T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

KAYSERİ İLİNDE DOĞAL OLARAK YAYILIŞ GÖSTEREN KARAMUK (*Berberis crataegina DC*) GENOTİPLERİNİN MORFOLOJİK, BİYOKİMYASAL VE MOLEKÜLER KARAKTERİZASYONU

Hazırlayan
Muammer SUN

Danışman
Doç. Dr. Mehmet YAMAN
Öğr. Gör. Dr. Ahmet SÜMBÜL

Yüksek Lisans Tezi

Eylül 2025
KAYSERİ

T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

KAYSERİ İLİNDE DOĞAL OLARAK YAYILIŞ GÖSTEREN KARAMUK (*Berberis crataegina DC*) GENOTİPLERİNİN MORFOLOJİK, BİYOKİMYASAL VE MOLEKÜLER KARAKTERİZASYONU

(Yüksek Lisans Tezi)

Hazırlayan
Muammer SUN

Danışman
Doç. Dr. Mehmet YAMAN
Öğr. Gör. Dr. Ahmet SÜMBÜL

Bu çalışma, Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FYL-2024-13697 kodlu proje ile desteklenmiştir.

Eylül 2025
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Muammer SUN

İmza

"Kayseri İlinde Doğal Olarak Yayılış Gösteren Karamuk (*Berberis crataegina DC*) Genotiplerinin Morfolojik, Biyokimyasal ve Moleküler Karakterizasyonu" adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi' ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan	**Danışman**
Muammer SUN	Doç. Dr. Mehmet YAMAN
İmza	İmza

Bahçe Bitkileri ABD Başkanı

Prof. Dr. Ercan YILDIZ

İmza

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Eğitim dönemi boyunca bilgi ve birikimleriyle bana her daim yol gösteren değerli danışman hocalarım Doç. Dr. Mehmet YAMAN ve Öğr. Gör. Dr. Ahmet SÜMBÜL'e, laboratuvar çalışmalarımda yardımcı olan arkadaşlarım Süleyman ERENGÜL ve Resül SANRI'ya, tez yazma döneminde ağlamadan uyuyan canım oğlum Kerem SUN'a ve desteklerini esirgemeyen sevgili eşim Filiz SUN'a teşekkürlerimi sunuyorum.

Bu çalışma, Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından FYL-2024-13697 kodlu proje ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Muammer SUN

EYLÜL 2025, KAYSERİ

KAYSERİ İLİNDE DOĞAL OLARAK YAYILIŞ GÖSTEREN KARAMUK (Berberis crataegina DC) GENOTİPLERİNİN MORFOLOJİK, BİYOKİMYASAL VE MOLEKÜLER KARAKTERİZASYONU

Muammer SUN

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Eylül 2025
Danışman: Doç. Dr. Mehmet YAMAN

ÖZET

Kayseri ilinin Pınarbaşı, Kocasinan, Melikgazi ve Talas ilçelerinde 2023-2024 yıllarında yürütülen çalışmamızda doğal olarak yetişen, sağlık açısından yararlı ve biyoaktif bileşenlerce zengin içeriğe sahip *Berberis crataegina DC* (Karamuk) bitkilerinin morfolojik, biyokimyasal ve moleküler olarak karakterizasyonunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmamıza göre genotiplerin meyve ağırlığı 0.047 ile 0.137 g, meyve eni 3.06 ile 4.64 mm, meyve boyu 5.80 ile 9.05 mm arasında değişiklik göstermiştir. Genotiplerin yaprak boyu 22.56 ile 39.20 mm, yaprak eni 5.98 ile 14.45 mm, sap uzunluğu 4.51 ile 11.84 mm, sap kalınlığı 0.35 ile 0.68 mm arasında değişiklik göstermiştir. Toplam fenolik içerik 190.53 ile 297.55 mg GAE/100 g, toplam flavonoid içerik 82.03 ile 203.89 mg QE/100 g, toplam antosiyanin içerik 4.54 ile 11.76 mg cyn-3 gluc/100 g ve toplam antioksidan içerik %57.76 ile %87.93 arasında değişiklik göstermiştir. Temel bileşen analizinde (TBA) incelenen 11 özellik arasından, eigen değeri 1'den büyük olan 4 bileşen tespit edilmiştir. Temel bileşen analizine göre TBA1 %23.48, TBA2 %18.68, TBA3 %16.39 ve TBA4 %13.34 olmak üzere ilk 4 temel bileşen toplam varyasyonun %71.89'unu açıklamıştır. 9 ISSR moleküler primeri kullanılarak yapılan analizlerde bant sayısı 4 ile 13, polimorfik bant sayısı 3 ile 10, polimorfizm oranı %61.54 ile %100 ve primerlerin bant uzunlukları 200 ile 1000 arasında değişiklik göstermiştir. Moleküler analizlere göre çizilen UPGMA dendogramında genotiplerin benzerlikleri 0.64 ile 1.00 arasında değişmiş ve en benzer genotipler G2 ve G13 genotipleri olmuştur. Çalışma sonucunda bölgenin *Berberis crataegina DC* açısından zengin ve geniş varyasyona sahip olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Karamuk, Antioksidan, PCA, Genetik Çeşitlilik, Heatmap.

MORPHOLOGICAL, BIOCHEMICAL AND MOLECULAR CHARACTERIZATION OF BARBERRY (Berberis crataegina DC) GENOTYPES NATURALLY DISTRIBUTED IN KAYSERI PROVINCE

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
Master Thesis, September 2025
Supervisor: Doc. Dr. Mehmet YAMAN

ABSTRACT

In our study, which was carried out in Pınarbaşı, Kocasinan, Melikgazi, and Talas districts of Kayseri province in 2023-2024, it was aimed to determine the morphological, biochemical, and molecular characterization of *Berberis crataegina* DC (Karamuk) plants that grow naturally, have beneficial health effects, and are rich in bioactive components. According to our study, fruit weight of the genotypes varied between 0.047 and 0.137 g, fruit width between 3.06 and 4.64 mm, and fruit length between 5.80 and 9.05 mm. Leaf length of the genotypes varied between 22.56 and 39.20 mm, leaf width between 5.98 and 14.45 mm, stem length between 4.51 and 11.84 mm, and stem thickness between 0.35 and 0.68 mm. Total phenolic content varied between 190.53 and 297.55 mg GAE/100 g, total flavonoid content varied between 82.03 and 203.89 mg QE/100 g, total anthocyanin content varied between 4.54 and 11.76 mg cyn-3 gluc/100 g, and total antioxidant content varied between 57.76% and 87.93%. In the principal component analysis (PCA) performed with 11 examined features, 4 main components with eigenvalues greater than 1 were determined. According to the principal component analysis, the first 4 principal components, PCA1 23.48%, PCA2 18.68%, PCA3 16.39% and PCA4 13.34%, explained 71.89% of the total variation. In the analyses performed using 9 ISSR molecular primers, the number of bands varied between 4 and 13, the number of polymorphic bands varied between 3 and 10, the polymorphism rate varied between 61.54% and 100% and the band lengths of the primers varied between 200 and 1000. In the UPGMA dendrogram drawn according to the molecular analyses, the similarities of the genotypes varied between 0.64 and 1.00, and the most similar genotypes were G2 and G13. As a result of the study, it was determined that the region was rich in Berberis crataegina DC and had a wide variation.

Keywords: Barberry, Antioxidant, PCA, Genetic Diversity, Heatmap.

İÇİNDEKİLER

KAYSERİ İLİNDE DOĞAL OLARAK YAYILIŞ GÖSTEREN KARAMUK (Berberis crataegina DC) GENOTİPLERİNİN MORFOLOJİK, BİYOKİMYASAL VE MOLEKÜLER KARAKTERİZASYONU

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK iii
KABUL VE ONAY iv
TEŞEKKÜR v
ÖZET vi
ABSTRACT vii
İÇİNDEKİLER viii
KISALTMALAR x
TABLOLAR LİSTESİ xi
ŞEKİLLER LİSTESİ xii
GİRİŞ 1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Genel Bilgiler 4
1.2. Karamuk (*Berberis Crataegina DC.*) 'un Bitkisel Yapısı ve Özellikleri 6
1.2.1. Ağaç Yapısı ve Kök 6
1.2.2. Gövde ve Dallar 7
1.2.3. Yapraklar 7
1.2.4. Çiçek Yapısı ve Meyve 8
1.3. Literatür Çalışmaları 9

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Materyal 15
2.1.1. Araştırma Bölgesinin Genel Özellikleri 16
2.2. Yöntem 19
2.2.1. Morfolojik Analizler 19
2.2.2. Biyokimyasal Analizler 20
2.2.3. Moleküler Analiz 24

2.2.4. Verilerin Analizi 25

3. BÖLÜM

BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. Meyve ve Yaprak Parametrelerinin Değerlendirilmesi 27

3.2. Biyokimyasal Özelliklerin Değerlendirilmesi 30

3.3. Parametreler Arasındaki İlişkilerin Korelasyon Yoluyla İncelenmesi 34

3.4. İncelenen Özelliklerin Temel Bileşen Analizi (TBA) 36

3.5. Heatmap ve Hiyerarşik Kümeleme Analizi 39

3.6. Moleküler Analizler 40

4. BÖLÜM

SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1. Sonuç ve Öneriler 44

KAYNAKÇA 46

ÖZGEÇMİŞ 54

KISALTMALAR

AFLP : Amplified Fragment Length Polymorphism

$AlCl_3$: Alüminyum Klorür

Ca : Kalsiyum

DC : De Candolle

DNA : Deoksiribonükleik Asit

DPPH : 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil

g : Gram

GAE : Gallik Asit Eşdeğeri

HCA : Hierarchical Cluster Analysis

ha : Hektar

ISSR : Inter Simple Sequence Repeat

K : Potasyum

LSD : Least Significant Difference

mg : Miligram

ml : Mililitre

mm : Milimetre

NTSYS : Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System

$NaNO_2$: Sodyum Nitrit

Na_2CO_3 : Sodyum Karbonat

p : Probability (Olasılık)

PCR : Polymerase Chain Reaction

PCA : Principal Component Analysis

QE : Kuersetin Eşdeğeri

r : Pearson korelasyon katsayısı

SSR : Simple Sequence Repeat

TBA : Temel Bileşen Analizi

UPGMA : Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean

UV/VIS : Ultraviyole – Görünür Spektroskopi

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. Örneklerin Alındığı Karamuk Bitkilerinin Koordinatları 16
Tablo 2. Karamuk (Berberis crataegina DC.) Genotiplerinin Meyve Ağırlığı, Eni ve Boyuna Ait Ortalama ± Standart Sapma Değerleri..... 28
Tablo 3. Karamuk (*Berberis crataegina* DC.) Genotiplerinin Yaprak Boyu ve Eni, Sap Uzunluğu ve Kalınlığına Ait Ortalama ± Standart Sapma Değerleri ... 29
Tablo 4. Karamuk (Berberis crataegina DC.) Genotiplerinin Biyokimyasal Özelliklerine Ait Ortalama ± Standart Sapma Değerleri 31
Tablo 5. Çalışmada İncelenen Özelliklerin Temel Bileşen Analizi (TBA) ve Katkı Oranları 37
Tablo 6. ISSR Primerlerine Ait Toplam ve Polimorfik Bant Sayıları ile Polimorfizm Oranları Bilgileri 41

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. *Berberis crataegina DC.* Bitkisinin Türkiye'deki Dağılımı 5
Şekil 2. Karamuk (*Berberis crataegina DC.*) Bitkisinin Yapraksız Görüntüsü 6
Şekil 3. *Berberis crataegina* DC.'nin Gövdesi, Genç Sürgünleri ve Yaprakları..... 8
Şekil 4. *Berberis crataegina* DC.'nin Çiçekleri..... 9
Şekil 5. Karamuk Meyve ve Yapraklarının Toplandığı Bitkilere Ait Görüntüler 15
Şekil 6. Genotiplerin Toplandığı Kayseri İli ve İlçelerinin Haritası 17
Şekil 7. Karamuk Meyvesinin Hassas Terazide Ağırlığının Ölçülmesi..... 20
Şekil 8. Karamuk Ekstraklarının Hazırlanışına Ait Görüntüler..... 21
Şekil 9. Spektrofotometre Cihazı ve Örnek Numunelere Ait Görüntü 22
Şekil 10. Laboratuvar Çalışmalarına Ait Görüntüler 23
Şekil 11. Morfolojik ve Biyokimyasal Özellikler Arasındaki Korelasyonlar 36
Şekil 12. Karamuk Genotiplerinin TBA1 ve TBA2 Bileşenine Ait Biplot Grafiği 38
Şekil 13. Karamuk Genotiplerinin Meyve, Yaprak ve Biyokimyasal Özelliklerine Ait Isı Haritası ve Hiyerarşik Kümeleme..... 40
Şekil 14. Karamuk Genotiplerinin ISSR Primerleri Verisine Dayalı Olarak Oluşturulan UPGMA Dendogramı..... 42

GİRİŞ

Türkiye'nin zengin coğrafik yapısı ve iklimsel çeşitliliği sebebiyle dar alanlarda farklı habitatlar, ekosistemler meydana gelmiştir. Bu zengin yapı birçok farklı bitki türünün oluşmasına böylelikle biyolojik çeşitliliğin ve gen kaynağı potansiyelinin artmasına sebep olmuştur (Vural,2003). Ülkemizin biyolojik çeşitliliğinin sonucu olarak sahip olduğu yabani meyve türleri değerli kaynak niteliğindedir. Son yıllarda doğal gıdalarla beslenmenin kişinin ve sonraki nesillerin sağlığı için öneminin anlaşılması ve bu alanda yapılan çalışmaların artması yabani meyve türlerinin değerini ortaya çıkarmaktadır. Hızla artan nüfus, gelişen sanayileşme, modern hayatın ve çevresel faktörlerin getirdiği olumsuzluklar insanların beslenme alışkanlıklarının değişmesine neden olmaktadır. Tıbbi ve zirai ilaçlar, katkı maddeleri vb. birçok zararlı etken tüketilen gıdaların yapısını olumsuz yönde etkileyerek besinlerin insan sağlığına zarar vermesine neden olmaktadır. Bu durum yeni sağlık problemlerinin ortaya çıkmasına neden olup bu olumsuzluklarla mücadele etmek amacıyla son yıllarda doğal bitkileri konu alan, bu bitkilerin faydaları hakkında yaygınlaşan ulusal ve uluslararası yayınlar basında yer almaktadır (Kasun,2017).

Günümüzde, sağlıklı beslenme alanında yaşanan bilinçlenme zengin ve doğal besin içeriklerine sahip gıdalara olan ilgiyi artırmıştır. Yabani meyve türlerine olan ilgi, içerdiği antioksidan, antimikrobiyal ve antiinflamatuar özellikler sayesinde artmıştır. Yüksek besin değerleriyle öne çıkan yabani meyveler, bağışıklık sistemini destekleyici etkileri sayesinde hem halk sağlığı hem de gıda endüstrisi açısından önemli bir takviye kaynağı olarak değerlendirilmektedir (Ercan, 2024). İnsanlar, bitkileri uzun yıllardır hem beslenme hem de sağlığın korunması ve çeşitli hastalıkların tedavisi amacıyla kullanmaktadır (Deveci ve ark., 2016). Kültürü yapılan meyvelere kıyasla yabani olarak doğadan toplanan meyvelerin besin ve biyoaktif bileşikler içeriği daha zengindir (Yildiz ve ark., 2010; Milivojevic ve ark.,2012). Berberis türleri, yetiştiği bölgelerde geleneksel tıpta sıkça kullanılmakta ve çeşitli rahatsızlıkların tedavisinde tercih edilmektedir.

Ekstreleri tonik olarak kullanılmakta olup, ateş düşürücü, idrar söktürücü, kan basıncını düzenleyici, antimikrobiyal ve yara iyileştirici etkiler göstermektedir. Ayrıca göz enfeksiyonları, epilepsi, deri hastalıkları ve sindirim sistemi rahatsızlıklarının tedavisinde de geleneksel olarak değerlendirilmektedir. Yapısında bulunan "Berberin" alkaloidinin bakterilere, mantarlara, protozoonlara, helmintlere, klamidya ve virüslere karşı önemli antimikrobiyal etkiye sahip olduğu gösterilmiştir (Ertürk ve Özkol 1994).

Berberis crataegina DC. sahip olduğu yüksek antosiyanin ve polifenollerle fenolik bileşikler açısından zengindir (Eroğlu ve ark., 2020). Hücreleri deforme eden oksijene ve diğer zararlı maddelere karşı bitkiler yapısında antioksidan maddeler bulundururlar (Deveci ve ark.,2016). Fenolik bileşikler sayesinde antifungal, antiinflamatuar, diüretik ve antipruritik etkilere sahiptir. Karamuk (*Berberis crataegina*) bitkisinin siyahımsı meyveleri, sitrik, tartarik ve malik asitler gibi organik asitler, tanenler, yüksek miktarda C vitamini ve antosiyanin içeriğiyle dikkat çekmektedir. Bu zengin kimyasal bileşimi, meyvenin antioksidan özelliklerini artırırken, farklı coğrafi bölgelerde değişik isimlerle anılmasını ve farklı kullanım alanlarına sahip olmasını sağlamaktadır. (Yeşilada ve Küpeli, 2002).

Berberis crataegina DC. türüne ait bitkilerin kök, yaprak ve meyveleri romatizma hastalıkları, jinekolojik hastalıklar, hemoroid, dolaşım ve diyabet hastalıklarının tedavisinde kullanılmaktadır. Ağrı kesici etkisi vardır. Meyveleri, tansiyon rahatsızlıkları ile mide ve bağırsak sorunlarının giderilmesinde kullanılırken, aynı zamanda idrar ve balgam söktürücü özellikleri sayesinde soğuk algınlığı tedavisinde de tercih edilmektedir. Kökleri, kabukları ve dalları ise ateş düşürücü, diyabet önleyici etkileriyle öne çıkmakta; ayrıca sarılık, bronşit ve soğuk algınlığı tedavisinde geleneksel olarak tercih edilmektedir. Yaprakları bağırsak hastalıklarında, yara ve kesiklerin tedavi edilmesinde kullanılmaktadır (Ercan, 2024).

Berberis türlerinde tür içi ve türler arası çaprazlamalar, yüksek genetik çeşitlilik ve mutasyonlar nedeniyle tanımlama süreçlerini karmaşık hale getirmiştir (Rezaei ve ark., 2011). Berberis türlerinde az miktarda genetik materyalin bir türden diğerine aktarılması nedeniyle ayrımı zor ara formlar oluşmaktadır (Bottini ve ark., 2007). Bu nedenle *Berberis crataegina DC.* türüne germplazmların karakterizasyonunun yapılması ıslah çalışmaları açısından önemlidir. Popülasyonlar içi ve popülasyonlar arasındaki

farklılığın değerlendirilmesinde en basit ayıraç morfolojik özelliklerdir (Weising, 2005). Islah çalışmalarında morfolojik özelliklerin kullanılması germplazmaların tanımlanmasında önemlidir. Bitkinin morfolojik özellikleri üzerinde çevresel faktörlerin etkili olması ve bu faktörlerin gelişim dönemlerine bağlı olarak değişkenlik göstermesi, araştırmacılar için güvenilir sonuç elde etmeyi zorlaştırmaktadır (Fatahi ve ark., 2003). Germplazmların doğru bir şekilde tanımlanması için morfolojik, biyokimyasal ve çevresel faktörlerden etkilenmeyen moleküler yöntemlerin birlikte kullanılması gereklidir (Yildiz ve ark., 2021; Yaman ve Uzun, 2021; Sümbül ve ark., 2024).

Bitki çeşitliliğinin korunmasında öncelikli yapılması gereken germplazm koleksiyonları oluşturmak için genetik çeşitliliği ortaya koymaktır. Son yıllarda yaşanan biyoteknolojik ilerlemeler, bitki germplazmalarının genetik yapısının çözümlemesinde moleküler primerlerin kullanımını yaygınlaştırmış; bu sayede genetik çeşitliliğin belirlenmesine yönelik analizlerde daha yüksek doğruluk ve detaylı veri elde edilmesini mümkün kılmıştır. Farklı *Berberis* türlerinin moleküler karakterizasyonunda AFLP (Cote ve Leduc, 2007), ISSR (Safamanesh ve ark., 2017; Pınar ve ark., 2021) ve SSR (Rezaei ve ark., 2011; Lambert ve Obae, 2016) primerleri başarıyla uygulanmış ve türler arasındaki genetik farklılıkların belirlenmesinde etkili olmuştur. ISSR primerleri ön dizi bilgisi gerektirmeden yüksek stabiliteye sahip olması, basit, hızlı ve ekonomik olmaları nedeniyle birçok türün tanımlanmasında başarılı olarak kullanılmıştır (Choudhry ve ark, 2014).

Berberis crataegina DC. türü üzerine yapılan önceki çalışmalar incelendiğinde genel olarak türün tıbbi özellikleri ve biyokimyasal içeriklerinin belirlenmesi üzerine odaklanıldığı görülmüştür. Ancak türün genetik çeşitliliği üzerine sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışma ile Orta Anadolu'da bulunan Kayseri ilinin Pınarbaşı, Talas, Melikgazi ve Kocasinan ilçelerinde verimli olmayan topraklarda ve zorlu çevresel koşullar altında doğal olarak yetişen *Berberis crataegina DC.* bitkisi üzerine çalışmalar yapmak amaçlanmıştır. Meyve özelliklerine göre 33 farklı genotip belirlenmiştir. Bu genotiplerin genetik çeşitliliği morfolojik, biyokimyasal ve moleküler açıdan ortaya konulmuştur. Araştırma sonucu elde edilecek veriler ile gelecekte yapılacak olan çalışmalara katkı sağlamak amaçlanmaktadır.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Genel Bilgiler

Üzerinde çalışma yaptığımız *Berberis crataegina DC* bitkisinin sistematikteki yeri botanik olarak şu şekildedir (Cronquist, 1968) ;

Alem : Plantae (Bitkiler)

Bölüm : Spermatophyta (Tohumlu Bitkiler)

Sınıf : Magnoliopsida (Çift Çenekliler)

Takım : Ranunculales (Düğünçiçeğigiller)

Familya : Berberidaceae (Kadıntuzluğugiller)

Cins : Berberis

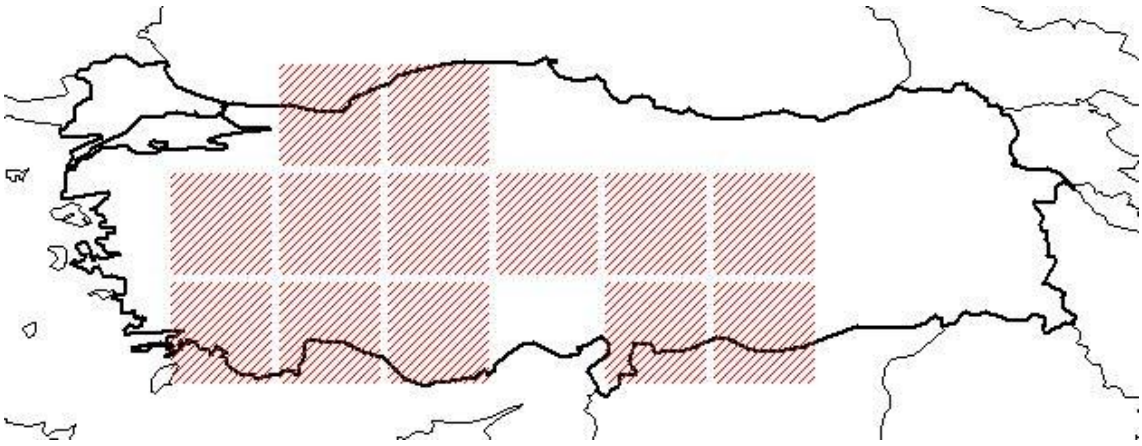
Tür : *Berberis crataegina* DC. (Karamuk)

Berberidaceae (Kadıntuzluğugiller) familyasında sınıflandırılan *Berberis crataegina DC.* türü, İsviçreli botanikçi Augustin Pyramus De Candolle tarafından tanımlanmış olup, halk arasında "karamuk" adıyla bilinmektedir (Baytop, 1999). Berberidaceae familyası genellikle kuzey yarımkürenin ılıman bölgelerinde dağılış gösteren, yaklaşık 300'ü Avrasya ve 200'ü Güney Amerika olmak üzere toplam 500 civarı türe sahiptir (Sodagar ve ark., 2011). *Berberidaceae* familyası bitkilerinin odunsu kısımlarında berberin denilen madde bulunur. Bu madde odunsu kısımlara sarı rengi verir. Berberis türlerinden *Berberis vulgaris L., Berberis integerrima, Berberis cretica L.,* ve *Berberis crataegina DC.* Türkiye'de doğal olarak yetişmektedir (Davis, 1970). Bilimsel adı

Berberis crataegina DC. olan bu tür, Anadolu coğrafyasında halk arasında karamuk, diken üzümü, amberparis, yılkı çalısı ve tavşan ekmeği gibi adlarla tanınmaktadır (Baytop, 1999). *Berberis crataegina DC.* Anadolu'da belirli yörelerine dağılmış şekildedir ve meyveleri ülkemizde karamuk, karamuk dikeni, diken üzümü, şam püremi ve kadıntuzluğu gibi bölgelere göre değişen farklı isimlerle de bilinmektedir (Erarslan ve Kültür, 2019).

Crataegina kelime olarak Crataegus (Alıç)'a benzeyen anlamına gelmektedir (Baytop,1995). Karamuk, Kadıntuzluğugiller (Berberidaceae) familyasından bir berberis türüdür. Doğada kurak ve kayalık yamaçlarda, orman içi boşluklar veya çalılar arasında büyüklü küçüklü gruplar halinde, özellikle İç Anadolu Bölgesi'nde 800 – 1500 m rakımlarda yetişme imkanı bulabilmektedir (Cullen ve Coode, 1965; Eroğlu ve diğ., 2020). 2 m'ye kadar boylanabilen kışın yaprağını döken çalılardır. Genç sürgünler renk olarak koyu kırmızı kahverengindedir (Anşin ve Özkan, 1994).

Berberis crataegina DC. (Karamuk) Dünyada Avrupa, Türkiye, İran, Türkmenistan, Afganistan ve Ermenistan'da yayılış gösterir (Cullen ve Coode, 1965; Browicz ve Zielinski, 1975). *Berberis crataegina DC.*, dünya genelinde kuzey ılıman bölgelerde yayılış gösterirken, özellikle Türkiye ve İran'da geniş bir dağılıma sahiptir (Anşin ve Özkan, 1994). *Berberis crataegina DC.* türü dünya üzerinde Türkiye, İran ve Türkmenistan'da doğal olarak yetişmektedir. Türkiye'de Ankara, Antalya, Denizli, Erzincan, Karaman, Kahramanmaraş, Kayseri, Kastamonu, Konya, Kütahya, Malatya, Muğla, Niğde, Şanlıurfa, Tunceli ve Yozgat'ta doğal olarak yetişmektedir (Aslanoğlu ve Ayna, 2019).



Şekil 1. Berberis crataegina DC. Bitkisinin Türkiye'deki Dağılımı (TÜBİVES, 2025)

Ülkemizde geniş bir yayılış alanına sahip olan *Berberis crataegina DC.*, özellikle farklı ekolojik koşullara uyum sağlama kapasitesi sayesinde çeşitli bölgelerde doğal olarak yetişmektedir. Soğuk kışların yaşandığı bölgelerde dağlık alanlarda iyi yetişmektedir (Alemardan ve ark., 2013). Yaklaşık 2 m boya ulaşabilen, kışın yaprağını döken, dikenli çalı formundaki tür genellikle 800 ile 1500 m rakımlarında kayalık alanlarda yayılış göstermektedir. *Berberis crataegina DC.*'nin yaprakları sarı renkte, küçük ve oval biçimli olup, ilkbahar mevsiminin sonlarında çiçek açmaktadır. Meyveleri ilk başta kırmızı renktedir ve olgunlaştıkça koyu mordan siyaha dönerek sonbaharda olgunlaşır (Kılıç ve Yusufbeyoğlu, 2022).

1.2. Karamuk (*Berberis Crataegina DC.*) 'un Bitkisel Yapısı ve Özellikleri

1.2.1. Ağaç Yapısı ve Kök

Karamuk bitkileri çok dikenli ağaçsı-çalı formunda ve çoklu gövdeli yapıdadır. Dikenler genellikle üçlü yapıdadır (bazen 1) ve yapraklara göre daha kısadır (Şekil 2). Bitkiler genellikle bodur karakterli olmasına rağmen 4 metre uzunluğa çıkabilenler görülmektedir. Ekolojiye bağlı olarak bitki ömrü 5-20 yıldır. Sulu alanlarda kökler yüzlek ve yayvan yapıdadır. Kurak alanlarda ise kökler daha derine giderler (Ağaoğlu, 2013). Bitkiler yaygın olarak rizom kök yapısına sahiptir. Kökler üzerindeki adventif gözlerden sürgünler oluşur (Peterson, 2003).



Şekil 2. Karamuk (*Berberis crataegina DC.*) Bitkisinin Yapraksız Görüntüsü

1.2.2. Gövde ve Dallar

Karamuk bitkilerinin gövdeleri tüysüz, dikenli, oluklu ve olgun parlak koyu kırmızı renktedir. Sürgünleri silindirik, kahveremgimsi-morumsu renkte, tüysüzdür (Şekil 3). Dikenleri sarıdan turuncuya iki renkli olup, kalın, oluklu ve 10-25 mm uzunluktadır (Ahrendt, 1961). *Berberis crataegina DC.* üzerine yapılan incelemelerde, genç sürgünlerin parlak koyu kahverengi bir görünüme sahip olduğu ve üzerinde siyah lentisellerin bulunmadığı tespit edilmiştir (Anşin ve Özkan, 1994). Karamuk dokularında berberin maddesi bulunması nedeniyle odunları açık sarı renkte olup, kimyasal bileşimi açısından dikkat çekmektedir. Bitkinin dikenleri, uzun sürgünlere sarmal dizilmiş olup 1-3 parçalı yapı göstermektedir (Altundağ Çakır ve Akkemik, 2018).

1.2.3. Yapraklar

Karamuk *(Berberis crataegina DC.*) bitkisinin yaprakları çoğunlukla dar ters-yumurtamsı biçimde olup, 1-4 cm uzunluğunda ve kenarları kaba dişli yapıdadır (Davis, 1982). Kısa sürgünler üzerinde yoğun şekilde bir araya gelen yaprakların boyutları 15-30 x 3-7 mm veya 48 x 8 mm arasında değişmektedir. Genellikle dar veya normal ters-mızraksı formda görülen yapraklar, nadiren dar eliptik ya da dar ters-yumurtamsı şekillerde olup basit ve pinnat damarlıdır. Yaprak dokusu ince ve kağıt gibi olup, tabanları kaması formda, uçları ise çoğunlukla mukrolu veya sivri, nadiren girintili yapıdadır. Kenarları tam olmakla birlikte, bazı örneklerde düzensiz ve seyrek aralıklı kılçıksı dişler gözlenebilir. Sonbaharda yapraklar dökülmeden önce sararmakta ve böylece bitkinin mevsimsel adaptasyonunu göstermektedir (Ahrendt, 1961).



Şekil 3. Berberis crataegina DC.'nin Gövdesi, Genç Sürgünleri ve Yaprakları

1.2.4. Çiçek Yapısı ve Meyve

Berberis crataegina DC.'nin çiçekleri sarı renkte olup, yöresel iklim koşullarına bağlı olarak Mayıs–Haziran aylarında açmaktadır (Şekil 4). Hermafrodit (erselik) yapıya sahip olan çiçekler, böceklerle tozlanarak döllenmeyi gerçekleştirir. Bitki kendine verimli olup, genellikle 1-3 salkım halinde çiçeklenir ve bir salkımda 50'den fazla çiçek bulunur. Çiçeklerin %80'inden fazlası meyveye dönüşerek yüksek verimli bir üreme başarısı sergiler. Çiçek yapısı 6 çanak yaprak ve 6 taç yapraktan oluşur. Taç yapraklarının tabanında nektaryumlu bölgeler veya nektar taşıyan özel pullar bulunur. Salkım sapı boyunca spiral biçimde dizilen çiçekler, merkezde yer alan tek dişi organın belirginliğiyle karakterize edilmektedir.

Berberis crataegina DC. türüne ait meyveler, oval-uzun morfolojik yapıya sahip olup; olgunluk düzeyine ve çevresel koşullara bağlı olarak kırmızıdan mora kadar değişen renk tonları sergilemektedir. Meyveler ham iken kırmızı, olgunlukta mor renktedir. Meyvelerin küçük boyutlu ve sulu yapısı, onları morfolojik açıdan gerçek üzüm formuna yakın türler arasında konumlandırmaktadır. Yüzeyleri belirgin şekilde puslu bir görünüme sahiptir. Meyve ağırlığında gözlenen 0.2 - 0.7 gramlık değişim,

genotiplerin kalıtsal özellikleri ile birlikte çevresel koşulların (sıcaklık, nem, toprak yapısı vb.) etkisiyle ortaya çıkmaktadır (Arslanoğlu, 2019).



Şekil 4. Berberis crataegina DC.'nin Çiçekleri

1.3. Literatür Çalışmaları

Dünya çapında halk hekimliğinde yaygın olarak kullanılan çeşitli Berberis türlerinin kök ve kabuklarından elde edilen özler romatizma, lumbago (bel bölgesinde meydana gelen ağrı) ve kanser gibi hastalıkların tedavi edilmesi ve bu hastalıkların önlenmesinde; ayrıca çeşitli iltihaplı rahatsızlıkların giderilmesi ve ateş düşürücü olarak kullanılmaktadır. İlgili literatür kapsamında gerçekleştirilen çalışmada, *Berberis crataegina DC.* türüne ait köklerden elde edilen özütlerin, deneysel olarak oluşturulmuş iltihabi durumlara sahip canlı fare ve sıçan modelleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmada, karajenan ve serotonin kaynaklı ishal ve tüberküloz kökenli eklem iltihapları gibi farklı iltihabi reaksiyonlar üzerinde bu bitki özünün güçlü inhibitör etkileri gözlenmiştir. Araştırma kapsamında, karamuk meyvesi, antioksidan ve antiinflamatuar etkileri nedeniyle biyolojik olarak değerlendirilmiş; bu bağlamda çeşitli çözücülerle uygulanan ekstraksiyon protokolleri aracılığıyla temel bileşenlerine ayrıştırılmıştır. Daha sonra asetik asit kaynaklı ağrı modeli oluşturularak deneyler gerçekleştirilmiş, uygulanan kürlere verilen tepkiler ölçülerek biyolojik etkinlik belirlenmiştir. Sonuç

olarak, tüm alkaloidlerin farklı seviyelerde iltihaplanmayı azalttığı ve doza bağlı olarak baskılayıcı etkiler gösterdiği belirlenmiştir (Yeşilada ve Küpeli, 2002).

Berberis crataegina DC. üzerine yürütülen bir başka çalışmada, bitkinin meyve ve yaprak kısımlarına ait fenolik bileşik profili, elementel kompozisyonu ve organik asit içerikleri detaylı biçimde analiz edilerek, türün biyokimyasal özelliklerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Eğirdir gölünün yanında, Yukarı Gökdere doğal koruma alanı içinde (37°35' - 37°50' N; 30°50' - 30° 25' E) gerçekleştirilen çalışmada en yüksek değerli olarak kalsiyum (Ca) elementi yaprakta bulunmuşken potasyum (K) elementi ise en fazla meyvede bulunmuştur. Yaprakta 111130.00 µg/g kalsiyum bulunurken, meyvede ise 2389.00 µg/g kalsiyum tespit edilmiştir, bu da yaprakta kalsiyum miktarının meyveye kıyasla belirgin şekilde daha yüksek olduğunu göstermektedir. Meyvede yoğunluğu en fazla bulunan element olan K 11210.00 µg/g olarak bulunmuştur. Yapraktaki K ise 7857.00 µg/g olarak bulunmuştur. Fenolik bileşiklere bakıldığında ise yaprakta en fazla 170.87 mg/kg ile rutin, meyvede en fazla bulunan fenolik bileşik 70.24 mg/kg ile klorojenik asit olduğu bulunmuştur. Organik asit içeriğine bakıldığında apigenin7-O-glukozit ve rutin meyvede bulunan en yüksek konsantrasyonlar olmuştur. Yapraklarda ise 4338.00 µg/g ile malik asit, 155.00 µg/g ile sitrik asik en yüksek konsantrasyonlar olarak bulunmuştur. Bulunan değerler sonucunda karamuk meyve ve yapraklarının fenolik bileşikler, elementel kompozisyonlar ve organik asit içeriği bakımından farklı olduğu net bir şekilde ortaya çıkarılmıştır (Gülsoy vd, 2011).

Karamuk meyvesi üzerine yapılan bir başka çalışmada, kurutulmuş karamuk meyveleri Türk mutfağında garnitür olarak sıkça tüketilirken, meyve ezmesi özellikle Kuzeydoğu Karadeniz bölgesinde dayanıklılığı artırmak ve kardiyovasküler fonksiyon bozukluklarını önlemek amacıyla kullanıldığı belirlenmiştir. Bu çalışmada karamuk meyvesinin bahsedilen iyileştirici etkileri bilimsel açıdan incelenerek söz konusu folklorik uygulamaların doğruluğunu araştırmayı ve potansiyel riskleri değerlendirmeyi amaçlamıştır. Çalışmada, karamuk meyvesinin toplam fenolik, flavonoid ve proantosiyanin içerikleri ile antioksidan kapasitesi detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Bunun yanı sıra, meyvenin sitotoksik ve genotoksik etkileri üzerine yapılan değerlendirmeler, biyolojik aktivitelerini ortaya koymuştur. Sonuç olarak karamuk meyvesinin oksidatif stresin önlenmesinde önemli bir rol oynadığı ve yüksek

antioksidan kapasiteye sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca yapılan araştırmalar lenfositlerde H_2O_2 kaynaklı DNA hasarlarını önleyebildiğini ve oksidatif DNA bozulmalarını iyileştirici etkilerini ortaya koymuştur (Charehsaz ve ark., 2015).

Başka bir çalışmada, *Berberis crataegina DC.* meyvelerinde bulunan antosiyaninlerin ısıya bağlı bozunmalarını azaltmak ve renk stabilitesini artırmak amacıyla, farklı pigment özelliklerine sahip fenolik asitleri (gallik, ferulik ve tannik asit) kullanarak renk sabitleme uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneylerde 90 °C sıcaklıkta farklı molar oranlarda uygulanan bu fenolik bileşiklerin, antosiyaninlerin kararlılığını artırdığı gözlemlenmiştir. Özellikle 1:100 oranında uygulanan gallik asidin, antosiyanin bozunmasını azaltmada en etkili fenolik bileşik olduğu belirlenirken; bunu 1:10 oranındaki ferulik asidin izlediği rapor edilmiştir. Bulgular, fenolik bileşiklerin destekleyici etkisiyle antosiyanin stabilitesinin artırılabileceğini göstermektedir (Sarı, 2016)

Bayburt ilinde yürütülen bir araştırmada, *Berberis vulgaris L.* (Kızamık) ve *Berberis crataegina DC.* (Karamuk) türlerine ait meyveler incelenmiş; son yıllarda yabani meyvelere yönelik artan ilgi ve tüketim eğilimleri vurgulanarak, bu kapsamda Berberis türlerinin öne çıkan yabani meyveler arasında yer aldığı belirtilmiş ve iki türün meyve özellikleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Bu türlerin fizikokimyasal özellikleri, antioksidan aktiviteleri, toplam fenolik madde içerikleri, mineral madde kompozisyonları ve fenolik madde çeşitliliği incelenmiştir. Araştırma sonucunda *Berberis crataegina DC.* meyvesinin fenolik bileşen ve antioksidan miktarının *Berberis vulgaris* meyvesine kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ancak kuru madde oranı, C vitamini içeriği, pH değeri ve su aktivitesi açısından iki tür arasında belirgin bir fark tespit edilmemiştir. Meyve türleri karşılaştırıldığında briks ve kül değeri farklılık göstermiştir. Glikoz, toplam şeker ve malik asit içeriği açısından önemli farklar gözlemlenmiştir. Fenolik madde profilleri HPLC (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi) yöntemiyle analiz edilmiş ve iki meyvede de yüksek klorojenik asit miktarı olduğu tespit edilmiştir. Buna ek olarak, vanilik asit ve kafeik asit karamuk meyvesinin temel fenolik bileşenleri olarak belirlenmiştir. Vanilik asit, kafeik asit ve gallik asit ise kızamık meyvesinin baskın fenolik bileşenleri olarak saptanmıştır (Karabulut, 2018).

Arslanoğlu ve Ayna (2019), derleme niteliğindeki "Anadolu Coğrafyasında Yayılış Gösteren Berberis Türleri ve Geleneksel Kullanımı" adlı makalede, 12 cins ve yaklaşık 200 türle temsil edilen Berbericeae familyasına dair kapsamlı bilgiler sunulmuştur. Çalışmada, Türkiye'de *Berberis integerrima, Berberis vulgaris, Berberis crataegiana* ve *Berberis cretica* olmak üzere dört türün bulunduğu ifade edilerek, bu türlerin ülkedeki dağılım alanlarının birbirinden farklılık gösterdiği vurgulanmıştır. Berberis türlerinin odunsu dokularında yer alan sarı renkli berberin maddesi, geleneksel tekstil uygulamalarında doğal boya olarak kullanılmış; kök, kabuk, yaprak ve meyve gibi bitkisel kısımları ise Anadolu'da halk tarafından ateş düşürücüden solunum sistemi rahatlatıcısına kadar geniş bir yelpazede değerlendirilmiştir. *Berberis crataegina DC.* bitkisinde palmatin, berberin, berbamin, jatrorhizin ve magnoflorin gibi farmakolojik açıdan önemli alkaloidlerin yanı sıra; rutozit temelli flavonoidler ile kersetol ve malvidol formundaki antosiyaninler tespit edilmiştir. Yapraklarında fenolik bileşenler olarak klorojenik asit ve kafeik asit bulundurduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte, Berberis türlerinin olgunlaşan meyvelerinin yöresel olarak reçel, marmelat ve şurup yapımında kullanıldığı bildirilmiştir. Ayrıca kurutularak çerez olarak tüketildiği de bildirilmiştir.

Diyabetin hızla yayılması ve gelecekte ciddi bir halk sağlığı sorunu haline gelmesi beklentisiyle yapılan araştırmada, Türkiye'nin Etnobotanik Veri Tabanı taranarak kan şekeri yönetiminde kullanılan 396 bitki taksonu belirlenmiştir. Bu kapsamda *Berberis crataegina DC., Prunus spinosa L., Rubus sanctus Schreb.* ve *Morus nigra L.* meyvelerinin antihiperglisemik etki potansiyelleri araştırılmıştır. Araştırma bulgularına göre, α-Glukozidaz enzim inhibisyonu açısından, pozitif kontrol olan akarbozun IC_{50} değeri 1390 µg/ml iken, Berberis crataegina DC. meyvesinin etanol:su (70:30, %0.1 TFA) ekstresi 572 µg/ml olarak bulunmuştur. IC_{50} değerinin en düşük seviyede ölçüldüğü Prunus spinosa L., meyvesinin etanol:su (70:30, %0.1 TFA) ekstresi için 42 µg/ml olarak tespit edilmiştir. En güçlü α-glukozidaz inhibisyonu, Prunus spinosa L. ekstresi tarafından gerçekleştirilmiş olup, pozitif kontrolden yaklaşık 33 kat daha etkili olduğu belirlenmiştir. İn-vitro α-amilaz enzim inhibisyonu açısından ise : Pozitif kontrol olan akarbozun IC_{50} değeri 1.34 mg/ml olarak tespit edilmiştir. *Berberis crataegina DC., Morus nigra L., Rubus sanctus Schreb.* ve *Prunus spinosa L.* türlerine ait meyve ekstrelerinin α-amilaz enzim inhibisyonuna yönelik etkinlikleri değerlendirilmiş; etanol

(%0.1 TFA) ile hazırlanan *Prunus spinosa L.* ekstresi 2.50 mg/ml IC_{50} değeriyle en yüksek inhibisyon potansiyelini sergilemiştir. Bu değer, pozitif kontrolün yarı gücünde bir etki düzeyine karşılık gelmektedir. Diğer türlerin IC_{50} değerleri sırasıyla *Berberis crataegina DC.* için 9.56 mg/ml, Morus nigra L. için 19.10 mg/ml ve *Rubus sanctus Schreb*. için 17.20 mg/ml olarak belirlenmiştir (Varol, 2019).

Gholizadeh-Moghadam, Hosseini ve Alirezalu (2019), İran'dan toplanan üç farklı *Berberis* türüne ait 18 genotipin biyokimyasal bileşenlerini ve antioksidan aktivitelerini karakterize etmek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada toplam fenolik, flavonoid, antosiyanin, tanen, karbonhidrat içerikleri ile antioksidan aktivite sırasıyla Folin-Ciocalteu, alüminyum klorür, kolorimetrik, vanilin, anthron ve DPPH analizleri ile belirlenmiş; ayrıca sekiz farklı fitokimyasal bileşiğin (gallik asit, kafeik asit, klorojenik asit, p-kumarik asit, sinnamik asit, rutin, apigenin, kuersetin) kantitatif tayini için HPLC sistemi kullanılmıştır. Sonuçlara göre, en yüksek toplam fenolik ve flavonoid içerikler G3 genotipine ait *Berberis vulgaris* meyve özütlerinden elde edilmiş, en yüksek toplam antosiyanin içeriği G8'de, en yüksek antioksidan aktivite ise G16 genotipinde gözlemlenmiştir. HPLC analizleri, gallik asit ve p-kumarik asidin örneklerde baskın fenolik bileşikler olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca temel bileşen analizi (PCA), hiyerarşik kümeleme (HCA) ve ısı haritası görselleştirme teknikleriyle yapılan çok değişkenli analizler sonucunda genotiplerin üç ana kümeye ayrıldığı belirlenmiştir. Bu bulgular, özellikle *Berberis vulgaris* ve *Berberis crataegina* DC. türlerinin fonksiyonel gıda ve doğal antioksidan kaynağı olarak kullanım potansiyelini ortaya koymuş; aynı zamanda çok değişkenli istatistiksel yaklaşımların genotip karakterizasyonunda etkili bir araç olduğunu göstermiştir.

Eroğlu (2019), Bayburt ilinin farklı bölgelerinden doğal olarak toplanan 8 *Berberis vulgaris* (kızamık) ve 3 *Berberis crataegina DC.* (karamuk) meyvesinin bazı biyoaktif özelliklerini araştırmıştır. Fizikokimyasal analizler, meyvelerin yetiştiği bölgelere bağlı olarak kuru madde, kül, pH ve su aktivitesi değerlerinde anlamlı farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur. Örnek genotiplerde toplam fenolik madde miktarı 148.0–448.3 µg GAE/mg KM, $ABTS^{\bullet+}$ radikal giderme aktivitesi %33.06–%92.85, β-karoten ağartma kapasitesi %62.83–%92.19 ve DPPH• radikal giderme aktivitesi %11.92–%40.44 aralığında ölçülmüştür. HPLC analizleri sonucunda en baskın fenolik bileşik olarak

klorojenik asit tespit edilmiş; ayrıca gallik, kafeik, trans-ferulik, vanilik, siringik ve sinapik asit gibi önemli fenolik bileşikler de belirlenmiştir.

Çoban (2020), "Şekerleme Üretiminde Doğal Renklendirici Olarak Karamuk (*Berberis crataegina DC.*) Ekstresinin Kullanımı Üzerine Bir Araştırma" başlıklı çalışmasında, karamuk ekstresinin şekerleme ürünlerinde doğal renklendirici olarak kullanım potansiyelini değerlendirmiştir. Sakız, jelly ve marshmallow örneklerine %1, %5 ve %10 oranlarında karamuk ekstresi ilave edilerek renk, toplam fenolik madde, tekstür, su aktivitesi ve duyusal analizler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, karamuk ekstresi ilavesi kontrol grubuna kıyasla toplam fenolik madde miktarını artırmış; özellikle marshmallow örneklerinde yapışkanlık ve elastikiyet değerlerini yükseltirken, sakız ve marshmallowlarda sertlik değerlerini düşürmüştür. Ayrıca, 30 °C ve %42 bağıl nem koşullarında 2 ay süreyle yaşlandırılan ürünlerde, ΔE değerlerinde anlamlı artışlar gözlemlenmiş ve renk stabilitesinde değişimler tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, karamuk meyvesinin antioksidan içeriği yüksek, doğal ve daha sağlıklı bir renklendirici alternatifi olarak şekerleme endüstrisinde kullanılabileceği vurgulanmıştır.

2. BÖLÜM

YÖNTEM VE MATERYAL

Bu araştırma, 2023–2024 yılları arasında Kayseri ilinin Melikgazi, Kocasinan, Talas ve Pınarbaşı ilçelerinde karamuk bitkisinin doğal olarak yoğun bulunduğu alanlardan toplanan örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Genotiplerin morfolojik, biyokimyasal ve moleküler analizleri Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Pomoloji Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

2.1. Materyal

Bu çalışma, bitkisel materyal olarak kullanılmak üzere, 15 Eylül 2023 – 28 Ekim 2023 tarihleri arasında Kayseri ilinin Melikgazi, Kocasinan, Talas ve Pınarbaşı ilçelerinde seleksiyon yöntemiyle belirlenen karamuk bitkileri üzerinde yapılmıştır. Belirlenen her bitki bir genotip kabul edilmiş ve toplam 33 farklı karamuk genotipi belirlenmiştir. Genotiplerin seçimi bitki habitusu, meyve iriliği, renk, şekil faklılıkları ve verim kriterleri dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Genotiplere ait meyve ve yaprak örnekleri, hasat olgunluğu döneminde, bitkilerin farklı kısımlarından rastgele toplanmıştır (Şekil 5). Genotip örneklerinin koordinat bazlı konumları, veri bütünlüğünü sağlamak amacıyla detaylı biçimde belgelenmiştir (Tablo 1).



Şekil 5. Karamuk Meyve ve Yapraklarının Toplandığı Bitkilere Ait Görüntüler

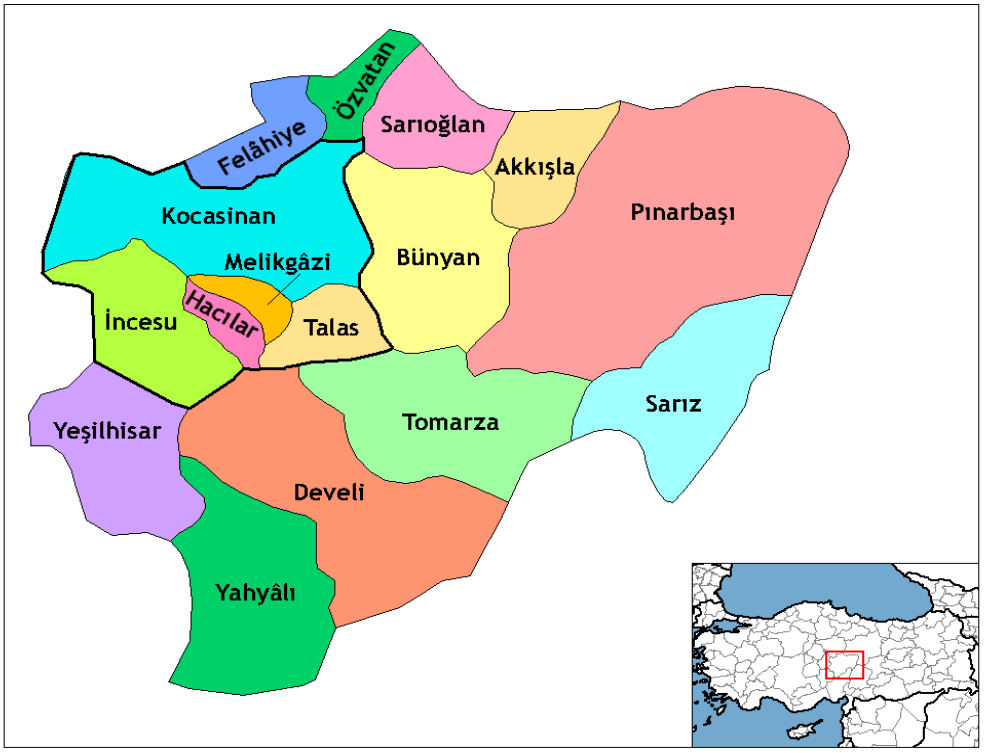
Tablo 1. Örneklerin Alındığı Karamuk Bitkilerinin Koordinatları

Genotip	Genotipin Koordinatı	Rakım	Toplanan İlçe
G1	38°43'55"N 36°24'56"E	1523 m	Pınarbaşı
G2	38°43'50"N 36°24'54"E	1531 m	Pınarbaşı
G3	38°45'30"N 36°26'17"E	1537 m	Pınarbaşı
G4	38°45'42"N 36°26'12"E	1556 m	Pınarbaşı
G5	38°45'31"N 36°26'18"E	1556 m	Pınarbaşı
G6	38°45'41"N 36°25'58"E	1566 m	Pınarbaşı
G7	38°45'47"N 36°25'58"E	1574 m	Pınarbaşı
G8	38°45'35"N 36°26'20"E	1539 m	Pınarbaşı
G9	38°45'45"N 36°26'15"E	1555 m	Pınarbaşı
G10	38°43'47"N 36°24'51"E	1532 m	Pınarbaşı
G11	38°46'39"N 35°39'40"E	1328 m	Melikgazi
G12	38°46'19"N 35°39'53"E	1321 m	Melikgazi
G13	38°43'47"N 36°25'04"E	1547 m	Pınarbaşı
G14	38°45'54"N 36°25'55"E	1593 m	Pınarbaşı
G15	38°45'58"N 36°25'55"E	1594 m	Pınarbaşı
G16	38°42'50"N 35°34'09"E	1168 m	Talas
G17	38°40'30"N 35°33'06"E	1328 m	Talas
G18	38°40'30"N 35°33'02"E	1334 m	Talas
G19	38°40'28"N 35°32'57"E	1340 m	Talas
G20	38°40'31"N 35°32'02"E	1200 m	Talas
G21	38°40'26"N 35°31'56"E	1205 m	Talas
G22	38°40'01"N 35°33'58"E	1339 m	Talas
G23	38°39'03"N 35°32'19"E	1319 m	Talas
G24	38°39'02"N 35°32'19"E	1322 m	Talas
G25	38°39'01"N 35°32'15"E	1321 m	Talas
G26	38°39'00"N 35°32'19"E	1317 m	Talas
G27	38°39'02"N 35°32'19"E	1319 m	Talas
G28	38°39'02"N 35°32'18"E	1323 m	Talas
G29	38°38'46"N 35°31'40"E	1401 m	Talas
G30	38°55'35"N 35°39'59"E	1332 m	Kocasinan
G31	38°55'39"N 35°40'00"E	1335 m	Kocasinan
G32	38°48'25"N 35°39'34"E	1195 m	Melikgazi
G33	38°47'12"N 35°40'02"E	1244 m	Melikgazi

2.1.1. Araştırma Bölgesinin Genel Özellikleri

Kayseri ili, 37°45′–38°18′ kuzey enlemleri ile 34°56′–36°58′ doğu boylamları arasında konumlanmakta olup, İç Anadolu Bölgesi'nin güney kuşağında, Toros Dağları'nın kuzeye yaklaştığı noktada, Orta Kızılırmak bölümünde yer almaktadır. 1.697.513 (ha) alanla ülke topraklarının %2.2'sinin kaplar. Erciyes Dağı'nın kuzeyinde konumlanan il merkezi, 1071 metre rakımıyla dikkat çekmekte olup; bu yerleşim, Erciyes volkanının

püskürttüğü kül ve lavların zamanla birikerek oluşturduğu geniş plato üzerinde yer almaktadır. İl sınırları, doğu ve kuzeydoğuda Sivas, kuzeyde Yozgat, batıda Nevşehir, güneybatıda Niğde, güneyde ise Adana ve Kahramanmaraş illeriyle çevrelenmiştir. Kayseri ili, Akkışla, Bünyan, Develi, Felahiye, Hacılar, İncesu, Kocasinan, Melikgazi, Özvatan, Pınarbaşı, Sarıoğlan, Talas, Tomarza, Yahyalı ve Yeşilhisar olmak üzere toplam 16 ilçeden oluşmaktadır (Kayseri Valiliği, 2025).



Şekil 6. Genotiplerin Toplandığı Kayseri İli ve İlçelerinin Haritası

2.1.2.Araştırma Bölgesinin İklim ve Toprak Özellikleri

Kayseri İç Anadolu bölgesinin en soğuk illerindendir. Kış ayları dondurucu soğuk, yaz ayları sıcak ve kuraktır. Yaz mevsimi kısa sürelidir. Bölgede hem mevsimsel hem de günlük sıcaklık değişimleri dikkat çekici düzeydedir. Özellikle kış ve yaz ayları arasında belirgin bir sıcaklık farkı gözlemlenmekte; benzer şekilde, gece ve gündüz arasındaki sıcaklık dalgalanmaları da oldukça yüksektir. Bu sıcaklık dalgalanmaları, Kayseri'nin karasal iklim özelliklerini açıkça ortaya koymaktadır. Yazın 39.8 °C 'ye kadar çıkabilen sıcaklıklar, kışın -32.5 °C'ye kadar düştüğü görülür. Kayseri, kıta ikliminin etkisinde olup yağışlar ağırlıklı olarak kış, ilkbahar ve sonbahar aylarında görülmektedir. Son yirmi yılın verilerine göre yıllık ortalama 416 mm yağışın %32'si

kış**,** %36'sı ilkbahar, %22'si sonbahar, ve yalnızca %10'u yaz mevsiminde kaydedilmiştir. Bölge genelinde kış mevsimi uzun süreli etkisini sürdürmekte olup, yağışların büyük bir kısmı kar formunda gerçekleşmektedir. İncelenen döneme ait yağış verileri, özellikle ilkbaharda (başta Nisan ve Mayıs aylarında) yoğun bir artış sergilerken, yaz mevsiminin ortasında, özellikle Temmuz ayında belirgin şekilde azaldığını göstermektedir. Eylül ayına kadar bu eğilim devam ederken, Ekim ve Kasım aylarında sonbahar yağışları gözlenmektedir. Kayseri ilinin doğal bitki örtüsü, İç Anadolu Bölgesi'nin tipik özelliği olan bozkır (step) formasyonuyla karakterizedir. Ovaların yanı sıra dağlık ve tepelik alanlarda da bozkır bitki örtüsü yaygın olarak görülmektedir. Yüksek kesimlerde seyrek ormanlık alanlar bulunmakla birlikte, toprakların büyük bölümü bozuk orman ve çalılık formundadır. Güneyde yer alan Toros Dağları'nda karaçam, kızılçam, köknar, ladin ve meşe türleri yayılım göstermektedir. İç kesimlerdeki dağlık alanlarda ise seyrek çalılıklar ve otluk bölgeler geniş yer kaplamaktadır. Dağlar arasındaki çöküntü havzaları ve ovalarda, geçmişte bozkır bitki örtüsü egemenken, zamanla bu alanların büyük bölümü tarım arazisi hâline gelmiştir. Dağ etekleri ise bağ ve bahçelerle kaplıdır. Daha yüksek rakımlarda geven türleri (Astragalus cinsi dikenli bitkiler), otluklar ve dağ çayırları yayılım göstermektedir (Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2025).

Kayseri’nin toplam yüzölçümü 1.697.513 ha olup bunun 536.641 ha’ı tarım arazisi, 619.984 ha çayır mera arazisi, 166.860 ha orman arazisi ve 189.144 ha diğer araziler olarak dağılım göstermektedir. Kayseri ilinde arazi kullanım dağılımı incelendiğinde, çayır ve mera alanlarının oranı yaklaşık %41 ile en geniş payı oluştururken, tarım arazileri %40’lık bir alan kaplamaktadır. Buna karşılık, ormanlık alanların oranı %8 düzeyinde kalmakta ve bu durum ilin karasal karakterini yansıtmaktadır. Türkiye genelinde ise mera ve orman alanlarının oranları birbirine yakın olup her biri yaklaşık %26 seviyesindedir. Kayseri ilindeki çayır mera ve tarım arazisi alanının fazlalığı hayvancılık ve tarım için bir potansiyel olmakta ancak orman alanlarının azlığı yağış için kısıt teşkil etmekte ve erozyona neden olmaktadır (Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2025).

2.2. Yöntem

2023 yılında toplanan karamuk meyve ve yaprakları üzerinde laboratuvar çalışmaları, Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Pomoloji Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Biyokimyasal kararlılığı korumak amacıyla, –18°C'de depolanan örnekler analiz öncesinde kontrollü bir şekilde çözündürülerek işleme alınmıştır. Örnekler üzerinde laboratuvar çalışmalarında morfolojik, biyokimyasal ve moleküler analizler yapılmıştır.

2.2.1. Morfolojik Analizler

Karamuk bitkilerinden alınan meyve ve yaprak özelliklerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen analizlerde, rastgele seçilen sağlam 30 meyve ve 30 yaprak örneği kullanılmıştır. Meyve ve yaprak üzerinde aşağıdaki ölçümler yapılmıştır:

Yaprak boyu ölçümü (mm) : Yapılan 30 ayrı yaprak ölçümünde, yaprağın sap kısmının başladığı yerle yaprak ucu arasındaki en uzun mesafenin dijital kumpas ile ölçülmesi sonucu yaprak boyu belirlenmiş ve elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır.

Yaprak eni ölçümü (mm) : Yapılan 30 ayrı yaprak ölçümünde, yaprağın en geniş kısmının dijital kumpas ile ölçülmesi sonucu yaprak eni belirlenmiş ve elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır.

Yaprak sap uzunluğu ölçümü (mm) : Yapılan 30 ayrı yaprak ölçümünde, yaprağın gövdeye bağlandığı nokta ile yaprak ayasının başladığı nokta arası mesafe dijital kumpas kullanılarak ölçülmüş ve elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır.

Yaprak sapı kalınlığı (mm) : Yapılan 30 ayrı yaprak ölçümünde, yaprak sap kalınlığı dijital kumpas kullanılarak ölçülmüş ve elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır.

Meyve ağırlığı (g) : Yapılan 30 ayrı meyve ölçümünde, 0.001 g hassasiyetindeki hassas terazi kullanılarak meyve ağırlık ölçümü gerçekleştirilmiş ve elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır. Karamuk meyvesinin hassas terazide ölçümü gösterilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Karamuk Meyvesinin Hassas Terazide Ağırlığının Ölçülmesi

Meyve eni (mm) : Yapılan 30 ayrı meyve ölçümünde, meyvenin en geniş çapının belirlenip dijital kumpas kullanılarak ölçülmesiyle meyve en uzunluğu belirlenmiş ve veriler kayıt altına alınmıştır.

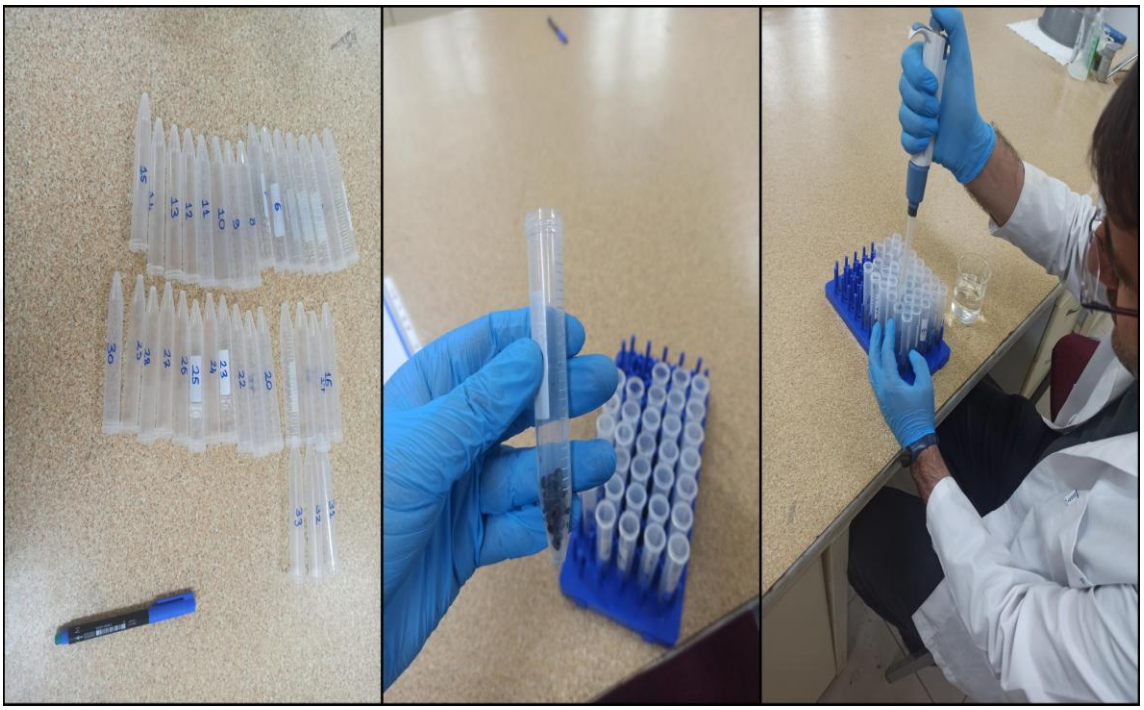
Meyve boyu (mm) : Yapılan 30 ayrı meyve ölçümünde, dijital kumpas kullanılarak en uzun eksen boyunca belirlenen değerler mm cinsinden kaydedilmiş ve kayıt altına alınmıştır.

2.2.2. Biyokimyasal Analizler

Çalışmada kullanılan *Berberis crataegina DC.* ekstraktları, Adiletta ve ark. (2018) çalışmasında tanımlanan yöntem esas alınarak yürütülmüştür. Her bir genotipten alınan karamuk meyveleri ekstraktörde homojenize edildikten sonra, örneklerin her birinden 5 g alınmış ve üzerine %80 metanol (CH_3OH) içeren 25 ml çözücü eklenmiştir. Numuneler 300 rpm'de 20 dakika manyetik karıştırıcıda karıştırılmış, ardından +4°C'de karanlık ortamda 16 saat bekletilmiştir. Ekstrakt içerisindeki katı maddeleri uzaklaştırmak amacıyla kaba filtre kâğıdı kullanılarak süzme işlemi yapılmış ve elde edilen süzüntü biyokimyasal analizler için kullanılmıştır.

Berberis crataegina DC. genotiplerine ait biyokimyasal içerikler kapsamlı bir şekilde değerlendirilmiş; bu kapsamda toplam fenolik madde miktarı, toplam flavonoid içeriği, toplam antosiyanin düzeyi ve toplam antioksidan kapasiteye ilişkin kantitatif analizler

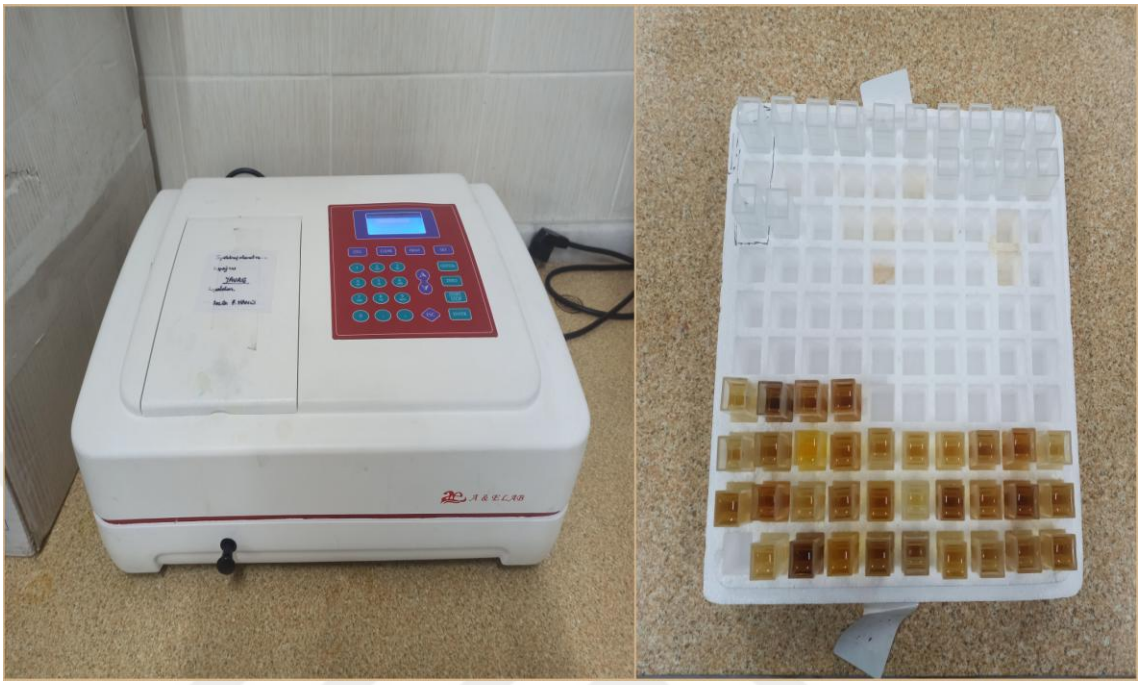
gerçekleştirilmiştir. Söz konusu parametreler, bitkisel örneklerin fonksiyonel özelliklerini ortaya koymak ve genotipler arası biyokimyasal varyasyonu belirlemek amacıyla, uygun ekstraksiyon protokolleri ve spektrofotometrik yöntemler kullanılarak titizlikle ölçülmüştür.



Şekil 8. Karamuk Ekstraklarının Hazırlanışına Ait Görüntüler

Toplam Fenolik Maddenin Belirlenmesi: Toplam fenolik madde miktarı, Adiletta ve ark. (2016) tarafından tanımlanan protokol esas alınarak Folin-Ciocalteu yöntemiyle belirlenmiştir. Analiz sürecinde, 0.5 mL örnek süzüntüsüne, 1/10 oranında seyreltilmiş Folin-Ciocalteu reaktifinden 2.5 mL ilave edilerek reaksiyon başlatılmıştır. Yaklaşık 4–5 dakika bekletildikten sonra karışıma 7.5 ml %20'lik sodyum karbonat (Na_2CO_3) çözeltisi eklenmiş ve hazırlanan örnekler oda sıcaklığında, karanlık koşullarda 2 saat süreyle inkübasyona bırakılmıştır. Reaksiyon sonucunda mavi tonlarında renklenen çözeltilerin absorbans değerleri UV-Vis spektrofotometrede, 765 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Şekil 9'da, kullanılan ölçüm cihazı ile örnek numunelere ait detaylara yer verilmiştir. Elde edilen veriler, gallik asit eşdeğeri (GAE) cinsinden mg/100 g olarak ifade edilmiş ve toplam fenolik içerik, Tunç ve ark. (2024) tarafından verilen aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır. Verilerin doğruluğunu sağlamak amacıyla analizler üç tekerrür halinde uygulanmıştır.

Toplam fenol (mg gallik eşdeğeri (GAE)/100g)= (absorbans-0,046)/0,004



Şekil 9. Spektrofotometre Cihazı ve Örnek Numunelere Ait Görüntü

Toplam Flavonoid İçeriklerinin Belirlenmesi: Bu çalışmada, toplam flavonoid bileşiklerinin miktar tayini Yaman ve ark. (2024) çalışmasındaki yöntem temel alınarak kantitatif biçimde değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, süzüntü örneklerinden 1 ml alınarak üzerine 4 ml saf su eklenmiş ve ardından 0.3 ml %5'lik sodyum nitrit ($NaNO_2$) çözeltisi ilave edilmiştir. Vorteksle homojenize edilen karışım, 5 dakika inkübasyona bırakılmıştır. Sonrasında 0.3 ml %10'luk alüminyum klorür ($AlCl_3$) çözeltisi eklenmiş ve 6 dakikalık ikinci bir inkübasyon süresi uygulanmıştır. Ardından 2 ml 1 M sodyum hidroksit (NaOH) ilave edilmiş ve toplam hacim saf su ile 10 ml'ye tamamlanarak iyice karıştırılmıştır. Elde edilen çözeltinin absorbans değeri, 510 nm dalga boyunda çalışan spektrofotometrede ölçülmüştür. Sonuçlar, kuersetin eşdeğeri (QE) cinsinden mg/100 g olarak ifade edilmiştir. Veri doğruluğunu ve tekrarlanabilirliği temin etmek adına, her analiz üç bağımsız tekrar hâlinde uygulanmıştır.

Toplam Antosiyanin Miktarının Belirlenmesi: Toplam antosiyanin içeriği, Adiletta ve ark. (2017) tarafından tanımlanan pH-diferansiyel yöntemi temel alınarak belirlenmiştir. Bu amaçla, pH 1.0'de 0.025 M potasyum klorür (KCl) ve pH 4.5'te 0.4 M sodyum asetat (CH_3COONa) içeren iki farklı tampon çözeltisi hazırlanmıştır. Her bir

tampon için süzüntüden 1 ml alınarak sırasıyla 4 ml ilgili tampon çözeltisi eklenmiş ve karışımlar elde edilmiştir. Hazırlanan örneklerin absorbans değerleri, 520 nm ve 700 nm dalga boylarında spektrofotometre ile ölçülmüştür. Toplam antosiyanin miktarı, siyanidin-3-glukozit eşdeğeri (mg cyn-3-gluc/100 g) cinsinden hesaplanmış ve Fawole ve ark. (2012) tarafından önerilen formül kullanılarak ifade edilmiştir. İstatistiksel güvenilirliği sağlamak amacıyla tüm analizler üçlü tekrar (n=3) şeklinde uygulanmıştır.

Önerilen formül : $C_3 gEL^{-1} = (A \times MW \times DF) / (\varepsilon \times L)$

[A= $(A_{520} - A_{700})_{pH1.0} - (A_{520} - A_{700})_{pH4.5}$ absorbans (nm), MW (moleküler ağırlık) = 449.2 g mol^{-1} siyanidin-3-glukozit için, DF= seyreltme faktörü, L= hücre yolu uzunluğu (1 cm), ε = 26.900 siyanidin-3-glukozit için molar emilim katsayısı]



Şekil 10. Laboratuvar Çalışmalarına Ait Görüntüler

Toplam Antioksidan Kapasitesinin Kantitatif Analizi: Bu çalışmada karamuk meyvelerine ait antioksidan kapasite tayini, Liguori ve ark. (2016) çalışmasında bildirilen DPPH prosedürü esas alınarak yapılmıştır. Bu çalışmada, 0.1 mL karamuk ekstraktı üzerine 3.9 mL 0.2 mM DPPH çözeltisi ilave edilmiş; elde edilen karışım vortekslenerek homojenizasyon sağlanmıştır. Hazırlanan örnekler, oda sıcaklığında ve karanlık ortamda 30 dakika süreyle inkübasyona bırakılmış; ardından absorbans ölçümleri, 517 nm dalga boyunda çalışan bir spektrofotometre ile gerçekleştirilmiştir. Kontrol grubu olarak, karamuk ekstraktı yerine metanol içeren bir kör örnek hazırlanmış ve aynı koşullarda ölçüm yapılmıştır. Toplam antioksidan miktarı bulmak için, Adiletta

ve ark. (2018) tarafından önerilen formül esas alınmış ve istatistiksel güvenilirliği sağlamak amacıyla tüm analizler üçlü tekrar (n=3) şeklinde uygulanmıştır.

%DPPH İnhibisyonu = $[(A_{kontrol} - A_{örnek}) / A_{kontrol}] \times 100$

$A_{kontrol}$: Sadece DPPH içeren ve numune eklenmemiş kör örneğin absorbans değeri

$A_{örnek}$: Karamuk ekstraktı içeren test örneğinin absorbans değeri

2.2.3. Moleküler Analiz

DNA İzolasyonu: *Berberis crataegina* DC. genotiplerinden elde edilen genç yapraklardan DNA izolasyonu, Yaman (2020) tarafından tanımlanan yönteme dayalı olarak gerçekleştirilmiştir. İzolasyon öncesinde su banyosu 62 °C'ye ayarlanmıştır. Yaklaşık 30 mg taze yaprak dokusu, 2 ml'lik tüplerde doku öğütücü yardımıyla parçalanmış ve üzerine 1,2 ml ekstraksiyon tamponu eklenmiştir. Numuneler, 62 °C'de 30–60 dakika boyunca ters-düz çevrilerek inkübe edilmiştir. İnkübasyonun ardından, her tüpe 300 µl kloroform:oktanol (24:1, v/v) çözeltisi eklenmiş ve yavaşça karıştırılmıştır. Hazırlanan karışımlar, 14.000 rpm hızında 5 dakika süreyle santrifüjlenmiş; ardından elde edilen üst faz dikkatlice ayrılarak analiz amacıyla yeni tüplere transfer edilmiştir. Bu işlem, iki kez 500 µl kloroform:oktanol çözeltisi ile tekrarlanmıştır. Elde edilen sulu faza, toplam hacmin yaklaşık 2/3'ü kadar soğuk izopropanol eklenmiş ve -20 °C'de en az 30 dakika bekletilmiştir. DNA çökeltileri 14.000 rpm'de 2 dakika santrifüj edilerek toplanmış, ardından %76 etanol ve 10 mM amonyum asetat içeren 500 µl yıkama çözeltisi ile yıkanmıştır. Oda sıcaklığında 10 dakika süreyle bekletilen tüpler, ardından 14.000 rpm'de 3 dakika santrifüjlenmiş; böylece sıvı faz uzaklaştırılarak çökelti izole edilmiştir. Beyaz çökelti, TE tamponu yardımıyla çözülmüş ve ardından örnekler, oda sıcaklığında uzun süreli veya 65 °C'de kısa süreli inkübasyonla reaksiyona hazırlanmıştır. DNA çözeltisine, son konsantrasyonu 10 µg/ml olacak şekilde RNaz eklenmiş ve 37 °C'de 30 dakika inkübasyon uygulanmıştır. Devamında, 200 µL TE tamponu ile birlikte 15 µL 10 mM derişimindeki amonyum asetat çözeltisi (pH 7.7) örneklere ilave edilmiştir. Son olarak, 2 hacim soğuk etanol eklenerek -20 °C'de 20 dakika veya gece boyunca bekletilmiş, 14.000 rpm'de 3 dakika santrifüj edilerek çökelti elde edilmiştir. Kurutulan DNA, 100–200 µl TE tamponu ile çözülerek saklanmıştır.

ISSR analizleri için, Köse (2017) tarafından test edilen 20 primer arasından en yüksek bant verimine sahip 7 primer seçilmiştir: HVH $(TCC)_7$, $(GA)_8YG$, $(AGC)_6G$, $(GAA)_6$, $(GT)_6GG$, $(CAC)_3GC$ ve BDB $(CA)_7C$.

PCR Çalışmaları: PCR amplifikasyonu, Ullah ve ark. (2017) tarafından tanımlanan protokol esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Reaksiyon karışımı, toplam 15 µl hacminde olacak şekilde hazırlanmış; her tüp 12 pM ileri ve geri primer, 1× tampon çözeltisi, 35 µM $MgCl_2$, 27 µM dNTP karışımı, 3.5–25 ng şablon DNA ve 0.2 µl DNA polimeraz içermiştir.

PCR döngü koşulları şu şekilde uygulanmıştır:

– Başlangıç denatürasyonu: 95 °C'de 5 dakika boyunca

– Denatürasyon: 95 °C'de 1 dakika boyunca

– Primer bağlanması: 53 °C'de 90 saniye boyunca

– Uzama (extension): 72 °C'de 90 saniye boyunca

– Son uzama: 72 °C'de 7 dakika boyunca

40 Tekrarlı Döngü

Amplifikasyon ürünlerinin ayrıştırılması, %2 agaroz jel ortamında 1× TBE tamponu kullanılarak 90 V gerilim altında 180 dakika süreyle elektroforez yöntemiyle gerçekleştirilmiş; elde edilen bantlar UV ışığı altında görüntülenmiştir. Jel görüntüleri, bant varlığına göre skorlama sistemine tabi tutulmuştur: bant varsa (1), yoksa (0), amplifikasyon gerçekleşmemişse (9) olarak kodlanmıştır.

2.2.4. Verilerin Analizi

Meyve ve yapraklar elde edilen morfolojik ve biyokimyasal veriler, JMP Pro 17 paket programı aracılığıyla istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve analiz edilmiştir. Bu kapsamda; korelasyon analizi, temel bileşen analizi (PCA) ve ısı haritası (heatmap) görselleştirmeleri gerçekleştirilmiştir. Gruplar arası ortalamalar arasındaki farklar, %5 anlamlılık düzeyinde LSD (Least Significant Difference) testi ile değerlendirilmiştir. Moleküler analizlerde, jel elektroforez sonuçlarına göre bant varlığı (1) ve yokluğu (0)

esas alınarak bir veri matrisi oluşturulmuş; bu matris, NTSYS (Sayısal Taksonomi Çok Değişkenli Analiz Sistemi, NTSYS-pc sürüm 2.11) bilgisayar yazılım paketi aracılığıyla analiz edilmiştir. Genetik benzerlik katsayıları Dice (1945) yöntemiyle hesaplanmış ve elde edilen benzerlik matrisi, UPGMA (Aritmetik Ortalama Ağırlıksız Çift Grup Yönetimi) algoritması kullanılarak dendrograma dönüştürülmüştür. Ayrıca her bir ISSR primeri için ortalama ve toplam bant sayısı, polimorfik bant sayısı ve polimorfizm oranı hesaplanarak genetik çeşitlilik düzeyi değerlendirilmiştir.

3. BÖLÜM

BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. Meyve ve Yaprak Parametrelerinin Değerlendirilmesi

Yürütülen bu çalışmada, meyveye ait morfolojik özellikler (meyve ağırlığı, meyve eni ve meyve boyu) açısından değerlendirilen genotipler arasında anlamlı düzeyde farklılıklar tespit edilmiştir. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda, genotiplerin söz konusu özelliklere ilişkin ortalama değerleri arasındaki varyasyonun istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Çalışmada incelenen 33 karamuk genotipi meyve ağırlığı, eni ve boyu gibi temel morfolojik özellikler açısından geniş bir varyasyon sergilemiştir (Tablo 2).

- Meyve ağırlığı, 0.047 g (G1) ile 0.137 g (G17) arasında değişmiş ve bu özellik bakımından G17, diğer tüm genotipler arasında en yüksek değere sahip olmuştur.

- Meyve eni ise 3.06 mm (G12) ile 4.64 mm (G17) arasında farklılık göstermiştir. En yüksek meyve eni de yine G17'de gözlemlenmiştir.

- Meyve boyu değerleri açısından da genotipler arasında belirgin varyasyon mevcuttur; en kısa meyveler 5.80 mm (G5) uzunluğunda ölçülürken, en uzun meyve 9.05 mm ile yine G17 genotipine aittir.

Yürütülen çalışmada yapraklara ait morfolojik özellikler (yaprak eni, yaprak boyu, sap uzunluğu ve sap kalınlığı) açısından değerlendirilen genotipler arasında da anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda bulunan değerler Tablo 3'de sunulmuştur. İncelenen karamuk genotiplerine ait yaprak morfolojik özellikleri, belirgin varyasyonlar sergilemiştir. Yaprak eni değerleri 5.98 mm (G15) ile 14.45 mm (G21) arasında değişmiş ve bu parametrede en geniş yaprak G21 genotipine ait olmuştur.

Benzer şekilde, sap uzunlukları 4.51 mm ile 11.84 mm arasında değişim göstermiş olup, en uzun sap G31 genotipinde ölçülmüştür. Sap kalınlığı açısından ise genotipler arasında 0.35 mm (G20) ile 0.68 mm (G12) arasında farklılık saptanmıştır.

Tablo 2. Karamuk (Berberis crataegina DC.) Genotiplerinin Meyve Ağırlığı, Eni ve Boyuna Ait Ortalama ± Standart Sapma Değerleri

Genotip	Meyve Ağırlığı (g)	Meyve Eni (mm)	Meyve Boyu (mm)
G1	**0.047 ± 0.01 m**	3.28 ± 0.20 kl	7.43 ± 0.30 ı-m
G2	0.076 ± 0.02 d-j	3.53 ± 0.19 g-k	7.34 ± 0.33 j-m
G3	0.093 ± 0.01 b-d	3.56 ± 0.10 g-k	8.85 ± 0.23 a-c
G4	0.093 ± 0.01 b-d	3.36 ± 0.19 j-l	8.58 ± 0.40 a-d
G5	0.056 ± 0.01 lm	3.58 ± 0.31 f-k	**5.80 ± 0.48 q**
G6	0.069 ± 0.01 ı-l	3.74 ± 0.23 e-j	7.86 ± 0.21 f-ı
G7	0.075 ± 0.01 e-k	3.74 ± 0.21 e-j	7.03 ± 0.26 m-p
G8	0.072 ± 0.01 g-l	3.63 ± 0.05 f-k	7.17 ± 0.32 l-n
G9	0.080 ± 0.01 c-ı	4.59 ± 0.02 ab	6.61 ± 0.22 o-p
G10	0.087 ± 0.01 c-g	4.19 ± 0.26 b-d	7.54 ± 0.32 h-l
G11	0.062 ± 0.01 j-m	3.44 ± 0.06 ı-l	6.59 ± 0.49 p
G12	0.059 ± 0.01 k-m	**3.06 ± 0.53 kl**	7.68 ± 0.05 h-k
G13	0.074 ± 0.01 f-k	3.70 ± 0.18 f-k	7.34 ± 0.22 j-m
G14	0.069 ± 0.02 h-l	3.47 ± 0.53 h-l	8.18 ± 0.77 d-g
G15	0.071 ± 0.01 g-l	3.88 ± 0.30 c-h	7.69 ± 0.36 g-k
G16	0.082 ± 0.00 c-ı	3.30 ± 0.12 kl	8.26 ± 0.02 d-f
G17	**0.137 ± 0.00 a**	**4.64 ± 0.35 a**	**9.05 ± 0.14 a**
G18	0.080 ± 0.02 c-ı	3.34 ± 0.27 j-l	8.44 ± 0.26 c-e
G19	0.081 ± 0.02 c-ı	4.22 ± 0.20 a-d	6.61 ± 0.27 op
G20	0.109 ± 0.02 b	4.01 ± 0.40 c-f	9.00 ± 0.26 ab
G21	0.085 ± 0.00 c-ı	4.18 ± 0.08 b-d	7.15 ± 0.11 l-n
G22	0.086 ± 0.01 c-h	4.16 ± 0.46 b-e	7.23 ± 0.06 k-m
G23	0.094 ± 0.00 bc	4.18 ± 0.10 b-d	7.78 ± 0.46 f-j
G24	0.069 ± 0.01 ı-l	3.92 ± 0.36 c-g	7.10 ± 0.28 l-o
G25	0.077 ± 0.01 c-j	3.69 ± 0.08 f-k	8.40 ± 0.15 c-e
G26	0.087 ± 0.01 c-g	4.30 ± 0.29 a-c	7.22 ± 0.25 k-n
G27	0.076 ± 0.01 c-j	3.83 ± 0.25 d-ı	7.46 ± 0.21 ı-m
G28	0.074 ± 0.01 f-k	3.51 ± 0.23 g-k	7.99 ± 0.23 e-h
G29	0.078 ± 0.02 c-j	3.62 ± 0.25 f-k	7.49 ± 0.37 ı-m
G30	0.089 ± 0.01 c-f	3.81 ± 0.28 d-ı	7.86 ± 0.19 f-ı
G31	0.051 ± 0.00 m	3.58 ± 0.20 f-k	6.73 ± 0.31 n-p
G32	0.075 ± 0.02 e-k	3.74 ± 0.21 e-j	7.46 ± 0.06 ı-m
G33	0.091 ± 0.00 c-e	3.41 ± 0.15 ı-l	8.51 ± 0.30 b-d

Analiz sonuçlarına göre, genotipler arasındaki meyve morfolojisi farklılıkları oldukça belirgindir. Özellikle G17 genotipi, hem meyve ağırlığı hem de boyut parametreleri açısından üstünlük göstermiştir. Bu durum, söz konusu genotipin ileri ıslah çalışmaları açısından potansiyel bir aday olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan minimum

değerlere sahip genotiplerin de genetik çeşitlilik içinde yer alması, bu materyallerin sürdürülebilir çeşit ıslahında muhafaza edilmesini gerekli kılmaktadır. Ortaya çıkan varyasyon, genetik kaynakların korunması ve bölgeye uygun çeşitlerin geliştirilmesi bakımından büyük önem arz etmektedir.

Tablo 3. Karamuk (*Berberis crataegina* DC.) Genotiplerinin Yaprak Boyu ve Eni, Sap Uzunluğu ve Kalınlığına Ait Ortalama ± Standart Sapma Değerleri

Genotip	Yaprak Boyu (mm)	Yaprak Eni (mm)	Sap Uzunluğu (mm)	Sap Kalınlığı (mm)
G1	27.49 ± 2.97 ı-o	8.39 ± 1.08 h-m	10.67 ± 3.26 a-d	0.39 ± 0.04 k-n
G2	24.19 ± 3.45 no	7.07 ± 1.05 l-n	6.27 ± 1.25 ı-n	0.52 ± 0.05 c-j
G3	33.97 ± 2.91 a-h	11.55 ± 1.53 b-f	7.74 ±1.12 f-l	0.62 ± 0.09 a-d
G4	35.92 ± 2.59 a-f	10.61 ± 0.58 b-h	8.71 ± 0.79 c-ı	0.58 ± 0.02 a-f
G5	31.73 ± 4.28 d-l	7.66 ± 1.23 j-n	11.31 ± 2.92 ab	0.50 ± 0.09 d-k
G6	32.65 ± 4.30 c-k	7.61 ± 0.93 k-n	10.38 ± 1.84 a-e	0.51 ± 0.04 d-k
G7	23.00 ± 1.67 o	6.48 ± 0.13 mn	5.86 ± 1.16 j-n	0.50 ± 0.06 d-k
G8	31.12 ± 3.38 e-l	8.63 ± 1.59 h-m	6.71 ± 1.09 h-n	0.61 ± 0.05 a-d
G9	27.79 ± 2.52 ı-o	9.86 ± 0.88 e-k	6.21 ± 0.36 ı-n	0.53 ± 0.03 b-ı
G10	29.01 ± 1.64 g-n	11.03 ± 1.09 b-g	10.59 ± 1.54 a-d	0.48 ± 0.08 e-l
G11	31.11 ± 6.64 e-l	10.44 ± 2.51 b-h	10.71 ± 4.33 a-c	0.67 ± 0.14 a
G12	37.01 ± 4.79 a-d	10.03 ± 2.06 d-j	7.67 ± 1.12 l	**0.68 ± 0.05 a**
G13	**22.56 ± 1.79 o**	7.14 ± 0.98 l-n	5.28 ± 0.72 l-n	0.41 ± 0.05 j-n
G14	29.07 ± 3.44 g-n	9.23 ± 0.42 f-l	5.56 ± 1.71 k-n	0.43 ± 0.09 ı-n
G15	25.11 ± 3.69 m-o	**5.98 ± 0.85 n**	6.26 ± 0.88 ı-n	0.48 ± 0.08 f-m
G16	24.81 ± 0.18 m-o	6.40 ± 1.06 mn	5.06 ± 1.15 mn	0.46 ± 0.07 g-n
G17	35.11 ± 3.17 a-f	9.06 ± 0.56 g-l	8.73 ± 1.40 c-ı	0.37 ± 0.03 l-n
G18	30.49 ± 1.79 f-m	7.64 ± 0.86 k-n	9.22 ± 1.33 b-h	0.50 ± 0.07 d-k
G19	27.04 ± 2.93 k-o	8.59 ± 1.13 h-m	**4.51 ± 0.55 n**	0.48 ± 0.08 e-m
G20	32.91 ± 1.67 b-j	12.67 ± 0.66 ab	8.11 ± 0.74 d-k	**0.35 ± 0.02 n**
G21	36.68 ± 4.52 a-e	**14.45 ± 2.00 a**	10.27 ± 2.80 a-f	0.57 ± 0.03 a-g
G22	32.18 ± 0.50 c-l	10.46 ± 1.00 b-h	8.18 ± 0.45 c-j	0.58 ± 0.02 a-f
G23	28.94 ± 4.55 h-n	9.90 ± 0.86 e-k	7.09 ± 1.69 g-m	0.57 ± 0.11 a-g
G24	27.33 ± 2.64 j-o	7.92 ± 1.43 ı-n	6.18 ± 0.37 ı-n	0.51 ± 0.05 d-j
G25	26.67 ± 2.99 l-o	10.12 ± 1.75 c-ı	6.32 ± 0.63 ı-n	0.45 ± 0.02 h-n
G26	**39.20 ± 2.39 a**	11.57 ± 1.08 b-f	9.27 ± 0.59 b-h	0.64 ± 0.14 a-c
G27	32.83 ± 4.39 c-k	12.36 ± 2.64 a-d	9.42 ± 1.13 a-g	0.55 ± 0.08 b-h
G28	37.58 ± 3.23 a-c	11.86 ± 1.84 b-e	7.61 ± 0.27 g-m	0.36 ± 0.06 mn
G29	33.75 ± 0.45 a-h	8.99 ± 0.13 g-l	8.48 ± 1.17 c-ı	0.59 ± 0.04 a-e
G30	38.72 ± 4.51 ab	12.41 ± 2.94 a-c	7.36 ± 0.91 g-m	0.65 ± 0.06 ab
G31	32.73 ± 4.49 c-k	10.02 ± 1.20 d-j	**11.84 ± 2.41 a**	0.49 ± 0.06 e-k
G32	33.20 ± 5.11 b-ı	12.81 ± 0.74 ab	7.83 ± 1.26 e-l	0.43 ± 0.05 ı-n
G33	34.78 ± 6.79 a-g	11.25 ± 2.97 b-g	8.92 ± 0.99 b-h	0.47 ± 0.14 f-m

Bitki türlerinin ayrımında ve mevcut morfolojik çeşitliliğin belirlenmesinde meyve ve yaprak özellikleri, yüksek ayırt edici güce sahip temel kriterler arasında yer almaktadır. Bu bağlamda, farklı coğrafi bölgelerde ve farklı Berberis türleri üzerinde

gerçekleştirilen morfolojik karakterizasyon çalışmaları dikkat çekici varyasyonları ortaya koymuştur.

Pakistan'da gerçekleştirilen bir araştırmada Ahmed ve ark. (2013) *Berberis aristata* genotiplerinde meyve ağırlığı 0.115 - 0.122 g, meyve eni 2.65 - 4.34 mm ve meyve boyu 7.12 - 9.75 mm aralığında ölçülmüştür. Aynı çalışmada yaprak boyu 66.70 - 96.90 mm ve yaprak eni 25.80 - 33.10 mm olarak bildirilmiştir. Goodarzi ve ark. (2018) tarafından İran'da yürütülen başka bir çalışmada, *Berberis vulgaris* genotiplerinin morfolojik özellikleri detaylı biçimde incelenmiş; meyve ağırlığı 0.11 - 0.43 g, meyve genişliği 4.39 - 8.05 mm ve meyve uzunluğu 7.40–10.84 mm aralığında ölçülmüştür. Ayrıca yaprak uzunluğu 18.89 - 42.90 mm, yaprak genişliği 7.54 - 17.49 mm ve yaprak sapı uzunluğu 4.50 - 12.65 mm arasında değişim göstermiştir. Yine İran'da gerçekleştirilen başka bir çalışmada, Talebi ve ark. (2022) *Berberis vulgaris* genotiplerinin meyve ağırlığını 0.106 - 0.285 g, meyve enini 4.66 - 7.23 mm ve meyve boyunu 7.35 - 11.97 mm olarak belirtmiştir.

Jannatizadeh ve Khadivi-Khub (2016) ise İran'daki *Berberis integerrima* türü üzerinde yaptıkları çalışmada meyve ağırlığını 0.10 - 0.25 g, meyve enini 4.28 - 6.23 mm, meyve boyunu 7.70 - 11.31 mm ve yaprak boyunu 22.00 - 38.00 mm arasında değişen değerlerde raporlamışlardır. Türkiye'de yapılan bir çalışmada ise Ersoy ve ark. (2018), *Berberis vulgaris* genotiplerinin meyve ağırlığını 0.102 - 0.342 g arasında bildirmiştir.

Genel olarak, farklı araştırmacılar tarafından bildirilen morfolojik özellikler birbirini destekler nitelikte olsa da bazı parametrelerde dikkat çekici farklılıklar gözlemlenmiştir. Bu farklılıkların tür düzeyindeki genetik yapıdan kaynaklanabileceği gibi, populasyonların yetiştiği ekolojik koşulların, özellikle rakım, toprak yapısı ve yıllık sıcaklık profillerinin, morfolojik özellikler üzerinde belirleyici rol oynamış olabileceği düşünülmektedir. Aynı tür içinde dahi genotipik varyasyonun bu derece geniş bir spektrumda gözlenmesi, yerel genetik kaynakların korunması ve çeşit geliştirme programları açısından önemli bir fırsat sunmaktadır.

3.2. Biyokimyasal Özelliklerin Değerlendirilmesi

Berberis crataegina DC. genotiplerinin biyokimyasal içerikleri değerlendirildiğinde, toplam fenolik içerik, flavonoid düzeyi, antosiyanin miktarı ve genel antioksidan

kapasite gibi parametreler açısından genotipler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($p < 0.05$) (Tablo 4).

Tablo 4. Karamuk (Berberis crataegina DC.) Genotiplerinin Biyokimyasal Özelliklerine Ait Ortalama ± Standart Sapma Değerleri

Genotip	Toplam Fenolik (mg GAE/g)	Toplam Flavonoid (mg QE/g)	Toplam Antosiyanin (mg cyn-3-gluc /g)	Toplam Antioksidan (% inhibisyon)
G1	219.72 ± 2.00 m	161.66 ± 2.10 f	6.35 ± 0.04 n	87.07 ± 0.50 b
G2	274.31 ± 2.30 fg	194.30 ± 1.04 c	6.83 ± 0.04 k	68.97 ± 0.12 n
G3	276.20 ± 2.20 f	140.92 ± 1.40 ı	6.16 ± 0.02 pq	84.48 ± 0.40 d
G4	279.45 ± 1.30 e	145.00 ± 0.85 h	6.51 ± 0.03 m	62.93 ± 0.80 s
G5	228.09 ± 1.04 k	139.07 ± 0.60 j	4.76 ± 0.01 v	67.24 ± 0.40 o
G6	194.58 ± 1.10 r	128.70 ± 0.80 kl	6.28 ± 0.01 no	81.03 ± 0.10 e
G7	**297.55 ± 1.00 a**	150.18 ± 0.50 g	6.33 ± 0.03 no	60.34 ± 0.13 v
G8	285.53 ± 0.80 c	127.59 ± 0.63 l	6.06 ± 0.03 qr	64.66 ± 0.25 q
G9	279.58 ± 1.20 e	137.59 ± 1.10 j	**11.76 ± 0.03 a**	59.48 ± 0.70 w
G10	263.91 ± 1.10 ı	114.63 ± 0.80 o	7.38 ± 0.03 h	62.93 ± 0.70 s
G11	283.23 ± 1.21 d	203.14 ± 1.18 ab	6.68 ± 0.04 l	65.52 ± 0.40 p
G12	**190.53 ± 1.03 s**	117.22 ± 0.40 n	9.07 ± 0.06 c	80.17 ± 0.10 f
G13	235.80 ± 1.30 j	112.40 ± 0.30 p	4.88 ± 0.03 u	73.28 ± 0.38 l
G14	267.96 ± 2.00 h	128.70 ± 1.20 kl	6.31 ± 0.01 no	61.21 ± 0.41 u
G15	196.07 ± 1.07 r	112.40 ± 0.60 p	4.58 ± 0.03 w	61.21 ± 0.40 u
G16	212.69 ± 0.40 o	151.66 ± 0.30 g	8.00 ± 0.02 f	**87.93 ± 0.70 a**
G17	219.99 ± 1.20 m	124.63 ± 1.10 m	4.96 ± 0.01 u	74.14 ± 0.13 k
G18	274.72 ± 1.20 fg	183.89 ± 0.80 d	7.25 ± 0.01 ı	75.00 ± 0.37 j
G19	295.12 ± 0.90 b	116.48 ± 1.5 2n	8.17 ± 0.05 e	63.79 ± 0.21 r
G20	213.09 ± 0.70 o	115.74 ± 1.20 no	5.48 ± 0.01 s	76.72 ± 0.32 h
G21	282.15 ± 1.20 d	138.43 ± 1.05 j	6.61 ± 0.04 lm	61.21 ± 0.43 u
G22	208.77 ± 1.20 p	116.11 ± 0.70 no	7.43 ± 0.05 h	62.07 ± 0.50 t
G23	273.50 ± 3.00 g	129.81 ± 1.01 k	5.46 ± 0.02 s	**57.76 ± 0.50 x**
G24	222.28 ± 1.10 l	97.96 ± 1.50 q	4.98 ± 0.03 u	69.83 ± 0.50 m
G25	228.23 ± 1.20 k	123.89 ± 0.60 m	6.04 ± 0.02 r	64.66 ± 0.30 q
G26	196.74 ± 1.04 r	93.89 ± 0.70 r	8.73 ± 0.01 d	67.24 ± 0.60 o
G27	216.61 ± 1.01 n	145.37 ± 1.10 h	7.58 ± 0.03 g	62.07 ± 0.60 t
G28	261.74 ± 1.70 ı	175.37 ± 1.20 e	11.52 ± 0.02 b	60.34 ± 0.20 v
G29	209.85 ± 0.70 p	115.74 ± 0.78 no	**4.54 ± 0.02 w**	75.86 ± 0.60 ı
G30	202.28 ± 1.10 q	**82.03 ± 0.60 s**	7.01 ± 0.01 j	77.59 ± 0.70 g
G31	274.05 ± 1.09 fg	**203.89 ± 0.64 a**	5.34 ± 0.02 t	85.34 ± 0.24 c
G32	272.96 ± 1.40 g	194.26 ± 0.48 c	6.23 ± 0.03 op	67.24 ± 0.40 o
G33	283.36 ± 2.10 cd	202.03 ± 1.16 b	6.58 ± 0.04 lm	64.66 ± 0.76 q

Fenolik bileşikler; bitkisel sekonder metabolitler arasında yer alan, aromatik halkalara bağlı hidroksil grupları içeren organik yapılar olarak tanımlanmaktadır. Tüm bitkiler çevresel stres faktörlerine karşı savunma amacıyla bu bileşikleri üretir; bu üretim, türden türe değişen yapısal çeşitlilikle kendini gösterir. Fenolik bileşikler, bitkilerde hem biyotik hem de abiyotik stres faktörlerine karşı savunma mekanizmalarının bir parçası olarak görev yaparken; aynı zamanda meyve ve sebzelerin renk, aroma ve tat

gibi duyusal özelliklerinin oluşumunda da belirleyici rol üstlenmektedir. Bu nedenle doğada karşılaştığımız zengin renk ve doku çeşitliliği büyük ölçüde fenolik bileşiklerin varlığına bağlıdır. Polifenollerin antioksidan kapasitesi, inflamasyon düzenleyici etkileri ve metabolik denge üzerindeki rolü, son dönem araştırmalarla insan sağlığı açısından kritik bileşikler olarak tanımlanmalarını sağlamıştır. Bu bileşiklerin antienflamatuar, antidiyabetik, antialerjik, antimikrobiyal ve antikarsinojenik özellikler gösterdiği bildirilmiştir. Bu nedenle fenolik bileşikler gıda endüstrisinde meyve, sebze, tahıl, baklagil gibi birçok ürünün doğal bileşeni olarak önemli bir yer edinmiştir (Atak ve Uslu, 2018). *Berberis crataegina DC.* genotiplerinde toplam fenolik madde miktarları, G12 örneğinde 190.53 mg GAE/100 g ile en düşük; G7 örneğinde ise 297.55 mg GAE/100 g ile en yüksek düzeyde tespit edilmiştir. Bu özelliğiyle G7 genotipi en yüksek fenolik içeriğe sahip olurken, onu 295.12 mg GAE/100 g ile G19 genotipi yakından takip etmiştir. En düşük fenolik içerikli genotipler G12, G6, G15 ve G26 çıkmıştır.

Bitkiler tarafından sekonder metabolitler olarak sentezlenen flavonoidler genellikle birincil metabolitler olan karbonhidratlar ve aminoasitlerden türetilir. Flavonoid bileşikleri antioksidan nitelikteki fenolik türevler arasında yer almakta olup moleküler ağırlıkları düşük olan bu bileşikler, bitkisel dokularda pigment oluşumunda görev alarak meyve, çiçek ve yaprak gibi organlara renk kazandırırlar. Fenolik yapıların fizyolojik etkileri yalnızca bitkisel sistemlerle sınırlı kalmayıp; insan sağlığı açısından da kardiyovasküler koruma, nörolojik denge ve antioksidan savunma gibi çok yönlü faydalar sunmaktadır. Yapılan çalışmalar flavonoidlerin özellikle kardiyovasküler hastalıklara karşı koruyucu etkiler sunduğunu ortaya koymuştur. Flavonoidlerin düzenli tüketimlerinin kanser, kalp-damar hastalıkları ve benzeri kronik rahatsızlıkların görülme sıklığını azaltabileceği bildirilmiştir (Birman, 2012). Çalışmamızda en yüksek toplam flavonoid içeriği sırasıyla G31 (203.89 mg QE/100 g), G11 (203.14 mg QE/100 g) ve G33 (202.03 mg QE/100 g) genotiplerinde belirlenmiştir. Buna karşılık, G30 (82.03 mg QE/100 g) ve G26 (93.89 mg QE/100 g) en düşük flavonoid değerlerine sahip genotiplerdir.

Antosiyaninler, doğal antioksidanlar olarak görev yaparak serbest radikallerin ve toksik bileşiklerin zararlı etkilerine karşı koruyucu bir bariyer oluştururlar. Protein, DNA ve lipit gibi temel biyomoleküllerin oksidatif hasarını önlemeleri sayesinde kronik

hastalıkların görülme riskini azaltabilir; aynı zamanda iltihaplanmayı hafifletici etki gösterdikleri bilinmektedir. Araştırmalar antosiyaninlerin DNA hasarlarını onarma potansiyeline sahip olduğu, tümör hücrelerinde apoptoz sürecini teşvik ettiğini, lipoprofilleri dengelediğini, damar endotel fonksiyonlarını iyileştirdiğini, trombosit reaktivitesini azalttığını ve nörotoksisite üzerindeki iyileştirici etkilerini ortaya koymuştur. Antosiyaninler sadece sağlık alanında değil, endüstriyel uygulamalarda da dikkat çekmektedir. Kozmetik ürünlerde kullanılan bu bileşikler, gıdalara yalnızca renk çekiciliği kazandırmakla kalmaz aynı zamanda oksidatif stabilitelerini artırarak raf ömürlerinin uzatılmasına da katkı sağlarlar (Espin ve ark., 2000). G9 (11.76 mg cyn-3-gluc/100 g) ve G28 (11.52 mg cyn-3-gluc/100 g) genotipleri bu parametrede öne çıkarken, en düşük antosiyanin konsantrasyonu 4.54 mg cyn-3-gluc/100 g ile G29 genotipinde gözlenmiştir.

Antioksidanlar, serbest radikalleri etkisiz hale getirerek organizmanın bu zararlı moleküllerden korunmasına ve hücresel yenilenme süreçlerinin desteklenmesine katkı sağlayan biyoaktif bileşiklerdir. Serbest radikaller, çoğunlukla normal metabolik süreçler sırasında oluşur ve özellikle lipid oksidasyonu yoluyla hücre zarlarına zarar vererek hücre hasarına ve apoptoza neden olabilirler. Antioksidanların önemli bir kısmı; mikroorganizmalar (örneğin bakteriler ve mantarlar), bitkiler ve organizmanın kendi endojen biyokimyasal mekanizmaları tarafından sentezlenmektedir. Bu nedenle doğal kaynaklı antioksidanlar biyoyararlanım, güvenlik ve çevresel sürdürülebilirlik açısından öncelikli tercih edilen bileşikler arasında yer almaktadır (Pokorny, 2007). Antioksidan kapasite değerleri açısından G16 (%87.93) ve G1 (%87.07) genotipleri en yüksek etki düzeyine ulaşırken, G23 genotipi %57.76 ile en düşük aktiviteyi sergilemiştir. Bu bulgular, genotiplerin biyokimyasal profillerinde önemli farklılıklar bulunduğunu ve özellikle G7, G16, G31 ve G9 gibi genotiplerin fenolik zenginlik ve antioksidan etkinlik açısından ön plana çıktığını ortaya koymaktadır.

Berberis türlerinin biyokimyasal içerikleriyle ilgili yürütülen çok sayıda araştırma, bu türlerin toplam fenolik, flavonoid, antosiyanin ve antioksidan bileşenleri açısından dikkat çekici çeşitlilik sergilediğini ortaya koymuştur. Literatürde bildirilen toplam fenolik içerikler geniş bir skalada yer almakta olup; örneğin Akbulut ve ark. (2009) 789.32 mg GAE/100 g, Sasikumar ve ark. (2012) 410 mg GAE/100 g, Hassanpour ve Alizadeh (2016) 347.52–623,07 mg GAE/100 g, Ersoy ve ark. (2018) 228.10–346.20

mg GAE/100 g, Goodarzi ve ark. (2018) 4.44–28.93 mg GAE/100 g, Gholizadeh-Moghadam ve ark. (2019) 25.98 - 94.04 mg GAE/100 g ve Eroğlu ve ark. (2020) 140.00-448.30 mg GAE/100 g olarak bildirmiştir. Toplam flavonoid içerikleri bakımından ise Demirci (2022) 62.58 mg QE/100 g, Charehsaz ve ark. (2015) 274.20 mg QE/100 g, Hassanpour ve Alizadeh (2016) 132.66-280.00 mg QE/100 g ve Gholizadeh-Moghadam ve ark. (2019) 2.96-76.70 mg QE/100 g değerlerini rapor etmiştir. Toplam antosiyanin içeriklerine yönelik olarak, Hassanpour ve Alizadeh (2016) 16.32-91.66 mg cyn-3-gluc/100 g, Goodarzi ve ark. (2018) araştırmalarına göre 7.00-70.00 mg cyn-3-gluc/100 g, Ersoy ve ark. (2018) araştırmalarına göre 36.00-87.40 mg cyn-3-gluc/100 g aralığında değerler bildirilmiştir. Antioksidan aktiviteye dair (DPPH) elde edilen sonuçlar ise Yıldız ve ark. (2014) %75.01–%90.64, Hassanpour ve Alizadeh (2016) %20.47–%74.72, Gholizadeh-Moghadam ve ark. (2019) %13.20-%56.84 ve Demirci (2022) %90.74 seviyelerinde rapor edilmiştir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, genel hatlarıyla literatürde yer alan bulgularla benzerlik göstermektedir (Tablo 4). Ancak, bazı değerler literatürdeki çalışmalardan yüksek, bazıları ise daha düşük bulunmuştur. Bu farklılıklar, tür ve genotip çeşitliliği, çevresel koşullar, toprak yapısı, yetiştiricilik yöntemleri ve kullanılan analiz teknikleri gibi etkenlerle açıklanabilir.

3.3. Parametreler Arasındaki İlişkilerin Korelasyon Yoluyla İncelenmesi

Korelasyon analizi, iki ya da daha fazla değişken arasındaki ilişki düzeyinin belirlenmesine yönelik istatistiksel bir yöntemdir. Bu analiz, bir değişkende gözlenen varyasyonun diğer değişkenler üzerindeki etkisini nicel olarak ortaya koymakta; değişkenler arasındaki doğrusal ilişkinin yönünü (pozitif/negatif) ve şiddetini (ilişkinin gücü) istatistiksel ölçütler aracılığıyla tanımlamaktadır. En yaygın kullanılan korelasyon katsayısı olan Pearson korelasyon katsayısı (r) bu doğrusal ilişkinin büyüklüğünü -1 ile +1 arasında değerlendirir.

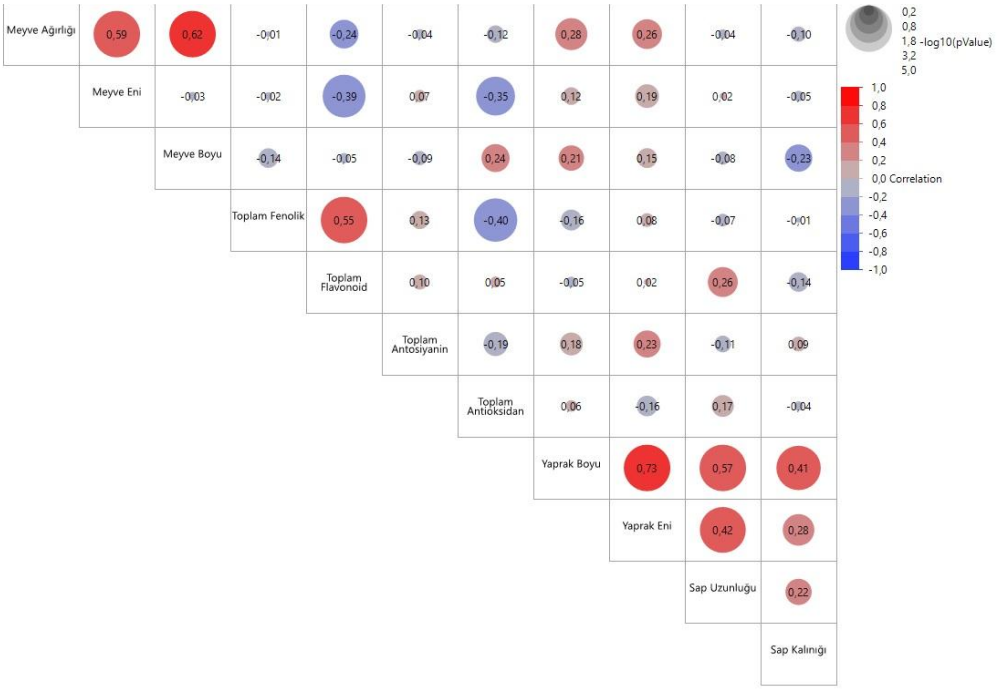
Pozitif korelasyon, değişkenlerin birlikte artıp azaldığını (doğru orantı); negatif korelasyon ise bir değişken artarken diğer değişkenin diğerinin azaldığını (ters orantı) ifade eder. Sıfıra yakın korelasyon değerleri, iki değişkenin birbirinden bağımsız ya da ilişkisinin çok zayıf olduğunu göstererek, istatistiksel anlamlılık açısından sınırlı bir bağa işaret eder. Korelasyon analizleri özellikle bilimsel çalışmalarda değişkenler

arasındaki potansiyel ilişkileri ortaya koymak ve hipotezleri desteklemek açısından kritik önem taşımaktadır.

Çalışma kapsamında karamuk genotiplerinde incelenen morfolojik ve biyokimyasal özellikler arasında istatistiksel olarak anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir (Şekil 11). Yaprak ve meyveye ait morfolojik parametreler, grup içi analizlerde yüksek korelasyon katsayılarıyla pozitif yönde ilişkilendirilmiştir. Özellikle yaprak özellikleri arasında en yüksek korelasyon, yaprak boyu ile yaprak eni arasında bulunmuş olup bu ilişki (r = 0.73) olarak belirlenmiştir. Yaprak gelişimi hem uzunluk hem de en açısından paralel bir artış sergilemekte olup, bu durum bitkisel morfolojide yapısal bütünlüğün korunduğunu göstermektedir. Benzer şekilde meyve özellikleri açısından en güçlü ilişki, meyve ağırlığı ile meyve boyu arasında tespit edilmiş (r = 0.62) ve bu parametrelerin birlikte değişme eğiliminde olduğu gözlemlenmiştir. Biyokimyasal içeriklere ilişkin olarak, en yüksek korelasyon katsayısı toplam fenolik içerik ile toplam flavonoid içerik arasında hesaplanmıştır. Bu değer (r = 0.55) ile çalışmamızdaki kimyasal içerikler arasındaki en güçlü pozitif ilişkinin toplam fenolik içerik ile toplam flavonoid içerik arasında olduğu gösterilmiştir. Bu bulgu, flavonoidlerin fenolik bileşiklerin alt sınıfını oluşturması nedeniyle, ortak biyosentetik mekanizmalardan kaynaklanabilecek doğal bir ilişkiyi yansıtmaktadır.

Negatif korelasyonlara baktığımızda ise çalışmada en yüksek düzeyde negatif korelasyon, toplam fenolik madde miktarı ile toplam antioksidan madde miktarı arasında (r = -0.40) tespit edilmiştir. Gözlemlenen anlamlı negatif korelasyon, fenolik bileşiklerin her zaman doğrudan antioksidan kapasiteyi artırmadığını ortaya koymaktadır. Bu durum, antioksidan etkinliğin yalnızca fenolik madde miktarına bağlı olmadığını, aynı zamanda bileşiklerin türü, yapısal özellikleri ve ekstrakt kompozisyonundaki diğer bileşenlerle olan etkileşimlerine göre değişebileceğini göstermektedir. Meyve eni ile toplam flavonoid madde miktarı arasında (r = - 0,39) gözlemlenen negatif korelasyon, geniş yapılı meyvelerde flavonoid birikiminin sınırlı olabileceğini göstermektedir. Bu durum, flavonoidlerin meyve dokusu içinde homojen dağılmadığını veya daha kompakt yapıdaki meyvelerde yoğunlaşabileceğini düşündürmektedir. Geniş meyve enine sahip genotiplerde meyve dokusunun su oranı, hücre hacmi veya metabolik aktivitesi flavonoid sentezini olumsuz etkiliyor olabilir.

Elde edilen bulgular, seleksiyon sürecinde yalnızca morfolojik özelliklerin değerlendirilmesinin yetersiz kalabileceğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, genotiplerin agronomik açıdan değerlendirilmesinde içerik profillerinin de morfolojik parametrelerle birlikte dikkate alınması, daha kapsamlı ve etkili seçim stratejilerinin geliştirilmesine olanak sağlayacaktır.



Şekil 11. Morfolojik ve Biyokimyasal Özellikler Arasındaki Korelasyonlar

Bu çalışmada elde edilen korelasyon verileri, Berberis türlerine yönelik daha önce yapılan çalışmaların sonuçlarıyla uyum göstermektedir (Jannatizadeh and Khadivi-Khub, 2016; Goodarzi ve ark., 2018; Rezaei ve ark., 2020). Nitekim, özellikler arası bu tür ilişkilerin belirlenmesi, ıslah programlarında ebeveyn seçimi ve genotiplerin önceliklendirilmesi açısından büyük önem arz etmektedir (Khadivi-Khub, 2014; Norman ve ark., 2011).

3.4. İncelenen Özelliklerin Temel Bileşen Analizi (TBA)

Temel Bileşen Analizi (TBA), genetik varyasyonun altında yatan örüntüleri ortaya koymak amacıyla, çok sayıda özelliği daha az sayıda bileşene indirgemek ve bu bileşenlerin varyasyon üzerindeki katkı düzeylerini belirlemek için sıklıkla tercih edilen çok değişkenli istatistiksel bir yöntemdir. Özellikle ilk üç temel bileşenin, genotiplerin karakterizasyon sürecinde anlamlı düzeyde zaman ve kaynak tasarrufu sağladığı

bildirilmektedir (Iezzoni ve Pritts, 1991). Bu çalışmada meyve, yaprak ve biyokimyasal özellikleri temsil eden 11 parametreye ilişkin TBA uygulanmış ve özdeğeri (eigenvalue) 1'in üzerinde olan dört bileşen toplam varyasyonun %71.89'unu açıklamıştır. Analizin güvenilirliğini artırmak amacıyla, yalnızca özdeğeri 1'in üzerinde olan temel bileşenler değerlendirmeye alınmıştır. Analiz sonucu bulunan değerler Tablo 5 'de gösterilmiştir.

Tablo 5. Çalışmada İncelenen Özelliklerin Temel Bileşen Analizi (TBA) ve Katkı Oranları

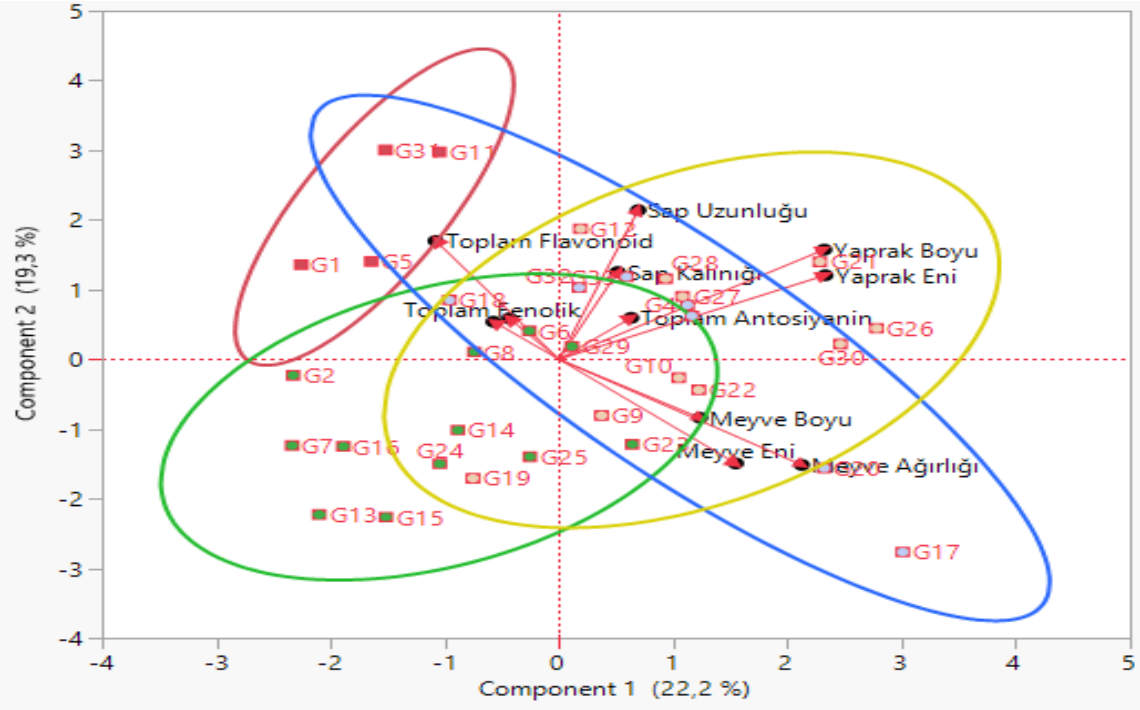
Özellikler	TBA1	% Katkı	TBA2	% Katkı	TBA3	% Katkı	TBA4	% Katkı
Meyve Ağırlığı	0,37	**13,51**	-0,43	**18,69**	0,13	1,69	0,29	8,13
Meyve Eni	0,29	**8,19**	-0,34	**11,80**	0,34	**11,75**	-0,17	2,86
Meyve Boyu	0,21	4,32	-0,33	**10,68**	-0,21	4,49	0,52	**27,29**
Toplam Fenolik	-0,10	0,98	0,26	6,66	0,50	**25,04**	0,36	**12,79**
Toplam Flavonoid	-0,15	2,14	0,44	**19,06**	0,09	0,77	0,53	**28,47**
Toplam Antosiyanin	0,11	1,10	0,16	2,49	0,31	9,54	-0,06	0,33
Toplam Antioksidan	-0,05	0,30	0,02	0,02	-0,62	**38,79**	0,13	1,75
Yaprak Boyu	0,54	**29,43**	0,21	4,28	-0,13	1,81	0,00	0,00
Yaprak Eni	0,50	**25,05**	0,21	4,47	0,09	0,82	0,07	0,55
Sap Uzunluğu	0,31	**9,73**	0,37	**13,47**	-0,23	5,20	0,06	0,37
Sap Kalınlığı	0,23	5,25	0,29	8,37	-0,03	0,10	-0,42	**17,47**
Eigenvalue	2,58		2,06		1,80		1,47	
Yüzde	23,48		18,68		16,39		13,34	
Toplam Yüzde	23,48		42,16		58,55		71,89	

İlk üç bileşen sırasıyla %23.48, %18.68 ve %16.39 oranında varyasyon açıklayarak, genotipler arası farklılıkların büyük bölümünü temsil etmektedir. Bu değerler, özellikle TBA3'ün %16.39'luk katkısıyla, benzer çalışmalarda bildirilen oranlardan (%31.77–%37.77) (Rezaei ve ark., 2020; Jannatizadeh ve Khadivi-Khub, 2016) daha yüksek bulunmuştur ve bu durum, kullanılan genotiplerin çeşitliliği ve analiz kapsamındaki parametrelerin farklılığı ile ilişkilendirilebilir.

Bileşen yüklerine bakıldığında, TBA1'in morfolojik özelliklerle yoğunlaştığı görülmektedir; yaprak boyu (0.54), yaprak eni (0.50), meyve ağırlığı (0.37) ve sap uzunluğu (0.31) bu bileşene güçlü katkı sağlamıştır. TBA2, hem meyve morfolojisi (meyve ağırlığı, eni ve boyu) hem de toplam flavonoid gibi biyokimyasal içerikler ve yaprak özelliklerinden yaprak sap uzunluğu ile ilişkilidir. TBA3, özellikle toplam antioksidan kapasite (–0.62) ve toplam fenolik içerik (0.50) ile güçlü bir biyokimyasal ekseni temsil ederken, TBA4'ün en yüksek katkısı toplam flavonoid (0.53) ve meyve

boyu (0.52) üzerinden gelmiştir. Bu durum, genotipler arasında biyokimyasal ve morfolojik özelliklerin farklı temel bileşenlerde ayrıştığını ve TBA'nın çoklu karakter analizinde etkili bir araç olduğunu göstermektedir (Tablo 5).

Karamuk genotiplerinin TBA1 ve TBA2 temel bileşenlerine göre iki boyutlu düzlemdeki dağılımı Şekil 12'de sunulmuştur.



Şekil 12. Karamuk Genotiplerinin TBA1 ve TBA2 Bileşenine Ait Biplot Grafiği

TBA analizi sonucunda ilk iki temel bileşen (TBA1 ve TBA2), varyasyonun %42.16'sını açıklamıştır. TBA1 bileşeni, özellikle yaprak boyu (+0.54) ve yaprak eni (+0.50) gibi morfolojik parametrelerle şekillenirken; TBA2, toplam flavonoid (+0.44) ve fenolik (+0.26) içerik gibi biyokimyasal değişkenlerle pozitif yönde ilişki göstermektedir. Bu durum, genotipler arasındaki ayrışmanın hem morfolojik hem de biyokimyasal eksenlerde gerçekleştiğini ortaya koymaktadır. TBA biplot grafiğinde birbirine yakın konumlanan genotipler (örneğin G27 ve G28), benzer özellik profilleri sergilemekte olup; bu yakınlık yapısal ve içerik düzeyindeki benzerlikleri istatistiksel olarak doğrulamaktadır. Bu bağlamda TBA, genotiplerin çoklu değişkenler üzerinden sınıflandırılmasında etkili bir araç olmuştur.

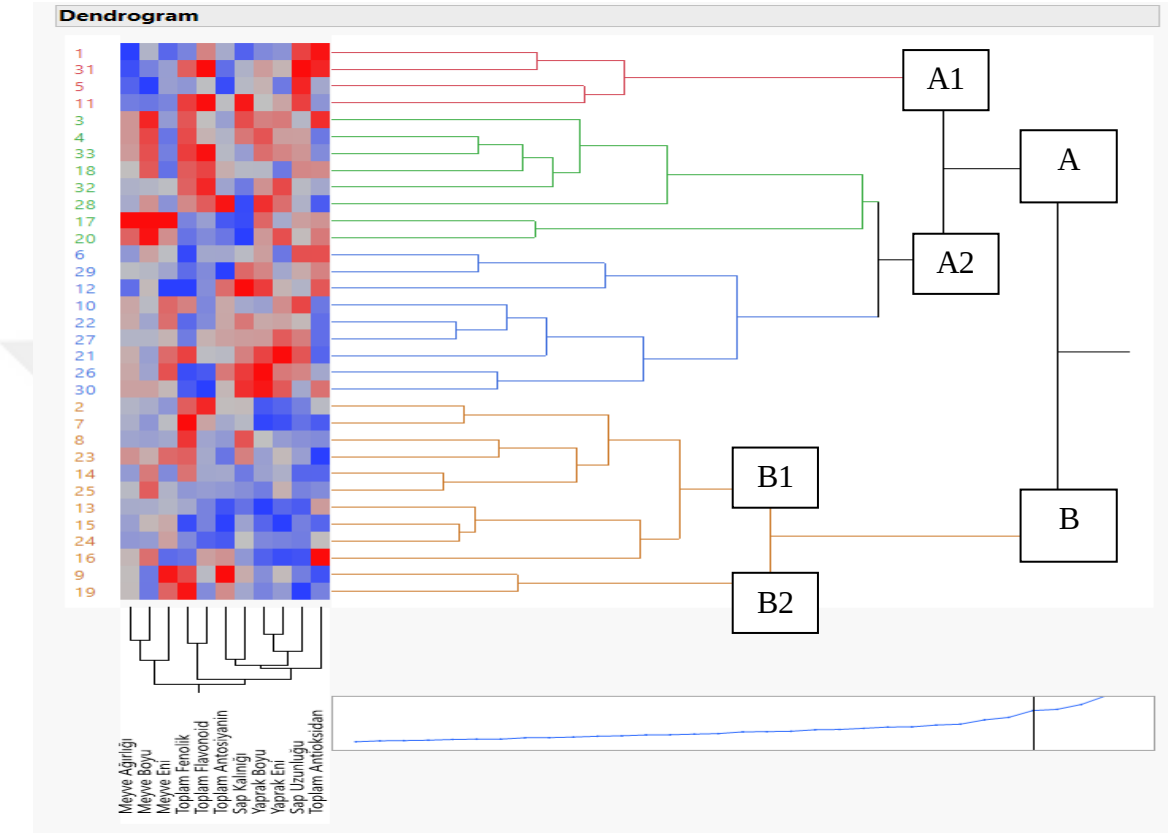
Yapılan genotip bazlı karşılaştırmalarda TBA'nın özellikle morfolojik bileşen olan TBA1'de yüksek düzeyde örtüşme sağladığı görülmüştür. Meyve boyutu, yaprak uzunluğu gibi parametreleri yüksek olan bireyler (örneğin G17, G26), TBA düzleminde sağ eksende konumlanmıştır. Biyokimyasal bileşen olan TBA2 için ise G31 ve G16 gibi içerik açısından zengin bireylerin daha alt bölgelerde kalması gibi örneklerde kısmi uyumsuzluklar gözlenmiştir. Bu durum, TBA modelinin antioksidan gibi bazı değişkenleri düşük yük değeriyle temsil etmesi ve toplam varyasyonun yalnızca %42.16'sını açıklamasıyla açıklanabilir. Yine de genel olarak, TBA'nın genotipleri çoklu değişkenler üzerinden etkili şekilde sınıflandırdığı görülmektedir.

3.5. Heatmap ve Hiyerarşik Kümeleme Analizi

Heatmap ve hiyerarşik kümeleme analizi, hem genotipleri hem de ilgili morfolojik ve biyokimyasal değişkenleri çok boyutlu düzlemde birlikte değerlendirme imkânı sunarak, varyasyonun desenlerini görsel olarak ortaya koyan güçlü analiz yaklaşımlarındandır. Bu çalışmada, karamuk genotipleri arasında hem morfolojik hem de biyokimyasal farklılıkları görselleştirmek ve benzer profillere sahip genotipleri gruplamak amacıyla ısı haritası ve hiyerarşik kümeleme analizi (HKA) gerçekleştirilmiştir. Analizlerde, genotiplere ait standartlaştırılmış (z-skor) veri matrisi kullanılmış ve kümeleme "ward" yöntemi ile yapılmıştır. Elde edilen ısı haritasında, genotiplerin değişken düzeyleri renk kodlarıyla görselleştirilmiş ve benzer davranış sergileyen genotipler dendrogram üzerinde ortak dallarda gruplanmıştır.

Hiyerarşik kümeleme analizine göre, genotipler iki ana grupta (A ve B) toplanmıştır (Şekil 13). A grubu kendi içinde A1 ve A2 olmak üzere iki alt kümeye ayrılmış; A1 grubunda 4, A2 grubunda ise 17 genotip yer almıştır. Benzer şekilde, B grubu da B1 ve B2 olarak iki alt kümeye ayrılmış olup, bu alt gruplarda sırasıyla 10 ve 2 genotip sınıflandırılmıştır. Çok değişkenli analizler, genotipler arasında yapısal ve içeriksel varyasyonları istatistiksel düzlemde yansıtarak, bireyler arasındaki benzerlik ve ayrımları anlamlı şekilde ortaya koymuştur. A grubu, kimyasal içerik açısından zenginlik gösteren G1, G5, G11 ve G31 genotiplerinin yer aldığı A1 alt grubuyla birlikte toplam 21 birey içermektedir. A1 alt grubunda yer alan G1, G5, G11 ve G31 genotipleri; özellikle yaprak sap uzunluğu, toplam antioksidan aktivitesi ve yüksek fenolik-flavonoid içeriği ile dikkat çekmektedir. B grubu ise daha dengeli ya da

morfolojik olarak gelişmiş bireyleri barındırmakta; özellikle G9 ve G19 genotiplerinin oluşturduğu B2 alt grubunun meyve eni, toplam fenolik ve antosiyanin içerikleri bakımından öne çıktığı görülmektedir.



Şekil 13. Karamuk Genotiplerinin Meyve, Yaprak ve Biyokimyasal Özelliklerine Ait Isı Haritası ve Hiyerarşik Kümeleme

Bu bulgular, heatmap analizinin morfolojik ve biyokimyasal parametreleri eş zamanlı değerlendirerek genotipleri bütüncül şekilde sınıflandırmada etkili olduğunu göstermekte; ıslah çalışmaları için çok yönlü karar desteği sunmaktadır (Şekil 13).

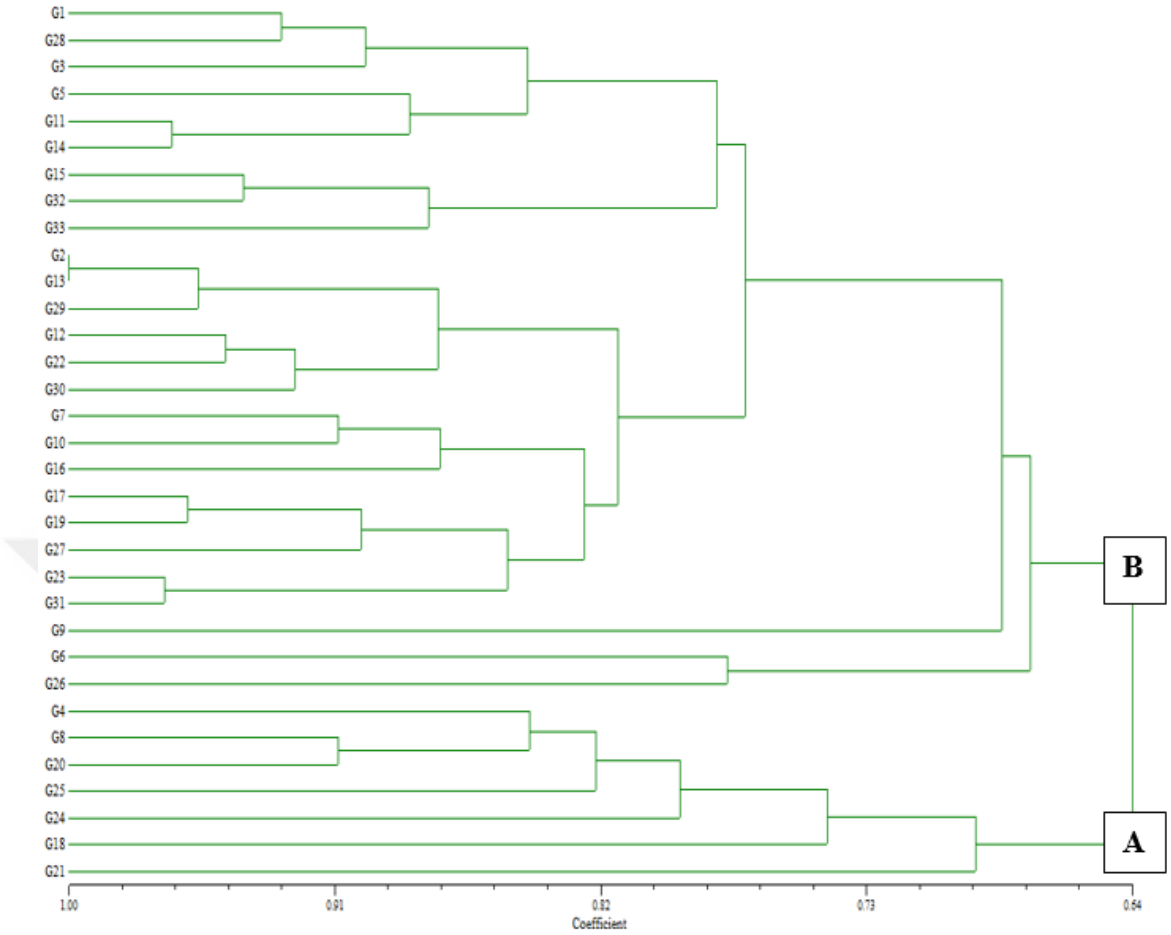
3.6. Moleküler Analizler

Bu çalışmada, Kayseri'nin farklı bölgelerinden elde edilen 33 yerel karamuk genetik materyali kullanılmıştır. Moleküler çeşitliliği belirlemek amacıyla yapılan ISSR ön taramaları sonucunda genetik ayrımı en iyi yansıtan 9 primer seçilmiş ve bu primerlerle PCR analizleri yürütülmüştür. Tablo 6'da primerlere ait bant uzunluğu aralıkları, toplam bant sayısı, polimorfik bant sayısı, polimorfizm oranları ve polimorfik bilgi içerikleri özetlenmiştir. Uygulanan ISSR analizleri sonucunda toplam 72 adet skorlanabilir bant elde edilmiş ve bunların 58'i (%82.24) polimorfik olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 6. ISSR Primerlerine Ait Toplam ve Polimorfik Bant Sayıları ile Polimorfizm Oranları Bilgileri

Primer	T.Bant Sayısı	Polimorfik Bant Sayısı(adet)	Polimorfizm Oranı(%)	Baz Uzunluğu (bp)
$(GA)_8YG$	9.00	8.00	88.89	200-1000
$(GAA)_6$	6.00	6.00	100.00	220-750
$(CAC)_3GC$	4.00	3.00	75.00	300-1000
$BDB(CA)_7C$	8.00	8.00	100.00	350-1000
$VHV(GTG)_7$	11.00	10.00	90.91	250-950
$(GT)_6GG$	5.00	5.00	100.00	400-1000
$(AGC)_6G$	7.00	4.00	57.14	250-950
$DBDA(CA)_7$	9.00	6.00	66.67	400-1000
$HVH\ (TCC)_7$	13.00	8.00	61.54	400-1100
Ortalama	8.00	6.44	82.24	-
Toplam	72.00	58.00	-	-

Primerlere ait bant sayıları 4 ($(CAC)_3GC$) ile 13 ($HVH\text{-}(TCC)_7$) arasında değişmekte olup; elde edilen fragment uzunlukları 200 ile 1100 bp arasında dağılım göstermiştir. Ortalama bant sayısı 8.00, ortalama polimorfik bant sayısı 6.44 ve ortalama polimorfizm oranı %82.24 olarak hesaplanmıştır. Literatürde Berberis türlerinde ISSR temelli moleküler çalışmalar sınırlı olmakla birlikte; Pınar ve ark. (2021), 20 ISSR primeriyle gerçekleştirdikleri analizde ortalama 7.50 bant ve %74.00 polimorfizm oranı elde ettiklerini bildirmiştir. Safamanesh ve ark. (2017) tarafından yürütülen çalışmada ise 10 ISSR ve 5 SSR primeri kullanılmış; ISSR primerleriyle ortalama 9.80 bant, %79.98 polimorfizm oranı ve 300–1300 bp aralığında bant uzunlukları rapor edilmiştir. Bu çalışma sonucunda elde edilen polimorfizm düzeyi ve bant yapısı önceki araştırmalarla genel olarak benzerlik göstermekte olup, bazı parametreler bakımından daha yüksek veya daha düşük değerlerin gözlenmesi; primer seçimi ve kullanılan genetik materyalin farklılığına bağlanabilir. Elde edilen yüksek polimorfik bant verileri, seçilen 9 ISSR primerinin *Berberis crataegina DC.* türü üzerinde çeşitliliği ayırt etme gücüne sahip olduğunu göstermekte ve bu primerlerin tür düzeyinde moleküler çalışmalar için uygunluğunu desteklemektedir. ISSR primerlerinden elde edilen skorlanabilir bantlara dayalı olarak, genotipler arasındaki genetik benzerlik düzeylerini belirlemek amacıyla UPGMA yöntemiyle dendrogram oluşturulmuştur (Şekil 14).



Şekil 14. Karamuk Genotiplerinin ISSR Primerleri Verisine Dayalı Olarak Oluşturulan UPGMA Dendogramı

Bu analiz sonucunda, genotiplerin benzerlik indeksleri 0.64 ile 1.00 arasında değişim göstermiş ve bireyler iki ana genetik grup altında sınıflandırılmıştır. A grubu kendi içerisinde iki alt gruba ayrılmış; bu grupta yer alan G21 genotipi 0.70 benzerlik indeksiyle analiz edilen bireyler arasında en uzak genetik yapıya sahip genotip olarak belirlenmiştir. G4, G8, G18, G20, G24 ve G25 numaralı genotipler de A grubunda diğer bireyler olarak yer almıştır. Diğer tüm genotipler B grubunu oluşturmuş ve bu grup içerisinde G2 ile G13 genotipleri 1.00 benzerlik indeksiyle birbirine en yakın bireyler olarak saptanmıştır. Moleküler analiz sonucunda G2 ve G13 genotipleri arasında 1.00 benzerlik indeks değeriyle birbirine en yakın bireyler olarak belirlenmesi ISSR markerlarının bu iki genotipin genetik olarak oldukça yakın kökene sahip olduğunu göstermektedir. Bu iki genotipe ait biyokimyasal veriler incelendiğinde, özellikle flavonoid ve antosiyanin düzeyleri arasında belirgin farklılıklar saptanmıştır. Bu durum, genetik düzeyde yüksek benzerlik gösteren bireylerde dahi, bileşik birikiminin çevresel etmenler ve epigenetik regülasyon gibi faktörlerden etkilenebileceğini ortaya

koymaktadır. Elde edilen bulgular, genetik olarak yakın bireyler arasında bile biyokimyasal çeşitliliğin oluşabileceğini ve bu çeşitliliğin yalnızca genotipal yapıdan değil, aynı zamanda çevresel uyaranlara verilen moleküler tepkilerden de kaynaklanabileceğini göstermektedir.

Elde edilen benzerlik aralıkları, literatürde farklı *Berberis* türleri ile yapılan ISSR ve diğer moleküler markır çalışmalarla karşılaştırıldığında uyumluluk göstermektedir. Örneğin, Pınar ve ark. (2021) ISSR temelli çalışmalarında benzerlik indeksini 0.84–1.00 arasında rapor ederken, Safamanesh ve ark. (2017) benzer analizlerde 0.27–0.70 aralığında değerler elde etmişlerdir. AFLP markerları ile yapılan çalışmalarda Côté ve Leduc (2007), benzerlik oranlarını 0.30–1.00 aralığında; SSR primerleri ile Rezaei ve ark. (2011) 0.54–0.96 ve yine Safamanesh ve ark. (2017) 0.18–0.57 arasında belirlemiştir. Söz konusu farklılıkların, kullanılan marker türlerinin ayırt etme gücü ve çalışmalarda değerlendirilen genetik materyallerin kaynaklarına bağlı olarak ortaya çıktığı değerlendirilmektedir.

ISSR markerlerine dayalı olarak oluşturulan UPGMA dendrogramı ile biyokimyasal ve morfolojik özelliklere dayalı olarak yapılan çok değişkenli analiz çıktıları karşılaştırıldığında, kısmen örtüşen yapılar gözlemlenmiştir. Moleküler analizde G21 genotipi, tüm bireylerden uzak bir pozisyonda konumlanarak genetik olarak en farklı birey olarak belirlenmiştir; bu bulgu ısı haritasında G21'in içerik değerlerindeki marjinal farklılığı ile uyumludur. Benzer şekilde G9 ve G19 genotiplerinin hem ISSR analizinde hem de fenotipik kümelerde dikkat çeken pozisyonları, bu bireylerin çok yönlü olarak ayrıştığını göstermektedir. Bununla birlikte bazı bireyler (G13, G10, G32) morfolojik olarak birbirine yakınken, moleküler düzeyde farklı gruplarda yer alarak çevresel etkilerle genetik yapı arasındaki ayrımı yansıtmaktadır. Bu durum, ISSR analizinin genotipler arası içsel genetik farklılıkları ortaya koymada fenotipik analizlerden bağımsız güçlü bir araç olduğunu göstermektedir.

4. BÖLÜM

SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada 2023 – 2024 yıllarında Kayseri ilinin Pınarbaşı, Kocasinan, Melikgazi ve Talas ilçelerinde doğal olarak yetişen *Berberis crataegina DC.* (karamuk) türüne ait 33 genotip morfolojik yapı, biyokimyasal içerik ve moleküler düzeydeki varyasyonları açısından detaylı olarak araştırılmıştır. Genotipler arasında meyve morfolojisi, yaprak yapısı ve biyokimyasal içerikler açısından anlamlı düzeyde varyasyonlar belirlenmiştir. En yüksek antioksidan kapasite G16 (%87.93) genotipinde, en yüksek toplam fenolik içerik G7 (297.55 mg GAE/g) genotipinde, en yüksek flavonoid düzeyi G31 (203.89 mg QE/g) genotipinde, toplam antosiyanin içeriği bakımından en yüksek değer G9 (11.76 mg cyn-3-gluc/g) genotipinde tespit edilmiştir. Meyve ağırlığı bakımından G17 (0.137g) genotipi, diğer genotiplere kıyasla üstün performans göstermiştir. Bu durum, söz konusu genotiplerin ileri ıslah çalışmaları açısından potansiyel bir aday olduklarını göstermektedir. Morfolojik veriler ışığında G3 ve G4 genotipleri; yaprak boyu, meyve morfolojisi ve fenolik içerikleri bakımından yüksek düzeyde benzerlik göstermiştir.

Morfolojik ve biyokimyasal verilere ek olarak, ISSR markerlarıyla yapılan moleküler analizlerin genotipler arasındaki farkları daha güçlü şekilde ortaya koyduğu görülmüştür. Moleküler analizler sonucunda, fenotipik olarak sınırlı benzerlik sergileyen G2 ve G13 genotipleri akraba olarak gruplanmış. Özellikle G3 ve G4 bireylerde yüksek fenotipik (meyve ağırlığı, boyu, yaprak parametreleri, toplam antosiyanin, fenolik, flavonoid) benzerliğe rağmen genetik düzeyde ayrışmaların bulunması, dış görünüşe dayalı benzerliklerin genetik akrabalıkla her zaman örtüşmeyebileceğini ortaya koymuştur. Bu durum, çalışmada kullanılan çok yönlü yaklaşımın (morfolojik, biyokimyasal ve moleküler verilerin birlikte

değerlendirilmesinin) genetik çeşitliliğin daha güvenilir biçimde ortaya konmasına önemli katkı sağladığını göstermektedir.

Analiz edilen genotiplerin yüksek fenolik, flavonoid ve antioksidan içerikleri dikkate alındığında, biyofonksiyonel açıdan zengin bir varyasyona sahip oldukları söylenebilir. Morfolojik ve biyokimyasal verilerin ISSR primerleriyle desteklenerek bir arada değerlendirilmesi, genetik çeşitliliğin daha doğru ve güvenilir biçimde ortaya konmasını sağlamış; bu yaklaşım genotipleri birbirinden ayırt etmede etkinliğini kanıtlamıştır. Elde edilen bulgular, *Berberis crataegina DC.* türünün hem yerel genetik kaynak olarak korunması hem de gelecek dönemlerde yürütülecek ıslah ve kültürleme çalışmalarına temel oluşturması açısından değerli bir veri seti sunduğunu ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, sağlığa yararlı biyoaktif bileşiklere sahip olan yabani meyve türlerinin tüketiminin artırılması ve bu türlerin kültürel bellekteki yerinin korunarak gelecek nesillere aktarılması önem arz etmektedir. Ülkemizde doğal yayılış gösteren ancak yetiştiriciliği büyük ölçüde ihmal edilen bu yabani meyve türünün kültüre alınması; hem üretim sisteminde genetik ve tür çeşitliliğinin artırılmasına katkı sağlayacak hem de atıl durumda bulunan alanların meyvecilik kapsamında değerlendirilmesini mümkün kılacaktır.

KAYNAKÇA

Adiletta, G., et al., 2016. Combined pretreatment for enhancing quality of dried and rehydrated eggplant. **Food Bioprocess Technol. 9**, 1912–1923. https://doi.org/10.1007/s11947-016-1778-y.

Adiletta, G., et al., 2018. Study of pomological traits and physico-chemical quality of pomegranate (Punica granatum L.) genotypes grown in Italy. **Eur Food Res Technol. 244**, 1427–1438. https://doi.org/10.1007/s00217-018-3056-x.

Ahmed, M., Anjum, M. A., Naz, R. M. M., Khan, M. R., & Hussain, S. 2013. Characterization of indigenous barberry germplasm in Pakistan: variability in morphological characteristics and nutritional composition. **Fruits, 68**(5): 409-422.

Ahrendt, L.W.A., 1961, Berberis and Mahonia: A taxonomic revision, **Botan J Linn Soc, 57**, 1–410.

Ağaoğlu, Y.S.,Gerçekçioğlu, R., Üzümsü Meyveler, s. 654, Tomurcukbağ Eğitim Yayınları, Ankara , 2013.

Akbulut, M., Çalışır, S., Marakoğlu, T., & Coklar, H. 2009. Some physicomechanical and nutritional properties of barberry (Berberis vulgaris L.) fruits. **Journal of food process engineering, 32**(4): 497-511.

Alemardan, A., Asadi, W., Rezaei, M., Tabrizi, L., & Mohammadi, S. 2013. Cultivation of Iranian seedless barberry (Berberis integerrima 'Bidaneh'): A medicinal shrub. **Industrial Crops and Products, 50**, 276-287.

Altundağ Çakır, E. ve Akkemik, Ü., 2018, "Berberis L.", Türkiye'nin doğal-egzotik ağaç ve çalıları, 198-200.

Anşin, R., Okatan, A., Özkan, Z. 1994. Doğu Karadeniz Bölgesinin önemli yan ürün veren odunsu ve otsu bitkileri. TÜBİTAK TOAG-903.

Arslanoğlu S F, Ayna O F, 2019, Anadolu Cografyasinda Yayılış Gösteren Berberis Türleri ve Geleneksel Kullanımı. **International Journal of Life Sciences and Biotechnology, 2**(1): p. 36-42.

Atak, E, Yıldız, E, Uslu, M. 2017, "Fenolik Bileşiklerin Enkapsülasyonu". **Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi 2** (2017): 82-92

Baytop, T. 1999. Türkiye'de Bitkiler İle Tedavi. Nobel Tıp Kitabevleri. İstanbul, 480s.

Birman, H. 2012. Bioactivities of plant flavonoids and the possible action mechanisms. **Journal of İstanbul Faculty of Medicine, 75**, 46-49.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. L. W. T. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT-Food science and Technology, 28**(1): 25-30.

Bottini, M. C. J., De Bustos, A., Sanso, A. M., Jouve, N., & Poggio, L. 2007. Relationships in Patagonian species of Berberis (Berberidaceae) based on the characterization of rDNA internal transcribed spacer sequences. **Botanical Journal of the Linnean Society, 153**(3): 321-328.

Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M., & Chern, J. C. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. **Journal of food and drug analysis, 10**(3).

Charehsaz, M., Sipahi, H., Celep, E., Üstündağ, A., Cemiloğlu Ülker, Ö., Duydu, Y., Aydın, A., & Yesilada, E. 2015. The fruit extract of Berberis crataegina DC: exerts potent antioxidant activity and protects DNA integrity. **DARU Journal of Pharmaceutical Sciences, 23**, 1-7.

Choudhary, R. S., Zagade, V. S., & Khalakar, G. D. 2014. ISSR based genotypic differentiation of grape (Vitis vinifera L.). **The Bioscan, 9**(Supplement 2), 823-828.

Cote, M. J., & Leduc, L. 2007. Molecular identification of Japanese barberry (Berberis thunbergii) cultivars using amplified fragment length polymorphism. **HortScience, 42**(3), 478-482.

Çoban, B., 2020. ġekerleme Üretiminde Doğal Renklendirici Olarak Karamuk (Berberis Crataegina) Ekstresinin Kullanımı Üzerine Bir AraĢtırma. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek lisans tezi, 67s, Tekirdağ.

Davis, P. H. 1970. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol. 3.

Davis, P. H., 1982. Flora of Turkey and the east aegean islands (7). Edinburgh: Edinburgh University Press.

Demirci, Ş.Y., 2022. Karamuk (Berberıs crataegına DC.) Meyvesi Antosiyaninlerinin Termal Stabilitesi ve Biyoyararlılıklarının İncelenmesi İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek lisans Tezi, İstanbul.

Deveci HA, Nur G, Kırpık MA, Harmankaya A, Yıldız Y 2016. Fenolik Bileşik İçeren Bitkisel Antioksidanlar. **Kafkas Üniv Fen Bil Enst Derg 9**(1): 26 – 32.

Erarslan, Z. B., & Kültür, Ş. 2019. Ethnoveterinary medicine in Turkey: a comprehensive review. **Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences, 43**(5), 55-582.

Ercan, L. 2024. Bioactive components, antioxidant capacity, and antimicrobial activity of Berberis crataegina fruit. **Pharmacological Research-Natural Products, 2**, 100020.

Eroğlu, A., 2019. Yabani Kızamık (Berberis vulgaris L.) Ve Karamuk (Berberis Crataegina Dc.) Meyvelerinin Bazı Fizikokimyasal Özellikleri Ġle Antioksidan Ve Antimikrobiyal Kapasitesinin Tespit Edilmesi. Bayburt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 90s, Bayburt.

Eroğlu, A. Y., Çakır, Ö., Sağdıç, M., & Dertli, E. 2020. Bioactive characteristics of wild Berberis vulgaris and Berberis crataegina fruits. **Journal of Chemistry, 2020**(1), 8908301.

Ersoy, N., Muhammed, K. U. P. E., Sagbas, H. I., & Ercisli, S. (2018). Physicochemical diversity among barberry (Berberis vulgaris L.) fruits from eastern Anatolia. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 46**(2): 336-342.

Espin JC., Soler-Rivas C., Wichers H., Garcia-Viguera C. Anthocyanin based natural colorants: A new source of foodstuff. **Journal of Agricultural and Food Chemisty 2000; 48**(5): 1588-1592.

Fatahi, R., Ebadi, A., Bassil, N., Mehlenbacher, S. A., & Zamani, Z. 2003. Characterization of Iranian grapevine cultivars using microsatellite markers. **Vıtıs-Geılweılerhof-, 42**(4), 185-192.

Fawole, O.A., et al., 2012. Chemical and phytochemical properties and antioxidant activities of three pomegranate cultivars grown in South Africa. **Food and Bioprocess Technology. 5**, 2934-2940. https://doi.org/10.1007/s11947-011-0533-7.

Gholizadeh - Moghadam, N., Hosseini, B., & Alirezalu, A. 2019. Classification of barberry genotypes by multivariate analysis of biochemical constituents and HPLC profiles. **Phytochemical Analysis, 30**(4), 385-394.

Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. 2001. Characterization and measurement of anthocyanins by UV- visible spectroscopy. **Current protocols in food analytical chemistry, (1),** F1-2.

Goodarzi, S., Khadivi, A., Abbasifar, A., & Akramian, M. 2018. Phenotypic, pomological and chemical variations of the seedless barberry (Berberis vulgaris L. var. asperma). **Scientia horticulturae, 238**, 38-50.

Gülsoy, S., Ozkan, G., Özkan, K,. 2011. *Mineral Elements, Phenolics and Organic Acids of Leaves and Fruits from Berberis crataegina DC.*. **Asian Journal of Chemistry. 23**. 3071-3074.

Hassanpour, H., & Alizadeh, S. 2016. Evaluation of phenolic compound, antioxidant activities and antioxidant enzymes of barberry genotypes in Iran. **Scientia Horticulturae, 200**, 125-130.

Iezzoni, A. F., & Pritts, M. P. 1991. Applications of principal component analysis to horticultural research. **HortScience, 26**(4), 334-338.

Jannatizadeh, A., & Khadivi-Khub, A. 2016. Morphologische Vielfalt von Berberis integerrima im Iran. **Erwerbs-Obstbau, 58**, 247-252.

Karabulut, A. 2018. Bayburt ilinde doğal olarak bulunan Berberis vulgaris L. ve Berberis crataegina DC. yabani meyvelerinin biyokimyasal karakterizasyonu (Yüksek lisans tezi). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir. (Tez No: 504625)

Kasun, Ş. (2017). Tunceli Yöresinde Yetişen Kuşburnu (Rosa Canina) Ve Alıç (Crataegus Orientalis) Yabani Meyvelerinin Toplam Fenolik Madde Miktarı, Fenolik Kompozisyonu, Antioksidan Kapasitesi İle Bazı Fizikokimyasal

Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Tunceli Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tunceli

Khadivi-Khub A. 2014. Genetic divergence in seedling trees of Persian walnut for morphological characters in Markazi province from Iran. **Braz J Bot 37**:273–281

Kılıç, A. B., & Yusufbeyoğlu, S. (2022). Berberis crataegina DC. In *Novel Drug Targets With Traditional Herbal Medicines: Scientific and Clinical Evidence* (pp. 37-47). Cham: Springer International Publishing.

Kültür ve Turizm Bakanlığı , 2025. Kayseri iklimi ve bitki örtüsü, Kültür ve Turizm Bakanlığı, **https://kayseri.ktb.gov.tr/TR-54978/iklim-ve-bitki-ortusu.html** Erişim Tarihi : 07.02.2025

Lambert, K. A., & Obae, S. G. 2016. Molecular characterisation of Berberis thunbergii cultivars using microsatellite markers. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 91**(2), 156-160.

Liguori, L., et al., 2016. Quality attributes of low-alcohol top-fermented beers produced by membrane contactor. **Food Bioprocess Technol. 9**, 191–200. https://doi.org/10.1007/s11947-015-1612-y.

Milivojevic, J., Slatnar, A., Mikulic-Petkovsek, M., Stampar, F., Nikolic, M., & Veberic, R. 2012. The influence of early yield on the accumulation of major taste and health-related compounds in black and red currant cultivars (Ribes spp.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60**(10). 2682-2691.

Norman PE, Tongoona P, Shanahan PE (2011) Determination of interrelationships among agr-morphological traits of yams (Discorea spp.) using correlation and factor analyses. **J Appl Biosci 45**:3059–3070

Peterson, P.D., The Common Barberry: The Past and Present Situation in Minnesota and the Risk of Wheat Stem Rust Epidemics Graduate Faculty, North Carolina State University, USA 2003.

Pinar, H., Yahya, H. N., Erċışlı, S., Coskun, O. F., Yaman, M., Turgunbaev, K., & Uzun, A. 2021. Molecular Characterization of Barberry Genotypes from Turkey and Kyrgyzstan. **Erwerbs-Obstbau, 63**(4).

Rezaei, M., Ebadi, A., Reim, S., Fatahi, R., Balandary, A., Farrokhi, N., & Hanke, M. V. 2011. Molecular analysis of Iranian seedless barberries via SSR. **Scientia Horticulturae, 129**(4), 702-709.

Rezaei, M., Sarkhosh, A., & Balandari, A. 2020. Characterization of valuable indigenous barberry (Berberis sp.) germplasm by using multivariate analysis. **International Journal of Fruit Science, 20**(1), 1-19.

Pokorný, J. 2007. Are natural antioxidants better and safer than synthetic antioxidants? **European Journal of Lipid Science and Technology, 109**, 629–642. https://doi.org/10.1002/ejlt.200700064.

Safamanesh, B., Esmaeilzadeh Bahabadi, S., & Izanloo, A. 2017. Investigation of genetic variation in Berberis vulgaris using ISSR and SSR molecular markers. **Journal of Cell and Molecular Research, 9**(1): 23-34.

Sarı, F. 2016. The Copigmentation Effect of Different Phenolic Acids on Berberis crataegina Anthocyanins. **Journal of Food Processing and Preservation Volume 40**, issue 3.

Sasikumar, J. M., Maheshu, V., Smilin, A. G., Gincy, M. M., & Joji, C. 2012. Antioxidant and antihemolytic activities of common Nilgiri barberry (Berberis tinctoria Lesch.) from south India. **International Food Research Journal, 19**(4).

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

Sodagar, N., Bahrami, A. R., Memariani, F., Ejtehadi, H., Vaezi, J., & Khosravi, A. R. 2012. Biosystematic study of the genus Berberis L.(Berberidaceae) in Khorassan, NE Iran. **Plant systematics and evolution, 298**, 193-203.

Sümbül, A., Yildiz, E., Sabir, A., & Nadeem, M. A. 2024. Investigation of genetic diversity among autochthonous grape cultivars grown in Türkiye using molecular primers. **Genetic Resources and Crop Evolution,** 1-14.

Talebi, S., Alizadeh, M., Ghasem Nejhad, A., & Ramezanpour, S. S. 2022. Characterization of some wild Berberis sp. genotypes distributed in the northeast of Iran. **Journal of Plant Physiology and Breeding, 12**(1): 135-152.

Tübives, 2025. Turkish Plants Data Service, **http://www.tubives.com**.Erişim Tarihi: 05.02.2025.

Ullah, N., Khan, S., Khan, A., Ahmad, W., Shah, Y., Ahmad, L., & Ullah, I. 2015. A prospective pharmacological review of medicinal herbs, Cucumis melo and Berberis vulgaris, commonly used in the treatment of renal diseases in Pakistan. **Acta Pol Pharm, 72**(4), 651-4.

Varol, C. 2019. Anadolu Etnobotaniğinde Şeker Hastalığında Kullanılan Bazı Bitkilerin, In-Vitro a-Amilaz ve a-Glukozidaz Enzim İnhibitörü Etkileri Üzerine Araştırmalar, Ege Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Vural, M., 2003. *Türkiye'nin tehlike altındaki bitkileri. FAO/BM Tematik Grubu*, Türkiye'de Biyolojik Çeşitlilik ve Organik Tarım Çalıştay Raporu, 15-16 Nisan 2003. D168-183.

Weising, K., Nybom, H., Pfenninger, M., Wolff, K., & Kahl, G. (2005). **DNA fingerprinting in plants: principles, methods, and applications**. CRC press.

Yaman, M., & Uzun, A. 2021. Morphological and molecular identification of hybrid individuals obtained by interspecies hybridization (Prunus armeniaca× Prunus salicina). **International Journal of Agricultural and Natural Sciences, 14**(1): 7-15.

Yeşilada, E., & Küpeli, E. 2002. Berberis crataegina DC. root exhibits potent anti-inflammatory, analgesic and febrifuge effects in mice and rats. **Journal of ethnopharmacology, 79**(2): 237-248.

Yildiz, H., Sengul, M., Celik, F., Hegedus, A., Ercisli, S., & Tosun, M. 2010. Some phytochemical and antioxidant characteristics of wild and cultivated blackberry (Rubus caucasicus) fruits.

Yildiz, H., Ercisli, S., Sengul, M., Topdas, E. F., Beyhan, O., Cakir, O., Narmanlıoğlu & Orhan, E. 2014. Some physicochemical characteristics, bioactive content and antioxidant characteristics of non-sprayed barberry (Berberis vulgaris L.) fruits from Turkey. **Erwerbs-Obstbau, 56**(4): 123-129.

Yildiz, E., Pinar, H., Uzun, A., Yaman, M., Sumbul, A., & Ercisli, S. 2021. Identification of genetic diversity among Juglans regia L. genotypes using

molecular, morphological, and fatty acid data. **Genetic Resources and Crop Evolution, 68**, 1425-1437.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Muammer Sun

Uyruğu: Türkiye (T.C)

Doğum Tarihi ve Yeri:

Medeni Durum:

e-mail:

Yazışma Adresi:

EĞİTİM

Derece	**Kurum**	**Mezuniyet Tarihi**
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü	2025
Lisans	Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri	2023
Lise	Mustafa Eminoğlu Anadolu Lisesi, Kayseri	2008

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görev**
2024-Halen	Tomarza İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü	1
2015-2024	Kayseri Toprak Mahsulleri Ofisi	9

YABANCI DİL

İngilizce