



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜLERİ
ORTAK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI



YÜKSEK LİSANS TEZİ

Büşra GÜNDOĞDU

**FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİNİN
BALKABAĞI POSASINDAN FENOLİK
MADDE EKSTRAKSİYONUNA
ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

OSMANIYE – 2020

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜLERİ
ORTAK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİNİN BALKABAĞI
POSASINDAN FENOLİK MADDE EKSTRAKSİYONUNA
ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**

Büşra GÜNDOĞDU

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**OSMANİYE
OCAK-2020**

TEZ ONAYI

FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİNİN BALKABAĞI POSASINDAN FENOLİK MADDE EKSTRAKSİYONUNA ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Büşra GÜNDOĞDU tarafından Dr. Öğr. Üyesi Meriç ŞİMŞEK ASLANOĞLU danışmanlığında Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği** Anabilim Dalı'nda hazırlanan bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği/çokluğu ile **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Meriç ŞİMŞEK ASLANOĞLU
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, OKÜ

Üye: Prof. Dr. Kenan Sinan DAYISOYLU
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, KSÜ

Üye: Doç. Dr. Mehmet KARAASLAN
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, HRÜ

Yukarıdaki jüri kararı Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve /..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Coşkun ÖZALP
Enstitü Müdürü, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, bu çalışma sonucunda elde edilmeyen her türlü bilgi ve ifade için ilgili kaynağa eksiksiz atf yapıldığını ve bu tezin Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlandığını bildiririm.

Büşra GÜNDOĞDU



ÖZET

FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİNİN BALKABAĞI POSASINDAN FENOLİK MADDE EKSTRAKSİYONUNA ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Büşra GÜNDOĞDU
Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Meriç ŞİMŞEK ASLANOĞLU

Ocak 2020, 75 sayfa

Bu çalışmanın amacı, balkabağı (*Cucurbita moschata*) posasından geleneksel çözücü metoduyla fenolik maddenin ekstraksiyonunu yanıt yüzey yöntemiyle (YYY) optimize etmek olmuştur. Buna ek olarak, farklı kurutma yöntemlerinin (liyoofilizasyon, etüv (30 ve 60 °C), vakum (30 ve 60 °C) ve mikrodalga (120 ve 600 W) kurutma) balkabağı posasının renk değerleri (L^* , a^* , b^* , ΔE , C ve H°), toplam fenolik madde, toplam flavonoid ve antioksidan aktivitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Optimizasyon deneylerinde katı/sıvı oranı (0.04-0.08 g/ml), sıcaklık (45-65°C) ve etanol konsantrasyonu (%30-80) bağımsız değişkenleri kullanılarak YYY ile liyoofilize balkabağı posasının toplam fenolik maddesi modellenmiştir. Ayrıca, programın önerdiği optimum koşullarda (0.08 g/ml, %56.9 etanol ve 65 °C) farklı yöntemlerle kurutulmuş balkabağı posalarından toplam fenolik madde ekstraksiyonu gerçekleştirilmiştir. Kurutulmuş balkabağı posalarının toplam fenolik madde, toplam flavonoid içeriği ve antioksidan aktivite değerleri sırasıyla, 1.88 ± 0.01 - 4.86 ± 0.27 mg gallik asit eşdeğeri/g kuru madde, 1.32 ± 0.05 - 3.09 ± 0.29 mg kateşin eşdeğeri/g kuru madde ve 1.45 ± 0.15 - 4.27 ± 0.27 mg askorbik asit eşdeğeri/g kuru madde arasında değişmektedir. Kurutma tipinin ve sıcaklık veya mikrodalga gücünün balkabağı posasının ekstraktının toplam fenolik maddesi üzerinde önemli etkisi olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). Bu çalışma, atık olan balkabağı posasının çeşitli gıdalara eklenerek biyoaktif madde içeriğini zenginleştirilmesi açısından gıda sektöründe bir potansiyeli olduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Balkabağı Posası, Fenolik, Liyoofilizasyon, Kurutma, Yanıt Yüzey Yöntem

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE EFFECT OF DIFFERENT DRYING METHODS ON THE PHENOLIC EXTRACTION FROM BUTTERNUT SQUASH POMACE

Büşra GÜNDOĞDU
M. Sc., Department of Food Engineering
Supervisor: Assist. Prof.Dr. Meriç ŞİMŞEK ASLANOĞLU

January 2020, 75 pages

The aim of this study was to optimize the extraction of phenolic compound from the butternut squash (*Cucurbita moschata*) pomace using solvent method by the aid of Response Surface Methodology (RSM). In addition, the effect of different drying methods (lyophilization, oven (30 and 60 °C), vacuum (30 and 60 °C) and microwave (120 and 600 W) drying) on the color values (L^* , a^* , b^* , ΔE , C ve H°), total phenolic compounds, total flavonoid content and antioxidant activity of butternut squash pomace was investigated. In the optimization experiments, the total phenolic compound of butternut squash pomace was modeled by RSM using independent parameters of solid/solvent ratio (0.04-0.08 g/ml), temperature (45-65°C) and ethanol concentration (30-80%). Furthermore, the extraction of total phenolic compound from butternut squash pomace dried with different methods were performed at optimum conditions (0.08 g/ml, 56.9% ethanol and 65 °C). Total phenolic content, total flavonoid content and antioxidant activity values of dried pumpkin pomaces changed between 1.88 ± 0.01 - 4.86 ± 0.27 mg gallic acid equivalent/g dry matter, 1.32 ± 0.05 - 3.09 ± 0.29 mg catechin equivalent/g dry matter and 1.45 ± 0.15 - 4.27 ± 0.27 mg ascorbic acid equivalent/g dry matter, respectively. The effect of drying method, temperature or microwave power on the total phenolic content was determined statistically significant ($p<0.05$). This study showed that the butternut squash pomace, the waste, has a potential in the food sector in terms of enriching the bioactive content when added to the various food.

Key words: Butternut Squash Pomace, Phenolic, Lyophilization, Drying, Response Surface Methodology

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam süresince danışmanlığımı üstlenerek değerli fikirleri ile beni yönlendiren, ilgi ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, her alanda bana destek olan birlikte çalışmaktan onur duyduğum çok değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Meriç ŞİMŞEK ASLANOĞLU'na saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam boyunca her türlü yardım, öneri ve yönlendirmeleri ile bilgilerini sunan çok değerli hocam Doç. Dr. Hande DEMİR'e saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Dr. Özge SÜFER'e ve laboratuvar arkadaşlarım yüksek lisans öğrencilerinden Belma EKE ve Rabia KOŐAY'a teşekkürü borç bilirim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca her zaman yanımda olup beni destekleyen, kararlarımın saygı duyan çok kıymetli aileme sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

| | |
|---|------|
| TEZ ONAYI | |
| TEZ BİLDİRİMİ | |
| ÖZET | i |
| ABSTRACT | ii |
| TEŞEKKÜR..... | iii |
| İÇİNDEKİLER | iv |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | vi |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | viii |
| SİMGELER ve KISALTMALAR | ix |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR | 5 |
| 2.1 Fenolik Bileşikler..... | 5 |
| 2.2 Karotenoidler | 7 |
| 2.3 Antioksidanlar | 8 |
| 2.4 Fenolik Bileşiklerin Ekstraksiyonu | 9 |
| 2.5 Gıdalara Uygulanan Kurutma Yöntemleri | 11 |
| 2.6 Yanıt Yüzey Yöntemi (YYY)..... | 13 |
| 2.7 Fenolik Madde Ekstraksiyonu ve Kurutma Üzerine Yapılan Çalışmalar | 14 |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM | 19 |
| 3.1 Materyaller | 19 |
| 3.1.1 Balkabağı..... | 19 |
| 3.1.2 Kimyasal Malzemeler..... | 19 |
| 3.2 Yöntem | 19 |
| 3.2.1 Balkabağı Posası Üretimi | 19 |
| 3.2.2 Dondurarak Kurutma (Liyofilizasyon) | 20 |
| 3.2.3 Sıcak Hava ile Kurutma | 20 |
| 3.2.4 Vakum Altında Kurutma | 20 |
| 3.2.5 Mikrodalga ile Kurutma..... | 20 |
| 3.2.6 Nem Tayini | 21 |
| 3.2.7 Renk Tayini..... | 21 |
| 3.2.8 Balkabağı Posasından Fenolik Madde Ekstraksiyonu | 21 |
| 3.2.9 Tarama Denemeleri..... | 22 |

| | |
|---|-----------|
| 3.2.10 Optimizasyon..... | 23 |
| 3.2.11 Validasyon | 25 |
| 3.2.12 Toplam Fenolik Madde Tayini | 25 |
| 3.2.13 Toplam Flavonoid İçeriği Tayini..... | 25 |
| 3.2.14 Antioksidan Aktivite Tayini (DPPH Metodu) | 26 |
| 3.2.15 İstatistiksel Analiz..... | 26 |
| 4. BULGULAR VE TARTIŞMA | 27 |
| 4.1 Balkabağı Posasından Fenolik Madde Ekstraksiyonu Optimizasyonu | 27 |
| 4.2 Farklı Kurutma Metotları ile Balkabağı Posasının Kurutulması | 31 |
| 4.3 Farklı Kurutma Metotlarının Balkabağı Posası Renk Değerleri Üzerine Etkisi | 32 |
| 4.4 Farklı Kurutma Metotlarının Balkabağı Posasının Toplam Fenolik Madde İçeriği Üzerine Etkisi | 34 |
| 4.5 Farklı Kurutma Metotlarının Balkabağı Posasının Toplam Flavonoid İçeriği Üzerine Etkisi | 36 |
| 4.6 Farklı Kurutma Metotlarının Balkabağı Posasının Antioksidan Aktivite Üzerine Etkisi..... | 38 |
| 4.7 Korelasyon Analizi..... | 39 |
| 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER..... | 40 |
| KAYNAKLAR | 42 |
| ÖZGEÇMİŞ | 51 |
| EKLER..... | 52 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| | |
|---|----|
| Çizelge 1.1 2016 yılı Dünya balkabağı üretimi | 1 |
| Çizelge 1.2 Türkiye’de yıllara göre balkabağı üretimi | 2 |
| Çizelge 1.3 Balkabağının bileşimi | 2 |
| Çizelge 2.1 Fenolik bileşiklerin sınıflandırılması | 5 |
| Çizelge 3.1 Tarama denemeleri için bağımsız değişken değerleri | 23 |
| Çizelge 3.2 Tarama denemelerinde kullanılan Desing Expert tasarımı ile yapılan deney planı..... | 23 |
| Çizelge 3.3 Merkezi kompozit tasarım için bağımsız değişken değerleri | 24 |
| Çizelge 3.4 Merkezi kompozit deney tasarımı ile yapılan deney planı | 24 |
| Çizelge 3.5 Validasyon deney koşulları..... | 25 |
| Çizelge 4.1 Tarama deneyleri sonuçlarına göre toplam fenolik madde (TFM) içerikleri..... | 27 |
| Çizelge 4.2 Optimizasyon deneylerinde toplam fenolik madde (TFM) içeriği..... | 28 |
| Çizelge 4.3 Optimum noktalarda toplam fenolik madde (TFM) içeriği..... | 31 |
| Çizelge 4.4 Taze ve farklı metotlarla kurutulmuş balkabağı posasının L, a* ve b* değerleri | 33 |
| Çizelge 4.5 Taze ve farklı metotlarla kurutulmuş balkabağı posasının ΔE , C ve H* değerleri | 33 |
| Çizelge A.1 Balkabağı posası ekstraktının toplam fenolik madde içeriğini etkileyen ekstraksiyon faktörlerinin taraması için ANOVA tablosu..... | 53 |
| Çizelge A.2 Balkabağı posası ekstraktının toplam fenolik madde içeriğini etkileyen ekstraksiyon faktörlerinin optimizasyonu için ANOVA tablosu..... | 54 |
| Çizelge A.3 Kurutma metotlarının balkabağı posasının L değeri üzerine etkisi için Duncan test sonuçları..... | 54 |
| Çizelge A.4. Kurutma metotlarının balkabağı posasının a* değeri üzerine etkisi için Duncan test sonuçları..... | 55 |
| Çizelge A.5 Kurutma metotlarının balkabağı posasının b* değeri üzerine etkisi için Duncan test sonuçları..... | 55 |
| Çizelge A.6 Kurutma metotlarının balkabağı posasının ΔE değeri üzerine etkisi için Duncan test sonuçları..... | 56 |

| | |
|--|----|
| Çizelge A.7 Kurutma metotlarının balkabağı posasının C değeri üzerine etkisi için Duncan test sonuçları..... | 56 |
| Çizelge A.8 Kurutma metotlarının balkabağı posasının H* değeri üzerine etkisi için Duncan test sonuçları..... | 57 |
| Çizelge A.9 Balkabağı posasının L, a*, b*, ΔE, C ve H* değerleri etkileyen kurutma faktörleri için ANOVA tablosu | 58 |
| Çizelge A.10 Kurutma metotlarının balkabağı posası ekstraktlarının toplam fenolik madde içeriği üzerine etkisi için Duncan test sonuçları. | 59 |
| Çizelge A.11 Balkabağı posası ekstraktının toplam fenolik madde içeriğini etkileyen kurutma faktörleri için ANOVA tablosu. | 59 |
| Çizelge A.12 Kurutma metotlarının balkabağı posası ekstraktlarının toplam flavanoid içeriği üzerine etkisi için Duncan test sonuçları. | 60 |
| Çizelge A.13 Balkabağı posası ekstraktının toplam flavanoid içeriğini etkileyen kurutma faktörleri için ANOVA tablosu. | 60 |
| Çizelge A.14 Kurutma metotlarının balkabağı posası ekstraktlarının DPPH metoduyla antioksidan aktivite üzerine etkisi için Duncan test sonuçları | 61 |
| Çizelge A.15 Balkabağı posası ekstraktının DPPH metoduyla antioksidan aktivitesini etkileyen kurutma faktörleri için ANOVA tablosu. | 61 |
| Çizelge A.16 Renk değerleri (L, a*, b*, ΔE, C ve H) ve toplam fenolik ve flavanoid, DPPH metoduyla antioksidan aktivitenin birbirleriyle olan ilişkisi için Pearson korelasyon analizi. | 62 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | |
|---|----|
| Şekil 3.1 Balkabağı posası üretim akım şeması..... | 19 |
| Şekil 4.1 Optimizasyon aşamasında katı/sıvı oranı–ekstraksiyon sıcaklığı etkileşiminin toplam fenolik madde üzerine etkisi (etanol konsantrasyonu %55’de sabit)..... | 30 |
| Şekil 4.2 Optimizasyon aşamasında katı/sıvı oranı–etanol konsantrasyonu etkileşiminin toplam fenolik madde içeriği üzerine etkisi (ekstraksiyon sıcaklığı 55 °C’de sabit) | 30 |
| Şekil 4.3 Taze ve farklı metotlarla kurutulmuş balkabağı posası ekstraktlarının toplam fenolik madde içeriği..... | 35 |
| Şekil 4.4 Taze ve farklı metotlarla kurutulmuş balkabağı posası ekstraktlarının toplam flavonoid içeriği | 37 |
| Şekil 4.5 Taze ve farklı metotlarla kurutulmuş balkabağı posası ekstraktlarının antioksidan aktiviteleri. | 38 |
| Şekil B.1 Gallik asit kalibrasyon eğrisi..... | 52 |
| Şekil B.2 Kateşin kalibrasyon eğrisi. | 52 |
| Şekil B.3 DPPH metodu için askorbik asit kalibrasyon eğrisi..... | 53 |

SİMGELER ve KISALTMALAR

| | |
|------------|---|
| a* | Kırmızılık-yeşillik |
| AE | Askorbik asit eşdeğeri |
| ANOVA | Varyans analizi |
| b* | Sarılık-mavilik |
| C | Renk parlaklığı (Kroma) |
| DPPH | 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil |
| FAOSTAT | Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Organizasyonu İstatistik Veritabanı |
| GAE | Gallik asit eşdeğeri |
| GHz | Gigahertz |
| KE | Kateşin eşdeğeri |
| KM | Kuru madde |
| L* | Açıklık |
| MD | Mikrodalga |
| Mhz | Megahertz |
| W | Watt |
| YYY | Yanıt Yüzey Yöntemi |
| ΔE | Toplam renk değişimi |

1.GİRİŞ

Dünyadaki geleneksel tarım sistemlerinde en önemli sebzelerden bir tanesi olan balkabağı *Cucurbitaceae* familyasının yıllık otsu bitkisidir (Maran, vd., 2013). Balkabağı, saplarının doku ve şekline göre *Cucurbitapepo*, *Cucurbitamaxima*, *Cucurbitamoschata* ve *Cucurbitamixta* gibi çeşitli sınıflara ayrılır (Shi, vd., 2013).

Balkabağı yetiştiriciliği ilk olarak Kuzey Meksika, Arjantin ve Şili’de yaygın iken daha sonra Avrupa (Fransa ve Portekiz), Asya (Hindistan ve Çin) ve Batı Amerika’da yaygınlaşmıştır (Yadav, vd., 2010).

2016 yılı FAOSTAT verilerine göre dünyada balkabağı üretimi en çok Çin’de gerçekleşirken bunu sırasıyla Hindistan, Rusya, Ukrayna, Amerika, Meksika ve Türkiye izlemektedir (Çizelge 1.1). Türkiye’de ise balkabağı üretimi giderek artmaktadır (Çizelge 1.2).

Çizelge 1.1 Dünya balkabağı 2016 yılı üretimi (FAOSTAT, 2019)

| Ülke | Üretim (ton) | Kişi başı üretim (kg) | Üretilen alan (Hektar) | Verim (kg/hektar) |
|-------------------------|-----------------|--------------------------|---------------------------|----------------------|
| Çin Halk Cumhuriyeti | 7.838.809 | 5.6 | 425.230 | 18.434 |
| Hindistan | 5.073.678 | 3.8 | 528.753 | 9.596 |
| Rusya | 1.224.711 | 8.3 | 57.012 | 21.482 |
| Ukrayna | 1.209.810 | 28.6 | 58.600 | 20.645 |
| Amerika | 1.005.150 | 3.1 | 41.640 | 24.139 |
| Meksika | 677.048 | 5.4 | 36.721 | 18.438 |
| Türkiye | 489.999 | 6.1 | 106.696 | 4.592 |

Çizelge 1.2 Türkiye’de yıllara göre balkabağı üretimi (FAOSTAT, 2019)

| Yıl | Miktar (ton) | Ekilen alan (hektar) |
|------------|-------------------------|---------------------------------|
| 2013 | 424.371 | 65.056 |
| 2014 | 393.530 | 68.571 |
| 2015 | 408.286 | 85.086 |
| 2016 | 489.999 | 124.621 |
| 2017 | 580.624 | 179.051 |

Balkabağının ağırlığı 5 ile 60 kg arasında değişmekte ve kabuk rengi sarıdan turuncuya, et rengi ise açık turuncudan koyu turuncuya kadar değişiklik gösterebilmektedir. Genel olarak, ılık ve tropik iklimlerde yetişir. Kumlu ve nemli toprakları tercih eder (Jacobso-Valenzuela, vd., 2011).

Balkabağı; B₆, K, tiamin, riboflavin ve özellikle vitamin A gibi vitaminler ve potasyum, fosfor, magnezyum, demir ve selenyum gibi mineraller açısından değerli bir besin kaynağıdır (Assous, vd., 2014). Bu nedenle, beslenmede önemli bir yere sahiptir (Dirim ve Çalışkan, 2012).

Balkabağı fenolik bileşikler, flavonoidler, antioksidanlar, karotenoidler bakımından zengin, düşük enerjili ve sağlıklı bir sebzedir (Assous, vd., 2014). Balkabağının bileşimi Çizelge 1.3.’de gösterilmiştir.

Çizelge 1.3 Balkabağının bileşimi (Yadav, vd., 2010)

| Bileşenler | Miktar |
|-------------------------|---------------|
| Su (g/100 g) | 89 |
| Protein (g/100 g) | 4.0 |
| Yağ (g/100 g) | 0.2 |
| Karbonhidrat (g/100 g) | 2.0 |
| Lif (g/100 g) | 2.4 |
| Kalsiyum, Ca (mg/100 g) | 475 |
| Fosfor, P (mg/100 g) | 175 |
| Demir, Fe (mg/100 g) | 0.8 |
| β-karoten (mg/100 g) | 1.0 |

| | |
|-----------------------------------|------|
| Tiamin (mg/100 g) | 0.08 |
| Riboflavin (mg/100 g) | 0.06 |
| Niasin (mg/100 g) | 0.3 |
| Askorbik asit (mg/100 g) | 80 |
| Alüminyum, Al (mg/g kuru ağırlık) | 9.21 |
| Cobalt, Co (mg/g kuru ağırlık) | 0.29 |
| Krom, Cr (mg/g kuru ağırlık) | 2.84 |
| Bakır, Cu (mg/g kuru ağırlık) | 15.4 |
| Potasyum, K (mg/g kuru ağırlık) | 5.70 |
| Magnezyum, Mg (mg/g kuru ağırlık) | 5.60 |
| Sodyum, Na (mg/g kuru ağırlık) | 6.90 |
| Zn (mg/g kuru ağırlık) | 113 |

Balkabağının parlak turuncu rengi balkabağının karotenoid bakımından zengin olduğunu gösterir (Shi, vd., 2013). Balkabağındaki ana karotenoid β -karotendir (> %80), ayrıca daha az miktarda lutein, cis α -karoten ve likopen içerir (Assous, vd., 2014).

Balkabağı kabuğu, balkabağındaki karotenoidlerin ve vitamin A'nın yaklaşık %10-40'ını içerir. Kabuk kısmı gıda olarak tüketilmemesine rağmen genellikle yem olarak tarımsal yan ürünler için ayrılır (Song, vd., 2018).

Balkabağının antidiyabetik, antioksidan, anti-kanserojenik, antimikrobiyal, antiparazit, antienflamatuvar (iltihap önleyici), hipotansif (kan basıncını düşürücü) ve hepatoprotektif (karaciğer koruyucu) gibi birçok sağlık etkileri vardır (Yadav, vd., 2010).

Balkabağının pastacılık, atıştırmalık, süt ve et ürünlerinde kullanımı farklı ülkeler için mevcuttur. Birçok ülkede çorbalarda ve tatlılarda sebze olarak (Jamali, vd., 2018), kıvam arttırıcı, lezzet verici ve renklendirici madde olarak ve meyve suyu elde etmede kullanılır (Dirim ve Çalışkan, 2012). İran'da yarı pişmiş olarak ve çoğunlukla yoğurt ya da pirinçle birlikte tüketilir (Jamali, vd., 2018). Ülkemizde ise balkabağı; çorba, bebek maması, reçel ve tarhana gibi farklı gıdalarda yer almaktadır. Bunların yanı sıra, kurutulmuş balkabağı dilimleri ve balkabağı tozu olarak kullanılmaktadır.

Sonuç olarak balkabağının farklı proseslerde işlenmesi sonucunda balkabağının kabuğu, çekirdekleri veya posası atık olarak oluşmaktadır. Özellikle atık olarak terkedilen balkabağı posasının biyoaktif içeriğinin belirlenmesi ve farklı gıdalara eklenme potansiyelinin gösterilmesi balkabağı posasına katma değer kazandırılması açısından önemlidir.

Sebze ve meyvelerin işlenmesi sırasında oluşan atıklar gıda endüstrisi için büyük önem taşımaktadır (Sharma, vd., 2016). Bu atıklar; karbonhidratlar, proteinler, lipitler ve diğer biyoaktif moleküller açısından zengindir. Bu nedenle, atık ürünler son zamanlarda katma değerli biyokütleler olarak kabul edilmiştir (Plazzotta ve Manzocco, 2019).

Meyve atıkları yıl boyunca büyük ölçüde oluştuğundan, bu atıkların önemli bileşiklerin üretimi için kullanılması üretilen toplam atığın azaltılmasında yardımcı olmaktadır. Ayrıca yakma ve toprak doldurma gibi atık arıtma yöntemleri çevre kirliliği oluşturduğundan, bu atıkların katma değerli bileşikler elde etmek için kullanılması çevre temizliği açısından da önem taşır.

Bu çalışmanın amacı, balkabağı posasından geleneksel çözücü metoduyla fenolik maddenin ekstraksiyonunu optimize etmek ve farklı kurutma yöntemlerinin (liyofilizasyon, etüv, vakum ve mikrodalga kurutma) balkabağı posasınının toplam fenolik madde, toplam flavonoid içeriği ve antioksidan aktivitesi üzerindeki etkilerini araştırmaktır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1 Fenolik Bileşikler

Fenolik bileşikler, bir veya daha fazla hidroksil grup bulunduran aromatik halkalara sahip fenilalanin ve tirozin türevleridir (Costa, vd., 2015). Bitkilerde ikincil metabolit olarak bulunurlar ve pentoz fosfat, şikimit asit ve fenilpropanoid gibi çeşitli yollarla bitkilerden sentezlenirler (Vuolo, vd., 2019).

Fenolik bileşikler, bitkilerde üreme ve gelişme sisteminde, bitkilerin renklerinin tanımlanmasında ve pestisitlere karşı direnç sağlamada önemli rol oynarlar (Veira da Silva, vd., 2016). Ayrıca, antimitojenik, antimikrobiyal, antikanserojenik ve antioksidan etkilerinden dolayı insan sağlığı için önemli bileşiklerdir (Barros ve Junior, 2019). Fenolik bileşiklerde antioksidan etki hidroksil gruplarının sayısına ve konumuna ve konjuge çift bağların sayısına bağlı olarak artar veya azalır (Murkoviç, 2016).

Fenolik bileşikler antimikrobiyal ve antioksidan aktivitelerinden dolayı doğal gıda koruyucusudur. Bu bileşikler serbest radikal oluşumunu engelleyerek oksidasyon sırasında hücre hasarına neden olacak zincirleme reaksiyonu durdurabilecek etkiye sahiptir. Bu nedenle, meyve ve sebzelerin bozulmalarını geciktirir, gıda ürünlerinin raf ömrünü uzatır ve ayrıca insan vücudunu reaktif oksijen türlerinin zararlarına karşı korur (Mark, vd., 2019).

Fenolik bileşikler, içerdikleri fenol halkalarının sayısı ve bu halkaları birbirine bağlayan yapısal elemanların bir fonksiyonu olarak fenolik asitler, flavonoidler, stilbenler ve lignanlar gibi farklı sınıflara ayrılır (Herrero, vd., 2012) (Çizelge 1.4).

Çizelge 2.1 Fenolik bileşiklerin sınıflandırılması (Gioixari, vd., 2016)

| Fenolik Sınıf | Karbon Yapısı |
|------------------------------------|---|
| Basit fenoller | C ₆ |
| Fenolik asitler | C ₆ -C ₁ |
| Fenilasetik asitler | C ₆ -C ₂ |
| Hidroksisinamik asit ve kumarinler | C ₆ -C ₃ |
| Naftakinonlar | C ₆ -C ₄ |
| Ksanfonlar | C ₆ -C ₁ - C ₆ |

| | |
|---------------------------------|--------------------|
| Stilbenler | $C_6-C_2- C_6$ |
| Flavonoidler ve izoflavonoidler | $C_6-C_3- C_6$ |
| Hidrolyze edilebilir tanenler | $(C_6-C_1)_2$ |
| Lignanlar | $(C_6-C_3)_2$ |
| Biflavonoidler | $(C_6-C_3- C_6)_2$ |
| Ligninler | $(C_6-C_3)_n$ |
| Katekolmelaninler | $(C_6)_n$ |
| Yoğunlaşmış taninler | $(C_6-C_3- C_6)_n$ |

Fenolik asitler, bir fenol halkası ve en az bir tane karboksil grup içeren en basit fenolik sınıftır. Yapılarında bulunan karboksil gruplarının sayısına bağlı olarak hidroksibenzoik asit ve hidroksisünamik asit olmak üzere iki gruba ayrılır (Mark, vd., 2019). Farklı gıdalarda bulunan fenolik asitlerin çeşitliliği aromatik halka üzerindeki hidroksil gruplarının sayısı ve konumu ile ilgilidir (Herrero, vd., 2012).

Hidroksibenzoik asit C_6-C_1 yapısındadır ve p-hidroksibenzoik asit, protokateşik, vanilik, gallik ve şirinjik asitlerini içerir. Hidroksisünamik asit ise C_6-C_3 yapısındadır ve kumarik, kafeik, ferulik ve sinapik asitleri içerir (Cong-Cong, vd., 2017).

Fenolik asitler çoğunlukla kiraz, kayısı, mango, şeftali, kıızılcık, yaban mersini, armut gibi meyvelerde ve patlıcan, domates, ıspanak gibi sebzelerde, bazı tahıllarda, yağlı tohumlarda, kuruyemişlerde, kahve ve yeşil çayda bulunur (Luna-guevera, vd., 2018).

Flavonoidler, A, B ve C olarak isimlendirilen üç halkada düzenlenmiş on beş karbon atomundan oluşur. A ve B halkası aromatik iken C halkası heterosiklik halka formunda üç karbonlu bir köprüdür (Cong-Cong, vd., 2017).

Flavonoidler bitkilerde gelişme sistemine ve renk oluşumuna katkıda bulunur. Gıdalara eklendiklerinde ise yağ oksidasyonunun engellenmesini, vitamin ve enzimlerin korunmasını sağlar ve gıdaların tat ve renklerinin oluşumuna katkıda bulunur (Vieira da Silva, vd., 2016).

Flavonoidler; flavonlar, flavonoller, flavanonlar, flavan-3-ol (kateşinler), antosiyanidinler ve izoflavonlar olmak üzere alt gruplara ayrılır (Gioxari, vd., 2016). A ve B halkalarındaki oksijenasyon, alkilasyon, glikosilasyon, sülfatlama ve asilasyon

gibi değişiklikler, flavonoidlerin farklı grupları ayrılmasına neden olur (Vuolo, vd., 2019).

Genel olarak antosiyanidinler kiraz, üzüm gibi kırmızı renkli meyvelerde, flavanonlar turunçgillerde, flavan-3-ol'ler çayda, izoflavonoidler ise baklagillerde bulunur. Ayrıca aromatik bitkiler de iyi bir flavonoid kaynağıdır (Faggio, vd., 2017).

Lignanlar, iki fenilpropan ünitesinin dimerizasyonu ile üretilir (Cong-Cong, vd., 2017). Lignanlar; basit lignanlar, monoepoksilignanlar, diepoksilignanlar, siklonlar ve laktonlulignanolitler olmak üzere beş farklı yapısal sınıfa ayrılır. Lignanlar; keten tohumu, tahıllar, baklagiller, yağlı tohumlar, meyveler ve sebzelerde yaygın olarak bulunur. Keten tohumu ve susam en önemli lignan kaynağıdır (Zuiter ve Jordan, 2014).

Stilbenler, üç malonil-CoA ile birlikte p-koumaroil-CoA'dan sentezlenen (Mark, vd., 2019) ve suda çözünmeyen renksiz bileşiklerdir (Zuiter ve Jordan, 2014). Bitkileri viral ve mikrobiyal saldırılara, aşırı ultraviyole ışın maruziyetine ve hastalıklara karşı koruyan doğal bir koruyucu maddedir. Stilbenler kanser önleyici ve kolesterol düşürücü etkiye sahiptir. Resveratrol, piceatannol (astringenin), pinosilvin, rapontigenin, pterostilben, astringin ve piceid (polidatin) doğal olarak bulunan stilben türevleridir. Yaban mersini, çilek, üzüm, ravent gibi meyveler ve fındık, fıstık ve şeker kamışı önemli stilben kaynaklarıdır (Zuiter ve Jordan, 2014).

2.2 Karotenoidler

Karotenoidler, birçok meyve, sebze ve çiçek çeşitlerinde ve bazı hayvan türlerinde bulunabilen doğal olarak sarı, kırmızı ve turuncu renk veren yağda çözülebilir pigmentlerdir (Ngamwonglumlert ve Devahastin, 2019).

Karotenoidler, karotenler (α -karoten, β -karoten ve likopen) ve ksantofiller (lutein, zeaksantin ve β -kriptoksantin) olmak üzere iki gruba ayrılır (Nagarajan, vd., 2017). Karotenler sadece hidrokarbonlardan oluşurken ksantofiller hidrojen, karbon ve bir ya da daha fazla oksijen içeren fonksiyonel gruplardan oluşur (Ngamwonglumlert ve Devahastin, 2019).

Genel olarak sarı-turuncu meyve ve sebzeler α -karoten ile β -karoten, turuncu meyveler α -kriptoksantin, koyu yeşil sebzeler ve yumurta sarısı lutein ve zeaksantin açısından zenginken domates ve domates ürünleri ise likopen açısından zengindir (Amorim-

Carrilho, vd., 2014). Meyve ve sebzelerden havuç, papaya, balkabağı, karpuz, kivi, mango, avakado, ıspanak, brokoli, biber ve lahana önemli karoten kaynaklarıdır (Chiu, vd., 2019).

Karotenoidler gece körlüğü gibi ciddi göz hastalıklarının önlenmesinde etkili olan vitamin A aktivitesine sahiptir ve α -karoten, β -karoten ve kriptoksantin insan vücudunda A vitamininin öncüsüdür (Amorim-Carrilho, vd., 2014).

β -karoten göz sağlığının korunmasında ve bağışıklık sisteminin düzgün çalışmasında etkili iken likopen tüketimi, kalp hastalıkları ve kanser risklerinin önlenmesinde görev yapar. Aynı şekilde, lutein ve zeaksantin, yaşlanma sürecini geciktirerek kas bozulmalarını önler (Sahar, vd., 2019).

Karotenoidler gıda endüstrisinde renklendirici, katkı maddesi ve yem olarak kullanılır, kozmetik endüstrisinde ise güneş yanığı veya ciltle ilgili rahatsızlıkların tedavisinde yaygın olarak kullanılır (Chiu, vd., 2019).

2.3 Antioksidanlar

Serbest radikaller biyolojik sistemlerde meydana gelen kimyasal reaksiyonların ve metabolik işlemlerin sonucu oluşur. Serbest radikaller; DNA, lipitler ve proteinler gibi önemli molekülleri değiştirebilme yeteneğine sahip olduğundan bu moleküllerin işlev yapma kabiliyetlerini engelleyerek hücrelerde oksidatif hasara neden olur (Stanner ve Weichselbaum, 2013).

Antioksidanlar, serbest radikal reaksiyonlarını azaltan, oluşumlarını baskılayan ya da etkilerine karşı çıkan moleküllerdir. Antioksidanlar, aktif oksidan türlerini yüksek oranda nötr bir moleküle indirgeyerek kendilerini geri dönüştürülebilir toksik olmayan moleküller içine okside ederler (Singh, vd., 2017).

Antioksidanlar kaynaklarına, etki mekanizmalarına, işlevlerine göre çeşitli şekillerde sınıflandırılırlar. Kaynaklarına göre antioksidanlar, doğal ve sentetik olarak ikiye ayrılır. Doğal antioksidanlar, bitkilerde doğal olarak bulunurlar ve polifenoller, karotenoidler, askorbik asit ve tokoferoller en bilinen örnekleridir. Sentetik antioksidanlar ise kimyasal olarak sentezlenirler (Tsao, 2015). BHA (Butilhidroksianisol), BHT (Butilhidroksitoluen), TBHQ (Ter-butilhidrokinon) ve PG

(Propilen glikol) bu grupta yer alan (Shahidi, 2015) ve güvenli kullanımları için toksikolojik olarak incelenmiş antioksidanlardır (Tsao, 2015).

Antioksidanlar mekanizmalarına göre, birincil veya ikincil antioksidanlar olarak da sınıflandırılabilir. Birincil antioksidanlar, serbest radikal reaksiyonlarının başlamasını engelleyerek lipid oksidasyonunu önleyen zincir kırıcı antioksidanlardır. Sekonder antioksidanlar ise havadaki oksijeni ya da katalitik metal iyonlarını bağlayarak oksidasyonun başlamasını geciktiren koruyuculardır (Tsao, 2015).

İşlevleri veya etkilerine göre antioksidanlar ise aşağıdaki gibidir (Tsao, 2015):

- Serbest radikal oluşumunu engelleyen veya sonlandıran serbest radikal temizleyiciler,
- Metal iyonlarını elektron transferi için uygun olmayan kararlı formlara dönüştürebilen metal şelatlayıcılar,
- Tekli oksijen söndürücüler,
- Aktiviteyi artıran veya başka antioksidanları yeniden üreten sinerjistler,
- Okside edilebilir bileşiklere bir elektron vererek indirgeyen ajanlar,
- Oksidatif enzimleri etkisiz hale getiren enzim inhibitörleridir.

2.4 Fenolik Bileşiklerin Ekstraksiyonu

Fenolik bileşiklerin analizinde önemli bir adım olan ekstraksiyon bir veya daha fazla bileşiğin bitki materyalinden seçici olarak ayrılması işlemidir.

Ekstraksiyon işleminde ilk önce numune ekstraksiyon çözücüsü ile difüzyon yoluyla temas ettirilir daha sonra analitin çözücü içerisinde çözünmesi sağlanır. Son olarak, analiti içeren ekstraksiyon fazı santrifüjleme ya da filtreme yoluyla katı matriksten uzaklaştırılır (Tomaz, vd., 2019).

Ekstraksiyon işlemi, geleneksel ve modern yöntem olarak iki farklı şekilde uygulanabilir.

Geleneksel ekstraksiyon teknikleri; maserasyon, sokslet ekstraksiyonu ve çözücü ekstraksiyonudur. Bu yöntemler, modern ekstraksiyon yöntemleriyle kıyaslandığında ekstraksiyon süresinin uzun olması, olası termal bozulma nedeniyle verim düşüklüğü, yüksek maliyet ve çözücülerin geri dönüşümünün verimsiz olması dezavantajlarını oluşturur (Zainal-Abidin, vd., 2017).

Modern ekstraksiyon teknikleri ise ultrason destekli ekstraksiyon, mikrodalga ekstraksiyonu, enzim destekli ekstraksiyon, süperkritik sıvı ekstraksiyon ve yüksek basınç destekli ekstraksiyondur. Bu yöntemler, geleneksel ekstraksiyon yöntemlerine göre çok daha iyi verime, daha kısa ekstraksiyon süresine ve daha düşük maliyete sahip olup, elde edilen bileşiklerin de saflıkları yüksektir (Zainal-Abidin, vd., 2017).

Çözücü ekstraksiyonu, çeşitli çözücüler kullanılarak gıdaların belirli bileşenlerinin ayrılmasını sağlayan yöntemdir. Genellikle, fındık ya da tohumlardan elde edilen özel yağlar, yemeklik yağlar, lezzet maddeleri, baharatlar, uçucu yağlar, hazır kahve ve çaylar bu yöntem uygulanarak elde edilir. Bu yöntemde çözücü uzaklaştırıldıktan sonra ekstrakt edilen gıdalar doğrudan kullanılabilirdiği gibi konsantrasyon, dehidrasyon gibi uygulamalarla da işlenebilir (Fellows, 2017).

Fenolik bileşikler karmaşık bir yapıya sahip olduklarından, en uygun çözücü bitki yapısında bulunan ve ekstraksiyonu istenen fenoliklerin fizikokimyasal yapısına ve özelliklerine bağlı olarak belirlenir. Bitkisel fenoliklerin ekstraksiyonunda kullanılan çözücüler arasında su, alkoller (n-propanol, izopropanol, etanol, metanol), eterler (dietil eter, metil tert-butil eter), etil asetat ve keton çözücüler (metil etil keton) bulunur (Holland, vd., 2017). Ekstraksiyon işlemi genellikle oda sıcaklığına yakın sıcaklıklarda gerçekleşir ama ekstraksiyon verimini arttırmak için yüksek sıcaklıkların kullanılması ürün kalitesini önemli ölçüde etkilemez (Fellows, 2017).

Ultrason destekli ekstraksiyon, hücre içi metabolitlerin ekstraksiyonu ve mikrobiyal inaktivasyon amaçlı uygulanabilir (Saini ve Keum, 2018).

Ultrason destekli ekstraksiyon, hücre duvarı boyunca difüzyon ve hücre duvarı yıkıldıktan sonra hücre içeriğini yıkama olmak üzere iki farklı fiziksel olayı içerir. Ultrason, hücrede şişme ve hidrasyonu kolaylaştırarak hücre duvarı gözeneklerinde genişlemeyi sağlar. Böylece difüzyon işlemi kolaylaşır ve kütle transferi artar (Oreopoulou, vd., 2019). Ultrason işleminin sıvı ortamdaki etkisi kavitasyona bağlıdır (Caldas, vd., 2018). Kavitasyon nedeniyle, bitki hücreleri oldukça bozulur.

Ultrasonik ekstraksiyon işlemi çözücü tipi, sıcaklık, numune miktarı ve ekstrakt pH'sı gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Bu yöntem hızlı ve basit olup birden fazla örneğin aynı anda ekstrakte edilmesine olanak sağlar. Genellikle metanol, etanol, aseton, su ve etil asetat gibi çözücüler kullanılır (Vieira da Silva, vd., 2016).

Mikrodalga destekli ekstraksiyon, frekansı 300 MHz ve 300 GHz arasındaki iyonize olmayan elektromanyetik dalgaları kullanan bir özütleme çeşididir (Manousi, vd., 2019).

Mikrodalga destekli ekstraksiyon, mikrodalga enerjisi ile geleneksel çözücü ekstraksiyonunu birleştiren bir tekniktir. Elektromanyetik dalgalar materyale nüfuz eder ve polar gruplarla etkileşerek ısı oluşumuna neden olur. Mikrodalga ısıtma, iyonlar ve dipoller arasında sürtünme ve çarpışmalara neden olan iyonik iletim ve dipol rotasyona dayanır. Sonuç olarak, çözücü penetrasyonu ile hücre yapısı değişime veya bozunmaya maruz kalır böylece biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonu kolaylaşır (Caldas, vd., 2018).

Mikrodalga ekstraksiyonu geleneksel ekstraksiyon yöntemlerine göre daha az enerji ve daha az çözücü gerektiren hızlı ve basit bir yöntemdir (Manousi, vd., 2019). Sıcaklık, mikrodalga gücü, çözücü-numune oranı, çözücü tipi ve ekstraksiyon süresi mikrodalga ekstraksiyon verimini etkileyen faktörlerdendir (Cheetangdee, 2019).

2.5 Gıdalara Uygulanan Kurutma Yöntemleri

Gıdaları muhafaza etmek için uygulanan en eski yöntemlerden biri de kurutmadır (Hashim, vd., 2014). Kurutma işlemi; tahıl, meyve, sebze ve baharat gibi gıda ürünlerinin su içeriğini; mikroorganizmaların, enzim reaksiyonlarının ve diğer bozucu reaksiyonların gelişmesini önleyecek seviyeye düşürmek amacıyla uygulanır (Law, vd., 2014). Aynı zamanda, kurutma gıdalarda ağırlık ve hacim kaybına neden olduğu için paketleme, taşıma ve depolamadada kolaylık sağlar (Orikasa, vd., 2014).

Sıcak hava ile kurutma, düşük üretim maliyeti ve yüksek verimi nedeniyle en yaygın kullanılan kurutma yöntemidir ve genellikle 50°C-110°C arasındaki hava sıcaklığında ve 0.1-5 m/s hava hızında gerçekleştirilir (Nemzer, vd., 2018). Bu yöntem ile kurutulacak materyal sürekli sıcak hava akımına maruz bırakılarak, yapısındaki suyun uzaklaştırılması sağlanır (Barbosa, vd., 2015).

Sıcak hava kurutma, gıdaların lezzet, renk, besin maddeleri ve rehidrasyon kapasitesi gibi kalite parametrelerini olumsuz yönde etkileyebilir (Schulze, vd., 2014). Bu nedenle, son zamanlarda mikrodalga kurutma, vakum kurutma, dondurarak kurutma

ve mikrodalganın diğerk yöntemlerle kombine edildiği mikrodalga-sıcak hava kurutma ve mikrodalga-vakum kurutma gibi gelişmiş teknikler kullanılmaktadır.

Vakum altında kurutma, düşük ya da sıfır atmosfer basıncında gıdaların kurutulması prensibine dayanır. Düşük basınç, hızlı kuruma için gerekli ısıyı azaltmaktadır, çünkü suyun buharlaşması düşük basınçta daha kolay gerçekleşmektedir (Piwinska, vd., 2015).

Düşük kuruma sıcaklığı, düşük oksijen içeriği, yüksek kurutma hızı ve daha az enerji kullanımı vakum kurutmanın avantajlarındanr. Bu nedenle, vakum kurutma yüksek sıcaklıklara duyarlı gıdalar için uygulanabilecek iyi bir yöntemdir (Sumic, vd., 2016). Ayrıca, gıdaların renk, koku, aroma ve şeklinin korunmasına, kurutulmuş ürünlerin ise besin kalitesinin sürdürülmesine katkı sağlar (Sumic, 2013).

Dondurarak kurutma veya liyofilizasyon, dondurulmuş bir çözülden suyun düşük basınç altında süblimasyon ile çıkarıldığı işlemdir (Barbosa, vd., 2015). Kurutma işlemi, iki aşamada gerçekleşir. Birinci kurutma sırasında buz-hava arayüzü üründe gevşerken buz süblime olur, ürün kuru görünür ama yine de bir miktar nem içerebilir. İkinci kurutmada ise sıcaklık artırılır ve su üründen emilir (Kerr, 2019).

Dondurarak kurutma yüksek kalitede kurutulmuş ürünler elde etmede en iyi yöntemdir (Sabarez, vd., 2016). Kurutma işlemi sırasında sıvı faz olmadığından, gıda yapısı katı ve hareketsiz kalır, bu nedenle sıcak hava kurutma ile gerçekleşen büzülme yaşanmaz. Ayrıca kurutma düşük bir sıcaklıkta gerçekleştiğinden lezzet, renk ve besin maddeleri üzerinde daha az etki yaratır (Kerr, 2019).

Tüm avantajlarının yanı sıra yüksek üretim maliyeti, yüksek enerji tüketimi ve düşük verim bu yöntemin dezavantajlarındanr (Sabarez, vd., 2016). Dondurularak kurutulmuş ürünler kırılğan, higroskopik ve lipit oksidasyonuna karşı duyarlı olduklarından, bu ürünlerin raf ömrünü korumak için çoğu zaman özel paketleme gerekir (Kerr, 2019).

Mikrodalga ile kurutma, elektromanyetik dalgalara dayanan hacimsel ısıtma sağlayan bir tekniktir (Lenaerts, vd., 2018).

Mikrodalga meyve sebzelerde polar su molekülleri ile etkileşime girdiğinde ısı üretilir. Işınlama ile enerjinin transferinden dolayı, ısınma hemen gerçekleşir ve bu nedenle kademeli buhar basıncı farkına bağlı olarak yüzeyden merkeze iletim aşaması elimine

edilir. Mikrodalga kurutmada iç ısının oluşması, iç sıcaklık ve basıncı artırır. Böylece yüzeye doğru sıvı akışı sağlanır ve kuruma oranı arttırılır (Seremet, vd., 2016). Mikrodalga kurutma konvansiyonel kurutma yöntemlerine kıyasla, daha yüksek kuruma hızı ve daha kısa kuruma süresi sağlar. Eğer doğru şekilde uygulanmazsa, düşük kaliteli bir ürün eldesi söz konusu olabilmektedir. Kurutulacak materyalin sürekli olarak mikrodalgaya maruz kalması, ürün geometrisi iyi tanımlanmadığında üründe lokalize sıcak noktaların (hot spots) oluşmasına neden olur. Bu nedenle kalite kaybı olmadan daha etkili ve daha hızlı kuruma sağlamak için mikrodalga genellikle vakum ve sıcak hava gibi yöntemlerle kombine edilerek kullanılır (Das ve Arrora, 2018).

2.6 Yanıt Yüzey Yöntemi (YYY)

Yanıt yüzey yöntemi (YYY), minimum deney sayısı ile optimum koşulların belirlenmesine olanak sağlayan çok değişkenli deneylerin optimizasyonunda etkili bir istatistiksel yöntemdir (Derrien, vd., 2017).

Yanıt yüzey yöntemi en kısa sürede ve en az maliyetle deneyleri tasarlamak için kullanılan bir tekniktir. Bu yöntemin temel prensibi, ürün özellikleri ve girdi değişkenleri arasındaki ilişkileri regresyon denklemleriyle ifade etmektir (Oberoi ve Sogi, 2017). Yanıt yüzey yöntemi bağımsız değişkenlerin ve bunların bağımlı değişkenler üzerindeki etkileşimlerinin azaltılmış deney sayılarıyla değerlendirilmesine olanak vermesi (Alara, vd., 2018), zaman tasarrufu sağlaması ve faktörler arasındaki etkileşimi belirlemesi açısından geleneksel tek parametrelili test yaklaşımlarından daha avantajlıdır (Derrien, vd., 2017).

Yanıt yüzey yöntemi polisakkaritlerin, fenolik bileşiklerin, antosiyaninlerin, E vitamini ve proteinlerin farklı bitkilerden ekstraksiyonunu optimize etmek için yaygın olarak kullanılır (Pandey, vd., 2018).

Yanıt yüzey yönteminde deneysel verilere uygun en iyi matematiksel model için deneysel sonuçlar ile hesaplanan sonuçlar arasındaki farkın düşük bir değer olması gerekir (Yolmeh ve Jafari, 2017).

Merkezi kompozit tasarım, Box-Behnken deney tasarımı ve üç seviyeli faktör tasarımı en yaygın kullanılan yanıt yüzey yöntemi tasarımlarıdır (Derrien, vd., 2017).

Box-Behnken deney tasarımı, bir faktör için üç seviye (-1,0,1) uygulayan tasarımıdır. Box-Behnken’de deney noktaları merkezi noktadan eşit derece uzak olan bir hiperkürenin üzerinde konumlandırılmıştır. Bu tasarım faktörler arası etkileşimi değerlendirmek, yüksek basınç-yüksek sıcaklık gibi aşırı noktaları olmayan prosesleri incelemek için uygundur. Bu tasarım, ekonomik dizaynından dolayı gıda proseslerinde yaygın olarak kullanılır (Yolmeh ve Jafari, 2017).

Box-Behnken deney tasarımında deney sayısı (1.1) ile gösterilen denklemlerle belirlenir:

$$N = 2k(k-1) + c_p \quad (1.1)$$

Burada; k faktörlerin sayısı c_p ise merkezi noktaların sayısıdır.

Merkezi kompozit tasarımı, ikinci dereceden denklemlere uygulanabilir ve faktör noktaları, merkezi nokta ve merkezi noktadan bir α mesafede bulunan aksel noktalar olmak üzere üç nokta türünden oluşur. Ayrıca, merkezi kompozit tasarım üç veya beş seviyeli faktörleri incelemek için de elverişlidir (Yolmeh ve Jafari, 2017).

Merkezi kompozit deney tasarımında deney sayısı (1.2) ile gösterilen denklem ile belirlenir:

$$N = k^2 + 2k + c_p \quad (1.2)$$

Burada, k bağımsız değişkenlerin sayısı c_p ise merkezi noktanın kopya sayısıdır.

Bu tasarımda α değeri 1’ e eşit olabilir, bire eşit olması bu tasarımın sadece üç seviyeye sahip olduğunu ve deney alanının küre değil de küp olduğu anlamına gelir. α değeri (1.3) ile gösterilen denklem ile hesaplanır ve sadece tüm faktörler için beşinci seviyeler (- α , -1, 0, 1, + α) uygulanır (Yolmeh ve Jafari, 2017).

$$\alpha = 2^{(k-p)/4} \quad (1.3)$$

2.7 Fenolik Madde Ekstraksiyonu ve Kurutma Üzerine Yapılan Çalışmalar

Carranza, vd. (2016) yaptıkları çalışmada elma posası, portakal kabuğu ve muz kabuğundan fenolik ve antioksidan bileşiklerin ekstraksiyonunu yanıt yüzey yöntemi kullanarak optimize etmişlerdir. Çalışmada, 60 °C’de kurutulan yan ürünlerden farklı sıcaklık (20-60 °C) ve sürelerde (0.5-12 saat) manyetik karıştırıcı ısıtıcı ile ekstraksiyon gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın optimum değerlerine göre, en yüksek ve en düşük fenolik madde içeriği, flavonoid içeriği ve DPPH metodu ile belirlenen

antioksidan kapasite sırasıyla portakal kabuğu ve elma posasında, muz kabuğu ve elma posasında ve portakal kabuğu ve elma kabuğunda bulunmuştur.

Zuorro, vd. (2016), merkezi kompozit deney tasarımı ve yanıt yüzey yöntemini kullanarak sıcaklığın (40-60 °C), ekstraksiyon süresinin (30-90 dak) ve sıvı/katı oranının (10-30 ml/g), atık enginarın fenolik ekstraksiyon verimi üzerine etkilerini değerlendirmişlerdir. Atıkta bulunan fenolik bileşiklerin %90'ından fazlasının geri kazanıldığını ve sürenin ekstraksiyon verimi üzerinde en fazla etkiye sahip olduğunu vurgulamışlardır.

Reis, vd. (2012), elma posasından fraksiyonlama yöntemi ile ilk olarak su ardından metanol ve aseton ile fenolik bileşiklerin ekstraksiyonunu gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, çözücü konsantrasyonu (%20-100) ve ekstraksiyon süresi (50-90 dakika) bağımsız değişken olarak belirlenmiş ve bunların toplam fenolik ve flavonoid içeriği ve antioksidan kapasite üzerindeki etkilerini araştırmak için merkezi kompozit dönebilen tasarım kullanılmıştır. Çalışmaya göre, elde edilen su ekstraktları yüksek miktarda fenolik bileşik içermekte olup, aynı zamanda yüksek antioksidan aktivite göstermiştir. Buna rağmen, elma posasından fenolik bileşiklerin geri kazanımını maksimize etmek için sulu ekstraksiyonu takiben, metanol ve asetonun kullanılması önerilmiştir. Ayrıca, metanol ve aseton ekstraksiyonunda süre ve konsantrasyon arttıkça ekstraksiyon verimi artmış, ancak toplam fenolik madde, flavonoid içeriği ve antioksidan kapasite değerlerinin, daha düşük konsantrasyonlarda daha yüksek değerlere ulaştığını belirtmişlerdir.

Kabir, vd. (2015), yaptıkları çalışmada meyve-sebze atıklarını ve yan ürünlerini polifenol içeriği ve antioksidan aktiviteleri açısından test etmişlerdir. Çalışmada meyve atığı olarak olgunlaşmamış elma, şeftali, armut, erik ile üzüm kabuğu ve üzüm çekirdeği; sebze atığı olarak brokoli yaprağı, brokoli sapı, kuşkonmaz sapı, lahana dış yaprağı ve marul dış yaprağı; yan ürün olarak elma posası, ayva posası ve şarap posası kullanılmıştır. Meyve-sebze atıkları ve yan ürünlerinden fenolik maddelerin ekstraksiyonu için sıcak su ve etanol ekstraksiyonu karşılaştırılmış ve en yüksek fenolik madde miktarının sıcak su ekstraksiyonu ile üzüm çekirdeğinden özütlendiği belirtilmiştir. Ayrıca, DPPH analizi ile ölçülen en yüksek antioksidan aktivite üzüm çekirdeğinin sıcak su ile ekstraksiyonunda, ardından olgunlaşmamış eriğin etanol ile ekstraksiyonunda gözlemlenmiştir. Sonuçlar toplam fenolik madde içeriğinde

farklılıklar göstermiştir. Yüksek miktarda fenolik içeren ve yüksek antioksidan aktiviteye sahip örneklerin genellikle oksidatif strese karşı koruyucu etki gösterdiği belirtilmiştir. Bu nedenle, fenolik bileşikler etkin biçimde elde etmek için en iyi ekstraksiyon koşullarının belirlenmesinin önemini vurgulamışlardır.

M'hiri, vd. (2015), kontrol olarak geleneksel solvent ekstraksiyonu ve dört farklı ekstraksiyon tekniğinin (ultrases, mikrodalga, süper kritik karbondioksit ve yüksek basınç ekstraksiyon teknikleri) portakal kabuğunun toplam fenol ve flavonoid içeriği ve antioksidan aktivitesi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, ultrases ve mikrodalga yönteminde toplam fenol ve flavonoid içeriğinin kontrole (geleneksel çözücü ekstraksiyonu) göre daha yüksek ve antioksidan aktivitenin ise daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Süper kritik ekstraksiyon yönteminde, toplam fenol ve flavonoid içeriğinin ve antioksidan aktivitenin kontrole göre daha düşük olduğu bulunmuştur. Yüksek basınç ekstraksiyonunda, toplam fenol içeriği kontrolden düşük ancak toplam flavonoid içeriği ve antioksidan aktivite kontrolden daha yüksek olarak bildirilmiştir.

Barros, vd. (2017), Brezilya egzotik meyve atıklarının (achachairu, araçaboi, bacaba) biyoaktif bileşiklerini ve antioksidan aktivitesini araştırmayı amaçlamışlardır. Çalışmada, meyve atıkları, su ve metanol kullanılarak sırasıyla otoklav ve geleneksel yöntem ile 121°C ve oda sıcaklığında ve farklı sürelerde (15 dakika ve 24 saat) ekstrakte edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, bacaba meyve atığının metanolik ekstraksiyonu en yüksek miktarda fenolik madde içermektedir. Bacaba ve achachairu meyve atıklarının sulu ekstraktlarının flavonoid içeriği metanolik ekstraktlarına kıyasla daha yüksek bulunurken araçaboi meyve atığı her iki ekstraksiyondada benzer değerlere sahiptir. FRAP ile ölçülen antioksidan aktivitede ise en yüksek bacaba meyve atığının metanolik ekstraksiyonunda gözlemlenmiştir.

Mallek-Ayadi, vd. (2017) yan ürün olarak kabul edilen kavun kabuğunun fitokimyasal bileşimini ve fonksiyonel özelliklerini araştırmışlardır. Kurutulan kavun kabuk ekstraktları, çözücü ekstraksiyonu metoduyla %95 etanol ile hazırlanmıştır. Ekstraktların toplam polifenol ve flavonoid içeriği kavun kabuklarının gıda ve farmasötik endüstrisi için ucuz ve verimli doğal bileşikler sunabileceğini göstermiştir.

Caldas, vd. (2018), üzüm kabuğundan fenolik bileşiklerin geleneksel ve geleneksel olmayan ekstraksiyon yöntemleri kullanarak geri kazanımını sağlamayı

amaçlamışlardır. İlk olarak geleneksel ekstraksiyon yönteminde en iyi ekstraksiyon koşullarını belirlemek için merkez kompozit tasarım kullanılmış ve katı:sıvı oranı (1:3-1:17) ve etanol konsantrasyonu (%8-92) bağımsız değişken olarak seçilmiştir. Geleneksel ekstraksiyon yöntemi ile üzüm kabuğundan elde edilen ekstraktların toplam fenolik madde sonuçları dikkate alınarak, 1:10 katı:sıvı oranı ve %50 etanol konsantrasyonu en uygun ekstraksiyon koşulu olarak seçilmiştir. Bu koşullarda ultrason destekli ve mikrodalga destekli ekstraksiyonlar kullanılarak ekstraksiyon kinetiği karşılaştırılmış ve her iki yöntem geleneksel yöntemle karşılaştırıldığında daha kısa sürede daha yüksek fenolik madde kazanımı sağlamışlardır. Buna rağmen, en iyi performansı ultrason destekli ekstraksiyonun gösterdiği ifade edilmiştir.

Rahman, vd. (2018), toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite açısından taze greyfurt kabuğunu dondurarak ve sıcak hava ile kurutulmuş (50 ve 60 °C) greyfurt kabuğuyla karşılaştırmışlardır. En yüksek ve en düşük fenolik içerik sırasıyla taze greyfurt kabuğu ve dondurarak kurutulmuş greyfurt kabuğunda bulunmuştur. Ekstraktların serbest radikalleri temizlemek için iyi bir potansiyele sahip olduğu ifade edilmiş ve en yüksek ve en düşük %DPPH inhibisyon aktivitesinin sırasıyla dondurarak kurutulmuş ve taze örneklerde olduğu belirtilmiştir.

Aruwa, vd. (2019), dondurarak ve sıcak hava kurutma metotlarının opuntia dikenli armut meyvesinin posası ve kabuğunun ekstraksiyon verimi, toplam fenol içeriği ve antioksidan aktiviteleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Çalışmada, ekstraksiyon polar (etanol, metanol ve su) ve polar olmayan (hekzan) çözücülerle 22-25 °C'de 18-24 saat süre ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, aynı çözücü ile gerçekleştirilen ekstraksiyonlarda kurutma metodunun toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivite üzerinde etkili olduğu bulunmuştur. Bunun yanı sıra, tek bir kurutma metodunda farklı çözücülerin kullanımı toplam fenolik içeriği ve antioksidan aktivite üzerinde anlamlı farklılıklar yaratmıştır.

Mala ve Kurian (2016), balkabağı işlenmesinde ortaya çıkan posa ve kabuk atıklarını biyoaktif bileşikler açısından incelemişlerdir. Tepsili kurutucuda 55 °C ve 8 saat boyunca kurutulan posa ve kabuğun ekstraktlarının toplam fenolik içeriği ve DPPH aktivitesi benzer bulunmuştur.

Aydın ve Göçmen (2014), iki farklı metotla (etüv ve liyofilizasyon) kurutulan balkabağının toplam fenolik içeriklerini saptamışlardır. Etüvde kurutulan balkabağının toplam fenolik içeriği liyofilize balkabağının fenolik içeriğinden yüksek bulunmuştur.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyaller

3.1.1 Balkabağı

Balkabağı posası elde etmek için kullanılacak olan balkabağı (*Cucurbita moschata*) Osmaniye’de bulunan meyve ve sebze halinden temin edilmiştir.

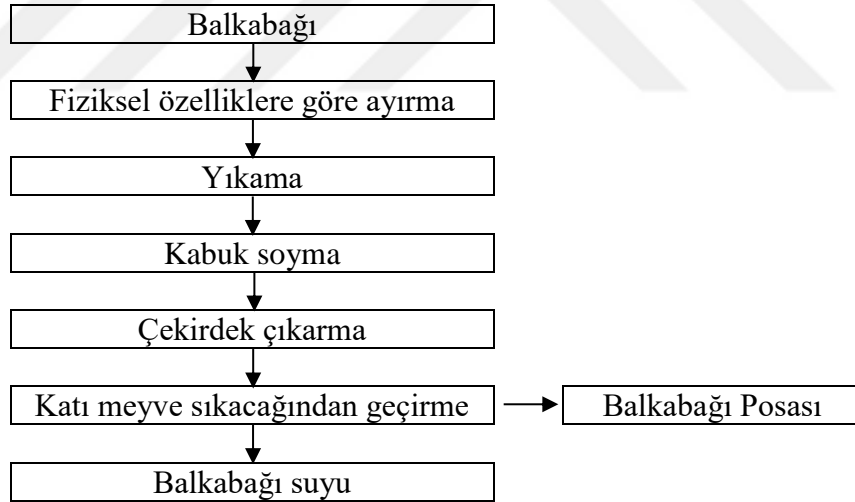
3.1.2 Kimyasal malzemeler

Folin-Ciocalteu reaktifi, sodyum karbonat (Na_2CO_3), gallik asit, 1,1-Difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH), askorbik asit, kateşin, alimünyum klorür (AlCl_3), sodyum nitrat (NaNO_3) etanol ve metanol Merck’ten (Almanya) temin edilmiştir.

3.2 Yöntem

3.2.1 Balkabağı Posası Üretimi

Balkabağı posası, Şekil 3.1’de verilen akım şemasına göre üretilmiştir.



Şekil 3.1 Balkabağı posası üretim akım şeması

Üretilen balkabağı posası, paketlenerek, kurutma işlemine kadar $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ’de muhafaza edilmiştir. Balkabağı posaları 4 farklı kurutma metoduyla (liyofilizasyon, etüv, vakum ve mikrodalga kurutma) kurutulmuştur.

3.2.2 Dondurarak Kurutma (Liyofilizasyon)

Balkabağı posası liyofilizasyonu için liyofilizatör (Alpha 2-4 LDplus, Christ, Almanya) kullanılmıştır. Liyofilizasyon işlemi -72 °C’de 0.001 bar basınçta 48 saat boyunca gerçekleştirilmiştir. Liyofilize edilen örnekler öğütücüden (PRG 277, Premier, Türkiye) geçirildikten sonra hava almayacak şekilde paketlenerek ekstraksiyon işlemine kadar +4 °C’de muhafaza edilmiştir. Kurutulan balkabağı posasının nem değeri %10 bulunmuştur.

3.2.3 Sıcak Hava ile Kurutma

Balkabağı posası ön denemelerden sonra etüv (Memmert UN55) ile 30 °C’de 24 saat ve 60 °C’de 4 saat boyunca kurutulmuştur. Kurutulan örnekler öğütücüden (PRG 277, Premier) geçirildikten sonra hava almayacak şekilde paketlenerek ekstraksiyon işlemine kadar +4 °C’de muhafaza edilmiştir. Etüv 30 °C ve 60 °C’de kurutulan balkabağı posasının nem değerleri sırasıyla %5 ve %7 olarak bulunmuştur.

3.2.4 Vakum Altında Kurutma

Balkabağı posası vakumlu etüv (Vacucell 111, Almanya) kullanılarak 30 °C’de 4 saat ve 60 °C’de 1 saat boyunca kurutulmuştur. Kurutulan örnekler öğütücüden (PRG 277, Premier) geçirildikten sonra hava almayacak şekilde paketlenerek ekstraksiyon işlemine kadar +4 °C’de muhafaza edilmiştir. Vakum 30 °C ve 60 °C’de kurutulan balkabağı posasının 30 °C’de nem değerleri sırasıyla %9 ve %5 olarak bulunmuştur.

3.2.5 Mikrodalga ile Kurutma

Balkabağı posası ön denemelerden sonra mikrodalga (Arçelik MD 574, Türkiye) kullanılarak 120 W’da 16 dakika ve 600 W’da 3 dakika olmak üzere iki farklı güç ve süre uygulanarak kurutulmuştur. Kurutulan örnekler öğütücüden (PRG 277, Premier) geçirildikten sonra hava almayacak şekilde paketlenerek ekstraksiyon işlemine kadar +4 °C’de muhafaza edilmiştir. Mikrodalga 120 ve 600 W’da kurutulan balkabağı posasının nem değerleri sırasıyla %11 ve %7 olarak bulunmuştur.

3.2.6 Nem Tayini

Daha önceden 105 °C’de sabit tartıma gelene kadar kurutulan tartım kapları desikatörde soğutulmuştur. Daha sonra, yaş balkabağı posasından 10 g ve farklı yöntemlerle kurutulan balkabağı posalarının her birinden 2 g tartım kaplarına tartılarak 80 °C’de 24 saat boyunca tutulmuştur. Nem tayini, 3 paralel yapılmıştır. Mevcut nem, denklem 3.1 kullanılarak yüzde (%) olarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Nem} = \frac{M_1 - M_2}{m} \times 100 \quad (3.1)$$

M₁: Alınan örnek ağırlığı + sabit tartıma getirilen kap ağırlığı

M₂: Kurutulmuş örnek ağırlığı + sabit tartıma getirilen kap ağırlığı

m: Alınan örnek ağırlığı

3.2.7 Renk Tayini

Yaş balkabağı posasında ve farklı yöntemlerle kurutulmuş balkabağı posalarında renk analizi için renk ölçüm cihazı (CR-400, Konica minolta, Japonya) kullanılmıştır. Renk analizi 2 paralel olarak gerçekleştirilmiştir. Her bir örneğe ait L*(açıklık), a*(kırmızılık-yeşillik) ve b*(sarılık-mavilik) değerleri kullanılarak ΔE, Kroma (C) ve Hue (H°) değerleri denklem 3.2, 3.3 ve 3.4 eşitlikleri ile hesaplanmıştır.

$$\Delta E = \sqrt{[(L - L_{ref})^2 + (a - a_{ref})^2 + (b - b_{ref})^2]} \quad (3.2)$$

$$\text{Kroma (C)} = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (3.3)$$

$$\text{Hue (H}^\circ) = \tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right) \quad (3.4)$$

3.2.8 Balkabağı Posasından Fenolik Madde Ekstraksiyonu

Balkabağı posasından fenolik madde ekstraksiyon işleminde geleneksel çözücü ekstraksiyon metodu kullanılmıştır (Iraklı, vd., 2018). Tarama ve optimizasyon deneyleri liyofilize edilerek kurutulmuş balkabağı posası kullanılarak gerçekleştirilmiş ve optimum ekstraksiyon koşulları belirlenmiştir. Optimum ekstraksiyon koşullarında etüv, vakum ve mikrodalga ile kurutulmuş toz balkabağı posalarından fenolik madde ekstraksiyonu yapılmıştır.

Fenolik madde ekstraksiyonu genel prosedüründe belirli miktardaki toz balkabağı posası falcon tüplere konulmuştur ve hacim 30 ml'ye etanol-su karışımı ile tamamlanmıştır. Örnekler, homojenizatör (T18 digital ultra turrax, IKA, Almanya) ile 3600 rpm'de 2 dakika boyunca homojenize edilmiştir. Daha sonra belirlenen sıcaklıkta marka su banyosu (Selecta, İspanya) kullanılarak ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon boyunca örnekler 5 dakika aralıklarla 15 saniye boyunca vortekslenmiştir. Ekstraksiyon işlemi sonrasında elde edilen ekstraktlar, santrifüj cihazı (Universal 320 R, Hettich, Almanya) ile 3500 rpm'de 15 dakika boyunca santrifüj edilmiş ve kaba filtre kağıdı ile süzülmüştür. Analizler gerçekleştirilene kadar hazırlanan ekstraktlar -20 °C'de muhafaza edilmiştir.

Tarama denemeleri için fenolik madde ekstraksiyonu, 0.01-0.04 g/ml katı-sıvı oranında 25-45 °C aralığında 1-3 saatte %75 etanolla gerçekleştirilmiştir. Optimizasyon deneyleri ise 0.04-0.09 g/ml katı-sıvı oranında 45-65 °C aralığında, %30-97.04 etanol ile 1 saatte yapılmıştır. Farklı yöntemlerle kurutulan balkabağı posalarına uygulanan ekstraksiyon işlemi optimizasyonda belirlenen optimum koşullar olan 0.08 g/ml katı/sıvı oranı, %56.9 etanol ve 65 °C sıcaklık koşulları altında gerçekleştirilmiştir.

3.2.9 Tarama Denemeleri

Yanıtlar üzerinde en büyük faktörleri belirleyebilmek için tarama denemeleri yapılmıştır. Bu amaçla, Design Expert (11.0.0, Stat-Ease Inc., Minneapolis, USA) yazılımı kullanılmış ve 2³ tam faktöriyel deney deseni seçilmiştir. Tarama denemeleri 2 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Tarama denemelerinde katı/sıvı oranı, sıcaklık ve süre bağımsız değişken olarak seçilmiştir. Bağımsız değişkenlerin faktör seviyeleri Çizelge 3.1'de, deney tasarımı ile yapılan deney planı ise Çizelge 3.2'de belirtilmiştir.

Çizelge 3.1 Tarama denemeleri için bağımsız değişken değerleri

| Bağımsız Değişkenler | Faktör Seviyeleri | |
|----------------------|-------------------|-------------|
| | Düşük (-1) | Yüksek (+1) |
| Katı/ Sıvı (g/ml) | 0,01 | 0,04 |
| Sıcaklık (°C) | 25 | 45 |
| Süre (saat) | 1 | 3 |

Çizelge 3.2 Tarama denemelerinde kullanılan Desing Expert tasarımı ile yapılan deney planı

| Deney No | Katı/sıvı (g/ml) | Sıcaklık (°C) | Süre (saat) |
|----------|------------------|---------------|-------------|
| 1 | 0,01 | 25 | 1 |
| 2 | 0,01 | 25 | 3 |
| 3 | 0,01 | 45 | 3 |
| 4 | 0,01 | 25 | 3 |
| 5 | 0,04 | 25 | 3 |
| 6 | 0,04 | 45 | 1 |
| 7 | 0,04 | 25 | 1 |
| 8 | 0,04 | 25 | 3 |
| 9 | 0,01 | 45 | 3 |
| 10 | 0,04 | 25 | 1 |
| 11 | 0,04 | 45 | 3 |
| 12 | 0,01 | 45 | 1 |
| 13 | 0,01 | 25 | 1 |
| 14 | 0,04 | 45 | 1 |
| 15 | 0,04 | 45 | 3 |
| 16 | 0,01 | 45 | 1 |

3.2.10 Optimizasyon

Çalışmada fenolik madde ekstraksiyonu için Yanıt Yüzey Yöntemi, deneysel tasarım için ise 5 adet merkez noktalı merkezi kompozit deney tasarımı kullanılmıştır. Deney tasarımında Design Expert (11.0.0, Stat-Ease Inc., Minneapolis, USA) yazılımı kullanılarak, katı/sıvı oranı (0.04-0.06 g/ml), sıcaklık (45-60 °C) ve etanol oranı (%30-

%80) bağımsız değişken olarak seçilmiş ve faktör seviyeleri Çizelge 3.3'de belirtilmiştir. Optimizasyon deneylerinde, toplam fenolik madde bağımlı değişken olarak seçilmiştir. Deney tasarımı ile yapılan ekstraksiyon deney planı 19 ayrı deney noktasında gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.3 Merkezi kompozit tasarım için bağımsız değişken değerleri

| Bağımsız Değişkenler | Faktör Seviyeleri | | |
|-------------------------|-------------------|------------|-------------|
| | Düşük (-1) | Merkez (0) | Yüksek (+1) |
| Katı/ sıvı oranı (g/ml) | 0.04 | 0.06 | 0.08 |
| Sıcaklık (°C) | 45 | 55 | 65 |
| Etanol oranı (%) | 30 | 55 | 80 |

Çizelge 3.4 Merkezi kompozit deney tasarımı ile yapılan deney planı

| Deney No | Katı/sıvı (g/ml) | Sıcaklık (°C) | Etanol Oranı (%) |
|----------|------------------|---------------|------------------|
| 1 | 0.06 | 55 | 55 |
| 2 | 0.08 | 45 | 80 |
| 3 | 0.06 | 55 | 55 |
| 4 | 0.06 | 55 | 55 |
| 5 | 0.06 | 55 | 97.04 |
| 6 | 0.06 | 55 | 12.96 |
| 7 | 0.04 | 65 | 30 |
| 8 | 0.09 | 55 | 55 |
| 9 | 0.06 | 55 | 55 |
| 10 | 0.06 | 71.82 | 55 |
| 11 | 0.04 | 45 | 80 |
| 12 | 0.04 | 45 | 30 |
| 13 | 0.03 | 55 | 55 |
| 14 | 0.04 | 65 | 80 |
| 15 | 0.06 | 38.18 | 55 |
| 16 | 0.08 | 65 | 30 |
| 17 | 0.08 | 65 | 80 |
| 18 | 0.06 | 55 | 55 |
| 19 | 0.08 | 45 | 30 |

3.2.11 Validasyon

Yanıt yüzey yöntemi kullanılarak 19 ayrı deney noktasında gerçekleştirilen optimizasyonda 0.08 g/ml katı/sıvı oranı, %56.9 etanol, 65 °C sıcaklık değeri optimum ekstraksiyon koşulu olarak belirlenmiştir ve diğer tüm ekstraksiyonlar bu koşul üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.5 Validasyon deney koşulları

| Deney No | Katı/sıvı (g/ml) | Sıcaklık (°C) | Etanol Oranı (%) |
|----------|------------------|---------------|------------------|
| 1 | 0,08 | 65 | 54,9 |
| 2 | 0,08 | 65 | 55,1 |
| 3 | 0,08 | 65 | 56,9 |

3.2.12 Toplam Fenolik Madde Tayini

Toplam fenolik madde analizi Folin-Ciocalteu yöntemine göre yapılmıştır (Iraklı, vd., 2018). Analizde, 0.5 ml ekstrakt, 0.5 ml Folin-Ciocalteu reaktifi kullanılmıştır. Daha sonra, üzerine 3 ml %10 NaCO₃ çözeltisi ilave edilmiştir. Örnekler, oda sıcaklığında 30 dakika boyunca karanlıkta bekletildikten sonra spektrofotometrede (Sp-3000 nano, Optima, Japonya) 760 nm dalga boyunda absorbans değerleri ölçülmüştür. Deneyle 3 paralel gerçekleştirilmiştir.

Toplam fenolik madde içeriği gallik asit kalibrasyon eğrisi (Şekil B.1) kullanılarak mg gallik asit eşdeğeri/g kuru madde (mg GAE/g KM) olarak belirtilmiştir.

3.2.13 Toplam Flavonoid İçeriği Tayini

Toplam flavonoid içeriği analizi M'hiri, vd.'nin (2015) uyguladığı yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Analizde, 0.3 ml ekstrakta 0.3 ml %5 NaNO₃ çözeltisi ilave edilmiştir ve sonrasında 0.3 ml %10 AlCl₃ çözeltisi eklenerek 10 dakika bekletilmiştir. Daha sonra, 4 ml %10 NaOH çözeltisi ilave edilmiş ve karışımın absorbans değerleri spektrofotometrede (Sp-3000 nano, Optima) 510 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Deneyle 3 paralel gerçekleştirilmiştir.

Toplam flavonoid içeriği kateşin kalibrasyon eğrisi kullanılarak (Şekil B.2) mg kateşin eşdeğeri/g kuru madde (mg KE/g KM) olarak hesaplanmıştır.

3.2.14 Antioksidan Aktivite Tayini (DPPH Metodu)

Antioksidan aktivite analizi Aruwa, vd.'nin (2019) uyguladığı metoda göre yapılmıştır. Öncelikle, 0.025 g/L DPPH %100 metanol çözeltisi içerisinde 2-3 saat boyunca manyetik karıştırıcıda karıştırılarak hazırlanmıştır. Daha sonra 0.1 ml ekstrakta 2 ml DPPH eklenmiştir. Örnekler, 30 dakika karanlık ortamda bekletildikten sonra absorbans değerleri spektrofotometrede (Sp-3000 nano, Optima) 517 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Deneyler 3 paralel gerçekleştirilmiştir.

Antioksidan aktivite askorbik asit kalibrasyon eğrisi (Şekil B.3) kullanılarak mg askorbik asit eşdeğeri/g kuru madde (mg AE/g KM) olarak hesaplanmıştır.

3.2.15 İstatistiksel Analiz

Kurutma metotlarının balkabağı posasının renk değerleri (L^* , a^* , b^* , ΔE , C ve H°) ve balkabağı posasının ekstraktının toplam fenolik madde, flavonoid içeriği ve antioksidan aktivite üzerine etkileri tek ve iki yönlü varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmiştir ($p < 0.05$). Kurutma metotlarının karşılaştırılması için Duncan test kullanılmıştır. Örneklerin deney sonuçları arasındaki ilişkiler Pearson korelasyon analiziyle %95 ve %99 güven aralığında test edilmiştir. Tüm data analizleri istatistik program SPSS (deneme versiyonu) ile yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Balkabağı Posasından Fenolik Madde Ekstraksiyonu Optimizasyonu

Balkabağı posasından fenolik madde ekstraksiyon koşullarını belirlemek amacıyla YYY kullanılmıştır. Tarama deneylerinde katı/sıvı oranı (0.01-0.04 g/ml), ekstraksiyon sıcaklığı (25-45 °C) ve süre (1-3 saat) bağımsız değişkenlerinden sadece katı/sıvı oranı toplam fenolik madde üzerinde etkili olduğu saptanmıştır ($p<0.05$, Ek-Çizelge A.1). Bağımlı değişken toplam fenolik madde değerleri 0.21 ± 0.02 ve 1.01 ± 0.09 mg GAE/g KM arasında değişmektedir (Çizelge 4.1). Katı/sıvı oranındaki artış, ekstraktın toplam fenolik madde içeriğinde artışa neden olmuştur.

Çizelge 4.1 Tarama deneyleri sonuçlarına göre toplam fenolik madde (TFM) içerikleri

| Deney No | Katı/sıvı oranı (g/ml) | Sıcaklık (°C) | Süre (sa.) | TFM (mg GAE/g KM) |
|----------|---------------------------|------------------|---------------|----------------------|
| 1 | 0,01 | 25 | 1 | 0.25±0.03 |
| 2 | 0,01 | 25 | 3 | 0.21±0.02 |
| 3 | 0,01 | 45 | 3 | 0.24±0.01 |
| 4 | 0,01 | 25 | 3 | 0.26±0.03 |
| 5 | 0,04 | 25 | 3 | 0.98±0.03 |
| 6 | 0,04 | 45 | 1 | 1.01±0.09 |
| 7 | 0,04 | 25 | 1 | 0.84±0.12 |
| 8 | 0,04 | 25 | 3 | 0.99±0.03 |
| 9 | 0,01 | 45 | 3 | 0.24±0.02 |
| 10 | 0,04 | 25 | 1 | 0.98±0.02 |
| 11 | 0,04 | 45 | 3 | 1.00±0.03 |
| 12 | 0,01 | 45 | 1 | 0.25±0.02 |
| 13 | 0,01 | 25 | 1 | 0.32±0.07 |
| 14 | 0,04 | 45 | 1 | 0.95±0.07 |
| 15 | 0,04 | 45 | 3 | 0.94±0.02 |
| 16 | 0,01 | 45 | 1 | 0.28±0.02 |

Bu yüzden, optimizasyon deneylerinde toplam fenolik madde ekstraksiyonunu maksimize etmek amacıyla katı/sıvı oranı ve sıcaklık 0.04-0.08 g/ml ve 45-65 °C olarak belirlenmiştir. İşlemin daha ekonomik olması için ekstraksiyon süresi 1 saat olarak seçilmiştir. Optimizasyon deneyleri için ekstraksiyon süresi yerine etanol konsantrasyonu (%30-80) bağımsız değişken olarak seçilmiştir. Optimizasyon sonuçlarına göre, bağımsız değişkenler ve toplam fenolik madde arasındaki ilişkiyi tanımlamak için lineer model (Denklem 4.1) oluşturulmuş ve önemli bulunmuştur ($p<0.05$, Çizelge A.2). Bu modelin R^2 ve düzeltilmiş R^2 değerleri sırasıyla 0.820 ve 0.730'dir. Buna ek olarak, model uygunsuzluğu 0.072 p -değeriyle ($p>0.05$) önemli bulunmamıştır.

$$Y= 2.91 + 0.651 A - 0.0008 B + 0.173 C + 0.221 AB - 0.307 AC + 0.131 BC \quad (4.1)$$

Denklemde; A, B, C ve Y sırasıyla katı/sıvı oranı, ekstraksiyon sıcaklığı, etanol konsantrasyonu ve toplam fenolik maddeyi temsil etmiştir. Katı/sıvı oranı, etanol konsantrasyonu, katı/sıvı oranı ve ekstraksiyon sıcaklığı interaksiyonu ve ekstraksiyon sıcaklığı ve etanol konsantrasyonu interaksiyonu toplam fenolik madde üzerinde pozitif etkiye sahiptir, fakat sadece katı/sıvı oranı önemli bulunmuştur ($p<0.05$, Çizelge A.2). Bunun aksine, lineer ekstraksiyon sıcaklığı ve katı/sıvı oranı ve etanol konsantrasyonu interaksiyonu toplam fenolik madde üzerinde negatif etkiye sahiptir, bunlardan katı/sıvı oranı ve etanol konsantrasyonu interaksiyonu önemli olarak saptanmıştır ($p<0.05$, Çizelge A.2). Optimizasyon deneylerinde toplam fenolik madde 1.82 ± 0.06 ve 4.29 ± 0.09 mg GAE/g KM değerleri arasında değişmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 Optimizasyon deneylerinde toplam fenolik madde (TFM) içeriği

| Deney No | Katı/sıvı Oranı (g/ml) | Sıcaklık (°C) | Etanol Oranı (%) | TFM (mg GAE/g KM) |
|----------|---------------------------|------------------|---------------------|----------------------|
| 1 | 0.06 | 55 | 55 | 3.12±0.16 |
| 2 | 0.08 | 45 | 80 | 2.92±0.03 |
| 3 | 0.06 | 55 | 55 | 3.62±0.08 |
| 4 | 0.06 | 55 | 55 | 2.04±0.09 |
| 5 | 0.06 | 55 | 97.04 | 2.68±0.08 |
| 6 | 0.06 | 55 | 12.96 | 1.82±0.06 |

| | | | | |
|----|------|-------|----|-----------|
| 7 | 0.04 | 65 | 30 | 1.87±0.14 |
| 8 | 0.09 | 55 | 55 | 2.60±0.03 |
| 9 | 0.06 | 55 | 55 | 3.28±0.09 |
| 10 | 0.06 | 71.82 | 55 | 2.97±0.07 |
| 11 | 0.04 | 45 | 80 | 3.04±0.05 |
| 12 | 0.04 | 45 | 30 | 2.57±0.03 |
| 13 | 0.03 | 55 | 55 | 2.70±0.07 |
| 14 | 0.04 | 65 | 80 | 4.29±0.09 |
| 15 | 0.06 | 38.18 | 55 | 4.08±0.23 |
| 16 | 0.08 | 65 | 30 | 3.04±0.02 |
| 17 | 0.08 | 65 | 80 | 3.96±0.09 |
| 18 | 0.06 | 55 | 55 | 2.67±0.08 |
| 19 | 0.08 | 45 | 30 | 2.12±0.03 |

Şekil 4.1’de görüldüğü gibi ekstraktın toplam fenolik madde içeriği, katı/sıvı oranının 0.04’den 0.08 g/ml’ye yükselmesiyle artmıştır. Şekil 4.2 ise etanol konsantrasyonundaki artışın, toplam fenolik madde içeriğini artırdığını göstermektedir. Toplam fenolik madde içeriği %50-60 etanol konsantrasyonunda maksimuma ulaşmıştır (Şekil 4.2). Sonuç olarak, balkabağı posasından toplam fenoliklerin konvansiyonel ekstraksiyonunun optimum koşulları 1 saat boyunca %55 (v/v) etanol konsantrasyonu kullanılarak, 60-65 °C’de 0.08 g/ml katı/sıvı oranıdır. Bu çalışmada, optimum bölgeden seçilen noktalarda üç işlem koşulu tekrarlanmış (0.08 katı/sıvı oranı, 65 °C ekstraksiyon sıcaklığı ve % 54.9, 55.1 ve 56.9 etanol konsantrasyonu) ve ortalama %16.07 hata ile doğrulanmıştır (Çizelge 4.3). Bu optimum koşullar altında balkabağı posasından elde edilen ortalama toplam fenolik içerik 3.35 mg GAE/g KM’dir.

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

TFM (mg GA/g KM)

● Design points above predicted value

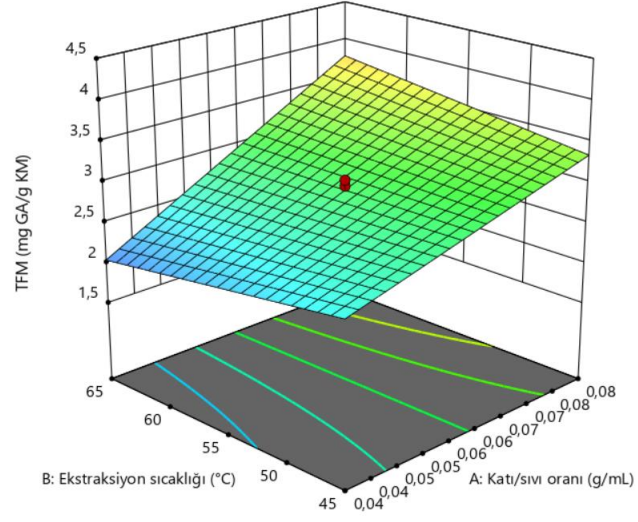
○ Design points below predicted value

1,81667 4,28908

X1 = A: Katı/sıvı oranı
X2 = B: Ekstraksiyon sıcaklığı

Actual Factor

C: Etanol konsantrasyonu = 55



Şekil 4.1 Optimizasyon aşamasında katı/sıvı oranı–ekstraksiyon sıcaklığı etkileşiminin toplam fenolik madde üzerine etkisi (etanol konsantrasyonu %55’de sabit)

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual

TFM (mg GA/g KM)

● Design points above predicted value

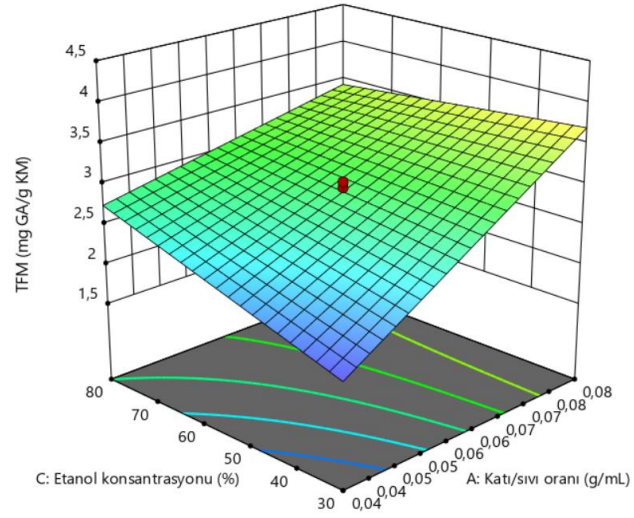
○ Design points below predicted value

1,81667 4,28908

X1 = A: Katı/sıvı oranı
X2 = C: Etanol konsantrasyonu

Actual Factor

B: Ekstraksiyon sıcaklığı = 55



Şekil 4.2 Optimizasyon aşamasında katı/sıvı oranı–etanol konsantrasyonu etkileşiminin toplam fenolik madde içeriği üzerine etkisi (ekstraksiyon sıcaklığı 55 °C’de sabit)

Çizelge 4.3 Optimum noktalarda toplam fenolik madde (TFM) içeriği

| Koşul | Katı/sıvı oranı (g/mL) | Ekstraksiyon sıcaklığı (°C) | Etanol konsantrasyonu (%) | TFM (mg GAE/g KM) | | |
|-------|------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------|----------|----------|
| | | | | Öngörülen | DeneySEL | Hata (%) |
| 1 | 0.08 | 65 | 54.9 | 3.95 | 3.23 | -17.8 |
| 2 | 0.08 | 65 | 55.1 | 3.95 | 3.28 | -19.4 |
| 3 | 0.08 | 65 | 56.9 | 3.95 | 3.54 | -11.0 |

Caldas, vd. (2018) üzüm kabuğundan fenolik bileşiklerin geleneksel yöntemle ekstraksiyonunda merkezi kompozit tasarım kullanarak optimum ekstraksiyon koşullarını katı:sıvı oranı 1:10 ve %50 etanol konsantrasyonu olarak belirlemişlerdir. Bu koşullarda toplam fenolik madde içeriği 45.5 ± 2.3 ve 48.6 ± 2.2 mg GAE/g aralığında bulunmuştur. Fenolik madde ekstraksiyonun katı:sıvı oranından ve etanol konsantrasyonundan önemli derecede etkilendiğini göstermişlerdir. Ayrıca, katı:sıvı oranında orta değer (1:10) en yüksek fenolik madde ekstraksiyonunu sağladığını ifade etmişlerdir. Çalışmamızda ise optimum katı:sıvı oranı seçilen en yüksek katı:sıvı oranı (0.08 g/ml) olmuştur. Hernandez-Carranza, vd. (2016) YYY kullanarak yaptıkları çalışmada elma posası, portakal kabuğu ve muz kabuğundan fenolik madde ekstraksiyonunda optimum koşullar ve fenolik madde içeriği sırasıyla 51 °C-7.9 saat ve 3.89 mg GAE/g KM, 60 °C-12 saat ve 7.29 mg GAE/g KM ve 60 °C-12 saat ve 4.90 mg GAE/g KM olarak saptanmıştır. Sözü edilen çalışmada elde edilen optimum ekstraksiyon sıcaklığı çalışmamızda elde edilen değerlerle (65 °C) uyusmaktadır. Wang, vd. (2018) etanol konsantrasyonundaki artışın toplam fenolik maddde içeriğini arttırdığını ve %50 etanol oranında en yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Cacace ve Mazza (2003) kuş üzümünden toplam fenolik madde ekstraksiyonun %60 etanol konsantrasyonu ile arttığını ancak sonraki artışların fenolik madde ekstraksiyonunu düşürdüğünü belirtmişlerdir.

4.2 Farklı Kurutma Metotları ile Balkabağı Posasının Kurutulması

Taze balkabağı posaları farklı kurutma metotları (liyofilizasyon, etüv, vakum ve mikrodalga (MD)) kullanılarak kurutulmuştur. Bu kurutma tiplerinde önemli bir faktör olabilecek sıcaklık (30-60 °C) veya mikrodalga gücünün (120-600 W) toplam fenolik madde üzerinde etkisi ön denemelerle belirlenmiştir (veriler gösterilmemiştir). Ön deneme sonuçları, ara sıcaklık (40 ve 50 °C) ve mikrodalga güç denemelerinin (360

ve 450 W) toplam fenolik madde üzerinde anlamlı bir farklılığa yol açmadığını göstermiştir. Bu yüzden, kurutmada uygulanan sıcaklık ve mikrodalga gücünün balkabağı posasının biyoaktif bileşenleri üzerindeki belirgin etkisini göstermek için, etüv ve vakumla kurutmada en düşük ve en yüksek sıcaklık 30 ve 60 °C, mikrodalga kurutmada en düşük ve en yüksek güç 120 ve 600 W olarak belirlenmiştir. Kurutulmuş posaların nem içerikleri %5-10 arasında bulunmuştur.

4.3 Farklı Kurutma Metotlarının Balkabağı Posası Renk Değerleri Üzerine Etkisi

Taze ve farklı metotlarla kurutulan balkabağı posalarının L^* , a^* , b^* , ΔE , C ve H° değerleri Çizelge 4.4 ve 4.5’de verilmiştir. Liyofilize balkabağı posasının L^* , a^* ve b^* , ΔE ve C değerleri, diğer kurutma metotlarıyla (etüv, vakum ve mikrodalga) elde edilen ve taze balkabağı posasından önemli derecede yüksektir. Liyofilize balkabağı posasının L^* , a^* , b^* , ΔE ve C değerleri sırasıyla 80.05 ± 1.47 , 1.94 ± 0.09 , 44.73 ± 1.41 , 67.77 ± 1.92 , 44.77 ± 1.41 ve 87.51 ± 0.10 olarak saptanmıştır. Liyofilize balkabağı posası en parlak ve en sarımsı renge sahiptir. Liyofilizasyon hariç diğer kurutma metotlarının uygulandığı balkabağı posalarının L^* , a^* , b^* , ΔE ve C değerleri ise sırasıyla 27.09 ± 0.27 ve 29.55 ± 0.70 , 0.01 ± 0.01 ve 0.23 ± 0.07 , 0.36 ± 0.18 ve 1.59 ± 0.01 , 0.68 ± 0.48 ve 1.82 ± 0.28 ve 0.40 ± 0.16 ve 1.59 ± 0.01 arasında değişmiştir. Liyofilizasyondan sonra en yüksek L^* , a^* , b^* , ΔE ve C değerleri sırasıyla etüv-60 °C, mikrodalga-120 W, mikrodalga-600 W, mikrodalga-120 W ve mikrodalga-600 W kurutma metotlarında bulunmuştur (Çizelge 4.4 ve 4.5). Tüm kurutma tiplerinde H° değerleri 55.85 ± 5.51 ve 89.64 ± 0.01 arasında saptanmıştır. En yüksek H° değeri, mikrodalga-600 W kurutma metodunda hesaplanmıştır. Taze ve farklı metotlarla kurutulmuş balkabağı posasının L^* ve a^* ve H° değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlenirken, b^* , ΔE ve C değerlerinde ise liyofilizasyon hariç diğer kurutma metotlarında anlamlı farklılık saptanmamıştır (Çizelge A.3-A.8). Buna ek olarak, kurutma metodu L^* değeri, sıcaklık a^* ve H° değerleri üzerinde önemli etkiye sahipken, kurutma metodu ve sıcaklık interaksyonu renk değerleri üzerinde önemli bir etkiye yol açmamıştır ($p < 0.05$, Çizelge A.9).

Çizelge 4.4 Taze ve farklı metotlarla kurutulmuş balkabağı posasının L, a* ve b* değerleri

| Balkabağı Posası | L* | a* | b* |
|------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Örnekleri | | | |
| Taze | 28.90 ^{ab} ±1.07 | 0.09 ^{ab} ±0.06 | 0.40 ^a ±0.25 |
| Liyofilize | 80.05 ^c ±1.47 | 1.94 ^e ±0.09 | 44.73 ^b ±1.41 |
| Etüv-30 °C | 29.47 ^b ±0.63 | 0.03 ^{ab} ±0.02 | 0.53 ^a ±0.21 |
| Etüv-60 °C | 29.55 ^b ±0.70 | 0.14 ^{bcd} ±0.02 | 0.37 ^a ±0.18 |
| Vakum-30 °C | 27.76 ^{ab} ±1.28 | 0.10 ^{abc} ±0.08 | 0.51 ^a ±0.19 |
| Vakum-60 °C | 28.12 ^{ab} ±0.70 | 0.22 ^{cd} ±0.05 | 0.62 ^a ±0.19 |
| Mikrodalga-120 W | 27.09 ^a ±0.27 | 0.23 ^d ±0.07 | 0.36 ^a ±0.18 |
| Mikrodalga-600 W | 29.10 ^{ab} ±0.01 | 0.01 ^a ±0.01 | 1.59 ^a ±0.01 |

Aynı sütunda yer alan farklı harfler ortalamalar arasında istatistiksel açıdan fark olduğunu gösterir ($p<0.05$).

Çizelge 4.5 Taze ve farklı metotlarla kurutulmuş balkabağı posasının ΔE, C ve H° değerleri

| Balkabağı Posası | ΔE | C | H° |
|------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Örnekleri | | | |
| Taze | - | 0.42 ^a ±0.24 | 82.28 ^{abc} ±18.93 |
| Liyofilize | 67.77 ^b ±1.92 | 44.77 ^b ±1.41 | 87.51 ^{bc} ±0.10 |
| Etüv-30 °C | 0.68 ^a ±0.48 | 0.53 ^a ±0.14 | 87.09 ^{bc} ±1.54 |
| Etüv-60 °C | 0.68 ^a ±0.68 | 0.40 ^a ±0.16 | 65.20 ^{ab} ±16.2 |
| Vakum-30 °C | 1.28 ^a ±1.12 | 0.52 ^a ±0.18 | 76.14 ^{abc} ±12.35 |
| Vakum-60 °C | 0.94 ^a ±0.49 | 0.66 ^a ±0.18 | 69.89 ^{abc} ±7.65 |
| Mikrodalga-120 W | 1.82 ^a ±0.28 | 0.42 ^a ±0.19 | 55.85 ^a ±5.51 |
| Mikrodalga-600 W | 1.28 ^a ±0.01 | 1.59 ^a ±0.01 | 89.64 ^c ±0.01 |

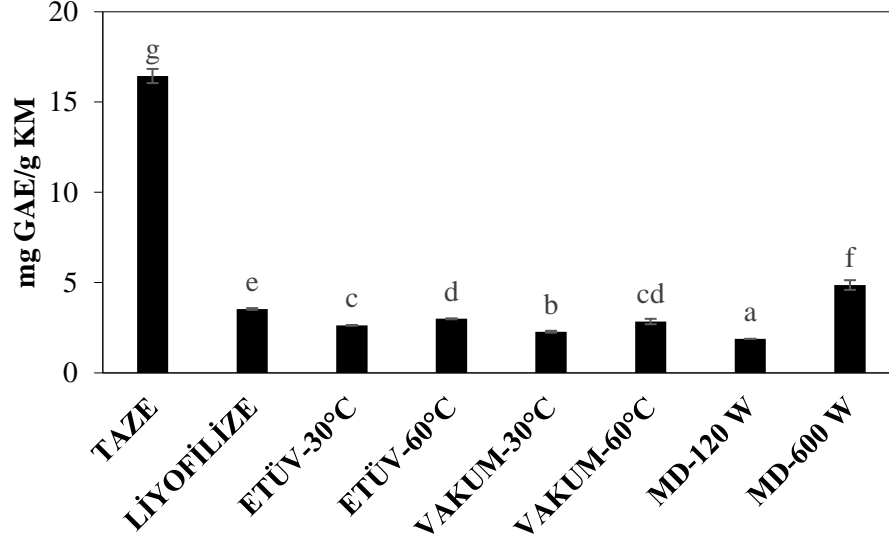
Aynı sütunda yer alan farklı harfler ortalamalar arasında istatistiksel açıdan fark olduğunu gösterir ($p<0.05$).

Aydın ve Göçmen (2014) liyofilize balkabağı dilimlerinden elde edilen tozun L* (88.36±0.04), a* (10.22±0.09) ve b* (56.79±0.90) değerlerinin etüvde (60 °C ve 24 saat) kurutulmuş dilimlerden elde edilen tozun L* (77.38±0.08), a* (3.32±0.10) ve b* (50.63±0.82) değerlerinden ciddi oranda yüksek olduğunu bulmuşlardır. Diğer bir çalışmada Monteiro, vd. (2018), liyofilize balkabağı dilimlerinin L* (76.03±2.29) ve ΔE (30.51±3.69) değerlerinin etüvle (60 °C) kurutulmuş dilimlerin L* (38.53±0.90)

ve ΔE (14.56 ± 1.21) değerlerinden önemli derecede yüksek olduğunu göstermişlerdir. Bu çalışmaların sonuçları, çalışmamızın bulgularını desteklemektedir. Monteiro, vd. (2018), liyofilizasyona göre etüvde kurutulan balkabaklarının düşük L^* değerlerini, liyofilizasyona göre etüvde daha yüksek sıcaklık ve uzun süre havaya maruz kalmaya bağlı olarak gerçekleşen esmerleşme reaksiyonlarıyla açıklamışlardır. Ayrıca, Alibaş (2007) mikrodalga (160 W) kurutma ile kurutulan balkabağı dilimlerinin L^* değerini 25.85 ± 0.12 olarak bulmuştur. Bu değer, çalışmamızda mikrodalga-120 W kurutma metoduyla elde edilen posanın L^* değeriyle oldukça benzerdir.

4.4 Farklı Kurutma Metotlarının Balkabağı Posasının Toplam Fenolik Madde İçeriği Üzerine Etkisi

Taze ve farklı metotlarla (liyofilizasyon, etüv, vakum, mikrodalga) kurutulmuş balkabağı posası ekstraktlarının toplam fenolik madde içeriği Şekil 4.3'de belirtilmiştir. En düşük ve en yüksek toplam fenolik madde sırasıyla mikrodalga-120 W'ta kurutulmuş posanın ekstraktında 1.88 ± 0.01 mg GAE/g KM ve taze posanın ekstraktında 16.44 ± 0.39 mg GAE/g KM olarak bulunmuştur. Taze posadan sonra en yüksek toplam fenolik madde içeriği mikrodalga-600 W'ta kurutulmuş posanın ekstraktında 4.86 ± 0.27 mg GAE/g KM olarak saptanmıştır. Etüv ve vakum kurutma metotları karşılaştırıldığında, etüv-30 °C'de kurutulmuş posanın ekstraktının toplam fenolik madde içeriği, vakum-30 °C'de kurutulmuş posaninkinden az oranda fakat önemli derecede yüksektir (Çizelge A.10). Etüv ve vakum-30 °C'de toplam fenolik madde etüv ve vakum-60 °C'deki toplam fenolik madde değerinden daha düşük bulunmuştur. Etüvle kurutma işleminde düşük kurutma sıcaklığında posanın uzun süre oksijene maruz kalmasından dolayı polifenollerin oksidasyonuna neden olabileceği düşünülmektedir. Buna ek olarak, bazı serbest formların yüksek sıcaklıkta açığa çıkması mümkün olabilir. Ayrıca, kurutma tipinin ve sıcaklık veya mikrodalga gücünün posanın ekstraktının toplam fenolik madde içeriği üzerinde önemli etkisi olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$, Çizelge A.11).



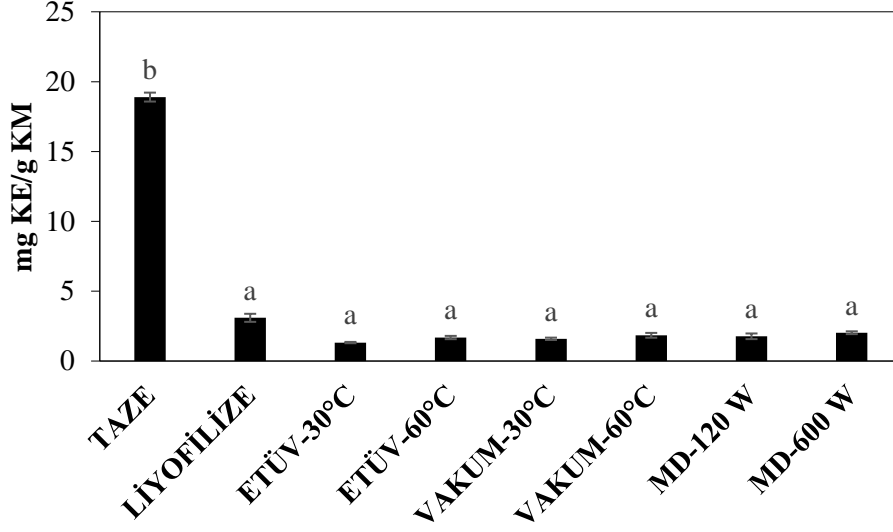
Şekil 4.3 Taze ve farklı metotlarla kurutulmuş balkabağı posası ekstraktlarının toplam fenolik madde içeriği

Aydın ve Göçmen (2014) liyofilize ve etüvle (60 °C ve 24 saat) kurutulmuş balkabağı dilimlerinden elde edilen tozun toplam fenolik içeriğini sırasıyla 8.99±0.19 ve 11.13±0.04 mg GAE/g KM olarak bulmuşlardır. Bu sonuçlar çalışmamızda saptanan toplam fenolik madde değerlerinden daha yüksektir. Mala ve Kurian (2016) tepsili kurutucusuyla (55°C-8 saat) kurutulmuş balkabağı posasının ve kabuklarının toplam fenolik içeriğini 5.19±0.05 ve 5.21±0.06 mg GAE/g olarak tespit etmişlerdir. Çalışmamızın toplam fenolik madde değerleri bu değerlere yakın bulunmuştur. Ayrıca, etüvle kurutmanın liyofilizasyona kıyasla toplam fenolik madde içeriğini artırdığını göstermişlerdir (Aydın ve Göçmen, 2014). Bu sonuç, liyofilizasyonun etüve göre toplam fenolik madde içeriğini artırdığını gösteren çalışmamız ile uyumsuzdur. Diğer yandan, çalışmamızın bu bulgusunu destekleyici üzüm posası kullanılarak yapılmış çalışmalar bulunmaktadır (Tseng ve Zhao, 2012; Demirkol ve Tarakçı, 2018;). Demirkol ve Tarakçı (2018) liyofilize üzüm posasının toplam fenolik maddesini 34.96±0.09 mg GAE/g KM ve Tseng ve Zhao (2012) liyofilize üzüm posası ve kabuğunun toplam fenolik maddesini 21.19-64.74 mg GAE/g KM aralığında bulmuşlardır. Bu çalışmaların ve çalışmamızın sonuçları doğrudan liyofilizasyon veya dondurarak kurutmanın prensibiyle ilişkilendirilebilir. Liyofilizasyonda, bitki dokularında buz kristallerinin oluşumu hücre duvarı ve hücre yapısının yırtılmasına,

böylece doku matriksindeki fenolik maddelerin salınımına ve sonrasında ekstraksiyonun kolaylaşmasına neden olur (Demirkol ve Tarakçı, 2018). Buna ek olarak, liyofilizasyon düşük sıcaklık ve vakum durumunda gerçekleştiğinden kurutulan materyalin biyoaktif bileşik içeriği, özellikle polifenollerin korunmasını sağlamaktadır (Tseng ve Zhao, 2012). Diğer yandan çalışmamızda toplam fenolik madde içeriği üzerinde en etkili olan uygulama mikrodalga-600 W'tır, benzer etkiyi mikrodalga-120 W sağlamamıştır. Bejar, vd. (2011) 450 W'ta kurutulan portakal kabuğundan elde edilen toplam fenolik maddenin (1.88 mg kafeik asit/g KM) 180 W'ta kurutulana göre daha yüksek olduğunu göstermişlerdir. Lif matriks yapısının daha yüksek güçte (450 W) daha geniş ve gevşek olabilmesi nedeniyle, fenolik madde ekstraksiyonunun kolaylaşabileceğini ifade etmişlerdir. Ayrıca, 180 W'ta kurutma süresinin daha uzun olması nedeniyle bazı fenolik bileşiklerin bozulduğunu belirtmişlerdir. Hayat, vd. (2010) mandalina posasından mikrodalga uygulamasından sonra serbest fraksiyondaki bireysel fenoliklerin toplamının arttığını bulmuşlardır. Mikrodalga enerjisinin bitki matriksinden serbest fenolik bileşiklerin salınımını artırabileceğini belirtmişlerdir.

4.5 Farklı Kurutma Metotlarının Balkabağı Posasının Toplam Flavonoid İçeriği Üzerine Etkisi

Şekil 4.4'te taze ve farklı metotlarla (liyofilizasyon, etüv, vakum, mikrodalga) kurutulmuş balkabağı posası ekstraktlarının toplam flavonoid içerikleri gösterilmiştir. Toplam flavonoid içeriği en düşük etüv-30 °C'de kurutulmuş posanın ekstraktında 1.32 ± 0.05 mg KE/g KM ve en yüksek taze posanın ekstraktında 18.89 ± 0.32 mg KE/g KM olarak bulunmuştur. Bunun yanısıra, diğer kurutma metotlarıyla elde edilmiş posanın ekstraktlarında da benzer toplam flavonoid içeriği gözlenmiştir (Çizelge A.12). Kurutma tipi ve sıcaklık veya mikrodalga gücünün toplam flavonoid içeriği üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı saptanmıştır ($p > 0.05$) (Çizelge A.13).

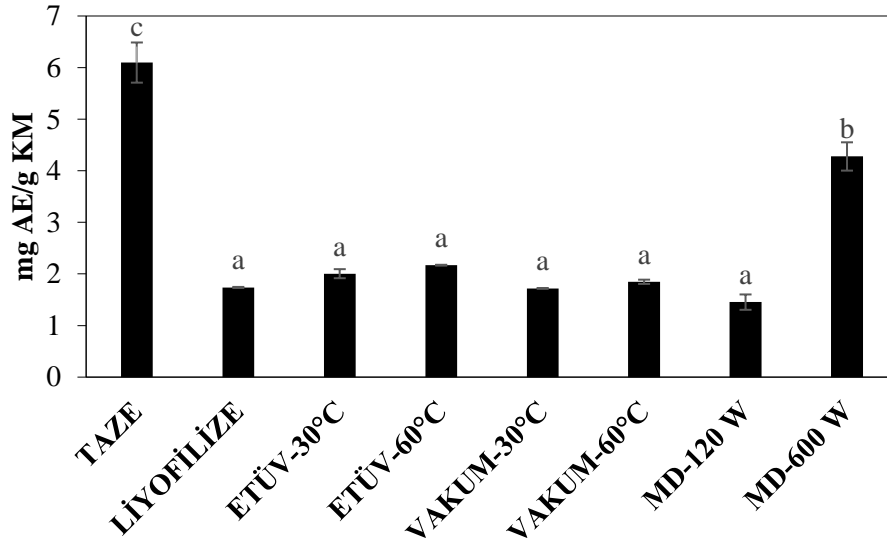


Şekil 4.4 Taze ve farklı metotlarla kurutulmuş balkabağı posası ekstraktlarının toplam flavonoid içeriği

Tseng ve Zhao (2012) farklı kurutma metotlarından (etüv-40 °C, vakum-40 °C ve liyofilizasyon), üzüm posası ve kabuklarının toplam flavonoid içeriği üzerine en etkili olanın liyofilizasyon olduğunu bulmuşlardır ve çalışmamızın sonuçlarıyla örtüşmektedir. Toplam flavonoid içeriği 37.39-106.61 mg KE/g KM arasında saptanmıştır. Hayat, vd. (2010) mandalina posasının kurutulmasında kullanılan farklı mikrodalga güçlerinin (125, 250 ve 500 W-5 dak.), posanın toplam flavonoid içeriğini arttırdığını bulmuşlardır. En yüksek toplam flavonoid içeriği 500 W'ta Kinnow mandalina posası için 5.81 ± 2.80 mg/g KM olarak bulunmuştur. Diğer bir çalışmada, Hayat, vd. (2019) rezene tohumunun en yüksek toplam flavonoid içeriğine (46.55 mg RE/g KM), farklı mikrodalga güç (300, 500 ve 700 W) uygulamasıyla 500 W'ta ulaşmıştır. Mikrodalga gücündeki ılımlı artış toplam flavonoid içeriğini artırmıştır ve çalışmamızın bulgularını kısmen desteklemektedir. Gulati, vd. (2003), yeşil çay işlemede kullanılan mikrodalga kurutmanın kateşinin büyük bir olasılıkla yaprak matrisine bağlanmasını engellediği ve böylece ekstraksiyonun verimini arttırdığını bildirmişlerdir.

4.6 Farklı Kurutma Metotlarının Balkabağı Posasının Antioksidan Aktivite Üzerine Etkisi

Balkabağı posasının ekstraktının antioksidan aktivitesi DPPH metoduyla belirlenmiştir. DPPH metodu kullanılarak, taze ve farklı metotlarla kurutulmuş (liyofilizasyon, etüv, vakum ve mikrodalga) balkabağı posasının antioksidan aktivite değerleri Şekil 4.5’de gösterilmiştir. Mikrodalga-120 W ve taze posanın ekstraktının antioksidan aktiviteleri sırasıyla en düşük 1.45 ± 0.15 ve en yüksek 6.09 ± 0.38 mg AE/g KM olarak bulunmuş ve istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmiştir (Çizelge A.14). Buna ek olarak, sıcaklık veya mikrodalga gücü, posanın ekstraktının antioksidan aktivitesi üzerinde anlamlı derecede etkili olurken, kurutma tipi ise önemsiz bulunmuştur (Ek-Çizelge 15).



Şekil 4.5 Taze ve farklı metotlarla kurutulmuş balkabağı posası ekstraktlarının antioksidan aktiviteleri

Aydın ve Göçmen (2014) liyofilize ve etüvle (60 °C ve 24 saat) kurutulmuş balkabağı dilimlerinden elde edilen tozların antioksidan aktivitelerini DPPH ile serbest ve bağlı olmak üzere sırasıyla 5.57 ± 0.17 ve 30.0 ± 0.39 μmol trolox/g olarak saptamışlardır. DPPH serbestte etüvde kurutulmuş balkabağı posaları liyofilizasyondan daha yüksek antioksidan aktivite göstermiştir. Bunun aksine, Demirkol ve Tarakçı (2018), liyofilize üzüm posasının antioksidan aktivitesini etüvle kurutulmuş posaninkinden önemli derecede yüksek bulmuştur. Tseng ve Zhao (2012) farklı metotlarla (etüv-40 °C,

vakum-40 °C ve liyofilizasyon) kurutulmuş Merlot üzüm posasının en yüksek antioksidan aktivitesini (34.65 mg AAE/g) DPPH yöntemiyle liyofilize posada bulunmuştur. Çalışmamızda ise etüv ve liyofilizasyonun antioksidan aktivite üzerindeki etkisi benzer bulunmuştur.

4.7 Korelasyon Analizi

Renk değerleri (L^* , a^* , b^* , ΔE , C ve H°), toplam fenolik madde, flavonoid içeriği ve DPPH yöntemiyle antioksidan aktivitenin arasındaki ilişkiyi tanımlamak için Pearson korelasyon analizi uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre, renk değerlerinin (L^* , a^* , b^* , ΔE ve C) H° haricindeki diğer renk değerleriyle pozitif korelasyonu saptanmıştır (Çizelge A.16). Buna ek olarak, toplam fenolik madde, toplam flavonoid içeriği ve DPPH yöntemiyle ölçülen antioksidan aktivite arasında da pozitif korelasyon bulunmuştur. Zhou, vd. (2009) defne meyvesi posasının toplam fenolik madde içeriğinin antioksidan aktiviteyle pozitif korelasyonunu ($R^2 > 0.7906$) göstermişlerdir. Vashisth, vd. (2011), muskadin üzüm posasının toplam fenolik madde içeriğinin FRAP yöntemiyle belirlenen antioksidan aktivite arasında pozitif lineer bir korelasyon ($r=0.849$) olduğunu saptamışlardır. Bu çalışmaların sonuçları çalışmamızı desteklemektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın amacı, balkabağı (*Cucurbita moschata*) posasından geleneksel çözücü metoduyla fenolik maddenin ekstraksiyonunu yanıt yüzey yöntemiyle (YYY) optimize etmek olmuştur. Buna ek olarak, farklı kurutma yöntemlerinin (liyofilizasyon, etüv (30 ve 60 °C), vakum (30 ve 60 °C) ve mikrodalga (120 ve 600 W) kurutma) balkabağı posasının renk değerleri (L^* , a^* , b^* , ΔE , C ve H°), toplam fenolik madde, toplam flavonoid ve antioksidan aktivitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Toplam fenolik madde ekstraksiyonunun optimizasyonunda, katı/sıvı oranı ve katı/sıvı oranı ve etanol konsantrasyonu interaksiyonu önemli olarak saptanmıştır ($p<0.05$) Toplam fenolik madde içeriği, katı/sıvı oranının 0.04'den 0.08 g/ml'ye yükselmesiyle ve etanol konsantrasyonunun artmasıyla artmıştır. Toplam fenolik madde içeriği %50-60 etanol konsantrasyonunda maksimuma ulaşmıştır. Sonuç olarak, balkabağı posasından toplam fenoliklerin konvansiyonel ekstraksiyonunun optimum koşulları, 1 saat boyunca %56.9 (v/v) etanol konsantrasyonu kullanılarak, 65 °C'de 0.08 g/ml katı/sıvı oranıdır.

Farklı metotlarla kurutulan (liyofilizasyon, etüv, vakum ve mikrodalga) balkabağı posasının renk değerleri (L^* , a^* , b^* , ΔE , C ve H°) değerlendirildiğinde liyofilize balkabağı posası en parlak ve en sarımsı renge sahip bulunmuştur. Taze ve farklı metotlarla kurutulmuş balkabağı posasının L^* ve a^* ve H° değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlenirken, b^* , ΔE ve C değerlerinde ise liyofilizasyon hariç diğer kurutma metotlarında anlamlı farklılık saptanmamıştır. Buna ek olarak, kurutma metodu L^* değeri, sıcaklık a^* ve H° değerleri üzerinde önemli etkiye sahipken, kurutma metodu ve sıcaklık interaksiyonu renk değerleri üzerinde önemli bir etkiye yol açmamıştır ($p<0.05$).

Farklı metotlarla kurutulan (liyofilizasyon, etüv, vakum ve mikrodalga) balkabağı posası ekstraktlarında, en yüksek fenolik madde mikrodalga-600 W ve liyofilizasyon uygulamasıyla ulaşılmıştır. Etüv ve vakum kurutma metotları karşılaştırıldığında, etüv-30 °C'de kurutulmuş posanın ekstraktının toplam fenolik madde içeriği, vakum-30 °C' de kurutulmuş posaninkinden az oranda, fakat önemli derecede yüksek bulunmuştur. Etüv ve vakum-30 °C'de toplam fenolik madde etüv ve vakum-60 °C'deki toplam fenolik madde değerinden daha düşük bulunmuştur. Kurutma tipinin

ve sıcaklık veya mikrodalga gücünün posanın ekstraktının toplam fenolik madde içeriği üzerinde önemli etkisi olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). Farklı metotlarla kurutulan balkabağı posası ekstraktlarında, en yüksek flavonoid içeriği liyofilizasyonda görülmüştür. Kurutma tipi ve sıcaklık veya mikrodalga gücünün toplam flavonoid içeriği üzerinde önemli etkisinin olmadığı saptanmıştır ($p>0.05$). En yüksek antioksidan aktivite mikrodalga-600 W'ta kurutulmuş posanın ekstraktında görülmüştür. Sıcaklık veya mikrodalga gücü, posanın ekstraktının antioksidan aktivitesi üzerinde anlamlı derecede etkili olmuştur ($p<0.05$).

Bunlara ek olarak, renk değerlerinin (L^* , a^* , b^* , ΔE ve C) H° haricindeki diğer renk değerleriyle pozitif korelasyonu saptanmıştır. Ayrıca, toplam fenolik madde, toplam flavonoid içeriği ve DPPH metoduyla ölçülen antioksidan aktivite arasında da pozitif korelasyon bulunmuştur.

Bu çalışma, atık olan balkabağı posasının çeşitli gıdalara eklenerek biyoaktif madde içeriğini zenginleştirmesi açısından gıda sektöründe bir potansiyeli olduğunu göstermektedir.

Bu atıkların doğru bir şekilde değerlendirilmesi ekonomik ve çevresel fayda sağlamanın yanı sıra katma değer yaratması ve ürünlerin çeşitlendirilmesi yönünden de önemlidir.

KAYNAKLAR

- Alara, O.R., Abdurahman, N.H., Olalere, O.A., Optimization of microwave-assisted extraction of flavonoids and antioxidants from *Vernonia amygdalina* leaf using response surface methodology, *Food and Bioproducts Processing*, 107, 36-48, 2018.
- Alibas, I, Microwave, air and combined microwave-air-drying parameters of pumpkin slices, 40, 8, 1445-1451, 2007.
- Amorim-Carrilho, K.T., Cepeda, A., Fente, C., Regal, P., Review of methods for analysis of carotenoids, *Trends in Analytical Chemistry*, 56, 49-73,2014.
- Aruwa, C.E., Amoo, S., Kudanga, T., Phenolic compound profile and biological activities of Southern African *Opuntia ficus-indica* fruit pulp and peels, *LWT-Food Science and Technology*, 111, 337-344, 2019.
- Assous, M.T.M., Saad, E.M. Soheir, Dyab, A.S., Enhancement of quality attributes of canned pumpkin and pineapple, *Annals of Agricultural Science*, 59(1), 9-15, 2014.
- Aydın, E., Göçmen, D., The influences of drying method and metabisulfite pre-treatment on the color, functional properties and phenolic acids contents and bioaccessibility of pumpkin flour, *LWT-Food Science and Technology*, 60(1), 385-392, 2014.
- Barbosa, J., Borges, S., Amorim, M., Pereira, M.J., Oliveira, A., Pintado, M.E., Teixeira, P., Comprison of spray drying, freeze drying and convective hot air drying for the production of a probiotic orange powder, *Journal of Functional Foods*, 17, 340-351, 2015.
- Barros, H., Junior, M.R.B., Phenolic compound bioavailability using in vitro in vivo models, (editör: Campos, M.R.S.), *Bioactive Compuonds Health Benefits and Potantial applications*, Woodhead yayıncılık, USA, 113-126, 2019.
- Barros, R.G.C., Andrade, J.K.S., Denadai, M., Nunes, M.L., Narain, N., Evulation of bioactive compounds potential and antioxidant activity in some Brazilian exotic fruit residues, *Food Research International*, 102, 84-92, 2017.

- Bejar, A. K., Kechaou, N., Mihoubi, N. B., Effect of microwave treatment on physical and functional properties of orange (*Citrus Sinensis*) peel and leaves, *Food Processing & Technology*, 2, 1-7, 2011.
- Cacace, J. E., Mazza, G., Optimization of extraction of anthocyanins from black currants with aqueous ethanol, *Journal of Food Science*, 68, 1, 2003.
- Caldas, T.W., Mazza, K.E.L., Teles, A.S.C., Mattos, G.N., Brigida, A.I.S., Conte-Junior, C.A., Borguini, R.G., Godoy, R.L.O., Cabral, L.M.C., Tonon, R.V., Phenolic compounds recovery from grape skin using conventional and non conventional extraction methods, *Industrial Crops and Products*, 111, 86-91, 2018.
- Carranza, P. H., Avila-Sosa, R., Guerrero-Beltran, J. A., Navarro-Cruz, A. R., Corona-Jimenez, E., Ochoa-Velasco, C. E., Optimization of antioxidant compounds extraction from fruit by-products: apple pomace, orange and banana peel, *Journal of Food Processing and Preservation*, 40, 103-115, 2016.
- Cheetangdee, N., Rice phenolic: extraction, characterization and utilization in foods, (editör: Watson, R.R.), *Polyphenols in Plants*, Academic press, Cambridge, 217-242, 2019.
- Chiu, H., Shen, Y., Venkatakrishnan, K., Wang, C., Food for eye health: Carotenoid and omega-3 fatty acids, *Encyclopedia of Food Chemistry*, 313-322, 2019.
- Cong-Cong, X., Bing, W., Yi-Qiong, P., Jian-Sheng, T., Tong, Z., Advances in extraction and analysis of phenolic compounds from plant materials, *Chinese Journal of Natural Medicines*, 15(10): 0721-0731, 2017.
- Costa, D.C., Costa, H.S., Gonçalves Albuquerque, T., Ramos, F., Castilho, M.C., Sanches-Silva, A., Advances in phenolic compounds analysis of aromatic plants and their potential applications, *Trends in Food Science and Technology*, 45, 2, 336-354, 2015.
- Das, I., Arora, A., Alternate microwave and convective hot air application for rapid mushroom drying, *Journal of Food Engineering*, 223, 208-219, 2018.

- Demirkol, M., Tarakci, Z., Effect of grape (*Vitis labrusca* L.) pomace dried by different methods on physicochemical, microbiological and bioactive properties of yoghurt, *LWT- Food Science and Technology*, 97, 770-777, 2018.
- Derrien, M., Badr, A., Gossellin, A., Desjardins, Y., Optimization of a green process for the extraction of lutein and chlorophyll from spinach by-products using response surface methodology (RSM), *Food Science and Technology*, 79, 170-177, 2017.
- Dirim, S.N., Çalışkan G., Determination of the effect of freeze drying process on the production of pumpkin (*Cucurbitamoschata*) puree powder and the powder properties, *GIDA*, 37(4), 203-210, 2012.
- FAOSTAT, “Dünya balkabağı 2016 yılı üretimi”, 2019a.
- FAOSTAT, “Türkiye’de yıllara göre balkabağı üretimi”, 2019b.
- Faggio, C., Sureda, A., Morabito, S., Sanches-Silva A., Mocan, A., Nabavi, S.F., Nabavi S.M., Flavonoids and platelet aggregation: A brief review, *European Journal and Pharmacology*, 807, 91-101, 2017.
- Fellows, P.J., Extraction and separation of food component, *Food Processing Technology (Fourth edition)*, Woodhead publishing, Cambridge, 35-289, 2017.
- Gioxari, A., Kogiannau, D., Kalogeropoulos, N., Kaliora A., Phenolic compounds: Bioavailability and health effects, *Encyclopedia of Food and Health*, 339-345, 2016.
- Gulati, A., Rawat, R., Singh, B., Ravindranath, S. D., Application of microwave energy in the manufacture of enhanced-quality green tea, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 4764-4768, 2003.
- Hayat, K., Abbas, S., Hussain, S., Shahzad, S. A., Tahir, M. U., Effect of microwave and conventional oven heating on phenolic constituents, fatty acids, minerals and antioxidant potential of fennel seed, *Industrial Crops & Products*, 140, 111610, 2019.
- Hayat, K., Zhang, X., Farooq, U., Abbas, S., Xia, S., Jia, C., Zhong, F., Zhang, J., Effect of microwave treatment on phenolic content and antioxidant activity of citrus mandarin pomace, *Food Chemistry*, 123, 423-429, 2010.

- Hashim, N., Daniel, O., Rahaman, E., A preliminary study: kinetic model of drying process of pumpkins (*Cucurbitamoschata*) in a convective hot air dryer, *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2, 345-352, 2014.
- Hernandez-Carranza, P., Avila-Sosa, R., Guerrero-Beltran, J.A., Navarro-Cruz, A.R., Corona-Jimenez, E., Ochoa-Velasco, C.E., Optimization of antioxidant compounds extraction from fruit by-products: Apple pomace, orange and banana peel, *Journal of Food Processing and Preservation*, 40, 103-115, 2016.
- Herrero, M., Plaza, M., Cifuentes, A., Ibanez, E., Extraction techniques for the determination of phenolic compounds in food, *Comprehensive Sampling and Sample Preparation*, 4, 159-180, 2012.
- Holland, B., Agyei, P., Akanbi, T.O., Wang, B., Barrow, C.J., Bioprocessing of plant-derived bioactive phenolic compound (editör: Holban, A.M. ve Grumezescu, A.M.), *Food Biosynthesis*, Academic press, Cambridge, 135-181, 2017.
- Irakli, M., Chatzopoulou, P., Ekateriniadou, L., Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds: Oleuropein, phenolic acids, phenolic alcohols and flavonoids from olive leaves and evaluation of its antioxidant activities, *Industrial Crops & Products*, 124, 382–388, 2018.
- Jacobo-Valenzuela, N., Marostica-Junior, M. R., Zazueta-Morales, J. J., Gallegos, J. A., Physicochemical, technological properties and health-benefits of *Cucurbitamoschata Duchense* vs. *Cehualca*, *Food Research International*, 44, 2587-2593, 2011.
- Jamali, S.N., Kashaninejad, M., Amirabadi, M.M., Aalami, M., Kinetics of peroxidase inactivation, color and temperature changes during pumpkin (*Cucurbitamoschata*) blanching using infrared heating, *Food Science and Technology*, 93, 456-462, 2018.
- Kabir, F., Tow, W.W., Hamauzu, Y., Katayama, S., Tanaka, S., Nakamura, S., Antioxidant and cytoprotective activities of extracts prepared from fruit and vegetable wastes and byproducts, *Food Chemistry*, 167, 358-362, 2015.
- Kerr, W.L., Food drying and evaporation processing operations, (editör: Kutz, M.), *Handbook of Farm Dairy and Food Machinery Engineering (Third edition)*, Academic press, Cambridge, 353-387, 2019.

- Law, C., Chen, H., Mujumdar, A., Food Technologies: drying, Encyclopedia of Food Safety, 3, 156-167, 2014.
- Leanarts, S., Borghvander, M., Callens, A., Van Compenhout, L., Suitability of microwave drying for mealworms (*Tenebrio molitor*) as alternative to freeze drying: impact on nutritional quality and colour, Food Chemistry, 254, 129-136, 2018.
- Luna-guevera, L., Luna-guevera, J.J., Hernandez-Carranza, P., Ruiz-Espinosa, H., Ochoa-Velasco, C.E., Phenolic compounds: A good choice against chronic degenerative diseases, Studies in Natural Products Chemistry, 59, 79-109, 2018.
- Mala, K.S., Kurian, A.E., Nutritional composition and antioxidant activity of pumpkin wastes, International Journal of Pharmaceutical, Chemical and Biological Sciences, 6(3), 336-344, 2016.
- Mallek-Ayadi, S., Bahloul, N., Kechaou, N., Characterization phenolic compounds and functional properties of *Cucumis melo L.* Peels, Food Chemistry, 221, 1691-1697, 2017.
- Manousi, N., Sarakatsianos, I., Samanidou, V., Extraction techniques of phenolic compounds and other bioactive compounds from medicinal and aromatic plants, (editör: Holban, A.M. ve Grumezescu, A.M.), Engineering Tools in the Beverage Industry, Woodhead publishing, Cambridge, 283-314, 2019.
- Maran, J.P., Mekala, V., Manikandan, S., Modeling and optimization of ultrasound assisted extraction of polysaccharide from *Cucurbita moschata*, Carbohydrate Polymers, 92, 2018-2026, 2013.
- Mark, R., Lyu, X., Lee, J., Parra-Saldivar, R., Chen, W.N., Sustainable production of natural phenolics for functional food applications, Journal of Functional, 57, 233-254, 2019.
- M'hiri, N., Ioannou, I., MihoubiBoudhrioua, N., Ghoul, M., Effect of different operating conditions on the extraction of phenolic compounds in orange peel, Food and Bioproducts Processing, 96, 161-170, 2015.
- Monteiro, R. L., Link, J. V., Tribuzi, G., Carciofi, B. A. M., Laurindo, J. B., Effect of multi-flash drying and microwave vacuum drying on the microstructure and

- texture of pumpkin slices, *LWT-Food Science and Technology*, 96, 612-619, 2018.
- Murkovic, M., Phenolic compounds: Occurrence, classes and analysis, *Encyclopedia of Food and Health*, 346-351, 2016.
- Nagarajan, J., Ramanan, R.N., Raghunandan, M.E., Galanakis, C.M., Krishnamurthy, N.P., Carotenoids, *Nutraceutical and Functional Food Components*, 259-296, 2017.
- Nemzer, B., Vargas, L., Xia, X., Sintara, M., Feng, H., Phytochemical and physical properties of blueberries, tart cherries, strawberries and cranberries as affected by different drying methods, *Food Chemistry*, 262, 242-250, 2018.
- Ngamwonglumlert, L., Devahastin, S., Carotenoids, *Encyclopedia of Food Chemistry*, 40-52, 2019.
- Oberoi, D.P.S., Sogi, D.S., Utilization of watermelon pulp for lycopene extraction by response surface methodology, *Food Chemistry*, 232, 316-321, 2017.
- Oreopoulou, A., Tsimogiannis, D., Oreopoulou, V., Extraction of polyphenols from aromatic and medicinal plants: an overview of the methods and the effect of extraction parameters, (editör: Watson, R.R.), *Polyphenols in Plant* (second Edition), Academic pres, Cambridge, 243-259, 2019.
- Orikasa, T., Koide, S., Okamoto, S., Imaizumi, T., Muramatsu, Y., Takeda, J., Shiina, J., Tagawa, A., Impacts of hot air and vakum drying on the quality attributes of kiwifruit slices, *Journal of Food Engineering*, 125, 51-56, 2014.
- Pandey, A., Belwal, T., SekarChanra, K., Bhatt, I.D., Rawal, R.S., Optimization of ultrasonic–assisted extraction of phenolics and antioxidant compounds from rhizomes of *Rheummoorcroftianum* using response surface methodology, *Industrial Crops and Products*, 119, 218-225, 2018.
- Piwinska, M., Wyrwiesz, J., Kurek, M., Wierzbicka, A., Hydration and physical properties of vacuum-dried durum wheat semolina pasta with high-fiber oatpowder, *LWT-Food Science and Technology*, 63, 1, 647-653, 2015.
- Plazzotta, S., Manzocco, L., Food waste valorization (Editör: Galanakis, C.M.), *Saving Food*, Academic pres, 279-313, 2019.

- Rahman, N.F.A., Shamsudin, R., Ismail, A., Shah, N.N.A.K., Varith, J., Effect of drying methods on total phenolic contents and antioxidant capacity of the pomelo (*Citrusgrandis(L)Osbeck*) peels, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 50, 217-225, 2018.
- Reis, S.F., Rai, D.K., Abu-Ghannam, N., Water at room temperature as a solvent for the extraction of apple pomace phenolic compounds, *Food Chemistry*, 135, 1991-1998, 2012.
- Sabarez, H., *Drying of food materials*, Reference Module in Food Science, 2016.
- Sahar, A., Rahman, U.U., Aadil, R.M., Ishaq, A., Stabilization of carotenoids in foods, *Encyclopedia of Food Chemistry*, 330-336, 2019.
- Saini, R.K., Keum, Y., Carotenoids extraction methods: a review of recent developments, *Food Chemistry*, 240, 90-103, 2018.
- Schulze, B., Hubbermann, E.M., Schwarz, K., Stability of quercetin derivates in vacuum impregnated apple slices after drying (microvawe vacuum drying, air drying, freeze drying) and storage, *Food Science and Technology*, 57, 426-433, 2014.
- Seremet, L., Botez, E., Nistor, O., Andronoiu, D.G., Mocanu, G., Effect of different drying methods on moisture ratio and rehydration of pumpkin slices, *Food Chemistry*, 195, 104-104, 2016.
- Shahidi, F., *Antioxidants: principles and applications*, (editör: Shahidi, F.), *Handbook of Antioxidants for Food Preservation*, Woodhead yayıncılık, Cambridge, 1-14, 2015.
- Sharma, R., Oberoi, H.S., Dhillon, G.S., Fruit and vegetable processing waste: renewable feed stocks for enzyme production, (editör: Dhillon, G.S., Kaur, S.), *Agro-Industrial Wastes As Feedstock for Enzyme Production*, Academic pres, Cambridge, 23-59, 2016.
- Shi, X., Wu, H., Shi, J., Xue, S.J., Wang, D., Cheng, A., Gong, Z., Chen, X., Wang, C., Effect of modifier on the composition and antioxidant activity of caretenoid extract from pumpkin (*Cucurbitamaxima*) by supercritical CO₂, *Food and Science Technology*, 51, 433-440, 2013.

- Singh, P., Keshewani, R.K., Keservani, R.K., Antioxidant and vitamins: roles in cellular function and metabolism, (editör: Bagchi, D.), Sustained Energy for Enhanced Human Functions and Activity, Academic basım, Cambridge, 385-407, 2017.
- Song, J., Yang, Q., Huang, W., Xiao, Y., Li, D., Liu, C., Optimization of trans lutein from pumpkin (*Cucurbitamoschata*) peel by ultrasound assisted extraction, Food and Bioproducts processing, 107, 104-112, 2018.
- Stanner, S., Weichselbaum, E., Antioxidants, Encyclopedia of Human Nutrition (third edition), 1, 88-99, 2013.
- Sumic, Z., Vakula, A., Tepic, A., Cakarevic, J., Vitas, J., Pavlic, B., Modelling and optimization of red currants vacuum drying process by response surface methodology (RSM), Food Chemistry, 203, 465-475, 2016.
- Sumic, Z., Tepic, A., Vidovic, S., Jokic, S., Malbasa, R., Optimization of frozen sour cherries vacuum drying process, Food Chemistry, 136, 55-63, 2013.
- Tomaz, I., Hazanic, N., Preiner, D., Stupic, D., Andabaka, Z., Maletic, E., Kontic, J., Asperger D., Extraction methods of polyphenol from grapes: extraction of grape polyphenols, (editör: Watson, R.R.), Polyphenol in Plants (secondedition), Academicpress, Cambridge, 151-167, 2019.
- Tsao, R., Synergistic interations between antioxidant used in food preservation, (editör: Shahidi, F.), Handbook of Antioxidants for Food Preservation, Woodhead yayıncılık, Cambridge, 335-347, 2015.
- Tseng, A., Zhao, Y., Effect of different drying methods and storage time on the retention of bioactive compunds and antibacterial activity of wine grape pomace (Pinot Noir and Merlot), Journal of Food Science, 77, 9, 2012.
- Vashisth, T., Singh, R. K., Pegg, R. B., Effects of drying on the phenolics content and antioxidant activity of muscadine pomace, LWT-Food Science and Technology, 44, 1649-1657, 2011.
- Vieira da Silva, B., Barreira, J.C.M., Oliveira, M., Natural phytochemicals and probiotics as bioactive ingredients for functional food: Extraction, biochemistry

- and protected-delivery, *Technologies, Trends in Food Science and Technology*, 50, 144-158, 2016.
- Vuolo, M.M., Lima S.S., Junior, M.R.M., Phenolic compounds: Structure, classification and antioxidant power, (editör: Campos, M.R.S.), *Bioactive Compounds Health Benefits and Potential applications*, Woodhead yayıncılık, Cambridge, 33-50, 2019.
- Wang, L., Boussetta, N., Lebovka, N., Vorobiev, E., Effects of ultrasound treatment and concentration of ethanol on selectivity of phenolic extraction from apple pomace, *International Journal of Food Science and Technology*, 53, 2104-2109, 2018.
- Yadav, M., Jain, S., Tomar, R., Prasad, G.B.K.S., Yadav, H., Medicinal and biological potential of pumpkin: an updated review, *Nutrition Research Reviews*, 23, 184-190, 2010.
- Yolmeh, M., Jafari, S.M., Applications of response surface methodology in the food industry process, *Food Bioprocess Technology*, 10, 413-433, 2017.
- Zainal-Abidin, M.H., Hayyan, M., Hayyan, A., Jayakumar, N.S., New horizons in the extraction of bioactive compounds using deep eutectic solvent: a review, *analytica Chimica Acta*, 979, 1-23, 2017.
- Zhou, S., Fang, Z., Lü, Y., Chen, J., Liu, D., Ye, X., Phenolics and antioxidant properties of bayberry (*Myrica rubra* Sieb. Et Zucc.) pomace, *Food Chemistry*, 112, 394-399, 2009.
- Zuorro, A., Maffei, G., Lavecchia, R., Reuse potential of artichoke (*Cynarascolimus* L.) waste for the recovery of phenolic compounds and bioenergy, *Journal of Cleaner Production*, 111, Part A, 279-284, 2016.
- Zuiter, A., Jordan, Z., Proanthocyanidin: chemistry and biology: from phenolic compounds to proanthocyanidins, *Reference Modul in Chemistry, Molecular Science and Chemical Engineering*, 2014.

ÖZGEÇMİŞ

1.Adı Soyadı: Büşra Gündoğdu

2.Doğum Tarihi: 12.03.1993

3.Ünvanı: Öğrenci

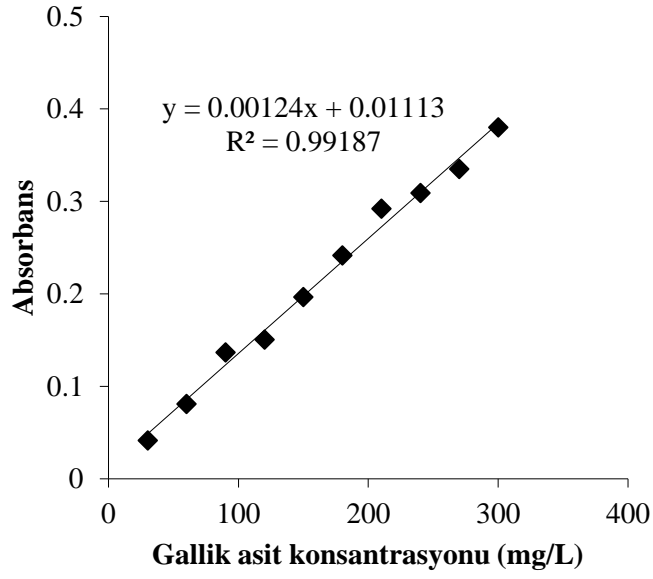
4.Öğrenim Durumu: Lisans

| Derece | Bölüm/program | Üniversite/okul | Bitirme Yılı |
|---------------|-------------------|-------------------------------------|--------------|
| Lisans | Gıda Mühendisliği | Cumhuriyet Üniversitesi | 2015 |
| Yüksek Lisans | Gıda Mühendisliği | Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi | - |

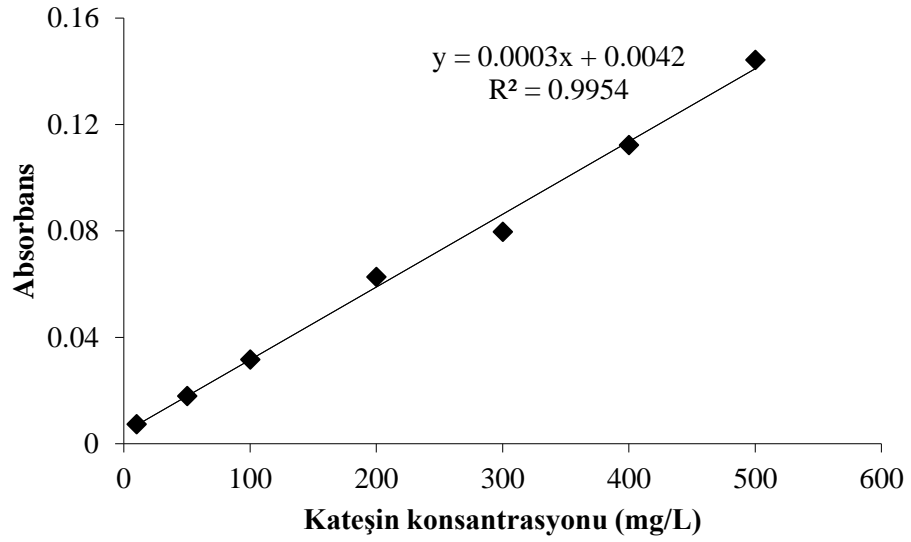
5. İş Tecrübesi

| Görev Unvanı | Görev Yeri | Yıl |
|---------------------|-----------------------------------|------|
| Proje yazım Elemanı | Kasem Proje Eğitim Danışmanlık | 2015 |

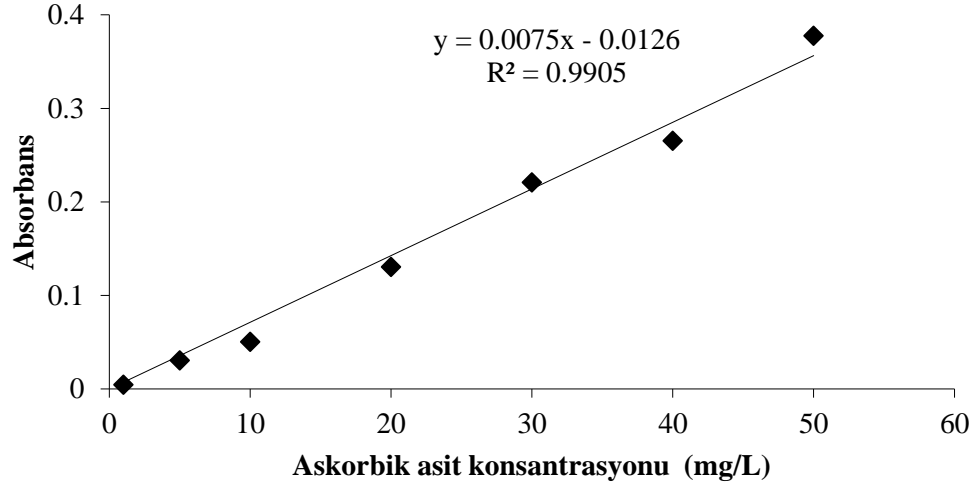
EKLER



Şekil B.1 Gallik asit kalibrasyon eğrisi



Şekil B.2 Kateşin kalibrasyon eğrisi



Şekil B.3 DPPH metodu için askorbik asit kalibrasyon eğrisi

Çizelge A.1 Balkabağı posası ekstraktının toplam fenolik madde içeriğini etkileyen ekstraksiyon faktörlerinin taraması için ANOVA tablosu

| Source of variation | Sum of squares | Degrees of freedom | P-value |
|---------------------------|----------------|--------------------|---------|
| Model | 1.993 | 6 | <0.001 |
| A- Katı/sıvı oranı | 1.987 | 1 | <0.001 |
| B- Ekstraksiyon sıcaklığı | 0.0005 | 1 | 0.643 |
| C- Süre | <0.001 | 1 | 0.971 |
| AB | 0.0017 | 1 | 0.419 |
| AC | 0.004 | 1 | 0.206 |
| BC | 0.001 | 1 | 0.594 |
| Residual | 0.021 | 9 | |
| Lack of fit | 0.003 | 1 | 0.312 |
| Pure error | 0.018 | 8 | |
| Total | 2.015 | 15 | |

Çizelge A.2 Balkabağı posası ekstraktının toplam fenolik madde içeriğini etkileyen ekstraksiyon faktörlerinin optimizasyonu için ANOVA tablosu

| Source of variation | Sum of squares | Degrees of freedom | P-value |
|---------------------------|----------------|--------------------|---------|
| Model | 7.481 | 6 | <0.001 |
| A- Katı/sıvı oranı | 5.788 | 1 | < 0.001 |
| B- Ekstraksiyon sıcaklığı | < 0.001 | 1 | 0.994 |
| C- Etanol konsantrasyonu | 0.409 | 1 | 0.109 |
| AB | 0.394 | 1 | 0.116 |
| AC | 0.753 | 1 | 0.037 |
| BC | 0.137 | 1 | 0.337 |
| Residual | 1.644 | 12 | |
| Lack of fit | 1.490 | 8 | 0.072 |
| Pure error | 0.153 | 4 | |
| Total | 9.125 | 18 | |

Çizelge A.3 Kurutma metotlarının balkabağı posasının L değeri üzerine etkisi için Duncan test sonuçları

| Duncan ^{a,b} | | | | |
|-----------------------|---|-------------------------|---------|---------|
| Örnek | N | Subset for alpha = 0.05 | | |
| | | 1 | 2 | 3 |
| mw120 | 2 | 27,0900 | | |
| vakum30 | 3 | 27,7567 | 27,7567 | |
| vakum60 | 3 | 28,1200 | 28,1200 | |
| Taze | 4 | 28,8975 | 28,8975 | |
| mw600 | 2 | 29,1000 | 29,1000 | |
| etüv30 | 2 | | 29,4650 | |
| etüv60 | 3 | | 29,5467 | |
| liyofilize | 4 | | | 80,0575 |
| Sig. | | ,057 | ,090 | 1,000 |

Çizelge A. 4 Kurutma metotlarının balkabağı posasının a* değeri üzerine etkisi için Duncan test sonuçları

Duncan^{a,b}

| Örnek | N | Subset for alpha = 0.05 | | | | |
|------------|---|-------------------------|-------|-------|-------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| mw600 | 2 | ,0100 | | | | |
| etüv30 | 2 | ,0250 | ,0250 | | | |
| Taze | 4 | ,0900 | ,0900 | | | |
| vakum30 | 3 | ,1033 | ,1033 | ,1033 | | |
| etüv60 | 3 | | ,1367 | ,1367 | ,1367 | |
| vakum60 | 3 | | | ,2167 | ,2167 | |
| mw120 | 2 | | | | ,2300 | |
| liyofilize | 4 | | | | | 1,9425 |
| Sig. | | ,121 | ,068 | ,057 | ,111 | 1,000 |

Çizelge A.5 Kurutma metotlarının balkabağı posasının b* değeri üzerine etkisi için Duncan test sonuçları

Duncan^{a,b}

| Örnek | N | Subset for alpha = 0.05 | |
|------------|---|-------------------------|---------|
| | | 1 | 2 |
| mw120 | 2 | ,3550 | |
| etüv60 | 3 | ,3667 | |
| Taze | 4 | ,4000 | |
| vakum30 | 3 | ,5100 | |
| etüv30 | 2 | ,5300 | |
| vakum60 | 3 | ,6200 | |
| mw600 | 2 | 1,5900 | |
| liyofilize | 4 | | 44,7350 |
| Sig. | | ,072 | 1,000 |

Çizelge A.6 Kurutma metotlarının balkabağı posasının ΔE değeri üzerine etkisi için Duncan test sonuçları

Duncan^{a,b}

| Örnek | N | Subset for alpha = 0.05 | |
|------------|---|-------------------------|---------|
| | | 1 | 2 |
| Taze | 4 | ,0000 | |
| etüv30 | 2 | ,6804 | |
| etüv60 | 3 | ,6869 | |
| vakum60 | 3 | ,9478 | |
| vakum30 | 3 | 1,2751 | |
| mw600 | 2 | 1,2885 | |
| mw120 | 2 | 1,8177 | |
| liyofilize | 4 | | 67,7777 |
| Sig. | | ,085 | 1,000 |

Çizelge A.7 Kurutma metotlarının balkabağı posasının C değeri üzerine etkisi için Duncan test sonuçları

Duncan^{a,b}

| Örnek | N | Subset for alpha = 0.05 | |
|------------|---|-------------------------|---------|
| | | 1 | 2 |
| etüv60 | 3 | ,3987 | |
| Taze | 4 | ,4186 | |
| mw120 | 2 | ,4239 | |
| vakum30 | 3 | ,5264 | |
| etüv30 | 2 | ,5307 | |
| vakum60 | 3 | ,6605 | |
| mw600 | 2 | 1,5900 | |
| liyofilize | 4 | | 44,7772 |
| Sig. | | ,081 | 1,000 |

Çizelge A.8 Kurutma metotlarının balkabağı posasının H* değeri üzerine etkisi için Duncan test sonuçları

Duncan^{a,b}

| Örnek | N | Subset for alpha = 0.05 | | |
|------------|---|-------------------------|---------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| mw120 | 2 | 55,8483 | | |
| etüv60 | 3 | 65,2052 | 65,2052 | |
| vakum60 | 3 | 69,8899 | 69,8899 | 69,8899 |
| Taze | 4 | 72,9603 | 72,9603 | 72,9603 |
| vakum30 | 3 | 76,1389 | 76,1389 | 76,1389 |
| etüv30 | 2 | | 87,0954 | 87,0954 |
| liyofilize | 4 | | 87,5131 | 87,5131 |
| mw600 | 2 | | | 89,6397 |
| Sig. | | ,089 | ,067 | ,101 |

Çizelge A.9 Balkabağı posasının L, a*, b*, ΔE, C ve H* değerleri etkileyen kurutma faktörleri için ANOVA tablosu

| Tests of Between-Subjects Effects | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------|-------------------------|----|-------------|-----------|------|
| Source | Dependent Variable | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Corrected Model | L | 8404,438 ^a | 6 | 1400,740 | 1374,413 | ,000 |
| | a | 10,508 ^b | 6 | 1,751 | 494,197 | ,000 |
| | b | 6145,350 ^c | 6 | 1024,225 | 1963,365 | ,000 |
| | E | 14047,417 ^d | 6 | 2341,236 | 1831,783 | ,000 |
| | C | 6149,435 ^e | 6 | 1024,906 | 1974,465 | ,000 |
| | H | 2421,055 ^f | 6 | 403,509 | 4,936 | ,009 |
| Intercept | L | 27010,591 | 1 | 27010,591 | 26502,931 | ,000 |
| | a | 4,300 | 1 | 4,300 | 1213,317 | ,000 |
| | b | 1661,874 | 1 | 1661,874 | 3185,692 | ,000 |
| | E | 3860,798 | 1 | 3860,798 | 3020,688 | ,000 |
| | C | 1672,243 | 1 | 1672,243 | 3221,550 | ,000 |
| | H | 104321,878 | 1 | 104321,878 | 1276,190 | ,000 |
| kurutma | L | 6,552 | 1 | 6,552 | 6,429 | ,026 |
| | a | ,017 | 1 | ,017 | 4,716 | ,051 |
| | b | ,036 | 1 | ,036 | ,070 | ,796 |
| | E | ,488 | 1 | ,488 | ,382 | ,548 |
| | C | ,044 | 1 | ,044 | ,085 | ,775 |
| | H | 26,224 | 1 | 26,224 | ,321 | ,582 |
| sıcaklık | L | 4,172 | 2 | 2,086 | 2,047 | ,172 |
| | a | ,082 | 2 | ,041 | 11,591 | ,002 |
| | b | 1,527 | 2 | ,764 | 1,464 | ,270 |
| | E | ,349 | 2 | ,174 | ,136 | ,874 |
| | C | 1,360 | 2 | ,680 | 1,310 | ,306 |
| | H | 1669,738 | 2 | 834,869 | 10,213 | ,003 |
| kurutma * sıcaklık | L | ,053 | 1 | ,053 | ,052 | ,824 |
| | a | 1,852E-6 | 1 | 1,852E-6 | ,001 | ,982 |
| | b | ,050 | 1 | ,050 | ,095 | ,763 |
| | E | ,074 | 1 | ,074 | ,058 | ,814 |
| | C | ,047 | 1 | ,047 | ,091 | ,768 |
| | H | 163,098 | 1 | 163,098 | 1,995 | ,183 |
| Error | L | 12,230 | 12 | 1,019 | | |
| | a | ,043 | 12 | ,004 | | |
| | b | 6,260 | 12 | ,522 | | |
| | E | 15,337 | 12 | 1,278 | | |
| | C | 6,229 | 12 | ,519 | | |
| | H | 980,937 | 12 | 81,745 | | |
| Total | L | 37849,289 | 19 | | | |
| | a | 15,472 | 19 | | | |
| | b | 8019,348 | 19 | | | |
| | E | 18410,470 | 19 | | | |
| | C | 8034,820 | 19 | | | |
| | H | 113895,209 | 19 | | | |
| Corrected Total | L | 8416,668 | 18 | | | |
| | a | 10,550 | 18 | | | |
| | b | 6151,610 | 18 | | | |
| | E | 14062,755 | 18 | | | |
| | C | 6155,664 | 18 | | | |
| | H | 3401,992 | 18 | | | |

Çizelge A.10 Kurutma metotlarının balkabağı posası ekstraktlarının toplam fenolik madde içeriği üzerine etkisi için Duncan test sonuçları

Duncan^{a,b}

| örnek | N | Subset for alpha = 0.05 | | | | | | |
|------------|---|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| mw120 | 6 | 1,8844 | | | | | | |
| vakum30 | 6 | | 2,2806 | | | | | |
| etüv30 | 6 | | | 2,6320 | | | | |
| vakum60 | 6 | | | 2,8460 | 2,8460 | | | |
| etüv60 | 6 | | | | 2,9975 | | | |
| liyofilize | 3 | | | | | 3,5428 | | |
| mw600 | 6 | | | | | | 4,8673 | |
| taze | 2 | | | | | | | 16,4454 |
| Sig. | | 1,000 | 1,000 | ,167 | ,325 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

Çizelge A.11 Balkabağı posası ekstraktının toplam fenolik madde içeriğini etkileyen kurutma faktörleri için ANOVA tablosu

Dependent Variable:fenolik

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|----------------------------|-------------------------|----|-------------|----------|------|
| Corrected Model | 11,369 ^a | 6 | 1,895 | 135,349 | ,000 |
| Intercept | 126,754 | 1 | 126,754 | 9053,836 | ,000 |
| kurutmatipi | ,125 | 1 | ,125 | 8,929 | ,020 |
| sıcaklık_guc | 9,343 | 2 | 4,671 | 333,667 | ,000 |
| kurutmatipi * sıcaklık_guc | ,020 | 1 | ,020 | 1,429 | ,271 |
| Error | ,098 | 7 | ,014 | | |
| Total | 137,707 | 14 | | | |
| Corrected Total | 11,467 | 13 | | | |

a. R Squared = ,991 (Adjusted R Squared = ,985)

Çizelge A.12 Kurutma metodlarının balkabağı posası ekstraktlarının toplam flavanoid içeriği üzerine etkisi için Duncan test sonuçları

| örnek | N | Subset for alpha = 0.05 | |
|------------|---|-------------------------|---------|
| | | 1 | 2 |
| etüv30 | 2 | 1,3228 | |
| vakum30 | 6 | 1,5929 | |
| etüv60 | 6 | 1,6831 | |
| mw120 | 2 | 1,7716 | |
| vakum60 | 2 | 1,8424 | |
| mw600 | 2 | 2,0272 | |
| liyofilize | 2 | 3,0940 | |
| taze | 6 | | 18,8935 |
| Sig. | | ,128 | 1,000 |

Çizelge A.13 Balkabağı posası ekstraktının toplam flavanoid içeriğini etkileyen kurutma faktörleri için ANOVA tablosu

Dependent Variable:flavonoid

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|----------------------------|-------------------------|----|-------------|----------|------|
| Corrected Model | 3,873 ^a | 6 | ,646 | 24,262 | ,000 |
| Intercept | 53,963 | 1 | 53,963 | 2028,212 | ,000 |
| kurutmatipi | ,093 | 1 | ,093 | 3,481 | ,104 |
| sıcaklık_guc | ,252 | 2 | ,126 | 4,729 | ,050 |
| kurutmatipi * sıcaklık_guc | ,006 | 1 | ,006 | ,229 | ,647 |
| Error | ,186 | 7 | ,027 | | |
| Total | 54,855 | 14 | | | |
| Corrected Total | 4,059 | 13 | | | |

a. R Squared = ,954 (Adjusted R Squared = ,915)

Çizelge A.14 Kurutma metotlarının balkabağı posası ekstraktlarının DPPH metoduyla antioksidan aktivite üzerine etkisi için Duncan test sonuçları

Duncan^{a,b}

| örnek | N | Subset for alpha = 0.05 | | |
|------------|---|-------------------------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| mw120 | 6 | 1,4537 | | |
| vakum30 | 2 | 1,7193 | | |
| liyofilize | 3 | 1,7384 | | |
| vakum60 | 2 | 1,8500 | | |
| etüv30 | 2 | 2,0050 | | |
| etüv60 | 2 | 2,1675 | | |
| mw600 | 6 | | 4,2772 | |
| taze | 6 | | | 6,0972 |
| Sig. | | ,423 | 1,000 | 1,000 |

Çizelge A.15 Balkabağı posası ekstraktının DPPH metoduyla antioksidan aktivitesini etkileyen kurutma faktörleri için ANOVA tablosu

Dependent Variable:dpph

| Source | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|----------------------------|-------------------------|----|-------------|----------|------|
| Corrected Model | 10,724 ^a | 6 | 1,787 | 30,405 | ,000 |
| Intercept | 65,589 | 1 | 65,589 | 1115,752 | ,000 |
| kurutmatipi | ,183 | 1 | ,183 | 3,113 | ,121 |
| sıcaklık_guc | 7,996 | 2 | 3,998 | 68,010 | ,000 |
| kurutmatipi * sıcaklık_guc | ,001 | 1 | ,001 | ,010 | ,922 |
| Error | ,411 | 7 | ,059 | | |
| Total | 78,396 | 14 | | | |
| Corrected Total | 11,136 | 13 | | | |

a. R Squared = ,963 (Adjusted R Squared = ,931)

Çizelge A.16 Renk değerleri (L, a*, b*, ΔE, C ve H°) ve toplam fenolik madde, flavonoid içeriği, ve DPPH metoduyla antioksidan aktivitenin birbirleriyle olan ilişkisi için Pearson korelasyon analizi

| | | L | a | b | E | C | H | Fenolik | Flavonoid | DPPH |
|-----------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|------|--------------------|--------------------|--------------------|
| L | Pearson Correlation | 1 | ,988 ^{**} | ,999 ^{**} | ,998 ^{**} | ,999 ^{**} | ,393 | -,084 | -,051 | -,218 |
| | Sig. (2-tailed) | | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | ,336 | ,844 | ,904 | ,603 |
| | N | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| a | Pearson Correlation | ,988 ^{**} | 1 | ,991 ^{**} | ,993 ^{**} | ,991 ^{**} | ,260 | -,126 | -,075 | -,301 |
| | Sig. (2-tailed) | ,000 | | ,000 | ,000 | ,000 | ,535 | ,766 | ,860 | ,469 |
| | N | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| b | Pearson Correlation | ,999 ^{**} | ,991 ^{**} | 1 | ,999 ^{**} | 1,000 ^{**} | ,380 | -,097 | -,063 | -,228 |
| | Sig. (2-tailed) | ,000 | ,000 | | ,000 | ,000 | ,353 | ,819 | ,882 | ,588 |
| | N | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| E | Pearson Correlation | ,998 ^{**} | ,993 ^{**} | ,999 ^{**} | 1 | ,999 ^{**} | ,358 | -,114 | -,075 | -,253 |
| | Sig. (2-tailed) | ,000 | ,000 | ,000 | | ,000 | ,384 | ,788 | ,859 | ,545 |
| | N | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| C | Pearson Correlation | ,999 ^{**} | ,991 ^{**} | 1,000 ^{**} | ,999 ^{**} | 1 | ,380 | -,098 | -,064 | -,229 |
| | Sig. (2-tailed) | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | | ,353 | ,818 | ,881 | ,586 |
| | N | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| H | Pearson Correlation | ,393 | ,260 | ,380 | ,358 | ,380 | 1 | ,314 | ,222 | ,476 |
| | Sig. (2-tailed) | ,336 | ,535 | ,353 | ,384 | ,353 | | ,448 | ,597 | ,233 |
| | N | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Fenolik | Pearson Correlation | -,084 | -,126 | -,097 | -,114 | -,098 | ,314 | 1 | ,986 ^{**} | ,860 ^{**} |
| | Sig. (2-tailed) | ,844 | ,766 | ,819 | ,788 | ,818 | ,448 | | ,000 | ,006 |
| | N | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Flavonoid | Pearson Correlation | -,051 | -,075 | -,063 | -,075 | -,064 | ,222 | ,986 ^{**} | 1 | ,767 ^{**} |
| | Sig. (2-tailed) | ,904 | ,860 | ,882 | ,859 | ,881 | ,597 | ,000 | | ,026 |
| | N | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| DPPH | Pearson Correlation | -,218 | -,301 | -,228 | -,253 | -,229 | ,476 | ,860 ^{**} | ,767 ^{**} | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | ,603 | ,469 | ,588 | ,545 | ,586 | ,233 | ,006 | ,026 | |
| | N | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |