktadır [19], [20]. İdeal iklim koşullarında, bu mantarların raf ömrü yaklaşık 10 gündür ve kalitesi çoğunlukla depolama sıcaklığından etkilenir [15]. Bu nedenle hasat edildikten sonra soğuk veya kontrollü atmosferde depolama gibi yöntemler kullanılarak korunmasından kısa bir süre sonra mantarların pazarlanmaları gerekmektedir [21]. Taze mantarların soğutulması, dağıtım ve satış açısından bir alternatif olabilir ayrıca raf ömrünü uzatabilir [22]. Barutçıyan'a göre [23], yabani mantarlar taze olarak tüketilemeyecekse kurutarak, dondurarak, turşu yaparak, yağın içine koyarak, alkolde, konservede ve sterilize etme şeklinde çeşitli yöntemlerle saklanabilmektedir.

Mantarların kurutulması hem raf ömrünü uzatmak hem de lezzetlerini ve besin değerlerini korumak için etkili bir yoldur [24]. Bunun yanı sıra kurutma, mantarların taşıma, depolama ve nakliyesini de kolaylaştırır [25], kullanılabileceği ürün sayısı ve çeşitliliğini artırır. Bu konuyla ilgili sıcak hava ile kurutma, mikrodalga ile kurutma, kızılötesi kurutma, güneş enerjili ısı pompası ile kurutma, vakum ve dondurarak kurutma gibi farklı yöntemlerin kullanıldığı pek çok çalışma mevcuttur [24]. Sıcak havayla kurutma ve dondurarak kurutma, mantar bozulmasını önlemek için en yaygın kullanılan iki yöntemdir. Sıcak hava kurutması, dondurarak kurutmadan daha ucuz olmasına rağmen ürün kalitesi, büzülme, düşük rehidrasyon kapasitesi ve koyu renk oluşumu yüzünden düşüktür [20]. Kurutulmuş mantarlar, makarna, salata, pirinç yemekleri, pizza, hazır çorba ve baharat gibi gıda formülasyonlarında önemli bir bileşen olarak kullanılmaktadır [26]. Kuru mantarlar tüketilmeden önce suya daldırılarak su çekmesi sağlanabilir. Kurutulmuş ürünlerin rehidrasyon özellikleri bir kalite parametresi olarak kullanılır ve kurutma işlemi sırasında ürünün işlem şartları hakkında bilgi verir [27], [28].

2.1.2 Kurutma Yöntemleri

Meyve ve sebzeler, vitaminler, mineraller ve lif gibi önemli besin öğelerinin önemli kaynaklarıdır. Taze meyve ve sebzelerin nem içeriği %80'den fazla olduğu için yüksek oranda bozunabilen ürünler olarak sınıflandırılmıştır [29]. Ürünü taze tutmak, besin değerini korumanın en iyi yoludur ancak çoğu depolama tekniği dağıtım zinciri boyunca düşük sıcaklıklar gerektirir. Kurutma, hasat sonrasında

ürünün besin değerini korunmasını sağlayan, depolama ve dağıtımını kolaylaştıran etkili bir saklama yöntemidir. Dünyadaki bozulabilir ürünlerin %20'den fazlasının raf ömrünü uzatmak ve gıda güvenliğini arttırmak için kurutulduğu belirtilmektedir [30].

Meyve ve sebzelerin kurutma ile korunması yüzyıllar öncesine güneşte kurutma tekniklerine dayanır. Güneşte kurutmaya la oluşan kötü kalite ve ürün kirliliği alternatif kurutma teknolojilerinin gelişmesine yol açmaktadır [31]. En uygun kurutma yöntemleri, dondurarak kurutma, vakumla kurutma, ozmotik kurutma, kabin kurutucularda kurutma, konveyör kurutucularda kurutma, ohmik ısıtma ile vakum kurutma, mikrodalga kurutma ve bunların kombinasyonunu içerir [32], [33]. Dondurarak kurutma dışındaki yöntemlerde kurutma sırasında ısı uygulanması, konveksiyon ve radyasyon suyun buharlaştırılması için kullanılan temel tekniklerdir ve buharın çıkarılmasını desteklemek adına basınçlı hava uygulanır [34].

Çok sayıda gıda ve biyomateryal, çeşitli işleme koşullarında dehidrate edilir. Kurutma metodu seçimi, ürün tipi, kurutucunun elverişliliği, dehidrasyon maliyeti ve kurutulan ürünün kalitesi gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Kurutulmuş ürünlerin enerji tüketimi ve kalitesi, kurutma işleminin seçiminde diğer kritik parametrelerdir. Fosil yakıtın kullanımını azaltmak için elektrik enerjisi, hidroelektrik veya rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir bir enerji kaynağı tarafından üretilen enerjinin kullanılması kurutma uygulamaları için iyi bir alternatif oluştururlar [35], [36].

Meyve ve sebzelerin kurutulması esas olarak konvektif kurutma ile gerçekleştirilmiştir [37]. Konvansiyonel konvektif kurutma ile ilgili problemleri ele alan bir dizi çalışma vardır. Üründe renk kaybı [38], doku değişimi, büzölme gibi bazı önemli fiziksel özelliklerin yanı sıra lezzet ve besinsel içeriği etkileyen kimyasal değişiklikler meydana gelmektedir [39]. Kurutma işleminin yüksek sıcaklığı, kalite kayıplarına neden olur. Proses sıcaklığının düşürölmesi, kurutulmuş ürünlerin kalitesini iyileştirmek için büyük bir potansiyele sahiptir [40], [41]. Ancak, bu gibi durumlarda, çalışma süresinde artış ve maliyet artışı meydana gelir. İşletme maliyetini azaltmak için farklı ön işlemler, yeni düşük sıcaklık ve düşük enerjili kurutma yöntemleri geliştirilmiştir [36].

2.1.2.1 Dondurarak Kurutma

Biyolojik materyallerin dondurarak kurutulması, en yüksek kalitede nihai ürün elde edilmesini sağlayan en iyi dehidrasyon yöntemlerinden biridir. Dondurarak kurutmanın temel prensibi, ürün içerisindeki suyun dondurulduktan sonra katıdan gaz hale geçerek süblimleşmesidir. Liyofilizasyon olarak da bilinen dondurarak kurutma, biyoteknoloji, gıda ve farmasötik endüstrilerinde yaygın olarak kullanılan bir ayırma işlemidir [42]. Çok düşük sıcaklıklarda bozulma aktivitesi ve mikrobiyolojik aktivite durduğundan son ürün daha iyi kalite göstermektedir. Dondurarak kurutma, hava veya tambur kurutması gibi diğer dehidrasyon yöntemlerine göre daha iyi bir koruma yöntemi olarak görülmektedir [43]. Paakkonen ve Mattila [44], düşük işlem sıcaklığının kurutulmuş meyvelerin duyu kalitesini geliştirdiğini bulmuşlardır.

Dondurarak kurutma işlemi için gerekli olan kurutma süresi, geleneksel buharlaştırmalı kurutma yöntemleri ile karşılaştırıldığında büyük ölçüde uzundur. Donma sırasındaki yoğun enerji ihtiyacı, birincil ve ikincil kurutma aşamaları, işçilik ve genel masraflar dondurarak kurutma işlemini çok pahalı bir dehidrasyon işlemi yapmaktadır [45].

2.1.2.2 Vakum Kurutma

Yüksek sıcaklığa maruz kalınca kolayca etkilenen ürünlerin kurutulmasını sağlamak amacıyla daha düşük sıcaklıklarda ve daha hızlı çalışma imkanı sunan vakumlu kurutucular geliştirilmiştir. Vakumlu kurutucularda katı ürünlerin yanı sıra sıvı veya püre haline getirilmiş ürünler de kurutulmaktadır. Bu yöntemde belirli bir basınçta vakum ortamının yaratılması için buhar enjektörü veya vakum pompası kullanılır. Ürün içerisindeki nem konveksiyon, kondüksiyon veya radyasyon yöntemleriyle ısıtılarak buharlaştırılır ve uzaklaştırılır [46].

Vakum kurutucularda hava miktarının çok az olması sebebiyle kolay okside olan ürünlerin kurutulmasında meydana gelebilen oksidasyon tehlikesi engellenmektedir. Yüksek sıcaklıkta yüzeyi çabuk kuruyarak ortası nemli kalan ürünlerin kurutulmasında vakumlu kurutucuların kullanılması uygundur. Bu tip kurutucularda vakum ortamındaki sıcaklık daha düşük olacağından, ürünün yüzeyi

kabuk oluşturmadan i bölgesinden de nem difüzyonu gerçekleşerek ürünün tamamının kuruması sağlanacaktır [46].

Meyve ve sebzelerin vakum kurutma ile kurutulmasında geleneksel yöntemlere göre daha düşük sıcaklıklar kullanılması, vakum ortamında havanın olmaması sebebiyle oksidasyonun azalması ve bu avantajlardan dolayı renk, tekstür ve tat olarak gelişmeler göstermesi tercih sebebi olmaktadır [47].



3.1 Materyal

Çalışmada kullanılan istiridye mantarları (Şekil 3.1) İstanbul'da bir mantar üreticisinden temin edilmiştir. Üç farklı seferde aynı şartlarda üretilen mantarlar çalışma günlerinde temin edilerek çalışmalarda kullanılmak üzere işleme alınmıştır.



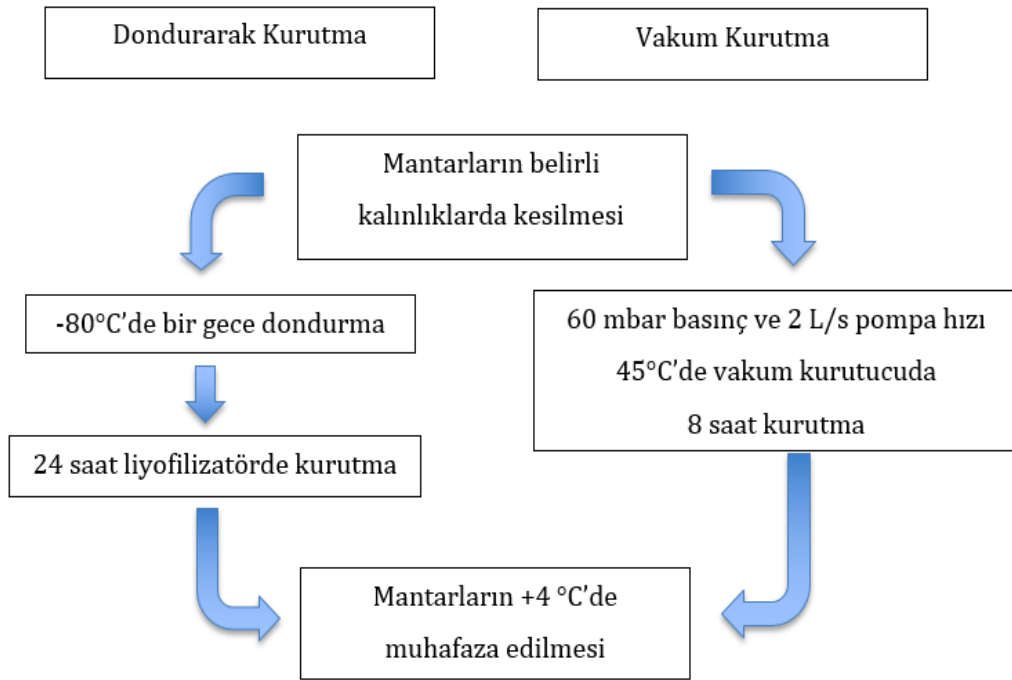
Şekil 3.1 İstiridye mantarı

3.2 Metot

3.2.1 Mantarların Hazırlanması ve Kurutulması

Günlük olarak alınan istiridye mantarları tartımları alındıktan sonra ortalama $148,63 \pm 24,51$ mm genişliğinde dilimlenmiştir. Fiziksel analizler için gerekli olan ölçümler (kumpas, renk ölçümü ve nem tayini) alındıktan sonra hazırlanan mantarların bir kısmı vakumlu kurutucuda (Daihan WOV-30, Gangwondo, South Korea) kurutulmuştur (Şekil 3.2). Vakum, 60 mbar nihai basınç ve 2 L/s pompa hızı ile vakum pompası (EVP 2XZ-2C, Zhejiang, Çin) tarafından sağlanmıştır. Vakum

kurutucu kurutma sıcaklığına (45°C) ulaştıktan sonra, mantarlar kurutma tepsisine dizilmiş ve 8 saat boyunca vakum altında kurutma işlemine devam edilmiştir. Kurutma işlemi için ayrılan mantarların diğer kısmı ise -80°C'de bir gece dondurulduktan sonra liyofilizatörde (Christ Beta 1-8 LSC plus, Germany) 24 saatlik programda kurutulmuştur. Kurutulan mantarlar hava geçirmeyen saklama kaplarına alınıp +4°C'de analiz günlerinde kullanılmak üzere muhafaza edilmiştir. Şekil 3.3'de kurutulmuş mantarlar gösterilmiştir.



Şekil 3.2 İstridye mantarlarının kurutulması



Şekil 3.3 (a)Taze mantar, (b)DK mantar, (c) VK mantar

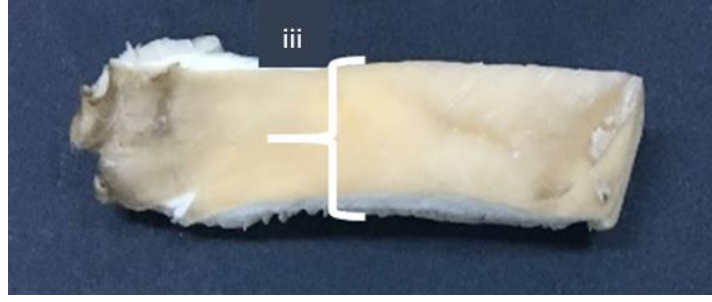
3.2.2 Fiziksel Analizler

3.2.2.1 Kumpas Ölçümü

Çalışmada mantar dilimleri beşerli gruplara ayrılarak kurutulmadan önce ve kurutulduktan sonra kalın bölge-i, ince bölge-ii (Şekil 3.4) ve en bölgesi-iii (Şekil 3.5) olmak üzere 3 ayrı bölgesinden kumpas aleti ile ölçümleri alınmıştır.



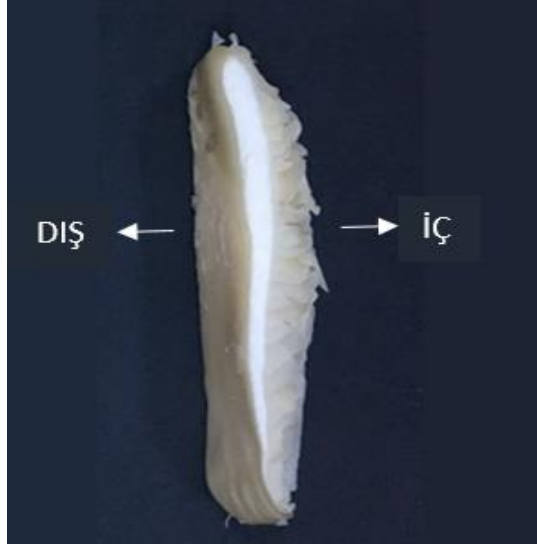
Şekil 3.4 Boyut analizi yapılan bölgeler: kalın bölge-i, ince bölge-ii



Şekil 3.5 Boyut analizi yapılan bölgeler: en bölgesi-iii

3.2.2.2 Renk Ölçümü

Renk ölçümü için hem yaş hem de kurutulmuş mantar dilimlerinin iç ve dış bölgesinden (Şekil 3.6) 3 paralelli olacak şekilde ölçümler yapılmıştır. Örneklerin renk ölçümü Konica Minolta marka Chroma Meter CR-400 model cihazla alınmıştır. Renk sonuçlarına göre L^* ($L^*=100$, parlaklık/ $L^*=0$, koyuluk), a^* ($+a^*$, kırmızılık/ $-a^*$, yeşillik), ve b^* ($+b^*$, sarılık/ $-b^*$, mavilik) olarak tanımlanır (Şekil 3.7). Çalışmada tanımlanan değerler ile ayrıca ΔE (3.1), kroma (3.2) ve hue açısı (3.3) hesaplanarak karşılaştırma yapılmıştır. ΔE değeri Commission Internationale d'Eclairage (CIE)(Uluslararası Aydınlatma Kurumu) tarafından tanımlanmıştır. ΔE değerinin düşük olması farklılığın az olduğu anlamına gelmektedir. Kroma (C^*) yoğunluk veya doygunluk ölçüsüdür. Hue açısı (H^*), birincil renklerden ayırt edilebilirliği veya bulunabileceği görünür ışığın niteliğini ifade eder [48](Şekil 3.8).

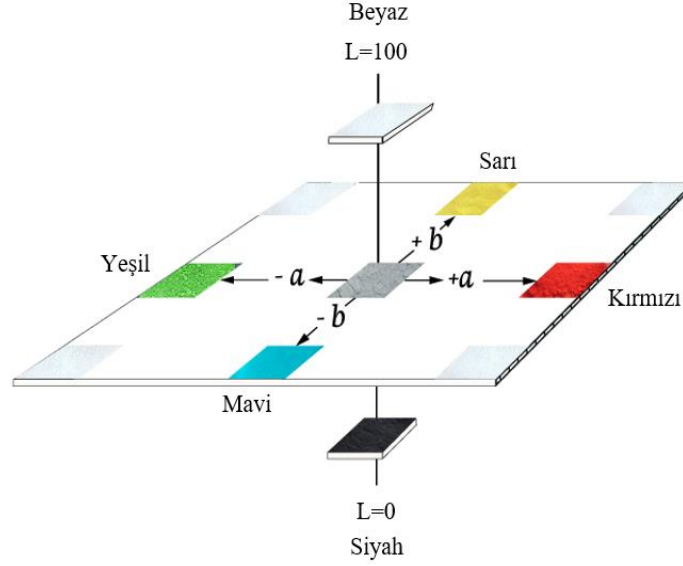


Şekil 3.6 Renk analizinde belirlenen iç ve dış bölge

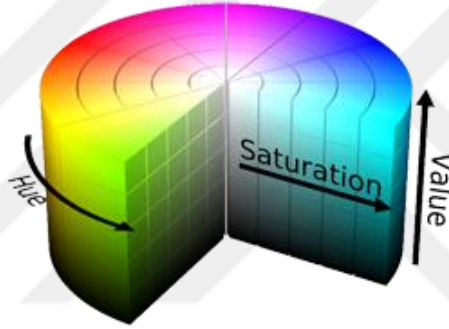
$$\Delta E = \sqrt{[(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2]} \quad (3.1)$$

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (3.2)$$

$$H^* = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (3.3)$$



Şekil 3.7 CIE $L^*a^*b^*$ renk düzlemi



Şekil 3.8 Hue Açısı, kroma (saturation/doygunluk), value (parlaklık)

3.2.2.3 Rehidrasyon Kapasitesinin Ölçülmesi

Kurutulmuş bir ürünün rehidrasyon yeteneği, onun suda belirli koşullarda kazandığı su miktarı ile ölçülür. Vakum kurutma ile kurutulan mantarlar tartıldıktan sonra ağırlıklarının 100 katı olan oda sıcaklığındaki suya batırılıp sırasıyla 2, 5, 10, 15, 20 ve 30 dakika (toplam 1 saat 22 dakika) bekletildikten sonra örnekler kurulama kâğıdı ile kurulanıp Precisa marka (model XB220A, Precisa Instruments AG, Dietikon, İsviçre) bir hassas terazi ile ağırlıkları kaydedilmiştir. Dondurarak kurutulan mantarlar da aynı şekilde 2, 5, 10, 15 ve 20 dakika (toplam 52 dakika) bekletildikten sonra tartımları alınmıştır.

3.2.3 Besin Değeri Analizleri

DK ve VK ile kurutulan mantarlarda nem, kül, protein, yağ, karbonhidrat dahil olmak üzere besin değeri analizleri, AOAC'ye göre belirlenmiştir [49].

3.2.3.1 Nem Tayini

Öğütücü ile homojen toz haline getirilen yaş ve kuru mantarların nem tayinleri RADWAG MA 50.R nem tayin cihazıyla yapılmıştır.

3.2.3.2 Ham Yağ Tayini

Ham yağ miktarının hesaplanmasında Büchi E-812/E-816 SOX Otomatik Soxhlet Sistemi Yağ Tayin Cihazı kullanılmıştır. Gıda içerisindeki yağın çözülmesini ve kaba aktarılmasını sağlamak amacıyla çözücü(hegzan) kullanılmıştır. Kaba süzgeç kağıdı üzerine ikişer g VK toz mantar ve birer g FK toz mantar tartılıp süzgeç kağıdı katlanarak kartuşa alınmıştır. Cihaz hegzan uçuncaya kadar çalıştırılarak önceden tartımları alınan kaplarda yağın toplanması sağlanmıştır ve yağ miktarı hesaplanmıştır.

3.2.3.3 Kül Tayini

Bir gün önceden içerisinde nitrik asit (HNO_3) koyularak bekletilen porselen krozeler saf sudan geçirilerek kurutulduktan sonra sabit tartıma getirilmiştir. Krozelerin darası (M_1) kaydedildikten sonra örnekler krozeye tartılmıştır (m). Kül fırınında yakma işlemine geçmeden önce örneklerin üzerine %67'lik etil alkol koyulup alevlendirilerek ön yakma işlemi yapılmıştır. Daha sonra kül fırınının sıcaklığı 550°C 'a ayarlanarak 7-8 saat bekletilmiştir. Krozeler desikatöre alınarak oda sıcaklığında sabit tartıma gelene kadar bekletilerek tartımları alınmıştır (M_2).

% Kül miktarı (3.4)'de belirtilen formül ile hesaplanmıştır.

$$\%K\ddot{u}l = \frac{M_2 - M_1}{m} \times 100 \quad (3.4)$$

M_2 : Yakmadan sonraki kroze + kül ağırlığı

M_1 : Sabit tartıma getirilen krozenin ağırlığı

m : Alınan örnek ağırlığı

3.2.3.4 Protein Analizi

Mantarların ham protein içeriği makro-Kjeldahl yöntemiyle hesaplanmıştır. Yöntemde örnek asitle yakılarak içerisindeki tüm azotun bağlanmasından sonra

bazikleştirilerek damıtılıp nötrleşmeyen fazla asit miktarının titrasyon ile saptanması sağlanır.

Örnekteki protein miktarı (3.5) ve (3.6) denklemleri kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\%Azot = \frac{(V_1 - V_0) \times N \times 0,014}{m} \times 100 \quad (3.5)$$

$$\%Protein Miktarı = \%Azot \times F \quad (3.6)$$

V_1 : Titrasyonda harcanan H_2SO_4 çözeltisi veya HCl çözeltisi miktarı (mL)

V_0 : Kör deneme titrasyonunda harcanan H_2SO_4 çözeltisi veya HCl çözeltisi miktarı (mL)

N : Titrasyonda kullanılan H_2SO_4 çözeltisi veya HCl çözeltisinin normalitesi (0,1 N)

0,014 :Azotun mili ekivalen ağırlığı

m : Alınan gıda örneği miktarı (g veya mL)

F : 6,25

3.2.3.5 Amino Asit Tayini

Amino asit analizi için Gheshlaghi vd. [50] tarafından açıklanan yöntem izlenmiştir. Kurutulmuş mantarlar 6 N HCl içerisinde çözündürülmüş ve 24 saat boyunca $110^\circ C$ 'de inkübe edilmiştir. Enjeksiyon öncesinde örnekler ultra hızlı sıvı kromatografisi (UFLC) sisteminde (LC-20AT pompa, SPD-20A detektör; Shimadzu Corp., Kyoto, Japan) fenil izotiyosiyanat ile ön-kolon (Agilent Eclipse XDB-C18 $5\mu m$ $4x6x150$ mm; Agilent, CA, USA) türevlendirme yapılmıştır. Mobil fazlar sodyum fosfat tampon $pH = 6,9$ (A) ve asetronitril (B) olacak şekilde kullanılmıştır. Kromatografi, $40^\circ C$ sabit sıcaklıkta, UV-VIS dedektörde (254 nm), 1mL/dk akış hızında, % 15 B (0-13 dakika), % 15 ile 25 % B (13-22 dakika), %25 ile %30 B (22-26 dakika) ve %30 ile %60 B (26-28 dakika) gibi bir gradyan elüsyonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyon eğrileri, standart 16 amino asit kullanılarak hazırlanmıştır.

3.2.3.6 Karbonhidrat Miktarının Hesaplanması

Kurutulan mantarların karbonhidrat miktarları, çalışmada yüzde (%) olarak belirlenen nem, protein, yağ ve kül miktarlarından çıkartılmasıyla hesaplanmıştır.

3.2.4 Kurutulan Mantarların Ekstraksiyonun Hazırlanması

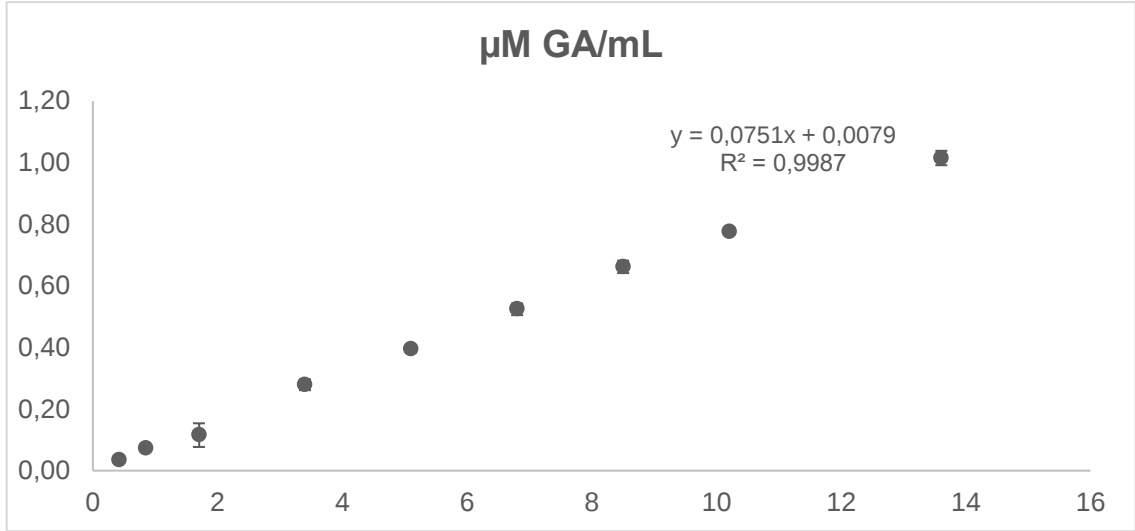
Kurutulan mantar örnekleri öğütücüden geçirilip toz haline getirildikten sonra 15'er g tartılarak 1:20 oranında etanol su (80:20, v:v) çözeltisi ile karıştırılmıştır. Karışımlar ISOLAB Homojenizatörle homojenize edilmiştir. Bu homojen çözeltiler oda sıcaklığında 1 gece boyunca çalkalayıcıda ekstraksiyon için karıştırılmıştır. Kaba filtre kâğıdından süzülen örnekler ayrılarak kalan posalar tekrar 1:20 oranında etanol su (80:20, v:v) çözeltisi ile karıştırılmış ve 1 saat bekletilerek süzölmüştür. Son olarak ayrılan posa 1:10 oranında etanol su (80:20, v:v) çözeltisi ile karıştırılmış ve 1 saat boyunca çalkalayıcıda ekstrakte edilmiş ve süzölmüştür. Süzülen örneklerin tamamı bir beherde toplanmıştır ve düşük basınç altında 45°C 'de evaporatör (BÜCHI Rotavapör R-200) ile alkol uzaklaştırılarak önceden sabit tartımı alınmış petrilere konulmuştur. -80°C'de 1 gece bekletilen ekstraktlar, liyofilizatörde kurutulmuştur. Hazırlanan bu toz ekstraktlar analiz günlerine kadar -18°C de muhafaza edilmiştir.

3.2.5 Antioksidan Analizleri ve Karakterizasyonu

3.2.5.1 Toplam Fenolik Madde Miktarı Metodu (TFFM)

DK ve VK ekstraktlarından analiz için tartılan miktarı 70:30(v:v) etanol su ile çözdürölüp 0,45 µm'lik filtrelerden geçirilmiştir. Ekstraktların toplam fenolik içeriği (TPC), Singleton ve Rossi [51] tarafından tanımlanan Folin-Ciocalteu (FC) yöntemine göre belirlenmiştir. Referans standart olarak gallik asit seçilmiştir. 0,5 ml ekstrakt çözeltisine (4 mg/mL), 2,5 mL FC reaktifi (0.2 N) eklenmiştir. 3 dakika sonra reaksiyon tüpüne 2 mL %2 (w/v) Na₂CO₃ ilave edilmiştir. Hazırlanan karışım oda sıcaklığında karanlık bir yerde 30 dakika bekletildikten sonra, örneklerin absorbans değerleri spektrofotometre (Shimadzu 150 UV-1800 spektrofotometre, Japonya) kullanılarak 760 nm'de ölçölmüştür. Standart olarak 2,5-80 µg/mL (0,45-13,5 µM (r² =0,999)) lineer aralığında gallik asit (GAE) için kalibrasyon grafiği

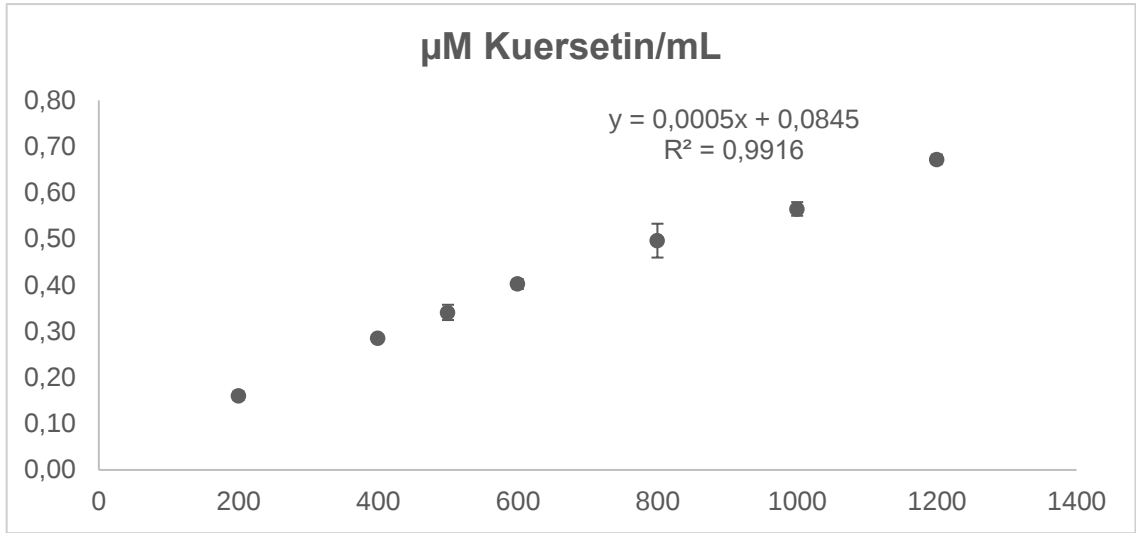
hazırlanmıştır (Şekil 3.9). Sonuçlar her bir g ekstrakt ve g kuru mantar için mg GAE olarak verilmiştir.



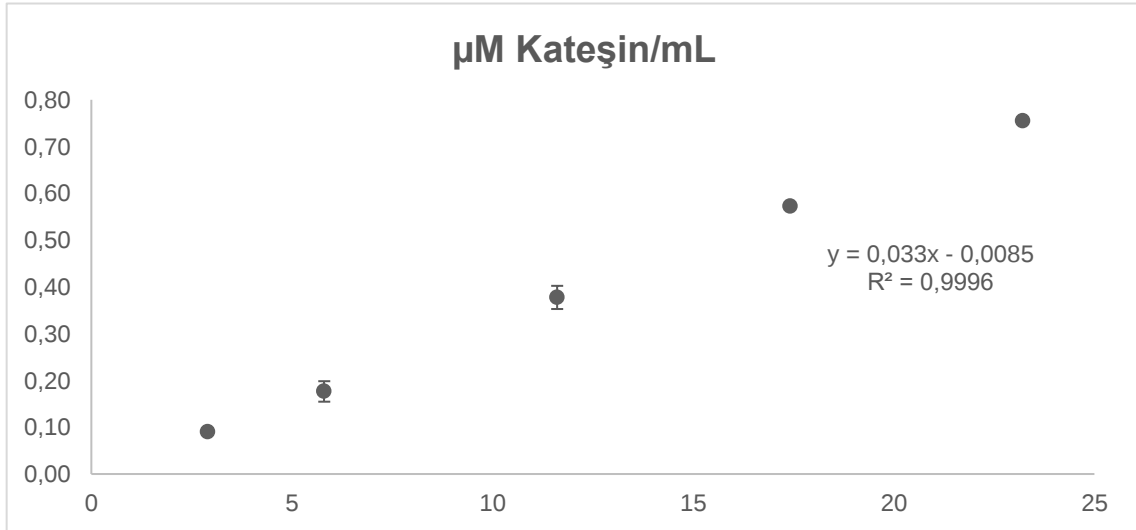
Şekil 3.9 TFMM belirlenmesinde kullanılan standart gallik asit eğrisi

3.2.5.2 Toplam Flavonoid Miktarı

Kurutulmuş mantarların toplam flavonoid içeriği, bazı modifikasyonlarla Zhishen vd. [52] tarif edilen yöntemle göre belirlenmiştir. 1 mL ekstrakt çözeltisi (20 mg/mL), 1 mL saf su ile karıştırılıp sırasıyla 0,75 mL NaNO₂ (% 5), 0,75 mL AlCl₃ (% 10), 0,5 mL NaOH (1 M) ve 0,6 mL su eklendikten sonra karışımın absorbansı spektrofotometre (Shimadzu 150 UV-1800 spektrofotometre, Japonya) kullanılarak 510 nm'de ölçülmüştür. Standart olarak 600-3600 µg/mL (200-1200 µM ($r^2 = 0,992$)) lineer aralığında kuersetin (QE) ve 10-200 µg / mL'lik (2,90-23,22 µM ($r^2 = 0,999$)) lineer aralığında kateşin (CE) için kalibrasyon grafiği hazırlanmıştır (Şekil 3.10 ve Şekil 3.11). Sonuçlar her bir g ekstrakt ve g kuru mantar için mg QE ve CE olarak verilmiştir.



Şekil 3.10 Toplam flavonoid içeriği için hazırlanan standart kuersetin eğrisi



Şekil 3.11 Toplam flavonoid içeriği için hazırlanan standart kateşin eğrisi

3.2.5.4 DPPH Serbest Radikalleri Süpürme Aktivitesi Tayini

Antioksidan aktivitesinin belirlenmesini sağlayan bu yöntemde kararlı bir organik nitrojen radikali olan 1,1-difenil-2-pikril hidrazil (DPPH) kullanılmaktadır [53],[54].



Reaksiyon yukarıdaki denklemde görüldüğü gibi gerçekleşmektedir. DPPH molekülü, antioksidan varlığında proton transferi gerçekleştirerek koyu mor renkten renksiz bir bileşik olan DPPH indirgenmiş molekülüne dönüşmektedir. Bu reaksiyonun 517 nm deki absorbansının ölçülmesi, yaygın olarak kullanılan yöntemlerdendir [55].

Çalışmada serbest radikal olarak 2mM DPPH'nin etanoldeki çözeltisi (70:30, v:v) kullanılmıştır. DK ve VK ekstraktları farklı konsantrasyonlarda (1, 2, 4, 6, 8, 10, 12 mg/mL) olacak şekilde 70:30 (v:v) etanol ile hazırlanmıştır. Hazırlanan örnekler, hazırlanan DPPH çözeltisiyle reaksiyona sokulmuştur. Kör ile beraber 25 dakika oda sıcaklığında karanlıkta inkübe edildikten sonra 517 nm de absorpsanları ölçülmüştür.

Abs₀: 0,5 ml 70:30 (v:v) etanol su + 2 ml DPPH

Abs₁: 0,5 ml örnek + 2 ml DPPH

Abs₂: 0,5 ml örnek + 2 ml 70:30 (v:v) etanol su

Konsantrasyonların hesaplanmasında (3.7)'deki denklem kullanılmıştır.

$$\%DPPH \text{ Radikal süpürme aktivitesi} = \left[1 - \frac{(Abs_1 - Abs_2)}{Abs_0} \right] \times 100 \quad (3.7)$$

DPPH konsantrasyonunun yarısını inhibe eden antioksidan konsantrasyonu EC₅₀ olarak ifade edilir ve hazırlanan her konsantrasyona (1-12 mg/mL) karşılık gelen %DPPH RSA eğrisinden hesaplanmıştır.

3.2.5.6 ABTS

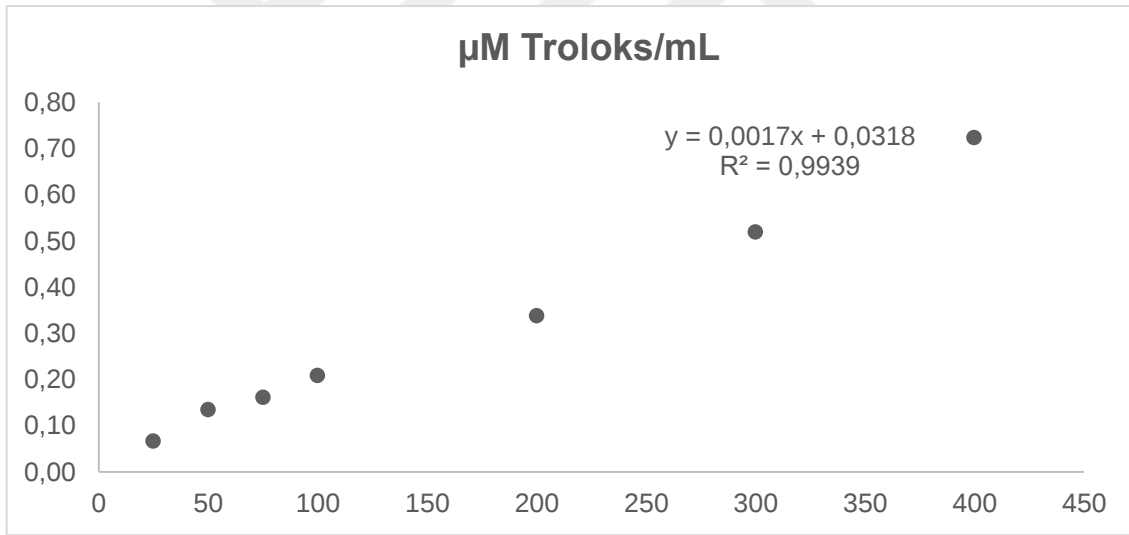
ABTS radikal süpürme aktivitesi (2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit) Re ve arkadaşlarının geliştirdiği metoda göre gerçekleştirilmiştir [56]. ABTS radikal katyonu, ABTS stok çözeltisinin (7mM) 2,45 mM potasyum persülfat çözeltisi ile karıştırılması ve karışımın kullanımdan önce 12-16 saat boyunca oda sıcaklığında karanlıkta bekletilmesiyle hazırlanmıştır. Ölçümler için stok çözeltisi 734 nm'de 0,700'lük bir absorpsansa gelene kadar saf su ile seyreltilmiştir. Ekstraktlar 2 ile 15 mg/mL arasında çeşitli konsantrasyonlarda etanol su (70:30(v:v)) içerisinde çözündürülmüştür. 0,1 mL ekstrakta 2 mL seyreltilmiş ABTS eklendikten sonra 6 dk karanlıkta bekletilip 734 nm'de absorpsanlar ölçülmüştür. Radikal süpürme aktivitesi aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır;

$$\%ABTS \text{ Radikal süpürme aktivitesi} = \left[\frac{(Abs_0 - Abs_1)}{Abs_0} \right] \times 100 \quad (3.8)$$

Abs₀, körün absorbansı; Abs_ø örneğin absorbansıdır. ABTS radikali için EC₅₀ değeri, ekstrakt konsantrasyonuna (1-15 mg/mL) karşılık gelen % ABTS RSA grafiğinden hesaplanmıştır.

3.2.5.5 CUPRAC

CUPRAC analizi Apak vd. [57] yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Bir test tüpüne 1 mL CuCl₂ çözeltisi (0,01 M), neokuprin (7,5 mM) ve 1 M amonyum asetat tampon (pH 7.0) çözeltileri ilave edilmiştir. Test tüpüne 0,1 mL ekstrakt eklendikten sonra, 1 mL saf su eklenmiştir. Bütün örnekler karanlıkta 1 saat inkübe edilmiştir. Oda sıcaklığında 1 saat inkübasyondan sonra spektrofotometre (Shimadzu UV-1800 spektrofotometre, Japonya) kullanılarak 450 nm'de absorbanslar ölçülmüştür. Standart olarak 25-400 µM'lik (6,25-100 µg / mL ($r^2 = 0,994$)) lineer aralığında Troloks (TE) (Şekil 3.12) için kalibrasyon grafiği hazırlanmıştır. Sonuçlar, her bir g ekstrakt ve g kuru mantar için mg TE olarak verilmiştir.

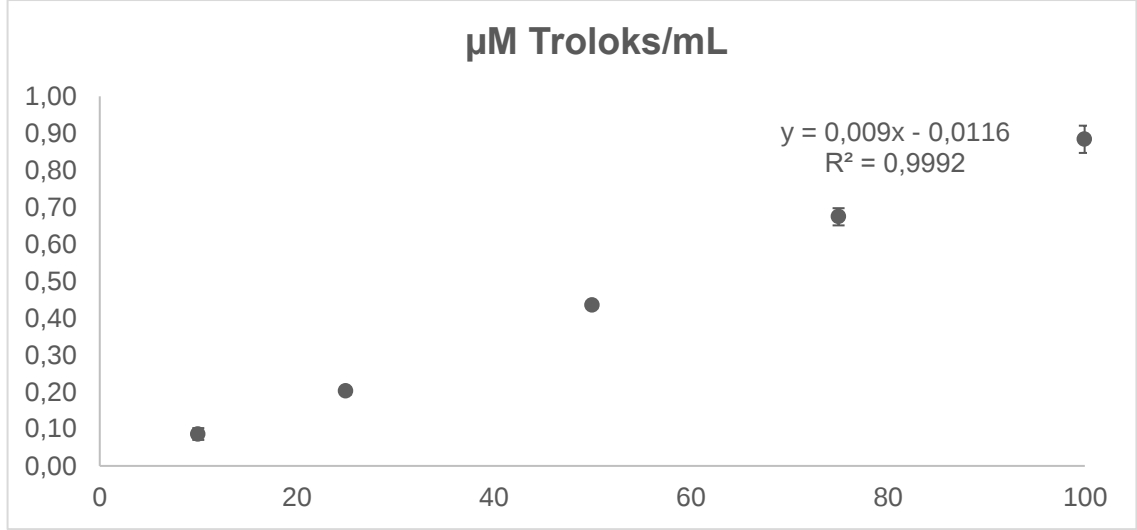


Şekil 3.12 CUPRAC yöntemi için hazırlanan standart troloks eğrisi

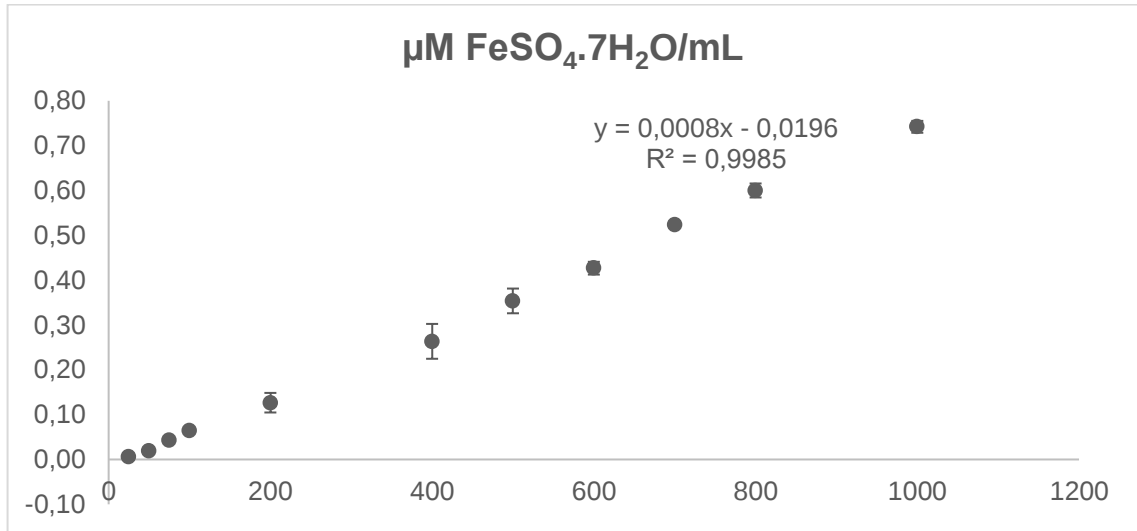
3.2.5.7 FRAP

FRAP testi (ferrik indirgen antioksidan potansiyeli) Benzie ve Strain'a[58] göre yapılmıştır. FRAP reaktifi kullanımdan hemen önce 10:1:1 oranında 300 mM Asetat tamponu (pH 3.6), 10 mM 2, 4, 6-tripiridil-s-triazin (TPTZ) çözeltisi ve 20 mM FeCl₃·6H₂O karıştırılarak hazırlanmıştır. 300 mM asetat tamponu, 0,31 g sodyum asetat trihidrat (C₂H₃NaO₂ · 3H₂O) 1,6 ml asetik asit ile karıştırılıp son hacim 100 mL'ye gelinceye kadar saf su ile seyreltilmiştir. TPTZ çözeltisi, 40 mM HCl içerisinde

10 mM TPTZ'nin çözölürölmesiyle hazırlanmıştır. 100 µL örnek, sırasıyla 900 µL H₂O ve 2 mL FRAP reaktifi ile karıştırılıp oda sıcaklığında ve karanlıkta 30 dakika inkübe edildikten sonra 593 nm'de absorbansları köre karşı ölçölümüştür. Standart olarak 10-100 µM ($r^2=0,999$) (2,5-25 µg/mL) lineer aralığında Troloks eşdeğeri (TE) ve 25-1000 µM ($r^2=0,999$) (6,95-278 µg/mL) lineer aralığında FeSO₄.7H₂O için kalibrasyon grafiğı hazırlanmıştır(Şekil 3.13 ve Şekil 3.14). Sonuçlar her bir g ekstrakt ve g kuru mantar için mg TE ve FeSO₄.7H₂O olarak verilmiştir.



Şekil 3.13 FRAP yöntemi için hazırlanan standart troloks eğrisi

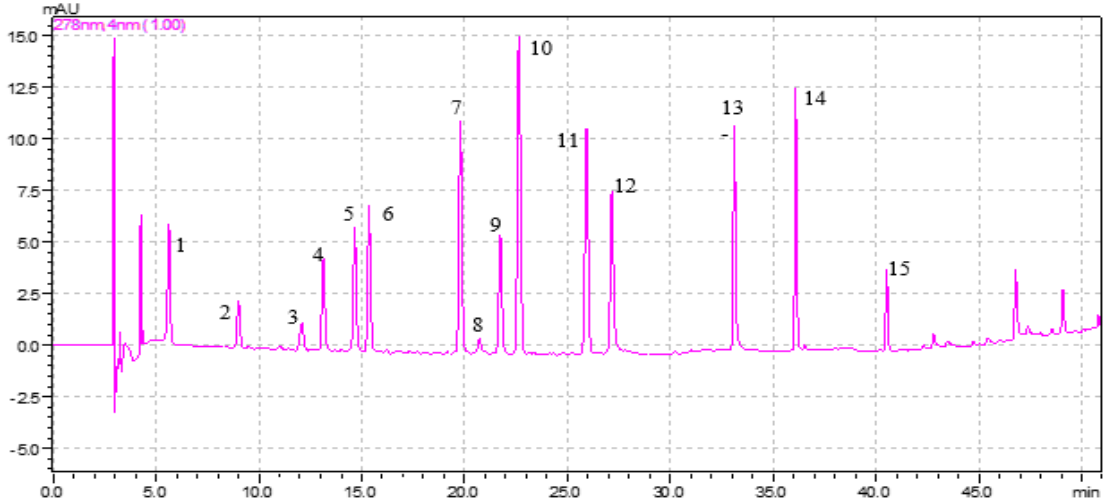


Şekil 3.14 FRAP yöntemi için hazırlanan standart FeSO₄.7H₂O eğrisi

3.2.5.3 Fenolik Madde Profilleri (HPLC-DAD)

DK ve VK mantar ekstraktlarının fenolik madde profilleri, diyot dizinli dedektöre sahip yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC-DAD) ile belirlenmiştir. Standart kalibrasyon eğrileri, gallik asit, protokateşuik asit, *p*-hidroksibenzoik asit, kafeik

asit, klorojenik asit, şiringik asit, *o*-kumarik asit, *m*-kumarik asit, *p*-kumarik asit, rutin, ferulik asit, mirisetin, kuersetin, kamferol ve krisin kullanılarak hazırlanmıştır. Numuneler ve standart çözeltiler, 0,45 µm'lik filtrelerden süzülerek viallere aktarılmış ve Shimadzu HPLC sisteminde (LC-20AD pompa, SPD20A DAD dedektör, SIL-20A HT autosampler, CTO-10ASVP kolon fırını, DGU-20A5R degazör ve CMB-20A veri iletişim modülü; Shimadzu Corp., Kyoto, Japan) analiz edilmiştir. Seperasyon, Intersil® ODS C-18 ters fazlı kolonda (250 mm x 4,6 mm uzunluk, 5 µm partikül boyutu) 40°C'de gerçekleştirilmiştir. Mobil faz, solvent A (% 0,1 (V/V) asetik asit içeren damıtılmış su) ve solvent B'yi (%0,1 (V / V) asetik asit ile asetronitril) içermiştir. Gradyan elüsyonu % 10 B (0'dan 2. dakikaya), % 10 ila % 30 B (2'den 27. dakikaya), % 30 ile % 90 B (27'den 50. dakikaya) ve % 90 ila % 100 B (51'den 60. dakikaya) ve 63. dakikadan sonra başlangıç koşullarına dönecek şekilde ve akış oranı 1 mL/dk olarak ayarlanmıştır. Kromatogramlar 280, 320 ve 360 nm'de kaydedilmiştir. Tanımlama ve kantitatif analiz, alıkonma zamanı ve harici standart eğrileri bazında yapılmıştır. Tüm örneklerin HPLC-DAD sonuçları µg/g kuru mantar olarak verilmiştir.



Şekil 3.15 HPLC Kromatogram (1:gallik asit; 2: protokateşuik asit; 3:klorojenik asit; 4: p-hidroksibenzoik asit; 5: kafeik asit; 6: şiringik asit; 7: p-kumarik asit; 8:elajik asit; 9: ferulik asit; 10: m-kumarik asit; 11:o- kumarik asit; 12: mirisetin; 13: kuersetin; 14: kamferol ; 15: krisin)

Tablo 3.1 Standart fenolik maddelerin HPLC’de alıkonma zamanları

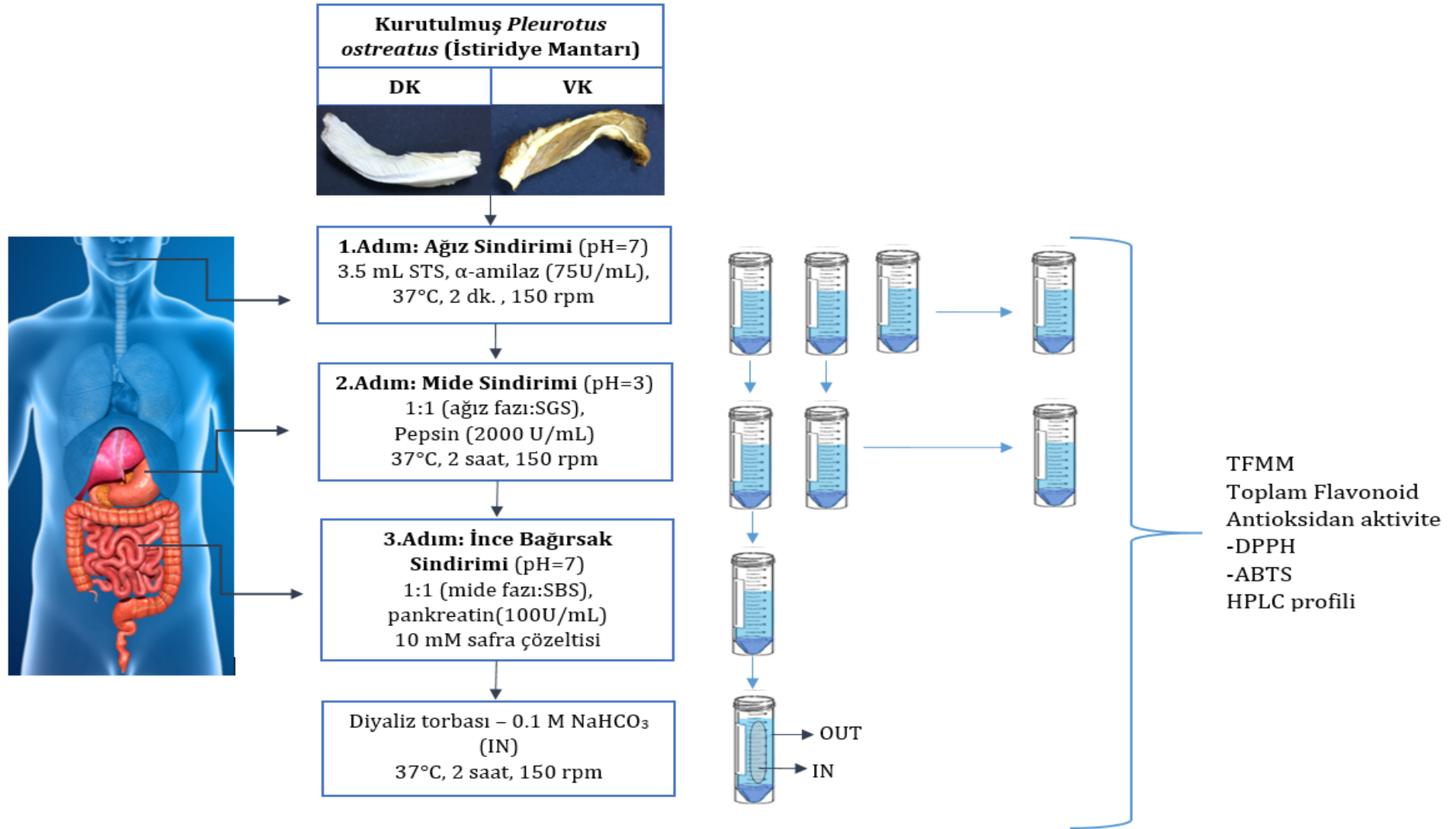
Fenolik Maddeler	Alıkonma Zamanı (dk)
1 Gallik asit	5.639
2 Protokateşuik asit	9.038
3 Klorojenik asit	12.136
4 <i>p</i> -hidroksibenzoik asit	13.156
5 Kafeik asit	14.685
6 Şiringik asit	15.372
7 <i>p</i> -kumarik asit	19.816
8 Elajik asit	20.676
9 Ferulik asit	21.759
10 <i>m</i> -kumarik asit	22.676
11 <i>o</i> -kumarik asit	25.960
12 Mirisetin	27.147
13 Kuersetin	33.141
14 Kamferol	36.128
15 Krisin	40.529

3.2.6 In Vitro Gastrointestinal Sindirilebilirlik Analizi

In vitro gastrointestinal sindirilebilirlik analizindeki simüle edilmiş sindirim sıvılarının (STS: simüle edilmiş tükürük sıvısı, SGS: simüle edilmiş gastrik sıvı, SBS: simüle edilmiş bağırsak sıvısı) stok çözeltileri Minekus vd. [59] tarafından tarif edilen prosedüre göre hazırlanmış ve 37°C’ye ısıtılmıştır. Santrifüj tüplerine kuru mantar (DK ve VK), 3,5 mL tükürük sıvısı (STS), 0,5 mL α -amylase çözeltisi (son karışımda 75 U/mL), 25 μ L CaCl₂ (son karışımda 0,75 mM) ve tükürük ortamını sağlayacak gerekli miktarda saf su eklenerek oral (ağız) faz oluşturulmuştur. Örnekler 37°C ve 150 rpm’de 2 dakika inkübe edilmiştir. Her numuneden birer tüp analizler için ayrılmıştır. Geri kalan tüplere toplam hacim oral fazın iki katı olacak şekilde mide sıvısı (SGS), CaCl₂ (son karışımda 0,075 mM), 1 M HCl (pH=3 ayarlamak

için), pepsin çözeltisi (son karışımda 2000 U/mL) ve saf su eklendikten sonra örnekler 37°C'ye ayarlanmış çalkalayıcıda (150 rpm) 2 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda her numuneden birer tüp analizler için ayrılmıştır. Daha sonra geri kalan tüplere toplam hacim mide fazı hacminin iki katı olacak şekilde bağırsak sıvısı (SBS), CaCl₂ (son karışımda 0,3 mM), 1 M NaOH (pH=7'yi ayarlamak için), pankreatin çözeltisi (son karışımda 100 U/mL), safra sıvısı (son karışımda 10 mM) ve saf su eklenmiştir. Diyaliz torbası parçaları kesilerek içleri yeterli miktarda sodyum bikarbonat (0,1 M) ile doldurulduktan sonra ağızları kapatılmış ve bağırsak fazı tüplerine yerleştirilmiştir. Örnekler 37°C'ye ayarlanmış çalkalayıcıda (150 rpm) 2 saat inkübe edilmiştir. Diyaliz poşetindeki çözelti analizler için, seruma giren materyali temsil eden IN örneği olarak ve diyaliz poşetinin dışındaki çözelti sindirim kanalında kalan materyali temsil eden OUT örneği olarak alınmıştır. Yapılan analiz Şekil 3.16'da şematize edilmiştir. Alınan tüm örnekler liyofilizatörde kurutulup analiz gününde kullanılmak üzere -20°C'de muhafaza edilmiştir. In vitro gastrointestinal sindirilebilirlik analizinde her fazda alınan örnekler ile toplam flavonoid, toplam fenolik madde miktarı, fenolik madde analizi (HPLC-DAD), DPPH ve ABTS analizleri yapılmıştır. Biyoerişilebilirlik indeksi (%BI) (3.9)'da verilen formülle hesaplanmıştır [60], [61].

$$\%BI = \frac{IN}{(IN+OUT)} \times 100 \quad (3.9)$$



Şekil 3.16 In vitro gastrointestinal sindirim şeması ve yapılan analizler

3.2.7 İstatistiksel Analizler

Çalışmadaki tüm analizlerde kullanılan mantarlar 3 parti şeklinde ayrılmış olup her bir partiden DK ve VK yapılmıştır. Her parti kurutmadan 3 paralelli ekstraktlar elde edilmiş olup analizler gerçekleştirilmiştir. İstatistik hesaplamaları SPSS programı (IBM SPSS statistics 20.0, USA) kullanılarak yapılmıştır. Veriler ortalama $\pm$ standart sapma olarak rapor edilmiştir. Dondurarak kurutulan ve vakumla kurutulan mantarlar arasındaki özellik farkları T-testi ile, in vitro sindirim testinin farklı aşamalarında elde edilen fenolik maddelerin konsantrasyonu ve antioksidan aktivite arasındaki farklar tek yönlü ANOVA ile değerlendirilmiştir ve ortalamaların arasındaki farkların karşılaştırılmasında Tukey post hoc testi uygulanmıştır ($p < 0,05$).

4.1 Kurutulmuş İstiridye Mantarlarının Fiziksel Özellikleri ve Besin Etiketi İçeriği

Temin edilen istiridye mantarlarında vakum ve dondurarak kurutma işlemlerinden önce ve sonra renk, boyut ölçümleri, nem içeriği analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, kurutulan örneklerin tekrar su alma özellikleri, besin etiketi ve aminoasit bileşimleri verilmiştir.

4.1.1 Boyut Ölçümleri

İstiridye mantarlarının kurutma öncesi ve sonrası kumpas ölçümleri alınarak yaş mantara göre boyutlarındaki yüzde değişimleri Tablo 4.1’de verilmiştir. Yaş mantar boyutları ile karşılaştırıldığında, VK mantarlar ölçülen tüm bölgelerde (Şekil 3.4 ve Şekil 3.5) boyutta daha fazla azalma göstermiştir. DK mantarlarının genişliğindeki (iii) azalma %7,68 iken, VK mantarlarında %60,13 olduğu hesaplanmıştır. DK ve VK mantarlar arasında kalınlık (i) ve genişlik (iii) değerindeki değişim anlamlı iken, incelik (ii) değerindeki değişimin anlamlı olmadığı gözlemlenmiştir.

Tablo 4.1 Kurutulmuş mantarların boyutlarındaki yaş mantara göre azalma (%)

	Yaş mantara göre % azalma	
	DK	VK
i -kalınlık	23,75±12,78 ^a	47,28±13,02 ^b
ii -incelik	40,81±17,61 ^a	51,20±12,23 ^a
iii- genişlik	7,68±3,44 ^a	60,13±8,61 ^b

4.1.2 Renk Analizleri

Kuru gıdalar için yüksek rehidrasyon, düşük büzülme, lezzet, besin maddeleri ve biyoaktif bileşiklerin korunmasının yanı sıra renk önemli bir kalite parametresidir.

İstiridye mantarının çift kabuklu yapısı nedeniyle, mantarın iki tarafından hem iç hem de dış yüzeylerde renk ölçümleri alınmıştır (Şekil 3.6). Yaş mantar, DK ve VK mantarlarının L^* ($L^*=100$, parlaklık/ $L^*=0$, koyuluk), a^* ($+a^*$, kırmızılık/ $-a^*$, yeşillik), ve b^* ($+b^*$, sarılık/ $-b^*$, mavilik) değerleri Tablo 4.2’de verilmiştir. Mantarın iç kısmında yapılan ölçümlerde yaş mantara göre L^* değeri karşılaştırıldığında DK mantarlarda artma, VK mantarlarda ise azalma gözlenmiştir ve kurutma işleminin bu değer üzerinde önemli olduğu sonucuna varılmıştır. L^* değerinin yaş mantara göre azalması mantarın renginin koyulaştığı anlamına gelmektedir. DK mantarların a^* değeri eksi (-) çıkarken VK mantarlar bu değerde artma göstermişlerdir ve kurutmanın bu değer üzerinde önemli olduğu gözlenmiştir. DK mantarların eksi çıkmasının sebebi rengin yeşil tonlara döndüğünü göstermektedir. DK ve VK mantarlar yaş mantarla karşılaştırıldığında b^* değerinde artma gözlemlenmiştir. Dondurarak kurutma işleminin b^* değeri üzerinde önemli olmadığı ancak vakum kurutma işleminin b^* değerini etkileyebileceği sonucuna varılmıştır.

Tablo 4.2 DK ve VK mantarların iç ve dış kısım L^* , a^* , b^* değerleri

İÇ	Yaş mantar	DK	VK
L^*	64,32±3,28 ^a	84,72±3,28 ^b	56,38±7,95 ^c
a^*	1,75±0,56 ^a	-0,58±0,49 ^b	4,58±1,27 ^c
b^*	12,35±3,93 ^a	15,47±4,03 ^a	20,29±8,63 ^b
DIŞ	Yaş mantar	DK	VK
L^*	63,23±4,88 ^a	74,64±4,42 ^b	55,27±8,18 ^c
a^*	2,04±1,04 ^a	1,66±0,90 ^a	4,86±1,68 ^b
b^*	15,32±3,19 ^a	14,84±2,29 ^a	18,78±7,15 ^b

Mantarın dış kısmında yapılan ölçümlerde de yaş mantara göre L^* değeri karşılaştırıldığında DK mantarlarda artma, VK mantarlarda ise azalma gözlenmiştir ve kurutma işleminin bu değer üzerinde önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Dondurarak kurutmanın yaş mantarla karşılaştırıldığında dış kısımda ölçülen a^* ve b^* değerleri üzerinde etkili olmadığı ancak vakum kurutmanın a^* ve b^* değerleri üzerinde etkili olduğu gözlemlenmiştir.

DK ve VK mantarlarda renk ölçümünde belirlenen L*, a* ve b* değerleriyle ΔE değeri hesaplanarak Tablo 4.3’de verilmiştir. ΔE değerinin düşük olması kuru gıdanın renk değerinin taze gıdanın renk değerine benzerliğini göstermektedir. Çalışmamızdaki ΔE değerleri, DK mantarları için 11,89 ile 20,99 arasında hesaplanmıştır ancak DK mantarların L* değeri yaş mantara göre daha yüksek, daha beyaz olduklarından ΔE değerinin tek başına yorumlanması yanıltıcı olabilir.

Tablo 4.3 DK ve VK mantarların ΔE değerleri

ΔE	DK	VK
İÇ	20,99±1,42 ^a	13,25±1,61 ^b
DİŞ	11,89±1,07 ^a	12,64±1,71 ^a

Mantarlardaki rengin belirlenmesini sağlayan hue açısı değerleri Tablo 4.4 verilmiştir. Değerlere göre dondurarak kurutmanın mantarın iç kısmındaki rengi üzerinde etkili olduğu bulunmuştur. Bu değerlerin eksi (-) çıkmasının sebebi DK mantarın iç kısmının -a* değeri olmasından kaynaklanmaktadır. Vakumlu kurutmanın mantarın dış kısmındaki rengi üzerine etkisinin olduğu ancak dondurarak kurutmada etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır. Hue açısı değerlerinin 70-90° arasında olması mantarların genel olarak sarımsı yeşile yakın bir renkte olduklarını göstermektedir.

Tablo 4.4 DK ve VK mantarların Hue açısı değerleri

Hue Açısı	Taze	DK	VK
İÇ	81,05±3,96 ^a	-87,67±1,36 ^b	79,05±2,06 ^a
Dış	82,00±4,39 ^a	83,35±3,54 ^a	70,90±17,44 ^b

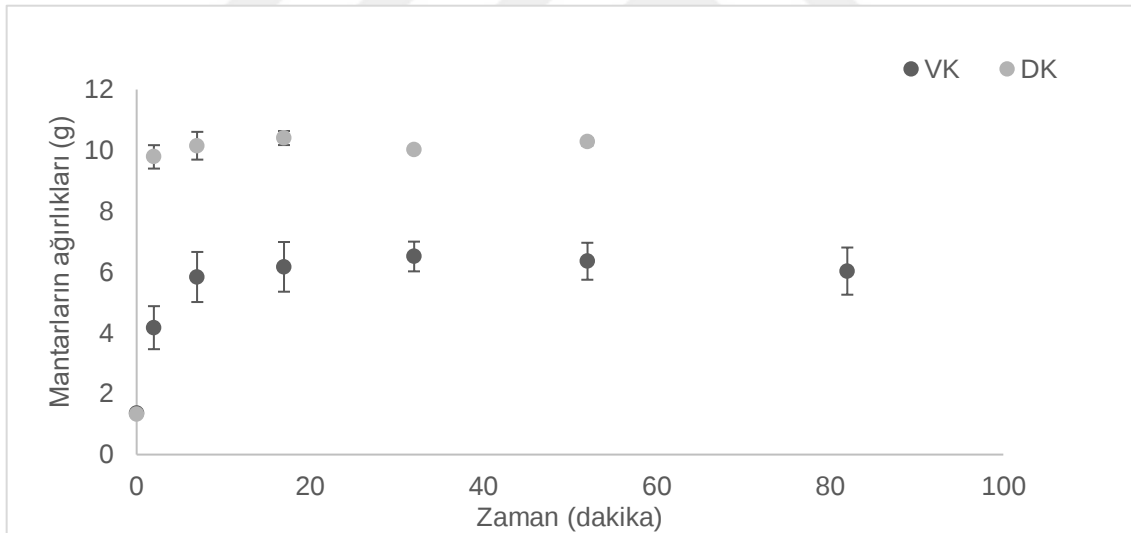
Kroma değerleri rengin doygunluğu hakkında bilgi vermektedir. Doygunluk arttıkça renklilik artar. Kroma değerleri Tablo 4.5’de verilmiştir. Sonuçlar karşılaştırıldığında vakum kurutmanın mantarın hem iç hem de dış kısmındaki rengin koyuluğunun arttırmasında etkili olduğu dondurarak kurutmanın etkili olmadığı söylenebilmektedir.

Tablo 4.5 DK ve VK mantarların Kroma değerleri

Kroma	Taze	DK	VK
İç	12,50±3,88 ^a	15,49±4,03 ^a	25,00±2,19 ^b
Dış	15,50±3,14 ^a	14,97±2,27 ^a	19,72±6,32 ^b

4.1.3 Rehidrasyon kapasitesi

Dondurarak ve vakum kurutma ile kurutulan mantarlar oda sıcaklığındaki suda belirli sürelerde bekletilerek rehidrasyon kapasiteleri hesaplanmıştır. Mantar ağırlıklarının değişim grafiği Şekil 4.1’de verilmiştir. DK mantarların 7 dakika içinde kendi ağırlığının 8 katına kadar ulaştığı ve 17. dakikada, VK mantarların ise 7 dakika içinde kendi ağırlığının 4 katına ulaştığı ve 32. dakikada maksimum ağırlıklarına ulaştıkları gözlemlenmiştir. VK mantarların son ağırlıkları DK mantarların son ağırlıklarına göre daha düşük çıkmıştır. DK mantarların VK mantarlara kıyasla daha hızlı şekilde rehidrasyona uğradıkları gözlemlenmiştir.

**Şekil 4.1** Suya batırılan DK ve VK mantarların süreye bağlı ağırlık değişimi

4.1.4 Besin Değeri Tablosu

DK ve VK mantarlarının besin değeri tablosu ve amino asit içeriği Tablo 4.6'da verilmiştir. Taze mantarların başlangıçtaki nem içeriği %92,15 ± 2,35, dondurarak ve vakumla kurutmadan sonra elde edilen mantarların son nem içeriği sırasıyla %12,29 ± 0,65 ve %10,74 ± 1,87 (Tablo 4.6) olarak bulunmuştur. Dondurarak ve vakumla kurutma ile elde edilen mantar kurularının benzer seviyelerde karbonhidrat (%51,62 ve %54,14), ham protein (%31,39 ve %33,01), ham yağ

(%1,80 ve %1,97) ve inorganik madde (%15,18 ve %10,88) içeriğine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmada mantar örneklerinde bulunan başlıca amino asitler, esansiyel amino asitlerden glutamik asit, lisin, aspartik asit, alanin, serin ve lösin dir. Bulunan değerler Maftoun vd. [14] *Pleurotus* türlerinin besin değerlerini derledikleri çalışmadaki değerlerle karşılaştırılabilir. Chirinang ve Intarapichet, 2009 kurutulmuş *P.ostreatus* ve *P. sajor-caju* mantarlarıyla yaptıkları çalışmada *P.ostreatus*'un protein (%21), yağ (%0,6), kül (%5,81) ve karbonhidrat (%68) değerleri çalışmamızda bulunan değerlerle benzerlik göstermektedir [62]. *Pleurotus* türleri arasında bazı elementlerin kompozisyonlarındaki farklılıklarda genetik yapının çeşitliliği, farklı çevre ve stres koşulları, yetiştirilirken kullanılan substratların farklılıkları ve mantar gövdesinin olgunluğu gibi faktörlerin de etkili olduğu bilinmektedir [14].

Tablo 4.6 Kurutulmuş mantarların besin içeriği

	DK	VK
%Nem ¹	12,29 ± 0,65 ^a	10,74 ± 1,87 ^b
%Karbonhidrat ²	51,62±0,48 ^a	54,14±1,30 ^a
%Yağ ²	1,83±0,04 ^a	1,97±0,19 ^a
%İnorganik Madde ²	15,18±1,95 ^a	10,88±1,23 ^b
%Protein ²	31,39±3,39 ^a	33,01±3,04 ^a
-Amino asitler(mg/g) ²		
Glutamik asit	58,77±5,06	54,84±6,59
Lizin*	36,35±7,37	31,97±0,91
Aspartik asit	30,12±4,31	27,49±2,99
Alanin	32,54±3,51	25,79±3,28
Lösin*	24,64±4,31	26,16±2,71
Serin	25,90±8,41	24,62±4,59
Glisin	17,77±3,66	18,97±1,66
Valin*	18,42±3,01	18,86±2,21
Fenilalanin*	17,65±2,91	17,49±2,01
Arjinin*	13,24±2,41	17,05±3,23
Prolin	15,68±2,67	15,87±1,37
İzo-Lösin*	15,11±2,77	15,20±1,71
Treonin*	16,34±5,30	14,74±2,13
Trozin	13,48±3,17	14,42±2,08
Histidin*	14,95±5,79	9,72±1,52
Metiyonin*	3,93±0,54	1,85±0,27

* Esansiyel amino asitler

^{a, b} Her değer ortalama ± ss (n = 3) olarak ifade edilir. Sütunlar arasında farklı harflere sahip olan değerler önemli ölçüde farklıdır (p <0,05). ¹: Kurutulmuş mantar ağırlığı üzerinden, ²:Kuru ağırlık üzerinden hesaplanmıştır.

4.1.5 Ekstraksiyon Verimi

DK ve VK mantarların 80:20 (v:v) etanol:su ile ekstraksiyonunun verimi sırasıyla kuru madde üzerinden $\%33,91 \pm 1,86$ ve $\%38,04 \pm 2,42$ olarak hesaplanmıştır. Ekstraksiyon veriminin vakum kurutucuda kurutulan mantarlarda dondurarak kurutulan mantarlara göre daha fazla olduğu gözlemlenmiş ve kurutma yönteminin ekstraksiyon verimi üzerinde önemli olduğu bulunmuştur ($p < 0,05$). Cheung vd. [63] ve Yang vd. [7] çalışmalarında *P.ostreatus* da dahil olmak üzere yenilebilir mantarların metanolik ekstraktlarının veriminin kurutulmuş mantarların çeşidine bağlı olarak $\% 16-40$ arasında olduğunu belirlemişlerdir. Tsai vd. [64] yaptıkları çalışmada istiridye mantarları için ekstraksiyon veriminin, ekstraksiyon çözücüsü su olduğunda $\% 44,5$ olduğunu ve ekstraksiyon çözücüsü etanol olduğunda $\% 15,3$ 'e düştüğünü bulmuştur.

4.2 İstiridye Mantarlarının Kurutulmasından Sonra Meydana Gelen Biyoaktif Değişimler

İstiridye mantarları vakum ve dondurarak kurutma işlemlerinden sonra ekstrakte edilerek toplam fenolik madde miktarı (TFMM), toplam flavonoid, DPPH, ABTS, CUPRAC ve FRAP analizlerine tabi tutulmuştur. Analizlerin sonuçları Tablo 4.7'de verilmiştir.

Çalışmada DK ve VK mantar ekstraktlarının toplam fenolik madde miktarları sırasıyla $11,11 \pm 0,83$ ve $15,53 \pm 0,87$ mg GAE/g ekstrakt olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çin ($15,7$ mg GAE/g ekstrakt) [7] ve Portekiz'de ($12,54$ mg GAE/g ekstrakt) [65] istiridye mantarının ekstraktlarıyla yapılan çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Bulunan değerler Etiyopya'da ($4,47$ mg GAE/g ekstrakt) [66] yapılan bir araştırmadaki sonuçlardan daha yüksek iken Hindistan'da ($54,90$ mg GAE/g ekstrakt) [67] yapılan bir çalışmadaki sonuçlardan daha düşüktür.

Ekstraktların toplam flavonoid miktarları $1,39 \pm 0,25$ (DK) ve $2,30 \pm 0,38$ (VK) mg kateşin/g ekstrakt (kuru ağırlık olarak $0,45 \pm 0,08$ ve $0,89 \pm 0,14$ mg kateşin/g mantar) bulunmuştur. Sonuçlar Woldegiorgis vd. [66] tarafından belirlenen miktar ($0,64$ mg kateşin/g ekstrakt) ve Palacios vd. [68] tarafından incelenen kurutulmuş *P.ostreatus*'un (1 mg kateşin/g mantar, kuru ağırlık) toplam flavonoid içeriği ile karşılaştırılabilir. Bununla birlikte, Gil-Ramírez vd. [69] tarafından mantarların PAL

(fenilalanin amonyak-liyaz) enzimlerini kullanarak polifenolik bileşikler üretebilmelerine rağmen gerekli enzimlere sahip olmadıkları için flavonoid oluşturamadıkları bildirilmiştir. Mantarların flavonoidlere sahip olmalarının sebebi substratlardan veya komşu bitkilerden flavonoidleri absorbe edebilmeleri olabilir.

Tablo 4.7 Kurutulmuş istiridye mantarının toplam fenol, flavonoid miktarları ve antioksidan aktiviteleri

	Birim	DK	VK
TFMM	mg GAE/g ¹	11,11±0,83 ^a	15,53±0,87 ^b
	mg GAE/g ²	3,77±0,28 ^a	5,91±0,92 ^b
Toplam Flavonoid	mg QE/g ¹	5,32±1,49 ^a	11,12±2,69 ^b
	mg QE/g ²	1,73±0,49 ^a	4,22±1,02 ^b
	mg CE/g ¹	1,39±0,25 ^a	2,30±0,38 ^b
	mg CE/g ²	0,47±0,08 ^a	0,88±0,14 ^b
ABTS	EC ₅₀ ¹	8,31±0,52 ^a	7,18±0,75 ^a
DPPH	EC ₅₀ ¹	4,64±1,06 ^a	5,22±0,94 ^a
CUPRAC	mg TE/g ¹	8,76±1,32 ^a	8,99±0,84 ^a
	mg TE/g ²	2,85±0,43 ^a	3,42±0,32 ^a
FRAP	µmol TE/g ¹	6,93 ± 1,15 ^a	6,02 ± 1,07 ^b
	µmol Fe ²⁺ E/g ¹	81,27 ± 12,29 ^a	67,74 ± 11,96 ^b
	µmol Fe ²⁺ E/g ²	26,4 ± 4,00 ^a	25,72 ± 4,54 ^b

¹ g ekstrakt üzerinden; ² kurutulmuş mantarın kuru ağırlığı üzerinden hesaplanan değerlerdir.

^{a, b} Her değer ortalama ± ss (n = 3) olarak ifade edilir. Sütunlar arasında farklı harflere sahip olan değerler önemli ölçüde farklıdır (p < 0.05).

Bununla birlikte, yapılan çalışmada *P. ostreatus*'u kuersetin yönünden zengin soğan atığı üzerinde yetiştirmişler, ancak hiçbir flavonoid belirleyememişlerdir. 510 nm'de miktar tayinine dayalı flavonoid analizi için kullanılan spektrofotometrik yöntemde, klorojenik asitler, diğer hidroksisinamik asitler, bazı pigmentler, melanin öncüsü ve ergosterol (mantarlardaki ana sterol) gibi diğer bileşikler de bazı seviyelerde bu teste pozitif tepki gösterir [69]. Bu durum, çalışmamızda HPLC

analizinde flavonoid (kuersetin, mirisetin, rutin, krisin, kaempferol) varlığının belirlenememesinin nedenini açıklayabilmektedir.

Tablo 4.8 Kurutulmuş istiridye mantarının fenolik madde içeriği

	DK		VK	
	$\mu\text{g/g}^1$	$\mu\text{g/g}^2$	$\mu\text{g/g}^1$	$\mu\text{g/g}^2$
Gallik asit	172,60 $\pm$ 16,61 ^a	56,08 $\pm$ 5,40 ^A	331,3 $\pm$ 59,44 ^b	128,22 $\pm$ 23,01 ^B
Protokateşuik asit	43,45 $\pm$ 11,99 ^a	14,12 $\pm$ 3,89 ^A	25,52 $\pm$ 9,34 ^a	9,88 $\pm$ 3,62 ^A
Klorojenik asit	34,10 $\pm$ 0,61 ^a	11,08 $\pm$ 0,19 ^A	38,52 $\pm$ 4,9 ^a	14,91 $\pm$ 1,90 ^A
<i>p</i>-Hidroksibenzoikasit	24,62 $\pm$ 4,07 ^a	8,00 $\pm$ 1,32 ^A	146,00 $\pm$ 10,79 ^b	56,51 $\pm$ 4,18 ^B
<i>o</i>-Kumarik asit	18,18 $\pm$ 4,31 ^a	5,91 $\pm$ 1,40 ^A	33,88 $\pm$ 3,04 ^b	13,11 $\pm$ 1,17 ^B
<i>p</i>-Kumarik asit	9,26 $\pm$ 2,65 ^a	3,01 $\pm$ 0,86 ^A	158,50 $\pm$ 13,69 ^b	61,37 $\pm$ 5,30 ^B
Toplam	300,41 $\pm$ 31,80 ^a	101,38 $\pm$ 6,90 ^A	733,73 $\pm$ 68,13 ^b	284,01 $\pm$ 26,37 ^B

¹ g ekstrakt üzerinden; ² kurutulmuş mantarın kuru ağırlığı üzerinden hesaplanan değerlerdir.

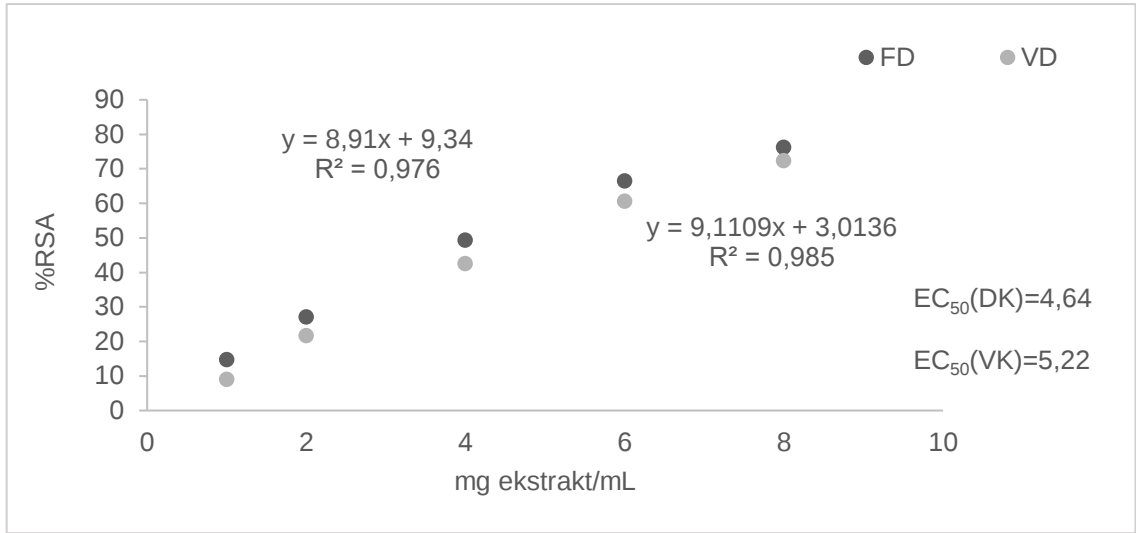
Her değer ortalama $\pm$ ss (n = 3) olarak ifade edilir. Sütunlar arasında farklı harflere sahip olan değerler önemli ölçüde farklıdır (p < 0,05).

İstiridye mantarlarının ekstraktlarında gallik asit, protokateşuik asit, *p*-hidroksibenzoik asit, *p*-kumarik asit ve *o*-kumarik asit fenolik asitleri bulunmuştur (Tablo 4.8). Sonuçlara benzer şekilde başka bir çalışmada gallik asit, protokateşuik asit ve klorojenik asit varlığı tespit edilmiş [70] ancak aynı çalışmada mirisetin de bulunmuştur. Yaptığımız çalışmada kuersetin, mirisetin, rutin, krisin, kaempferol arasında herhangi bir flavonoid tespit edilememiştir. *P. ostreatus* mantarı ekstraktlarında yapılan diğer çalışmalarda, *p*-hidroksibenzoik asit ve *p*-kumarik asit olduğu bildirilmiştir [65], [68].

Bu çalışmada, VK mantarların fenolik içeriği, ekstraksiyon verimi, fenolik madde ve flavonoid miktarı, DK mantarlardan elde edilenlerden daha yüksek bulunmuştur. Bu durum kurutma sonrası elde edilen gıdanın matriksinin, antioksidan bileşiklerin konsantrasyonu ve ekstraksiyonu ile ilgili olabileceğini göstermektedir. Yapılmış diğer çalışmalarda da bu hipotezimiz desteklenmektedir. 60°C'de fırında kurutulmuş pomelo kabuklarının toplam fenolik içeriğinin dondurularak kurutulmuş örneklerinkinden daha yüksek olduğu rapor edilmiştir [71]. Benzer

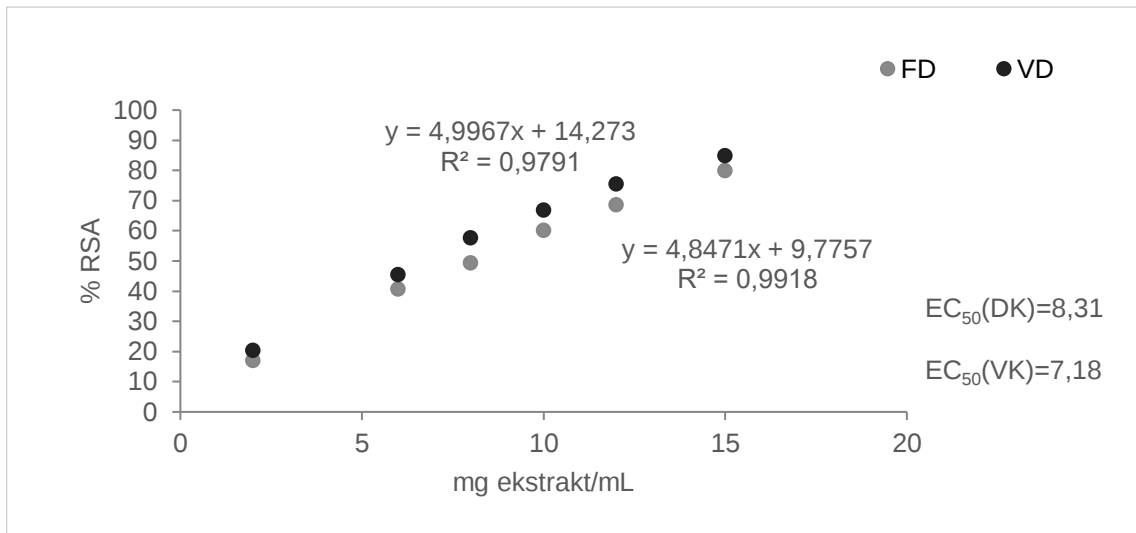
şekilde başka bir çalışmada 60°C'de fırında kurutulmuş misket limonu kabuklarının toplam fenolik içeriğinin dondurularak kurutulan örneklerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir [72]. 100°C'de konvektif sıcak hava ile kurutulmuş hurma yapraklarının hem toplam fenolik hem de toplam flavonoid içeriğinin dondurularak kurutulan yapraklara kıyasla daha yüksek olduğu bulunmuştur [73]. Başka bir çalışmada, kurutulmuş istiridye mantarlarının ekstraktları, taze örneklerin ekstraktlarına göre genellikle daha yüksek antioksidan aktivite ve toplam fenol içeriği göstermiştir [74].

Serbest radikal süpürme aktivitesinin değerlendirilmesinde DPPH $\cdot$ ve ABTS $^{+}$ radikalleri kullanılarak yapılmıştır. DPPH sadece organik çözücüler içerisinde çözünürken, ABTS organik ve sulu çözücüler içinde çözünür, hidrofilik ve lipofilik bileşiklerin taranması için kullanılabilir. Çalışmada 1-8 mg ekstrakt /mL'de mantar ekstraktlarının DPPH süpürme aktivitesi, %11,93 $\pm$ 3,85'den %74,25 $\pm$ 9,15'e yükselmiştir. DK ve VK mantar ekstraktlarının EC₅₀ değerleri sırasıyla 4,64 $\pm$ 1,06 ve 5,22 $\pm$ 0,94 mg/mL olarak hesaplanmıştır ve aralarındaki fark önemli çıkmamıştır (p>0,05) (Tablo 4.7). Mantarlarla yapılan bir çalışmada istiridye mantarının etanol ekstraktının EC₅₀ değeri 5,58 mg/mL olarak belirlenmiştir [64]. Bu değer bizim çalışmamızdaki değerle benzerlik göstermektedir. Başka bir çalışmada istiridye mantarının metanol ekstraktının EC₅₀ değeri 6,54 mg/mL bulunmuştur [65]. Etiyopya'da mantarlar üzerinde yapılan bir araştırmada ise istiridye mantarının metanol ekstraktının EC₅₀ değeri 8,4 mg/mL olarak hesaplanmıştır [66]. Bu çalışmalardaki değerlere kıyasla çalışmamızdaki değerler daha düşük çıkmıştır.



Şekil 4.2 Mantar ekstraktlarının farklı konsantrasyondaki DPPH %RSA

2-15 mg ekstrakt/mL'de, ABTS radikalleri üzerindeki mantar ekstraktlarının süpürme aktiviteleri, $16,97 \pm 4,06$ 'dan $84,77 \pm 5,39$ inhibisyona yükselmiştir. DK ve VK mantar ekstraktlarının ABTS radikal süpürme aktivitesi üzerine etkisindeki farkın önemli olmadığı bulunmuştur ($p > 0,05$) ve EC_{50} değerleri sırasıyla $8,31 \pm 0,52$ ve $7,18 \pm 0,75$ mg/mL olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.7). Bu değer pembe istiridye mantarları (*P. eous*) için bildirilen değerden (17 mg/mL) daha yüksektir [75].



Şekil 4.3 Mantar ekstraktlarının farklı konsantrasyondaki ABTS %RSA

Bu çalışmada mantar ekstraktlarının antioksidan aktiviteleri FRAP ve CUPRAC metotları ile de değerlendirilmiştir. pH 3,6'da gerçekleştirilen FRAP yöntemi, sarı Fe^{3+} -TPTZ kompleksini mavi Fe^{2+} -TPTZ'ye düşürmesiyle antioksidanın kapasitesini ölçer. Yüksek Fe^{3+} -TPTZ kompleksinin azalması antioksidan kapasitesinin yüksek

olduğunu göstermektedir. Çalışmada DK ve VK mantarı ekstraktlarının FRAP değerleri $81,27 \pm 12,29$ ve $67,74 \pm 11,96$ $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ ekstrakt ($26,4 \pm 4,00$ ve $25,72 \pm 4,54$ $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ kuru ağırlık) olarak bulunmuştur (Tablo 4.7). Sonuçlar sırasıyla ayrıca $6,93 \pm 1,15$ ve $6,02 \pm 1,07$ $\mu\text{mol TE/g}$ ekstrakt olarak hesaplanmıştır. Çalışmada incelenen mantar ekstraktlarının FRAP değeri, kral istiridye mantarları (*P. eryngii*) için belirlenen ($1,26$ $\text{mmol Fe}^{2+}/100$ g mantar, kuru ağırlık)[6] değerinden yüksek ve istiridye mantarının metanol ve su ekstraktlarının değerleriyle ($1,49$ ve $6,02$ $\mu\text{mol TE /g}$)[76] karşılaştırılabilir çıkmıştır. FRAP yöntemine benzeyen CUPRAC yöntemi neokuprin varlığında antioksidanların etkisiyle (indirgeyici ajanlar) Cu (II)'nın Cu (I)'ya indirgenmesine dayanmaktadır ve pH 7'de gerçekleşmektedir. Absorbanstaki artış daha yüksek iyon azaltma gücünü göstermektedir. Çalışmada DK ve VK mantar ekstraktlarının CUPRAC değerleri $8,76 \pm 1,32$ ve $8,99 \pm 0,84$ $\mu\text{mol TE/g}$ ekstrakt olarak bulunmuştur. İstiridye mantarları ile karşılaştırılacak CUPRAC değeri bulunmamakla birlikte çalışmada da gözlemlendiği gibi (Tablo 4.7) polifenoller için, özellikle fenolik asitler için, CUPRAC testinin genel olarak FRAP değerlerinden daha yüksek değerler verdiği bildirilmiştir [77].

4.3 Kurutulmuş İstiridye Mantarlarının İn Vitro Gastrointestinal Sindirilebilirliği

In vitro gastrointestinal sindirilebilirlik aşamaları boyunca toplam fenolik ve flavonoid madde miktarındaki değişimi, antioksidan aktivite değeri ve fenolik madde (HPLC) bileşimleri Tablo 4.9'da verilmiştir. Fenoliklerin oral faz (alfa-amilaz ile sindirim işleminden 2 dakika sonra) sonrası miktarlarının, hammaddeye (kurutulmuş mantara) kıyasla daha düşük olmasının nedeni, bu bileşiklerin tükürük sıvısındaki düşük çözünürlüğüne ayrıca oral fazdaki sürenin kısa olmasıyla açıklanabilir. Gastrik (mide) sindirim fazından sonra mantarların toplam fenolik ve toplam flavonoid içeriklerinde artış gözlenmiştir. Fenolik bileşikler bitkilerde çözünür ve çözünmeyen bağlı formlarda bulunabilir. Sulu-organik çözücü karışımlarına ekstrakte edilebilen fenolik maddeler, genellikle çözünebilir olarak ifade edilir ve çözünmeyen Fenolik maddeler ise çeşitli asidik ve alkali koşullarda ve enzimler yardımıyla ekstrakte edilmektedir [78]. Dolayısıyla, çalışmamızda mide koşullarına maruz kalan fenoliklerin miktarının artması, asidik pH ve sindirim

enzimlerinin mantar matriksine bağlı fenoliklerin ekstrakte edilmesi ve mide sıvısına geçmesini kolaylaştırmış olabileceğini göstermektedir. Benzer şekilde, gastrik enzimlerin farklı gıdalardan proteinlere ve karbondhidratlara bağlı fenolikleri hidrolize ettiği daha önceki çalışmalarda bildirilmiştir [79]. Elde ettiğimiz sonuçlara benzer şekilde, mide sindirimine maruz kalan bazı meyvelerin ve meyve çekirdeklerinin fenolik madde içeriklerinde artış gözlenmiştir [78], [80]. Gastrik sindirim aşaması, bu bileşiklerin DPPH radikalinin inhibisyonunu arttırmıştır, bu durum asidik ortam ve enzim varlığına bağlı olarak mantar matriksinden daha fazla radikal süpürme özelliğine sahip yüksek biyoaktif bileşiklerin salınmasıyla ilgili olabilir. Ancak, bağırsak aşamasından sonra ise radikal inhibisyonu gözlenmemiştir. Sonuçlarımız DPPH radikal inhibisyonun sindirim sistemi boyunca değişimi ile ilgili diğer çalışmalarla, uyumlu çıkmıştır [78], [81].

ABTS radikali süpürme aktivitesinde ise, mide sindiriminden sonra azalma ve bağırsak sindiriminin ardından artış gözlenmiştir. Genel olarak, asidik ortamdan alkali ortama geçişin, maddelerin aromatic halkalarında bulunan protonları verebilme kabiliyetini, dolayısıyla radikal yakalama, dolayısıyla antioksidan özelliklerini arttırdıkları belirtilmektedir. zm ekstraktlarında ve saf fenoliklerle yapılan başka bir çalışmada sindirimde bağırsak ortamına geçtikten sonra ABTS değerlerinde artış gözlenmiştir [82]. Sonuçlar karşılaştırıldığında mide sindiriminden sonra bazı fenoliklerdeki değişimin DK ve VK mantarlarda ağız fazına kıyasla farklılık gösterdiği gözlenmiştir. Mide fazı öncesi ve sonrasında, toplam fenolik içeriğindeki artış VK mantarlarında istatistiksel olarak önemli çıkarken ($p<0,05$), DK mantarlarda artış önemli olmamıştır. VK mantarlarında mide fazı sonrası gallik asit içeriği anlamlı derecede azalma gözlenirken, DK mantarlarında ise azalmanın anlamlı olmadığı görülmüştür. *p*-Hidroksibenzoik asit içeriğindeki mide fazı sonrası artış, sadece DK mantarlarında anlamlı çıkmıştır. Sonuçlar, sadece gıdadaki başlangıç konsantrasyonlarının değil aynı zamanda gıda matriksinin yapısının da sindirim boyunca gıda matriksinden fenolik maddelerin salınımında önemli olabileceğini göstermektedir. Fenolik maddelerin konsantrasyonundaki azalma, gıdanın diğer bileşenleri interaksyobuyla gastrik sıvılarının matrikse difüzyon hızının, gıda matriksinin fiziksel yapısından etkilenebileceği şeklinde açıklanabilir. Örneğin, yapılan bir çalışmada olgunlaşmış ve olgunlaşmamış keçiboynuzu püresinin ekstraktı, in vitro sindirim koşullarına maruz bırakılmış ve

gallik asit içeriğindeki değişimin meyvenin olgunluk derecesi ile ilişkili olduğu gözlenmiştir. Olgunlaşmayan meyvede, mide aşamasından sonra miktarı azalırken, bağırsak aşamasından sonra artmıştır. Diğer yandan, olgunlaşan meyvede ise mide aşamasından sonra miktarı değişmezken, bağırsak aşamasından sonra gözlenmemiştir [83]. Bir diğer çalışmada, taze meyve ile kıyaslandığı zaman güneşte kurutmanın, in vitro sindirim koşulları sonrasında, meyvedeki başlıca fenolik asit olan klorojenik asitin biyoyoulaşılabilirliğini ve toplam antioksidan aktivitesini arttırdığı gözlenmiştir [84]. Taze, dondurularak kurutulmuş ve konveksiyonel sıcak hava ile kurutulan elmaların toplam fenol içerikleri ve antioksidan aktiviteleri, in vitro sindirim koşulları sırasında karşılaştırıldığı zaman, farklı kurutma teknikleri ile beraber meyvenin kazandığı fiziksel yapısına bağlı olarak değişiklik gösterdiği belirtilmiştir [85]. Dolayısıyla, gıdanın fiziksel yapısı gastrik sıvıların gıda matriksine difüzyonuna etki edebilir ve bu da, biyoaktif bileşiklerin gıdadan salınmasına, sindirim koşullarında parçalanmasına ve ince bağırsakta absorbe edilmesini etkileyebilir. Önceki çalışmalar, in vitro sindirim koşullarında, gastrik koşullar sonrası fenolik maddelerin miktarının arttığı ve fenoliklerin alkali koşullara (bağırsak ortamı) karşı çok duyarlı olduğunu ortaya koymuştur. Bağırsak ortamında fenolik maddelerin stabilitelerini kaybetmeleri, alkali koşullarda bir seri oksidasyon ve polimerizasyon reaksiyonlarına uğraması, farklı kimyasal özellikte düşük çözünürlüklü ve yüksek molekül ağırlıklı fenolik bileşiklerin oluşması ile ilişkili olabilir [60], [80]. Bizim çalışmamızda ise, gallik asit, protokateşuik asit ve *p*-kumarik asit bağırsak aşamasından sonra korunmuşlardır, bu durum mantarda mevcut bulunan çözünür liflerin bu fenolik maddeleri bağırsak sindirimi sırasında korumuş olabileceğine işaret eder. Bir başka çalışmada, çözünür çilek liflerinin varlığı, ürüne eklenen fenolik maddeleri, gastrointestinal sindirimi boyunca koruduğunu göstermiştir [86]. Yine de, diğer fenolik maddelerin (klorojenik asit ve *p*-hidroksibenzoik asit) içeriği bağırsak aşamasından sonra azalmıştır. Bir başka çalışmada, hem taze hem de kurutulmuş incirde klorojenik asitin miktarının in vitro gastrointestinal koşullarında sindirim sonunda azaldığı ve bu azalmanın meyvenin cinsi ve başlangıçta içerdiği miktara göre değiştiği gözlenmiştir [84]. Önemli miktarda fenolik madde, OUT fraksiyonunda kalmıştır ve bu kısım bağırsak bakterileri tarafından metabolize edilerek kullanılabilir, IN fraksiyonunda kalan kısım ise, ince bağırsaktan kana geçen kısmı temsil edip, biyoerişilebilirlik

indeksinin (BI) hesaplanmasında kullanılmıştır. Bu değ r, DK mantarlarda sadece gallik asit (%14,8) ve protokate uik asit (%14) i in hesaplanabilmi , VK mantarlarında ise klorojenik asit hari , diğ r tanımlanmış fenolik maddeler i in %17,8 ile %41,9 arasında deği mi tir (Tablo 4.9).



Tablo 4.9 DK ve VK mantar in vitro gastrointestinal sindirim analiz sonuçları

	DK Mantar				
	Ağız	Mide	Bağırsak		%BI
			IN	OUT	
Toplam Fenolik (mg GAE/g)	4,24±1,47 ^a	5,89±1,42 ^a	0,67±0,05 ^b	4,35±1,60 ^a	13,2
Toplam Flavonoid (µg CE/g)	125,81±9,62 ^a	297,10±19,31 ^b	24,11±4,91 ^c	117,08±14,26 ^b	17,1
% ABTS	42,92±2,25 ^a	18,12±4,39 ^{bc}	7,27±1,78 ^c	20,89±7,36 ^b	25,8
% DPPH	12,54±2,37 ^a	30,67±6,70 ^b	-	-	-
Fenolikler (µg/g)					
Gallik asit	63,09±2,20 ^a	54,16±5,03 ^a	7,02±0,29 ^c	40,40±7,51 ^b	14,8
Protokateşuik asit	7,35±0,57 ^a	3,38±1,74 ^b	0,84±0,33 ^c	5,16±0,42 ^b	14,0
Klorojenik asit	4,16±0,70 ^a	5,94±2,25 ^a	-	1,35±0,09 ^b	-
<i>p</i> -Hidroksibenzoik asit	5,53±0,51 ^a	11,47±3,33 ^b	-	2,19±0,84 ^b	-
<i>o</i> -Kumarik asit	0,27±0,04 ^a	1,50±0,08 ^b	-	0,88±0,13 ^c	-
<i>p</i> -Kumarik asit	0,36±0,03 ^a	0,54±0,02 ^b	-	0,24±0,08 ^b	-
Toplam	80,75±2,56 ^a	82,02±15,35 ^a	8,34±0,72 ^c	50,38±8,40 ^b	14,3

Her değer ortalama ± ss (n = 3) olarak ifade edilir. Sütunlar arasında farklı harflere (a-c) sahip olan değerler önemli ölçüde farklıdır (p <0,05). Değerler kuru ağırlık üzerinden hesaplanmıştır. %BI, biyoerişilebilirlik indeksi.

Tablo 4.9 DK ve VK mantar in vitro gastrointestinal sindirim analiz sonuçları (devamı)

	VK Mantar				
	Ağız	Mide	Bağırsak		%BI
			IN	OUT	
Toplam Fenolik (mg GAE/g)	5,76±0,84 ^a	9,40±2,55 ^b	1,70±0,22 ^c	7,40±1,07 ^{ab}	18,7
Toplam Flavonoid (µg CE/g)	258,41±51,04 ^a	350,10±27,07 ^b	93,92±17,26 ^c	298,97±15,80 ^{ab}	23,9
% ABTS	44,89±6,37 ^a	31,83±4,91 ^b	11,32±3,53 ^c	27,96±0,26 ^b	48,0
% DPPH	46,73±6,89 ^a	55,82±4,85 ^a	-	-	-
Fenolikler (µg/g)					
Gallik asit	41,28±4,42 ^a	10,29±2,43 ^b	8,10±1,39 ^b	37,31±1,39 ^c	17,8
Protokateşuik asit	8,78±0,67 ^a	7,83±1,84 ^a	2,37±0,87 ^a	6,75±0,17 ^a	26,0
Klorojenik asit	27,57±5,69 ^a	35,41±2,86 ^a	-	1,90±0,16 ^b	-
<i>p</i> -Hidroksibenzoik asit	65,16±7,07 ^a	69,41±6,86 ^a	1,13±0,26 ^b	1,56±0,24 ^b	41,9
<i>o</i> -Kumarik asit	5,55±0,85 ^a	4,12±0,37 ^a	1,46±0,50 ^b	5,44±0,50 ^a	21,2
<i>p</i> -Kumarik asit	56,48±5,41 ^a	44,35±3,70 ^b	14,29±1,80 ^c	42,97±3,11 ^a	25,0
Toplam	203,69±23,47 ^a	173,64±14,66 ^a	27,86±1,19 ^c	94,98±6,63 ^b	22,0

Her değer ortalama ± ss (n = 3) olarak ifade edilir. Sütunlar arasında farklı harflere (a-c) sahip olan değerler önemli ölçüde farklıdır (p <0,05). Değerler kuru ağırlık üzerinden hesaplanmıştır. %BI, biyoerişilebilirlik indeksi.

Bildiğimiz kadarıyla bu çalışma farklı yöntemlerle kurutulmuş istiridye mantarlarının fenolik ve antioksidan aktiviteleri ve in vitro gastrointestinal sindirilebilirlikleri üzerine yayınlanmış ilk rapordur. Bu çalışmanın sonuçları renk, boyutta azalma ve rehidrasyon özellikleri açısından bakıldığında istiridye mantarlarında dondurarak kurutmanın tercih edilebilir bir yöntem olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte hem simüle edilmiş sindirim sıvıları hem de organik çözücülerde biyoaktif bileşiklerin ekstrakte edilebilirliği göz önüne alındığında vakumla kurutulmuş mantarlar ile daha tercih edilebilir sonuçlar elde edilmiştir. Sonuçlarımız gıda matriksinin fiziksel yapısının, sindirim sıvısının difüzyon hızını da etkileyeceği anlamına geldiğini göstermektedir. Mantarlarda tanımlanan antioksidan aktivite (% ABTS) ve başlıca fenolik asitlerin çoğunlukla ince bağırsak basamağından sonra da korunduğunu, yani kalın bağırsağa geçen miktarın korunduğu görülmüştür. Biyoerişilebilirlik indeksi (BI) açısından değerlendirildiğinde, DK mantarlarında sadece gallik asit (% 14,8) ve protokateşuik asit (% 14), VK mantarlarda ise klorojenik asit hariç, tanımlanmış diğer fenolikler % 17,8 ile % 41,9 arasında biyolojik olarak erişilebilir bulunmuştur. Kurutulmuş mantar tozlarının, fonksiyonel gıdaların hazırlanmasında veya diğer gıda ürünlerinin formülasyonunda kullanılmasında, fenoliklerin ekstrakte edilebilirliği ve in vitro gastrointestinal sindirim sonuçları dikkate alındığında vakumla kurutma, dondurarak kurutmaya göre daha iyi bir alternatif olarak görünmektedir.

- [1] Patel, Y., Naraian, R., & Singh, V. K. (2012). "Medicinal properties of *Pleurotus* species (oyster mushroom): a review." *World Journal of Fungal and Plant Biology*, 3(1), 1-12.
- [2] Vargas-Sánchez, R. D., et al. (2018). "Effect of dietary supplementation with *Pleurotus ostreatus* on growth performance and meat quality of Japanese quail." *Livestock Science*, 207: 117-125.
- [3] Brugnari, T., et al. (2018). "Effects of Cooking and In Vitro Digestion on Antioxidant Properties and Cytotoxicity of Culinary-Medicinal Mushroom *Pleurotus ostreatus* (Agaricomycetes)." *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 20 (3).
- [4] Soler-Rivas, C., Ramírez-Anguiano, A. C., Reglero, G., & Santoyo, S. (2009). "Effect of cooking, in vitro digestion and Caco-2 cells absorption on the radical scavenging activities of edible mushrooms." *International Journal of Food Science & Technology*, 44(11), 2189-2197.
- [5] Eren, R., Süren, T., & Kızıleli, M. (2017). "Gastronomik açıdan Türkiye’de yenilebilir yabani mantarlar üzerine kavramsal bir değerlendirme." *Turizm Akademik Dergisi*, 4(2), 77-89.
- [6] Islam, T., Yu, X., & Xu, B. (2016). "Phenolic profiles, antioxidant capacities and metal chelating ability of edible mushrooms commonly consumed in China." *LWT Food Science and Technology*, 72, 423-431.
- [7] Yang, J. H., Lin, H. C., & Mau, J. L. (2002). "Antioxidant properties of several commercial mushrooms." *Food Chemistry*, 77(2), 229-235.
- [8] Adebayo, E., Oloke, J. K., Ayandele, A. A., & Adegunlola, C. O. (2012). "Phytochemical, antioxidant and antimicrobial assay of mushroom metabolite from *Pleurotus pulmonarius*." *Journal of Microbiology and Biotechnology Research*, 2, 366-374.
- [9] Ribeiro, B., Rangel, J., Valentão, P., Baptista, P., Seabra, R. M., & Andrade, P. B. (2006). "Contents of carboxylic acids and two phenolics and antioxidant activity of dried Portuguese wild edible mushrooms." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(22), 8530-8537.
- [10] Heleno, S. A., et al. (2015). "Nutritional value, bioactive compounds, antimicrobial activity and bioaccessibility studies with wild edible mushrooms." *LWT-Food Science and Technology*, 63(2), 799-806.
- [11] Masri, H. J. M. H. J., et al. (2017). "The edible mushroom *Pleurotus* spp.: ii. medicinal values." *International Journal of Biotechnology for Wellness Industries*, 6(1), 1-11.
- [12] Taurachand, D., and K. W. Choi. (2004). Mushroom growers' handbook 1. Oyster mushroom cultivation. 118-121.

- [13] Gargano M.L., Venturella G., Zervakis G.I. (2013) "*Pleurotus nebrodensis*: A very special mushroom." Sharjah, U.A.E.: Bentham Science Publishers.
- [14] Maftoun, P., Johari, H., Soltani, M., Malik, R., Othman, N. Z., & El Enshasy, H. A (2015). "The edible mushroom *Pleurotus* spp.: I. Biodiversity and nutritional Values." *International Journal of Biotechnology for Wellness Industries*, 4(2), 67-83.
- [15] Apati, G. P., Furlan, S. A., & Laurindo, J. B. (2010). "Drying and rehydration of oyster mushroom." *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 53(4), 945-952.
- [16] Wang, X.M., Zhang, J., Wu, L.H., Zhao, Y.L., Li, T., Li, J.Q., Wang, Y.Z., Liu, H.G., (2014). "A mini-review of chemical composition and nutritional value of edible wild-grown mushroom from China." *Food Chemistry*, 151, 279–285.
- [17] Patel, Y., Naraian, R., & Singh, V. K. (2012). "Medicinal properties of *Pleurotus* species (oyster mushroom): a review." *World Journal of Fungal and Plant Biology*, 3(1), 1-12.
- [18] Komanowsky, M., Talley, F.B. and Eskew, R.A. (1970). "Air-drying of cultivated mushroom." *Food Technology*, 24, 1020-1024.
- [19] Amuthan, G., Visvanathan, R., Kailappan, R., & Sreenarayanan, V. V. (1999). "Studies on osmo-air drying of milky mushroom, *Calocybe indica*." *Mushroom Research*, 8, 49-52.
- [20] Jayathunge, K. G. L. R., and C. K. Illeperuma. (2001) "Dehydration of oyster mushroom and studies on acceptability and storability of the product." *Tropical Agricultural Research*, 13, 69-77.
- [21] Tulek, Y. (2011). "Drying kinetics of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in a convective hot air dryer." *Journal of Agricultural Science and Technology*, 13, 655-664.
- [22] Villaescusa, R., & Gil, M. I. (2003). Quality improvement of *Pleurotus* mushrooms by modified atmosphere packaging and moisture absorbers." *Postharvest Biology and Technology*, 28(1), 169-179.
- [23] Barutçıyan J. (2012). "Türkiye'nin mantarları 1", İstanbul: Oğlak Yayıncılık.
- [24] Çakmak, R. Ş., Tekeoğlu, O., Bozkır, H., Ergün, A. R., & Baysal, T. (2016). "Effects of electrical and sonication pretreatments on the drying rate and quality of mushrooms." *LWT-Food Science and Technology*, 69, 197-202.
- [25] Sezer, Y. Ç., Süfer, Ö., & Sezer, G. (2017). "Extraction of Phenolic Compounds from Oven and Microwave Dried Mushrooms (*Agaricus bisporus* and *Pleurotus ostreatus*) by Using Methanol, Ethanol and Aceton as Solvents." *Indian Journal of Pharmaceutical Education And Research*, 51(3), S393-S397.
- [26] Dehkordi, B.M., (2010). "Optimization of the process of osmo e convective drying of edible button mushrooms using response surface methodology (RSM)." *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 4 (1), 106-110.
- [27] Funebo, T. & Ohlsson, T. (1998). "Microwave-assisted Air Dehydration of Apple and Mushroom." *Journal of Food Engineering*, 38, 353-367.

- [28] Lewicki, P.P. (1998). "Some Remarks on Rehydration of Dried Foods." *Journal of Food Engineering*, 36, 81-87.
- [29] Orsat, V., Changrue, V., Raghavan, G.V. (2006). "Microwave drying of fruits and vegetables." *Stewart Post-Harvest Review*, 6, 4-9.
- [30] Grabowski, S., Marcotte, M., Ramaswamy, H.S. (2003). Drying of fruits, vegetables, and spices. In: *Handbook of Postharvest Technology: Cereals, Fruits, Vegetables, Tea, and Spices.*, Chakraverty A, Mujumdar AS, Raghavan GSV, Rawaswamy HS (ed), Marcel Dekker, New York, 23, 653-695.
- [31] Bezyma, L.A., Kutovoy, V.A. (2005). "Vacuum drying and hybrid technologies." *Stewart Post-harvest Review* 4:6-13.
- [32] George, S.D., Cenkowski, S., Muir, W.E. (2004) "A review of drying technologies for the preservation of nutritional compounds in waxy skinned fruit." North Central ASAE/CSAE Conf, Winnipeg, Manitoba, Canada, 24-25 September, MB 04-104
- [33] Başoğlu, F., Çopur, U., & Kiliç, O. (1987). "Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi." Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- [34] Sagar, V. R., & Kumar, P. S. (2010). "Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review." *Journal of Food Science and Technology*, 47(1), 15-26.
- [35] Raghavan, G.S.V., Orsat, V. (1998). "Electro-technology in drying and processing of biological materials." Keynote presentation at 11th Int Drying Symp (IDS 98), Halkididi, Greece 19-22 August, 456-463.
- [36] Raghavan, G.S.V., Rennie, T.J., Sunjka, P.S., Orsat, V., Phaphuangwittayakul, W., Terdtoon P. (2005). "Overview of new techniques for drying biological materials with emphasis on energy aspects." *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 22, 195-201.
- [37] Nijhuis, H.H., Torringa, H.M., Muresan, S., Yukel, D., Leguijt, C., Kloek, W. (1998). "Approaches to improving the quality of dried fruits and vegetables." *Trends in Food Science & Technology*, 9, 13-20.
- [38] Chua, K.J., Mujumdar, A.S., Chou, S.K., Hawlader, M.N.A., Ho, J.C. (2000). "Convective drying of banana, guava and potato pieces: effect of cyclical variations of air temperature on drying kinetics and color change." *Drying Technology*, 18, 907-936.
- [39] Mayor, L. & Sereno, A.M. (2004). "Modelling shrinkage during convective drying of food materials." *Journal of Food Engineering*, 61, 373-386.
- [40] Nindo, C.I., Sun, T., Wang, S.W., Tang, J., Powers, J.R. (2003). "Evaluation of drying technologies for retention of physical quality and antioxidants in asparagus." *Lebens Wissen Technology*, 36, 507-516.
- [41] Beaudry, C., Raghavan, G.S.V., Ratti, C., Rennie, T.J. (2004). "Effect of four drying methods on the quality of osmotically dehydrated cranberries." *Drying Technology*, 22, 521-539.

- [42] Menlik, T., Kirmaci, V., & Usta, H. (2009). "Modeling of freeze drying behaviors of strawberries by using artificial neural network." *Journal of Thermal Science and Technology*, 29(2), 11-21.
- [43] Hammami, C., Rene, F. (1997). "Determination of freeze drying process variables for strawberries." *Journal of Food Engineering*, 32, 133-154.
- [44] Paakkonen, K., Mattila, M. (1991). "Processing, packaging and storage effects on quality of freeze dried strawberries." *Journal of Food Science*, 56, 1388-1392.
- [45] Sadikoglu, H., Ozdemir, M. and Seker, M. (2006). "Freeze Drying of Pharmaceutical Products: Research and Development Needs." *Drying Technology*, 24, 849-861.
- [46] Hastürk, F. (2010). Domatesin Farklı Kurutucularda Kurutulmasının Araştırılması, Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- [47] Çelen, S. (2010). Mikrodalga ve vakum kurutucuda bazı gıda ürünlerinin kurutulması ve modellenmesi, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- [48] Tarafdar, A., Shahi, N. C., & Singh, A. "Color assessment of freeze-dried mushrooms using Photoshop and optimization with genetic algorithm." *Journal of Food Process Engineering*, 12920.
- [49] Cunniff, P. (1995). "Association of Official Analytical Chemists." Official methods of analysis of AOAC international (Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists).
- [50] Gheshlaghi, R. E. Z. A., Scharer, J. M., Moo-Young, M., & Douglas, P. L. (2008). "Application of statistical design for the optimization of amino acid separation by reverse-phase HPLC." *Analytical Biochemistry*, 383(1), 93-102.
- [51] 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.
- [52] 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.
- [53] Cheynier, V., Rigaud, J., (1986). "HPLC separation and characterization of flavonols in the skins of *Vitis vinifera* var", *Cinsalut American Journal of Enology and Viticulture*, 37 (4), 248-252.
- [54] Öztan, T., (2006). Mor Havuç, Konsantresi, şalgam suyu, nar suyu ve nar ekşisi ürünlerinde antioksidan aktivitesi tayini ve fenolik madde profilinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [55] Albayrak, S., Sağdıç, O., Aksoy, A., (2010). "Bitkisel ürünlerin ve gıdaların antioksidan kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler". *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(4), 401-409.

- [56] 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.
- [57] 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.
- [58] Benzie, I. F. 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.
- [59] Minekus, M., et al. (2014). "A standardised static in vitro digestion method suitable for food – an international consensus." *Food & Function*, 5(6), 1113–1124.
- [60] Lucas-González, R., Viuda-Martos, M., Pérez Álvarez, J. A., & Fernández-López, J. (2018). "Changes in bioaccessibility, polyphenol profile and antioxidant potential of flours obtained from persimmon fruit (*Diospyros kaki*) co-products during in vitro gastrointestinal digestion." *Food Chemistry*, 256, 252–258.
- [61] Dantas, A. M., Mafaldo, I. M., Oliveira, P. M. de L., Lima, M. dos S., Magnani, M., & Borges, G. da S. C. (2019). "Bioaccessibility of phenolic compounds in native and exotic frozen pulps explored in Brazil using a digestion model coupled with a simulated intestinal barrier." *Food Chemistry*, 274, 202–214.
- [62] Chirinang, P. & Intarapichet, K.O. (2009). "Amino Acids and Antioxidant Properties of the Oyster Mushrooms, *Pleurotus Ostreatus* and *Pleurotus Sajor-Caju*." *ScienceAsia*, 35, 326–331.
- [63] Cheung, L. M., Cheung, P. C. K., & Ooi, V. E. C. (2003). "Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts." *Food Chemistry*, 81(2), 249–255.
- [64] Tsai, S.Y., Huang, S.J., Lo, S.H., Wu, T.P., Lian, P.Y., & Mau, J.L. (2009). "Flavour components and antioxidant properties of several cultivated mushrooms." *Food Chemistry*, 113(2), 578–584.
- [65] Reis, F. S., Martins, A., Barros, L., Ferreira, I. C. F. R. (2012). "Antioxidant Properties and Phenolic Profile of the Most Widely Appreciated Cultivated Mushrooms: A Comparative Study between in Vivo and in Vitro Samples." *Food and Chemical Toxicology*, 50 (5), 1201–1207.
- [66] Woldegiorgis, A. Z.; Abate, D.; Haki, G. D.; Ziegler, G. R. (2014). "Antioxidant Property of Edible Mushrooms Collected from Ethiopia." *Food Chemistry*, 157, 30–36.
- [67] Jayakumar, T., Thomas, P. A., & Geraldine, P. (2009). "In-vitro antioxidant activities of an ethanolic extract of the oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*." *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 10(2), 228–234.

- [68] Palacios, I., et al. (2011). "Antioxidant properties of phenolic compounds occurring in edible mushrooms." *Food Chemistry*, 128(3), 674–678.
- [69] Gil-Ramírez, A., Pavo-Caballero, C., Baeza, E., Baenas, N., Garcia-Viguera, C., Marín, F. R., & Soler-Rivas, C. (2016). "Mushrooms do not contain flavonoids." *Journal of Functional Foods*, 25, 1–13.
- [70] Kim, M.Y., et al. (2018) "Phenolic Compound Concentration and Antioxidant Activities of Edible and Medicinal Mushrooms from Korea." *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56 (16), 7265–7270.
- [71] Rahman, N. F. A., Shamsudin, R., Ismail, A., Shah, N. N. A. K., Varith, J. (2018). "Effects of Drying Methods on Total Phenolic Contents and Antioxidant Capacity of the Pomelo (*Citrus Grandis* (L.) Osbeck) Peels." *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 50, 217–225.
- [72] Esparza-Martínez, F. J., Miranda-López, R., Guzman-Maldonado, S. H. (2016). "Effect of Air-Drying Temperature on Extractable and Non-Extractable Phenolics and Antioxidant Capacity of Lime Wastes." *Industrial Crops and Products*, 84, 1–6.
- [73] Martínez-Las Heras, R., Heredia, A., Castelló, M. L., Andrés, A. (2014). "Influence of Drying Method and Extraction Variables on the Antioxidant Properties of Persimmon Leaves." *Food Bioscience*, 6, 1–8.
- [74] González-Palma, I., Escalona-Buendía, H. B., Ponce-Alquicira, E., Téllez-Téllez, M., Gupta, V. K., Díaz-Godínez, G., Soriano-Santos, J. (2016). "Evaluation of the Antioxidant Activity of Aqueous and Methanol Extracts of *Pleurotus Ostreatus* in Different Growth Stages." *Frontiers in Microbiology*, 7, 1099.
- [75] Sudha, G., Vadivukkarasi, S., Shree, R. B. I., Lakshmanan, P. (2012). "Antioxidant Activity of Various Extracts from an Edible Mushroom *Pleurotus Eous*." *Food Science Biotechnology*, 21(3), 661–668.
- [76] Smolskaitė, L., Venskutonis, P. R., Talou, T. (2015). "Comprehensive Evaluation of Antioxidant and Antimicrobial Properties of Different Mushroom Species." *LWT Food Science Technology*, 60(1), 462–471.
- [77] Huang, D., Ou, B., Prior, R. L. (2005). "The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(6), 1841–1856.
- [78] Chen, G.L., Chen, S.G., Chen, F., Xie, Y.Q., Han, M.D., Luo, C.X., Zhao, Y.Y., Gao, Y.Q. (2016). "Nutraceutical Potential and Antioxidant Benefits of Selected Fruit Seeds Subjected to an in Vitro Digestion." *The Journal of Functional Foods*, 20, 317–331.
- [79] Saura-Calixto, F., Serrano, J., Goñi, I. (2007). "Intake and Bioaccessibility of Total Polyphenols in a Whole Diet." *Food Chemistry*, 101(2), 492–501.
- [80] 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.
- [81] Gullon, B., Pintado, M. E., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. A., Viuda-Martos, M. (2015). "In Vitro Gastrointestinal Digestion of Pomegranate Peel (*Punica Granatum*) Flour Obtained from Co-Products: Changes in the

- Antioxidant Potential and Bioactive Compounds Stability." *The Journal of Functional Foods*, 19, 617–628.
- [82] Tagliazucchi, D., Verzelloni, E., Bertolini, D., Conte, A. (2010). "In Vitro Bio-Accessibility and Antioxidant Activity of Grape Polyphenols." *Food Chemistry*, 120 (2), 599–606.
- [83] Ydjedd, S., Bouriche, S., López-Nicolás, R., Sánchez-Moya, T., Frontela-Saseta, C., Ros-Berruezo, G., Rezgui, F., Louaileche, H., Kati, D.E. (2017). "Effect of in Vitro Gastrointestinal Digestion on Encapsulated and Nonencapsulated Phenolic Compounds of Carob (*Ceratonia Siliqua* L.) Pulp Extracts and Their Antioxidant Capacity." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65 (4), 827–835.
- [84] Kamiloglu, S., Capanoglu, E. (2013). "Investigating the in Vitro Bioaccessibility of Polyphenols in Fresh and Sun-Dried Figs (*Ficus Carica* L.)." *International Journal of Food Science & Technology*, 48 (12), 2621–2629.
- [85] 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.
- [86] 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.

İletişim Bilgisi: tutku.m.ucar@gmail.com

Konferans Bildirileri

1. Uçar T.M., Karadağ A., (2018), "Evaluation of physical and antioxidant properties of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) dried by freeze and vacuum oven drying methods", 29th Scientific-Expert Conference of Agriculture and Food Industry, September. 26-28 2018, İzmir

Makaleler

1. Uçar T.M., Karadağ 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*, online published.

<https://doi.org/10.1007/s11694-019-00149-w>