



***Rosa canina* L. MEYVE EKSTRAKTLARININ
FİTOKİMYASAL BİLEŞİMİ VE ANTİOKSİDAN AKTİVİTESİ ÜZERİNE
KURUTMA SICAKLIKLARININ ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Narmin ALAKPAROVA

Danışman
Doç. Dr. Hakan TERZİ

MOLEKÜLER BİYOLOJİ VE GENETİK ANABİLİM DALI
Aralık 2025

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Rosa canina L. MEYVE EKSTRAKTLARININ
FİTOKİMYASAL BİLEŞİMİ VE ANTİOKSİDAN AKTİVİTESİ
ÜZERİNE KURUTMA SICAKLIKLARININ ETKİSİ

Narmin ALAKPAROVA

Danışman

Doç. Dr. Hakan TERZİ

MOLEKÜLER BİYOLOJİ VE GENETİK ANABİLİM DALI

Aralık 2025

TEZ ONAY SAYFASI

Narmin ALAKPAROVA tarafından hazırlanan “*Rosa canina* L. Meyve Ekstraktlarının Fitokimyasal Bileşimi ve Antioksidan Aktivitesi Üzerine Kurutma Sıcaklıklarının Etkisi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 17/12/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Hakan TERZİ

Başkan : Prof. Dr. Mustafa YILDIZ
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Edebiyat Fakültesi

Üye : Doç. Dr. Hakan TERZİ
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Edebiyat Fakültesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Tuba TAŞKAN SUSAM
Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi
Eczacılık Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun

...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....

Prof. Dr. Bekir YALÇIN

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

17 / 12 / 2025

Narmin ALAKPAROVA

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Rosa canina L. MEYVE EKSTRAKTLARININ
FİTOKİMYASAL BİLEŞİMİ VE ANTİOKSİDAN AKTİVİTESİ
ÜZERİNE KURUTMA SICAKLIKLARININ ETKİSİ

Narmin ALAKPAROVA

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hakan TERZİ

Bu çalışmada, taze ve farklı kurutma sıcaklıklarına (50 ve 70°C) maruz bırakılan kuşburnu (*Rosa canina*) meyvelerinin metanol ekstraktları üzerinde fenolik içerik, flavonoid profili, antioksidan kapasite ve enzim inhibisyon aktiviteleri incelenmiştir. LC-MS/MS analizi sonucunda toplam 53 fenolik bileşik arasında kinik asit baskın olarak saptanmış; gallik asit, protokateşik asit, tanik asit, elagik asit ve çeşitli flavonoidler (mikelianin, izokersitrin, kersitrin, kersetin, astragalin, naringenin, luteolin, apigenin, amentoflavon, akasetin) tespit edilmiştir. Kurutma işlemi kinik asitte başlangıçta artışa neden olurken, yüksek sıcaklıkta düşüş gözlenmiştir. Gallik asit, protokateşik asit ve elagik asit ise kurutma sıcaklığıyla birlikte artış göstermiştir.

Toplam fenolik madde içeriği taze örneklerde en yüksek (65,05 mg GAE/g ekstrakt) olarak belirlenmiş, 50°C’de kurutulan örneklerde 43,60 mg GAE/g, 70°C’de ise 33,79 mg GAE/g değerleri gözlenmiştir. Buna karşılık toplam flavonoid içeriği taze örneklerde 2,59 mg QE/g iken, 70°C’de kurutulan örneklerde 3,33 mg QE/g ekstrakt ile en yüksek değere ulaşmıştır. Antioksidan kapasite değerlendirmeleri (TAK, FRAP, CUPRAC, DPPH, ABTS) kurutma sıcaklığının artmasıyla önemli ölçüde azalmış, en yüksek değerler taze örneklerde ölçülmüştür. Enzim inhibisyonu çalışmalarında, asetilkolinesteraz (AChE) ve bütirilkolinesteraz (BChE) inhibisyon aktiviteleri kurutma sıcaklığıyla hafifçe artarken, tirozinaz inhibisyonu taze örneklerde en yüksek olup

kurutmaya azalma göstermiştir. Karbonhidrat metabolizmasında görevli α -amilaz aktiviteleri örnekler arasında değişmemiş, α -glukozidaz inhibisyonu ise kurutma sıcaklığına göre farklılık göstermiştir. Bu sonuçlar, kuşburnu meyvelerinin fenolik içerik, antioksidan kapasite ve bazı enzim inhibisyon potansiyellerinin kurutma sıcaklığına duyarlı olduğunu göstermektedir; özellikle 50°C’de kısa süreli kurutmanın fenolik içerik ve antioksidan kapasitenin korunmasında daha uygun olduğu görülmektedir.

2025, x + 43 sayfa

Anahtar Kelimeler: Antioksidan kapasite, Fenolik bileşikler, Kurutma sıcaklığı, *Rosa canina*.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

EFFECT OF DRYING TEMPERATURES ON PHYTOCHEMICAL COMPOSITION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF *Rosa canina* L. FRUIT EXTRACTS

Narmin ALAKPAROVA

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Molecular Biology and Genetics

Supervisor: Assoc. Prof. Hakan TERZİ

This study investigated the phenolic composition, flavonoid profile, antioxidant capacity, and enzyme inhibitory activities of methanol extracts from fresh and dried (50 and 70°C) rosehip (*Rosa canina*) fruits. LC–MS/MS analysis identified quinic acid as the dominant compound among 53 phenolic compounds, with gallic acid, protocatechuic acid, tannic acid, ellagic acid, and various flavonoids (mikelianin, isoquercitrin, quercitrin, quercetin, astragalin, naringenin, luteolin, apigenin, amentoflavone, and acacetin) also detected. Drying initially increased quinic acid levels but decreased them at higher temperatures, whereas gallic acid, protocatechuic acid, and ellagic acid increased with increasing temperature.

Total phenolic content was highest in fresh samples (65.05 mg GAE/g extract), decreasing to 43.60 mg GAE/g at 50°C and 33.79 mg GAE/g at 70°C. In contrast, total flavonoid content increased with drying temperature, reaching a maximum of 3.33 mg QE/g extract at 70°C. Antioxidant capacity measurements, including TPC, FRAP, CUPRAC, DPPH, and ABTS assays, decreased significantly with higher drying temperatures, with fresh samples showing the highest values. Enzyme inhibition assays revealed that acetylcholinesterase (AChE) and butyrylcholinesterase (BChE) activities slightly increased with drying temperature, while tyrosinase inhibition was highest in fresh samples and decreased after drying. α -Amylase activity remained largely

unchanged, whereas α -glucosidase inhibition varied depending on drying conditions. These findings indicate that the phenolic composition, antioxidant potential, and certain enzyme inhibitory activities of rosehip fruits are sensitive to drying temperature, with short-term drying at 50°C effectively preserving phenolic content and antioxidant capacity.

2025, x + 43 pages

Key words: Antioxidant capacity, Phenolic compounds, Drying temperature, *Rosa canina*.



TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusunun belirlenmesi, deneysel çalışmaların planlanması, sonuçların değerlendirilmesi ve tez yazım sürecindeki değerli rehberliği için tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Hakan TERZİ'ye en içten teşekkürlerimi sunarım. Çalışmamın bilimsel yönüne yaptığı kıymetli katkılar ve yol gösterici önerileri için Sayın Prof. Dr. Mustafa YILDIZ'a da ayrıca teşekkür ederim.

Araştırmam süresince maddi ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan sevgili aileme minnettarlığımı ifade etmek isterim.

Narmin ALAKPAROVA

Afyonkarahisar 2025

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	3
2.1 <i>Rosa canina</i> Sistematığı, Morfolojisi ve Yayılışı.....	3
2.2 <i>Rosa canina</i> Genetiği.....	4
2.3 Antioksidanlar, Reaktif Oksijen Türleri ve Oksidatif Stres.....	4
2.4 Sekonder Metabolitler.....	6
2.4.1 Fenolik Bileşikler (Polifenoller)	7
2.5 <i>Rosa canina</i> Fitokimyasal Bileşenleri	8
2.6 <i>Rosa canina</i> Türlerine Ait Bitki Ekstraktlarının Biyolojik Aktiviteleri	9
2.7 <i>Rosa canina</i> Türlerinin Farmakolojik Özellikleri.....	12
3. MATERYAL ve METOT	14
3.1 Meyve Örneklenmesi	14
3.2 Meyve Metanol Ekstraktlarının Hazırlanması	14
3.3 LC–MS/MS ile Fenolik Bileşenlerin Belirlenmesi.....	14
3.4 Toplam Fenolik Madde Miktarının Belirlenmesi	15
3.5 Toplam Flavonoid Madde Miktarının Belirlenmesi	16
3.6 Antioksidan Kapasitelerinin Belirlenmesi	16
3.6.1 Toplam Antioksidan Kapasitenin Belirlenmesi	16
3.6.2 DPPH Antiradikal Aktivitenin Belirlenmesi.....	17
3.6.3 ABTS ⁺ Antiradikal Aktivitenin Belirlenmesi	17
3.6.4 Demir İyonu İndirgeyici Antioksidan Potansiyeli (FRAP) Testi.....	18
3.6.5 Bakır (II) İyonu İndirgeyici Antioksidan Kapasite (CUPRAC) Testi	18
3.7 Enzim İnhibe Edici Potansiyelin Belirlenmesi	19
3.8 İstatistik Analizler.....	20
4. BULGULAR	21

4.1 Fenolik Asit Kompozisyonu	21
4.2 Toplam Fenolik ve Flavonoid Madde İçeriği	23
4.3 Toplam Antioksidan Kapasite	24
4.4 Demir ve Bakır İyonu İndirgeyici Antioksidan Kapasite	25
4.5 Serbest Radikal Süpürücü Aktivite.....	25
4.5 Enzim İnhibe Edici Aktivite	26
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	28
6. KAYNAKLAR.....	35
ÖZGEÇMİŞ.....	43



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

µg	Mikrogram
µL	Mikrolitre
µM	Mikromolar
mg	Miligram
mL	Mililitre
mM (mmol/L)	Milimolar

Kısaltmalar

ABTS	2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit)
AChE	Asetikolinesteraz
AKAE	Akarboz eşdeğeri
BChE	Butirilkolinesteraz
CUPRAC	Bakır iyonu indirgeyici antioksidan kapasite
DPPH	2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
DTNB	5,5'-Ditiyo-bis(2-nitrobenzoik) asit
ETDA	Etilendiamintetraasetik asit
FC	Folin-Ciocalteu
FRAP	Demir iyonu indirgeyici antioksidan potansiyel
GAE	Gallik asit eşdeğeri
GALAE	Galatamin eşdeğeri
KAE	Kafeik asit eşdeğeri
KE	Kersetin eşdeğeri
KAE	kojik asit eşdeğeri
L-DOPA	3,4-dihidroksi-L-fenilalanin
MCA	Metal şelatlayıcı aktivite
MetOH	Metanol
ROT	Reaktif oksijen türleri
SM	Sekonder metabolit
TAK	Toplam antioksidan kapasite
TPC	Toplam fenolik içeriği
TFC	Toplam flavonoid içeriği
TCA	Trikarboksilik asit döngüsü
TE	Trolox eş değeri
TEAK	Trolox eş değeri antioksidan kapasite

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Kuşburnu meyvesi ve tohumlarını gösteren enine kesiti	4
Şekil 2.2 Antioksidan bileşiklerin sınıflandırılması	5
Şekil 4.1 Taze ve farklı kurutma sıcaklıklarına maruz bırakılan kuşburnu meyvelerinden elde edilen metanol ekstraktlarında toplam fenolik ve flavonoid madde içerikleri	24
Şekil 4.2 Taze ve farklı kurutma sıcaklıklarına maruz bırakılan kuşburnu meyvelerinden elde edilen metanol ekstraktlarında toplam antioksidan kapasite.....	24
Şekil 4.3 Taze ve farklı kurutma sıcaklıklarına maruz bırakılan kuşburnu meyvelerinden elde edilen metanol ekstraktlarında toplam demir indirgeyici antioksidan potansiyeli (FRAP) ve bakır iyonu indirgeyici antioksidan kapasite (CUPRAC).....	25
Şekil 4.4 Taze ve farklı kurutma sıcaklıklarına maruz bırakılan kuşburnu meyvelerinden elde edilen metanol ekstraktlarında DPPH ve ABTS radikali indirgeme potansiyeli.....	26

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 <i>Rosa canina</i> (Kuşburnu) sistematigi	3
Çizelge 4.1 Taze ve farklı kurutma sıcaklıklarına maruz bırakılan kuşburnu meyvelerinden elde edilen metanol ekstraktlarında fenolik asit bileşiklerinin kompozisyonu	22
Çizelge 4.2 Taze ve farklı kurutma sıcaklıklarına maruz bırakılan kuşburnu meyvelerinden elde edilen metanol ekstraktlarının enzim inhibe edici potansiyelleri.....	27

1. GİRİŞ

Tıbbi bitkiler, bu etkilerden esas olarak sorumlu olan antioksidanlar ve fenolik bileşiklerin önemli kaynaklarıdır. Bitkilerin, antioksidan özelliklerinin birincil nedeni olarak zengin kimyasal içerikleri gösterilmektedir. Ayrıca, fenolik bileşiklerin içeriği ile antioksidan aktivite arasında güçlü bir bağlantı olduğu gösterilmiştir. Tıbbi bitkiler, yalnızca besin kaynağı olmakla kalmayıp aynı zamanda kanser, kardiyovasküler bozukluklar ve diyabet gibi çok sayıda hastalığa karşı da etkili olabilen veya bağışıklık tepkisini artırıp yaşlanma sürecini yavaşlatarak genel fiziksel ve ruhsal sağlığa yol açabilmektedir (Shahidi 2004).

Etnobotanik açıdan Rosaceae familyasından *Rosa canina* L. (kuşburnu, köpek gülü), Antik Yunan döneminden Hipokrat'a kadar uzanan çok sayıda tıbbi kullanıma sahiptir (Haas 1995). Reçetelerde kullanılmış, ancak kesin kullanımı bilinmemektedir. Romalı doğa bilimci Plinius (İngilizce Pliny the Elder), bitkinin adını, kökünün kuduz bir köpeğin ısırığını iyileştirebileceği inancına bağlamıştır. II. Dünya Savaşı sırasında, İngiltere turuncgiller ithal edemediği için hükümet, C vitamini kaynağı olarak kuşburnu toplanmasını teşvik etmiştir (Haas 1995). Kuşburnu, doğanın en iyi tam gıdalarından biri olarak kabul edilir ve çeşitli sağlık avantajları sunan gerçek bir süper gıdadır (Anuushree ve Veena 2023). Kuşburnu ekstraktları şu anda geleneksel Avrupa halk tıbbında diüretik, müshil, böbrek ve alt idrar yolu rahatsızlıkları, artrit, gut, ateş, soğuk algınlığı ve C vitamini eksikliği için kullanılmaktadır (Chrubasik vd. 2008). Araştırmalar, kuşburnu ekstraktlarındaki çeşitli bileşiklerin antioksidan ve anti-inflamatuar özelliklere sahip olduğunu kanıtlamıştır (Lattanzio vd. 2011). Bu yabani meyve, dünya çapında gıda hazırlama ve geleneksel tıpta yaygın olarak kullanılmaktadır. Genellikle çay, jöle, reçel ve içecek olarak tüketilmiş ve günümüzde probiyotik içeceklerde, yoğurtlarda ve çorbalarda bir bileşen olarak da kullanılmaktadır (Demir vd. 2014). C vitamini (askorbik asit) açısından zengin bir meyve olarak bilinen kuşburnu, soğuk algınlığı, grip, C vitamini eksikliği, diyabet, artrit, siyatik, zayıf periferik dolaşım, gastrointestinal, böbrek ve alt idrar yolu rahatsızlıkları gibi çok çeşitli hastalıkların önlenmesi ve tedavisi için etnomedikal alanda kullanılmaktadır (Chrubasik vd. 2008). *R. canina* meyvesinin C vitamini, tokoferoller, fenolikler, karotenoidler,

şekerler, organik asitler ve esansiyel yağ asitleri gibi değerli bir besin kaynağı olduğu doğrulanmıştır (Barros vd. 2011, Demir vd. 2014). Ayrıca, diğer çalışmalar bu türe ait kuşburnu meyvelerinin anti-inflamatuar (Orhan vd. 2007, Jäger vd. 2007, Wenzig vd. 2008), antioksidan (Barros vd. 2010, Barros vd. 2011, Egea vd. 2010), anti-proliferatif (Guimarães vd. 2014, Tumbas vd. 2012), anti-obezite ve anti-diyabetik aktivite (Chrubasik vd. 2008) gibi çok çeşitli biyoaktiviteler sergilediğini göstermiştir. Bu nedenlerle, bitkisel ürünlerin ve biyolojik aktivitelerinin ayrıntılı bir karakterizasyonu yoluyla, zengin bir biyoaktif bileşik kaynağı olarak bitki bazlı gıdaların potansiyel sağlık yararlarının belirlenmesine büyük ihtiyaç vardır.

Kurutma, meyve ve sebzelerin korunmasında kullanılan en yaygın yöntemlerden biridir. Başlıca amacı, mikrobiyal bozulma ve bozulma reaksiyonlarının en aza indirildiği seviyeye kadar suyun uzaklaştırılmasıdır. Ancak, sıcak hava kurutma sırasında sebzelerin doku, renk, lezzet ve besin değeri gibi kalite özelliklerini etkileyebilecek fiziksel, yapısal, kimyasal ve besinsel değişikliklere uğradığı iyi bilinmektedir (Di Scala ve Crapiste 2008). En geleneksel yöntemlerden biri, farklı sıcaklık ve zaman koşulları altında geleneksel bir kurutma fırınında dehidratasyondur (da Silva vd. 2020). Ancak, genellikle uzun kurutma süresi ilgi duyulan bileşiklerin hidrolizi, oksidasyonu ve bozunmasına neden olabilir. Bu bağlamda, farklı kurutma sıcaklıklarının kuşburnu meyvelerinde fenolik bileşen kompozisyonu, toplam fenolik ve flavonoid içerikleri ve antioksidan kapasitesi üzerindeki etkilerinin araştırılması önemlidir. Mevcut tez çalışmasında, farklı kurutma sıcaklıklarına maruz bırakılan *R. canina* meyvelerinden elde edilen metanol ekstraktlarında detaylı fitokimyasal bileşen analizleri ve antioksidan aktivite testleri gerçekleştirilmiştir.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

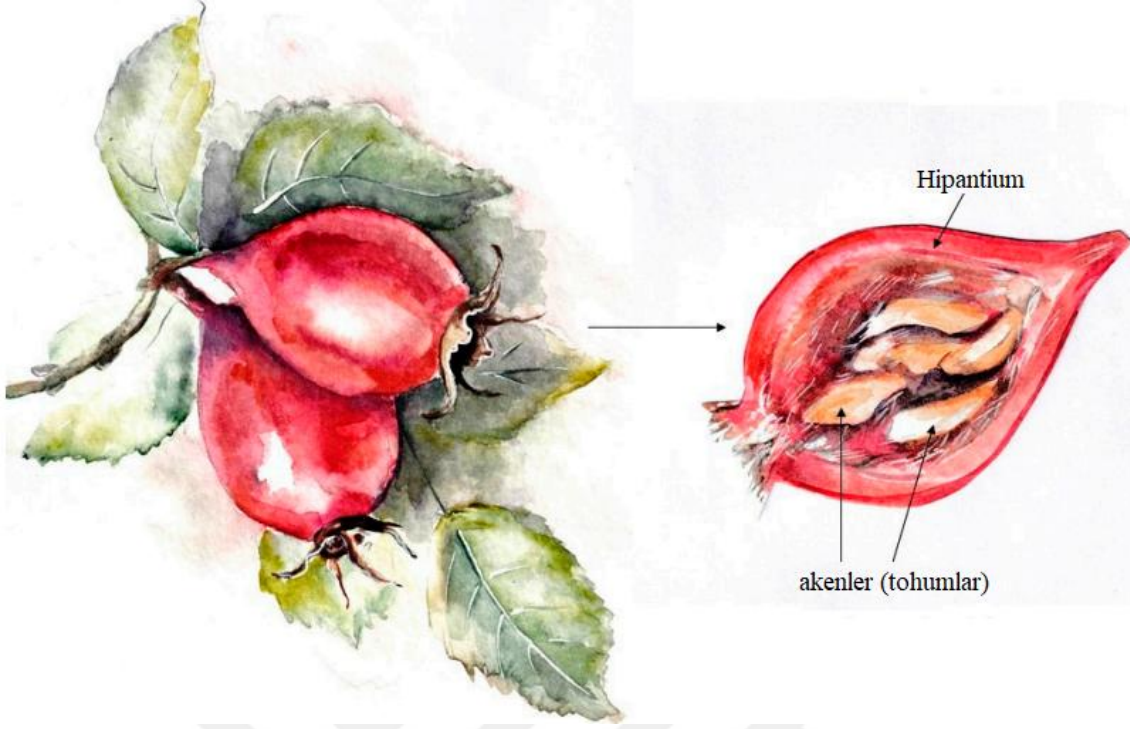
2.1 *Rosa canina* Sistematığı, Morfolojisi ve Yayılışı

Rosa cinsi (*Rosaceae*) içerisinde yer alır ve bu cins Kuzey yarımkürenin ılıman ve subtropikal bölgelerine yayılmış yaklaşık 200 türü içermektedir (Cheikh-Affene vd. 2013). *Rosa canina* (kuşburnu) türü kuşburnu, gülburnu veya itburnu adlarıyla bilinmektedir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1 *Rosa canina* (Kuşburnu) sistematığı

Alem	Plantae
Bölüm	Tracheophyta
Sınıf	Magnoliopsida
Takım	Rosales
Familya	Rosaceae
Cins	<i>Rosa</i>
Tür	<i>R. canina</i>

Rosa canina, bazen tırmanan 3.5 m'ye kadar dik bir çalıdır; dalları genellikle kıvrık veya kemerlidir. Taç yaprakları beyazdan soluk pembeye, nadiren koyu pembedir ve meyve geç olgunlaşır. *Rosa* türleri, akenlerle kaplı ve etli dış tabaka ile çevrili bir tohumu sahip, yalancı meyve olan kuşburnu meyvesini üretmektedir (Cheikh-Affene vd. 2013). Meyvenin yenilebilir kısmı hipantiumdur (Igual vd. 2021) ve içindeki akenler ise tohum olarak adlandırılmaktadır (Şekil 2.1). Kuşburnu, ekonomik öneme sahip etli meyvelere sahiptir (Ercişli 1996). *Rosa canina* (kuşburnu), bir kuşburnu ve tohumun ağırlığı 1.25 ila 3.25 g arasında değişmekte ve bunun %71'i perikarpı ve yaklaşık %29'u tohumu oluşturmaktadır (Uggla vd. 2003). Başlıca dağılım alanı Avrupa, Kuzey Afrika, Küçük Asya, Suriye, İran, Batı ve Kuzey Asya'dır. Her zaman kıyılarda veya kayalık yamaçlarda, çalılıklar, çitler veya ormanlarda ve açıklıklarda, çoğunlukla kireçtaşı üzerinde, 30-1700 m arasında, Türkiye genelinde görülmektedir (Mandenova 1970, Nilsson 1997). *R. canina*, peyzaj yönetiminde çeşitli amaçlarla ekilmekte ve birçok süs gülü çeşidi için değerli bir anaç olarak değerlendirilmektedir (Leemans 1964).



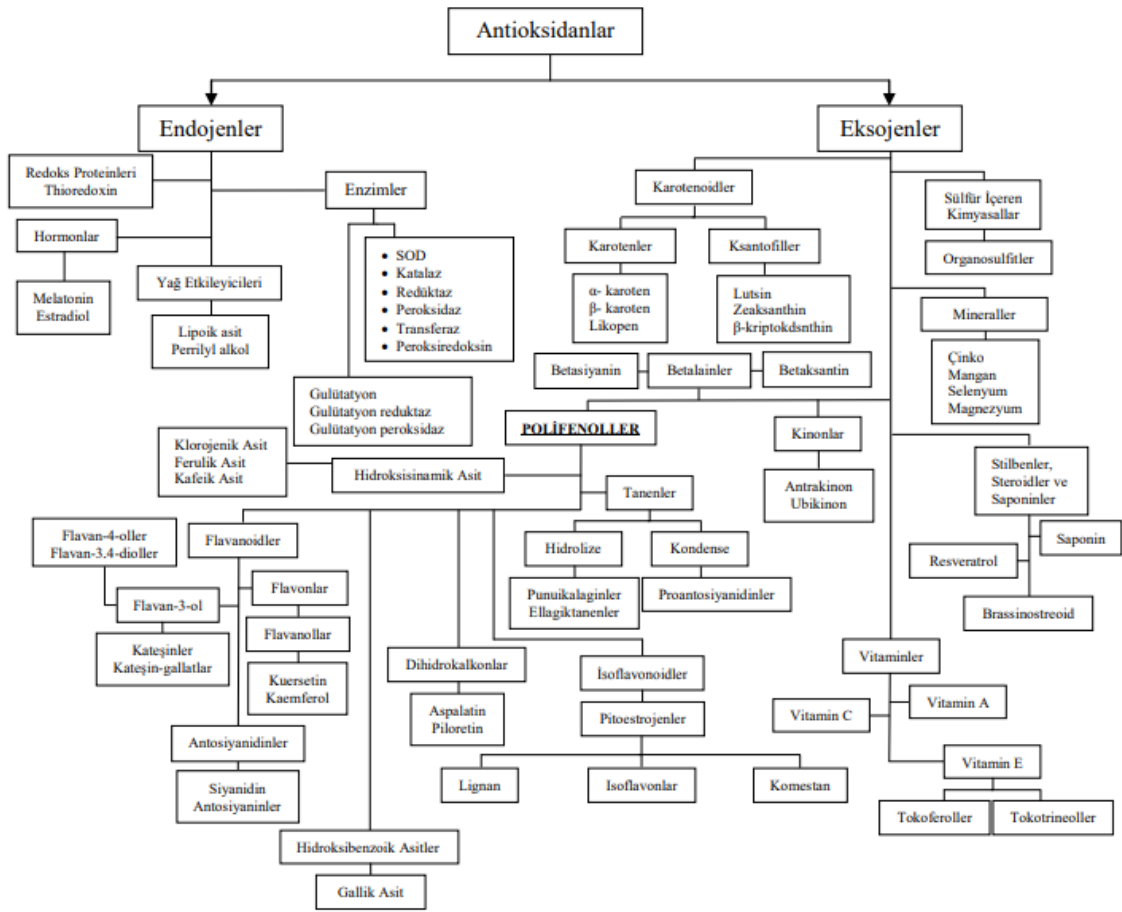
Şekil 2.1 Kuşburnu meyvesi ve tohumlarını gösteren enine kesiti (Małgorzata Gorzel tarafından çizilmiş olan bu şekil, Stryjecka vd. 2025’den değiştirilerek alınmıştır.)

2.2 *Rosa canina* Genetiği

Kuşburnu, bazen kalıcı tek poliploidi olarak adlandırılan, ancak çift poliploidi ile de (örneğin tetraploidlerde veya hekzaploidlerde) meydana gelebilen alışılmadık bir mayoz türüne sahiptir (Lim vd. 2005). Ploidi seviyesinden bağımsız olarak, yalnızca yedi bivalent oluşmakta ve diğer kromozomlar univalent olarak kalmaktadır. Univalentler yumurta hücrelerinde bulunmakta, ancak polende bulunmamaktadır. Kuşburnu diploid, tetraploid veya hekzaploid olabilmekte ve en yaygın olanı ise pentaploiddir (Lim vd. 2005).

2.3 Antioksidanlar, Reaktif Oksijen Türleri ve Oksidatif Stres

Antioksidanların sağlığa iyi yönde katkıda bulunduğuna ilişkin mekanizmaları tam olarak açıklamayı amaçlayan araştırmalar giderek yoğunlaşmaktadır. Antioksidanlar terimi, endojen ve ekzojen antioksidanlar olarak ayrılmaktadır (Şekil 2.2) (Wootton-Beard ve Ryan 2011).



Şekil 2.2 Antioksidan bileşiklerin sınıflandırılması. Stilbenler polifenoller içinde yer alabilir (Wootton-Beard ve Ryan 2011’den değiştirilerek).

Huang vd. (2005), diyet antioksidanlarını radikal zincir reaksiyonlarını durdurmak için reaktif oksijen/azotu (ROS/RNS) temizleyebilen veya reaktif oksidanların ilk etapta oluşmasını engelleyebilen maddeler olarak tanımlamıştır. Biyolojik sistem içinde söz konusu birincil ROS, aerobik metabolizmanın elektron taşıma fazında oksijene erken bir elektron 'sızması' ile oluşturulan süperoksit radikalıdır ($O_2^{\bullet-}$). Süperoksit radikalının valans kabuğundaki eşleşmemiş elektron onu reaktif hale getirir ve daha sonra hidroksil radikal ($OH^{\bullet}$), peroksinitrat ($ONOO^{\bullet}$), hidrojen peroksit H_2O_2 ve peroksil radikal ($LOO^{\bullet}$) gibi ikincil radikaller oluşturmak için diğer moleküllerle reaksiyona girer ve ayrıca singlet oksijen ($O^{\bullet}$) oluşturmak için bölünebilir. Normal koşullar altında ROS'un uzaklaştırılması, süperoksit dismutaz (SOD), glutatyon peroksidaz (GTP) ve katalaz (CAT) gibi antioksidan enzimler tarafından bir şekilde düzenlenir (Şekil 1), bu da çoğu ek antioksidan tüketimini daha az önemli hale getirir. Ancak, örneğin aşırı ROS üretimi dönemlerinde veya kardiyovaskular hastalıklar tarafından indüklenen antioksidan

enzimlerin aşağı düzenlenmesinde (Van Berkel vd. 2003), antioksidan alımının artırılmasının ROS'un optimum dengesini korumak için faydalı olabileceği öne sürülmektedir. Bazı antioksidanlar, kendileri oksitlenerek bu işlevi yerine getirmekte, böylece ortaya çıkan antioksidan radikalının daha az reaktif olduğu radikal zincir reaksiyonlarının başlatılması, yayılması ve sonlandırılmasında hız sınırlayıcı bir rol oynamaktadırlar. Antioksidanlar farklı substratlara karşı etkinliklerinde farklılık gösterir; bazıları güçlü serbest radikal temizleyicilerken diğerleri daha güçlü metal şelasyon etkilerine sahiptir, örneğin karotenoidler singlet oksijenin neden olduğu oksidasyonu engellemede özellikle etkilidir (Niki ve Noguchi, 2000). Düşük biyoyararlanım nedeniyle diyet bileşiklerinin doğrudan antioksidan etkisi artık çoğu durumda olası görülmemektedir. Ancak geleneksel olarak antioksidan olarak düşünülen birçok bileşiğin redoks dengesinin korunması (Forman vd. 2002), antioksidan tepki elementinin uyarılması ve çeşitli sinyal rolleri (Hensley vd. 2000) ve lipidlerin, proteinlerin ve DNA'nın oksidasyonu üzerinde bazı etkiler (Valko vd. 2007) gibi önemli antioksidan olmayan işlevlere sahip olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir. Geleneksel olarak antioksidan olarak düşünülen bazı moleküllerin (polifenoller gibi) belirli dokularda pro-oksidan etkilere sahip olabileceği ileri sürülmüştür (Azam vd. 2004). Bu görüş, diyet antioksidanlarının sağlık için optimum ROS düzeyini korumada antioksidan mı yoksa prooksidan moleküller olarak mı daha yararlı davrandığı sorusunu gündeme getirmektedir.

2.4 Sekonder Metabolitler

Milyonlarca sekonder metabolit (SM), bitkiler tarafından savunma bileşikleri olarak üretilen farklı streslerle birlikte evrimleşmiştir (Khare vd. 2020). Bitkiler tarafından üretilen yaklaşık iki milyon SM keşfedilmiş olup, bu sayının mevcut 391.000 bitki türünün toplam sayısı ile kıyaslandığında az olduğu bildirilmiştir (Willis 2017). SM'ler strese yanıt olarak daha yüksek bir oranda birikmekte ve savunmaya yanıt veren genlerin yukarı yönde regülasyonuna neden olabilmektedir. Bu nedenle, SM'ler bitkilerin stres koşullarıyla mücadele etmesini ve rekabet gücünü garanti altına almasını sağlamaktadır. Bitkiler bu savunma yanıtını primer büyüme ve metabolizma için üretmektedir. Otçul ve patojen saldırısı üzerine bitkiler savunma metabolizmalarını güçlendirmekte ve fitohormon sinyali yardımıyla primer büyümeyi azaltmaktadır.

Belirli transkripsiyon faktörleri bitkilerin primer metabolizmadan ziyade savunmaya öncelik vermesine yardımcı olmaktadır. Örneğin, herbivor-teşvikli mitojenle aktive olan kinazlar tarafından aktive edildiğinde transkripsiyon faktörü WRKY70, gibberellinlerin negatif, jasmonik asidin ise pozitif düzenlenmesiyle sonuçlanmaktadır (Li vd. 2015). Primer metabolitlerin aksine sekonder metabolitler, bitki gövdesinde sınırlı bir dağılım göstermektedir, yani türe ve dokuya özgüdür. Daha dirençli türler daha yüksek metabolit konsantrasyonları biriktirmektedir. Bu SM'lerin analjezik, kanser karşıtı, doğurganlık karşıtı ve diyabet karşıtı gibi çeşitli tıbbi uygulamaları mevcuttur (Mikail vd. 2022). Tıbbi uygulamaların yanı sıra SM'ler, tarımsal verimliliği artırmak için pestisit, böcek ilacı ve büyümeyi teşvik eden maddeler olarak kullanılmaktadır. Bitki SM'ler dört kategoriye ayrılmıştır: Fenolikler, terpenler, N ve S içeren metabolitler (Upadhyay vd. 2025). Fenolikler şikimik asit yoluyla, terpenoidler mevalonat yoluyla ve N ve S içeren metabolitler trikarboksilik asit döngüsü yoluyla farklı primer amino asitlerden sentezlenmektedir.

2.4.1 Fenolik Bileşikler (Polifenoller)

Fenolik bileşikler veya polifenoller, bitkilerden çeşitli biyotik ve abiyotik ajanlara maruz kaldıklarında salınan önemli SM'lerdir. Bugüne kadar bitkilerden 8000'den fazla fenol bildirilmiştir (Shahidi ve Yeo 2018). Fenolikler, şikimik asit, pentoz fosfat ve fenil propanoik öncüllerden sentezlenen aromatik fitokonstituentlerdir (Kumar vd. 2020). Farklı polifenol kategorileri vardır: Örneğin flavonoidler, fenoller, kumarinler, lignanlar, stilbenler ve tanenler. Şikimik asit-fenilpropanoid yolu, fenollerin biyosentezi için birincil yoldur (Upadhyay vd. 2025). Fenolik bileşikler bitkileri farklı streslerden korumaktadır. Bitki savunması iki aşamada gerçekleşmektedir—(i) patojen büyümesini engelleyen enfeksiyon bölgesinde fenol birikimi, (ii) patojeni enfeksiyon bölgesinde kısıtlayan belirli polifenoliklerin ve diğer SM'lerin biyosentezi. Fenolikler ya doğrudan otçullar ve patojenler için toksiktir ya da enzimler (peroksidazlar veya polifenol oksidazlar) tarafından patojenin büyümesini engelleyen daha toksik metabolitlere oksitlenmektedir (Bhonwong vd. 2009). Bitkiler, konak hücre ölümü, nekroz, fenolik birikimi, penetrasyon bariyerleri ve patojenleri ortadan kaldırabilen spesifik toksik bileşiklerin sentezi (Nicholson ve Hammerschmidt 1992). Polifenolik bileşikler, farklı

patojenlerle ilgili proteinlerin ifadesi yoluyla farklı mikroorganizmalara karşı direnç sağlamakta ve aşırı duyarlılık reaksiyonu aracılı hücre ölümünü düzenlemektedir. Fenolikler, membran geçirgenliğini, hücre duvarı bütünlüğünü değiştirerek, enzim aktivitesini, serbest radikallerin oluşumunu baskılayarak, protein biyosentezini inhibe ederek, DNA'ya zarar vererek ve virülen genlerin ifadesini azaltarak patojenleri ortadan kaldırmaktadır (Ansari vd. 2014, Upadhyay vd. 2015, Negritto vd. 2017, Fernandes vd. 2019). Fenolik bileşikler, (i) iyonik bir gradyanın dağılması, (ii) efflux pompasını düzenleyen genin aşağı regülasyonu, (iii) ATP hidrolizine müdahale ve (iv) efflux proteininin yapılarında değişiklikler yoluyla efflux pompasını inhibe etmektedir. Widodo vd. (2012)'na göre, kumarinler mitokondriyal matrisin kalınlığını değiştirerek apoptoza neden olmuş ve hücre duvarındaki perforasyon, sitoplazmanın hücreden sızmasına neden olmuş ve bu da mantar gelişimini engellemiştir. Kumar ve Pandey'in (2013) araştırmasına göre, fenolik maddeler DNA, RNA ve proteine zarar vererek ve enzim aktivitelerini engelleyerek virüslerin büyümesini engellemektedir.

2.5 *Rosa canina* Fitokimyasal Bileşenleri

Kuşburnu yüksek kuru madde içeriği ve düşük su aktivitesi göstererek depolama ve işleme için mükemmel bir stabilite göstermiştir (Bayraktar ve Ateş Bayraktar 2024). Türkiye *Rosa* türleri çeşitli genetik havuzuyla bilinir ve bu bölgedeki kuşburnu çeşitli fitokimyasal profiller sergiler (Kayahan vd. 2022). Kuşburnu meyvesinin kimyasal bileşimi, hangi varyasyon olduğuna, nerede yetiştirildiğine, ne kadar eski olduğuna ve diğer faktörlere göre değişen derecelerde değişir (Anuushree ve Veena 2023). Büyük miktarda L-askorbik asit, flavonoidler, fenolik asitler, proantosiyanidinler, galaktolipidler ve folat içerir (Medveckiene vd. 2021). Fitosteroller (β -sitosterol, kampesterol, stigmasterol, $\Delta 5$ avenasterol ve $\Delta 7$ avenasterol), tokoferoller (α -, γ ve δ -tokoferol), karotenoidler ve polifenolik bileşikler (p-kumarik, ferulik, vanilik ve 4-hidroksibenzoik asidin metil esterleri) içerdiğinden, diyetetik ve kozmetik bir bileşen olarak kullanılabilir (Grajzer vd. 2015).

Kuşburnu, flavonoidler (kuersetin, kaempferol, apigenin), flavan-3-oller (kateşin), antosiyaninler, proantosiyanidinler (prosiyanidin), fenolik asitler (gallik ve ellagik asit),

stilbenler (resveratrol) (Aptin vd. 2013, Dabić-Zagorac vd. 2020, Fetni vd. 2020), vitaminler (A, B3, C, D ve E), karotenoidler, tokoferoller (Daels-Rakotoarison vd. 2002) ve temel elementler (Ca, Fe, K, Mn, Na, P ve Zn) (Popović-Djordjević vd. 2021) dahil olmak üzere zengin bir fitokimyasal kaynağıdır.

Yalçınkaya vd. (2024), *R. canina*'nın kök metanol ve su ekstraktlarında polifenolik bileşikler valide standartlara sahip bir HPLC-PDA sistemi kullanarak on yedi bileşik belirlemişlerdir. Su ekstraktlarında daha yüksek mirisetin ve kateşin seviyeleri tespit edilirken, metanol ekstraktlarında daha fazla kaempferol 3-O-glukozit, kuersetin, 2,5-dihidroksibenzoik asit ve kateşin tespit edilmiştir. Her iki ekstraktın da kateşin, klorojenik asit, mirisetin ve kaempferol-3-O-(p-kumaroil)-glukozit içerdiği belirlenmiştir (Yalçınkaya vd. 2024).

2.6 *Rosa canina* Türlerine Ait Bitki Ekstraktlarının Biyolojik Aktiviteleri

Ercisli (2007), altı kuşburnu tür ya da alt türüne ait meyveleri toplamışlar ve -20°C'de çalışılncaya kadar (maksimum bir ay) muhafaza etmişlerdir. Total fenolik bileşik içeriklerini (TPC) 73 ile 96 mg GAE/g kuru ağırlık aralığında belirlemişlerdir. *Rosa canina* türünün diğer kuşburnu türlerinin meyvesindeki total fenolik bileşik içeriğine göre en yüksek değere (96 mg GAE/g kuru ağırlık) sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Murathan vd. (2016), Türkiye'nin Doğu Anadolu bölgesinden dört farklı kuşburnu türünü (*R. canina*, *R. villosa*, *R. dumalis*, *R. pimpinellifolia*) incelemişlerdir. TPC değeri, en düşük *R. pimpinellifolia* türünde (1081 mg GAE/100 g) ve en yüksek değeri ise *R. canina* türünde (6298 mg GAE/100 g) belirlemişlerdir. FRAP testi ile benzer bir durum saptanmış ve antioksidan aktivite en düşük *R. pimpinellifolia* türünde (10.0 mmol TE/g) ve en yüksek değeri ise *R. canina* türünde (98.0 mmol TE/g) belirleyerek antioksidan aktivitenin geniş skalada değiştiğini bildirmişlerdir (Murathan vd. 2016).

Paunović vd. (2019) Sırbistan'dan toplanan kuşburnu (*Rosa canina* L.) bileşiminde kurutma işleminin etkisini araştırmışlardır. Kurutulmuş kuşburnu, 60°C hava sıcaklığında 16 saat ve daha sonra 50°C hava sıcaklığında 20 saat kurutularak elde

edilmiştir. Taze meyvelere göre kurutulmuş meyvelerde toplam fenolik (TPC), toplam flavonoid (TFC) ve antioksidan aktivite (DPPH radikal süpürme aktivite testi ile) içeriklerinin sırasıyla %20.4 (90.5'ten 72.1 mg GAE/g kuru ağırlık), %31.3 (38.5'ten 26.5 mg QE/g kuru ağırlık) ve %21.9 (0.32'den 0.25 mM TE/g kuru ağırlık) oranında azaldığı bildirilmiştir. Kurutmanın TPC ve TFC gibi biyoaktif bileşenlerin azalmasına yol açtığı ve bunun da kaçınılmaz olarak antioksidan aktiviteyi azalttığı, ancak kuşburnu meyvesinin hala zengin bir biyoaktif bileşik kaynağı olmaya devam ettiğini bildirmişlerdir. Sonuçlar, kuşburnunun sağlık ve besinsel faydaları olan geleneksel gıda olarak kullanımını desteklemektedir (Paunović vd. 2019).

Bayraktar ve Ateş Bayraktar (2024), Yozgat Çekerek bölgesinden toplanan kuşburnu meyvelerini 40°C'de kuruttuktan sonra %80'lik metanol ile ekstre etmişlerdir. Kuşburnunun 244 mg/100 g olarak bulunan flavonoid içeriği antioksidan profili bakımından önemli bulunmuştur. Toplam fenolik içeriğinin ise yüksek (1678 mg GAE/100 g) olduğu ifade edilmiş ve zengin bir biyoaktif bileşik kaynağı olduğu ifade edilmiştir. Meyvelerin DPPH testiyle antioksidan aktivitesi 517.04 mg TE/100 g (Trolox eşdeğeri), olarak belirlenmiş ve güçlü serbest radikal temizleme potansiyelinin olduğu vurgulanmıştır. Gözlemlenen antioksidan kapasitenin yüksek fenolik içerikle uyumlu olduğu ve bu bileşiklerin oksidatif hasarı nötralize etmedeki merkezi rolü ile ilişkilendirilmiştir. Bu bulgular Çekerek kuşburnunu, sağlık geliştirici ürünler için güçlü bir işlevsel bileşen olarak değerlendirilmiştir (Bayraktar ve Ateş Bayraktar 2024).

Stamin vd. (2024), Romanya'da üç farklı orman ekosisteminde üç farklı lokasyondan topladıkları genotiplere (GR1-3, SR1-3 ve VR1-3 olmak üzere 9 genotip) ait kuşburnu meyvelerinin etanol ekstraktlarında TPC, TFC ve DPPH belirlemişlerdir. TPC değeri ortalama 1211.15 mg GAE/100 g belirlenirken, 673.52 mg GAE/100 g'lık bir fark oluşturarak GR1 genotipinde maksimum değer 1884.67 mg GAE/100 g olarak belirlenmiştir. TFC değeri ortalama 126.00 mg CE/100 g belirlenirken, 76.33 mg CE/100 g'lık bir fark oluşturarak VR3 genotipinde maksimum değer 202.33 mg CE/100 g olarak belirlenmiştir. TAC değeri ortalama 18.64 mg C₃GE/100 g belirlenirken, 1.99 C₃GE/100 g'lık bir fark oluşturarak GR1 genotipinde maksimum değer 20.63 mg C₃GE/100 g olarak belirlenmiştir. Antioksidan aktivitede ortalama %91.97 serbest

radikal inhibisyon değeri kaydedilirken, SR2 genotipinde kaydedilen maksimum değere (%96,94) kadar %4,97'lik bir fark oluşmuştur (Stamin vd. 2024).

Vasic vd. (2024), farklı sıcaklıklarda (40, 50 ve 60°C) kurutulduktan sonra hazırlanan kuşburnu su ekstraktlarında (R40, R50 ve R60) TPC seviyeleri yaklaşık 20-40 mg GAE/g kuru ağırlık aralığında belirlenmiş olup, R40'a göre R60 örneğinde TPC seviyesi önemli düzeyde yüksek bulunmuştur. Aynı örneklerde TFC seviyeleri (yaklaşık 1-1.2 mg QUE/g kuru ağırlık) arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. Toplam flavonol içeriği (TFIC, 0.60–0.64 mg QUE/g kuru ağırlık) ise TPC içeriği ile benzer bir profil göstermiştir. Kuşburnu bitki örneklerinde TAC değerleri (0.057-0.076 mg Cy 3-glc/g kuru ağırlık) arasındaki farklılıklar önemli düzeyde bulunmuştur. En yüksek antioksidan aktivite değerleri, diğer ekstraktlara göre R60 ekstraktında DPPH için 53 mg TE/g kuru ağırlık ve ABTS için 67 mg TE/g kuru ağırlık olarak bulunmuştur (Vasic vd. 2024).

Yalçınkaya vd. (2024), *R. canina*'nın su ve metanol kök ekstraktlarının DPPH radikal süpürücü aktivitesi için IC50 (µg/ml) değerleri sırasıyla 23.3 µg/mL ve 26.9 µg/mL iken, bütillenmiş hidroksi toluenin (BHT) IC50 değeri 96.5 µg/mL olarak hesaplanmıştır. TPC seviyesi ise bitki kök ekstraktının gramı başına gallik asit eşdeğeri cinsinden ifade edilmiştir. *R. canina*'nın su ve metanol kök ekstraktlarının TPC değerleri sırasıyla 34.96 ve 16.98 µg GAE/mg olarak belirlenmiştir. *R. canina* su kök ekstraktının DPPH aktivitesinin kontrol ve metanol ekstraktlarından daha yüksek, metanol kök ekstraktının DPPH aktivitesinin ise kontrolden daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Su kök ekstraktının metanol ekstraktından daha yüksek demir şelatlama aktivitesine ve fenolik içeriğe sahip olduğu bulunmuştur. *R. canina* kök özütünün fenolik içeriğinin diğer Rosa türlerinden daha yüksek bulunduğu bildirilmiştir (Tumbas vd. 2012). Önceki araştırmalar bitki yaprakları, tohumları ve meyvelerinin antioksidan özelliklere sahip olduğunu göstermişken, bu çalışma bitki köklerinin de yüksek antioksidan özelliklere sahip olduğunu ileri sürmektedir. *R. canina* kök ekstraktının antioksidan potansiyelinin bütillenmiş hidroksi toluenden daha yüksek olduğunu gösterilmiş, bu da kök ekstraktlarının yüksek antioksidan potansiyelini ortaya koymuştur. Benzer sonuçlar, *R. canina* meyvelerindeki fenolik bileşiklerin nitel ve nicel miktarlarını inceleyen çalışmada da bulunmuştur (Zadernowski vd. 2002).

Tumbarski vd. (2025), dondurulmuş (-15°C) kuşburnu meyvelerinde belirlenen TPC ve TFC (sırasıyla 12.5 mg GAE/g kuru ağırlık ve 2.6 mg QE/g kuru ağırlık) değerlerinin kurutulmuş meyvelerde azaldığını (sırasıyla 5.5 mg GAE/g kuru ağırlık ve 1.3 mg QE/g kuru ağırlık) belirlemişlerdir. Antioksidan aktivite testlerinde, dondurulmuş (-15°C) ve kurutulmuş kuşburnu meyvelerinde DPPH değerleri sırasıyla 98.9 ve 41.5 mM TE/g kuru ağırlık iken FRAP değerleri sırasıyla 129.2 ve 36.5 mM TE/g kuru ağırlık olarak belirlenmiştir. Kurutulan meyvelerde TPC, TFC ve antioksidan aktivite değerlerindeki azalmanın muhtemelen kurutma işlemi sırasında biyolojik olarak aktif bileşiklerin bozulması nedeniyle olduğunu bildirmişlerdir (Tumbarski vd. 2025).

2.7 *Rosa canina* Türlerinin Farmakolojik Özellikleri

R. canina C vitamini ve diğer biyoaktif maddeler içeriği nedeniyle meyve, grip önleyici bir madde olarak ve böbrek, karaciğer ve mesane hastalıklarının tedavisini desteklemek için kullanılmaktadır (Czyzowska vd. 2015). Meyvenin kabuklarından üretilen toz, kalça fleksiyonunu iyileştirebilir ve osteoartritli hastalarda ağrıyı azaltabilir (Warholm vd. 2003). Kuşburnu özleri antioksidan, antimikrobiyal, anti-inflamatuar, immünomodülatör, kardiyoprotektif, nöroprotektif, antikanser, antiobezite ve antidiyabetiktir. Öz ayrıca dermatoprotektif özelliklere ve melanogenez önleyici etkilere sahiptir, böylece cildi aydınlatır (Medveckiene vd. 2021). Kuşburnu tohumlarından elde edilen yağ, sağlık geliştirici özellikleri ve kişisel bakımdaki uygulamaları nedeniyle de değerlidir (Patel 2017). Cilt bakımında, yağ yumuşatıcı ve kırışıklık önleyici, nemlendirici, akne karşıtı, cilt hiperpigmentasyonunu azaltıcı, yara izi önleyici ve çatlak önleyici etkilere sahip formülasyonların bir bileşeni olarak değerlendirilir (Patel 2017, Medveckiene vd. 2021).

Kuşburnu A, B1, B2, B6, C, E ve K vitaminlerine, esansiyel yağ asitlerine (Omega 3 ve 6), galakto lipitlere, biyoflavonoidlere, karotenoidlere ve tanenlere ek olarak, kolayca emilen mineraller, antioksidanlar ve diğer besinlerin iyi bir kaynağıdır. Meyve, bir portakalda bulunan C vitamininin 60 katını içermektedir. Kanseri önlemeye, kolesterolü düşürmeye, kalbe iyi gelmeye, iltihabı tedavi etmeye, sindirime yardımcı olmaya, kan

basıncını düzenlemeye, cilt sağılığını iyileştirmeye ve böbrek sağılığını iyileştirmeye yardımcı olmaktadır (Anuushree ve Veena 2023).

Kuşburnu, fenolik asitler, flavonoidler, karotenoidler ve antioksidanlar dahil olmak üzere biyoaktif bileşiklerin bolluğı nedeniyle popülerdir ve bunlar toplu olarak önemli sağılık yararlarına katkıda bulunur (Demir vd. 2014). Flavonoidler, anti-inflamatuar ve kardiyoprotektif etkiler de dahil olmak üzere çeşitli sağılık yararlarına katkıda bulunur (Frankel 1999). Fenolikler, oksidatif stresin azaltılmasına ve kardiyovasküler rahatsızlıklar ve kanser gibi kronik hastalıkların önlenmesine katkıda bulunan güçlü antioksidan özellikleriyle iyi belgelenmiştir (Koczka vd. 2018). Geleneksel olarak, kuşburnu, insan sağılığını desteklemedeki rollerini vurgulayan anti-inflamatuar, antioksidan ve antimikrobiyal özellikleri nedeniyle bitkisel tıpta kullanılmıştır (Sun ve Shahrajabian 2023). Kuşburnunun fenolik içeriğı ve antioksidan aktivitesi, oksidatif stresi azaltma potansiyeli nedeniyle sağılık araştırmalarında önemli ilgi görmüştür (Koczka vd. 2018). Kardiyovasküler hastalıklar, kanser ve nörodejeneratif bozukluklar gibi kronik hastalıkların patogenezin önemli katkıda bulunan oksidatif stres, serbest radikalleri temizleyen ve hücrel hasarı azaltan antioksidanlar tarafından hafifletilebilir (Young ve Woodside 2001, Willcox vd. 2004).

3. MATERYAL ve METOT

3.1 Meyve Örneklenmesi

Rosa canina türüne ait meyve örnekleri Afyonkarahisar ili Çakırköy mahallesinden Ekim 2024'te toplanmıştır. Meyveler homojen olarak seçilmiş ve 3 gruba ayrılmıştır: 1) Taze meyveler, 2) 50°C'ye ayarlanmış etüvde 48 sa boyunca kurutulan meyveler ve 3) 70°C'ye ayarlanmış etüvde 48 sa boyunca kurutulan meyveler.

3.2 Meyve Metanol Ekstraktlarının Hazırlanması

Rosa canina türüne ait üç farklı gruptaki meyveler porselen havan dövülmüş ve meyve dokularından 10'ar gram ağız kapaklı cam şişelere alınmıştır. Şişelere 30 mL metanol ilave edilmiştir. Karışım 15 dakika çalkalayıcıda tutulmuştur (del Bano vd. 2003). Karışım +4°C'de 24 saat buzdolabında bekletilmiş ve filtre kağıdı kullanılarak süzölmüştür. Süzöntü vakumlu evaporatör (+50°C'de) aracılığı ile kurutulmuş ve testlerde kullanılıncaya kadar buzdolabında muhafaza edilmiştir (del Bano vd. 2003).

3.3 LC–MS/MS ile Fenolik Bileşenlerin Belirlenmesi

Rosa canina meyvelerinden elde edilen metanol ekstraktlarında bulunan fenolik bileşiklerin belirlenmesi, Yılmaz (2020) tarafından geliştirilen ve validasyonu gerçekleştirilmiş LC–MS/MS yöntemi kullanılarak yapılmıştır.

Analitik yöntem optimizasyonu için 53 doğal fenolik bileşik ve dahili standart olarak kullanılan 3 izotopla işaretli fenolik bileşiğin otantik standartları kullanılmıştır. Tüm standart bileşiklerin (IS'ler dahil 54 bileşik) 1000 mg/L'lik ana stok çözeltileri, katı formlarının metanolde çözülmesiyle hazırlanmıştır. Epikateşin ve epigallokateşin standartları ise istisnai olarak 500 mg/L konsantrasyonda hazırlanmıştır. Analizlerde kolaylık sağlamak amacıyla 53 fenolik standardın orta stok çözeltileri de oluşturulmuştur. Ferulik asit D3, rutin D3 ve kersetin D3 sırasıyla flavonoid olmayan bileşiklerin, flavonoid glikozitlerin ve flavonoid aglikonların kantifikasyonunda izotop

etiketli dahili standartlar olarak kullanılmıştır. Kalibrasyon eğrilerinin oluşturulması için 53 fenolik standart ve 3 dahili standarttan oluşan sekiz farklı kalibrasyon seviyesi hazırlanmış; her kalibrasyon düzeyine ve analiz edilen her örneğe ferulik asit D3 (20 mg/L), rutin D3 (1 mg/L) ve kersetin D3 (5 mg/L) eklenmiştir.

Toplam 53 fitokimyasal bileşiğin (14 flavonoid aglikon, 1 biflavonoid, 13 flavonoid glikozit, 20 fenolik asit, 3 fenolik aldehit, 1 stilbenoid glikozit ve 1 benzopiron) miktarsal analizi Shimadzu–Nexera UHPLC sistemine bağlı tandem kütle spektrometresi ile gerçekleştirilmiştir. Kullanılan ters faz UHPLC sistemi; otoörnekleyici (SIL–30AC), kolon fırını (CTO–10ASvp), gradiyent pompa (LC–30AD) ve degazer (DGU–20A3R) bileşenlerinden oluşmuştur. Kromatografik ayırım Agilent Poroshell 120 EC–C18 (150 mm × 2.1 mm, 2.7 µm) kolonu kullanılarak, 40°C sabit sıcaklıkta yapılmıştır. Mobil faz olarak; A fazı (ultra saf su + 5 mM amonyum format + %0.1 formik asit) ve B fazı (metanol + 5 mM amonyum format + %0.1 formik asit) kullanılmıştır. Elüsyon programı sırasıyla %20–100 B (0–25 dk), %100 B (25–35 dk) ve %20 B (35–45 dk) olarak uygulanmıştır. Akış hızı 0.5 mL/dk, enjeksiyon hacmi ise 5 µL olarak belirlenmiştir.

Kütle spektrometrik analizler, hem pozitif hem negatif iyon modlarında çalışabilen elektrosprey iyonizasyon (ESI) kaynağına sahip Shimadzu LC–MS8040 model cihaz ile gerçekleştirilmiştir. LC–ESI–MS/MS verileri Shimadzu Lab Solutions yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. Fenolik bileşiklerin kantifikasyonu için Multiple Reaction Monitoring (MRM) modu kullanılmıştır. Bu yöntem, her bir bileşiğe özgü ana iyon–parçalanma iyonu geçişlerine dayanarak seçici ve duyarlı tayin yapılmasına olanak sağlamıştır. Optimum iyon parçalanması ve hedef iyon geçişlerinin en yüksek düzeyde elde edilmesi için çarpışma enerjileri optimize edilmiştir. Sistemin çalışma koşulları şu şekilde ayarlanmıştır: kurutucu gaz (N₂) akışı 15 L/dk, nebulizer gaz (N₂) akışı 3 L/dk, DL sıcaklığı 250°C, ısıtıcı blok sıcaklığı 400°C ve arayüz sıcaklığı 350°C.

3.4 Toplam Fenolik Madde Miktarının Belirlenmesi

Toplam fenolik madde miktarı, Folin–Ciocalteu kolorimetrik yöntemi kullanılarak

belirlenmiştir (Singleton ve Rossi 1965). Meyve ekstrakt çözeltilerinden (1 mg/mL) 100 µL'lik kısımlar vidalı kapaklı cam tüplere aktarılmıştır. Her bir tüpe sırasıyla 2,4 mL saf su (dH₂O), 200 µL Folin–Ciocalteu reaktifi, 600 µL %20 sodyum karbonat (Na₂CO₃) çözeltisi ve 700 µL dH₂O eklenmiş, ardından karışımlar vortekslenerek homojen hâle getirilmiştir. Hazırlanan reaksiyon karışımları oda sıcaklığında, karanlık ortamda 2 saat süreyle inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresinin sonunda, örneklerin absorbans değerleri 760 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar, metanolde hazırlanan gallik asit standart çözeltileri (1, 0.5, 0.25, 0.125 ve 0.0625 mg/mL) kullanılarak oluşturulan kalibrasyon eğrisi üzerinden hesaplanmıştır. Bulgular, gallik asit eşdeğeri (mg GAE/g ekstrakt) cinsinden ifade edilmiştir.

3.5 Toplam Flavonoid Madde Miktarının Belirlenmesi

Toplam flavonoid madde miktarı, alüminyum klorür kolorimetrik yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Pourmorad vd. 2006). Her bir örneğe ait ekstrakt çözeltilerinden (1 mg/mL) 1000 µL'lik hacimlerde vidalı kapaklı cam deney tüplerine aktarılmıştır. Tüplere sırasıyla 200 µL %10 alüminyum klorür (AlCl₃) çözeltisi ve 200 µL 1 M potasyum asetat (CH₃CO₂K) çözeltisi eklenmiştir. Elde edilen karışımlar oda sıcaklığında, karanlık ortamda 30 dakika inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresinin ardından, örneklerin absorbans değerleri 415 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Sonuçlar, 10–50 µg/mL aralığında hazırlanan kersetin standart çözeltileri kullanılarak oluşturulan kalibrasyon eğrisi yardımıyla hesaplanmıştır. Bulgular, kersetin eşdeğeri (µg KE/mg ekstre) cinsinden ifade edilmiştir.

3.6 Antioksidan Kapasitelerinin Belirlenmesi

3.6.1 Toplam Antioksidan Kapasitenin Belirlenmesi

Toplam antioksidan aktivite, fosfomolibdenyum yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Prieto vd. 1999). Ekstrakt çözeltilerinden (1 mg/mL) ve standart askorbik asit (AsA) çözeltilerinden 400 µL'lik hacimlerde vidalı kapaklı cam tüplere alınmıştır. Her tüpe 4 mL ayıraç çözeltisi (0.6 M sülfürik asit, 28 mM sodyum fosfat ve 4 mM amonyum

molibdat) eklenmiş ve karışımlar vortekslenerek homojen hâle getirilmiştir. Hazırlanan karışımlar, 95°C’de 90 dakika boyunca inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda oluşan yeşil renkli kompleksin absorbans değeri 695 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar, askorbik asit standart çözeltileri kullanılarak oluşturulan kalibrasyon eğrisi üzerinden hesaplanmış ve askorbik asit eşdeğeri (mg AAE/g ekstrakt) cinsinden ifade edilmiştir.

3.6.2 DPPH Antiradikal Aktivitenin Belirlenmesi

Ekstraktların antiradikal aktiviteleri, DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Lee vd. 1998). Farklı derişimlerde hazırlanan ekstrakt çözeltilerinden (1 mg/mL) 80 µL’lik hacimlerde deney tüplerine aktarılmış ve her bir tüpe 2000 µL DPPH çözeltisi (0.1 mM) eklenmiştir. Ekstrakt ve DPPH çözeltileri vortekslendikten sonra oda sıcaklığında, karanlıkta 30 dakika inkübe edilmiştir. İnkübasyonun ardından, karışımların absorbans (A) değerleri 517 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar, aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmış ve troloks eşdeğeri (mg TE/g ekstrakt) cinsinden ifade edilmiştir:

$$TEAK = 100 \times \frac{(A_{\text{Kontrol}} - A_{\text{Örnek}})}{(A_{\text{Kontrol}} - A_{\text{Trolox}})} / \text{Örnek derişimi}$$

3.6.3 ABTS⁺ Antiradikal Aktivitenin Belirlenmesi

Ekstraktların antiradikal aktiviteleri, 2,2’-azinobis-(3-etilenbenzotiazolin)-6-sülfonik asit (ABTS) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Arnao vd. 2001). Analiz için öncelikle stok çözeltiler hazırlanmıştır. 7 mM ABTS⁺ çözeltisi, 0.019 g ABTS’nin 5 mL saf su (dH₂O) içinde çözülmesiyle; 2.45 mM amonyum persülfat çözeltisi ise 0.014 g APS’nin 25 mL dH₂O içerisinde çözülmesiyle hazırlanmıştır. Çalışma çözeltisi, iki stok çözeltinin eşit hacimlerde (5’er mL) karıştırılması ve karanlık ortamda, oda sıcaklığında bir gece boyunca inkübe edilmesi ile elde edilmiştir. Daha sonra, 734 nm dalga boyunda 1.0 absorbans birimi verecek şekilde ABTS⁺ çözeltisi metanol ile seyreltilmiştir (1:40 oranında). Analiz için ekstrakt çözeltilerinden (1 mg/mL) 100 µL alınmış ve üzerine 1900 µL ABTS⁺ çözeltisi eklenmiştir. Karışımlar karanlıkta, oda sıcaklığında 60 dakika

süreyle inkübe edilmiştir. Aynı prosedür, standart troloks çözeltisi (0.05 mg/mL) için de uygulanmıştır. İnkübasyonun ardından, örneklerin absorbans değerleri 734 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Sonuçlar aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmış ve troloks eşdeğeri (mg TE/g ekstrakt) cinsinden ifade edilmiştir:

$$\text{TEAK} = 100 \times \frac{(A_{\text{Kontrol}} - A_{\text{Örnek}})}{(A_{\text{Kontrol}} - A_{\text{Trolox}})} / \text{Örnek derişimi}$$

3.6.4 Demir İyonu İndirgeyici Antioksidan Potansiyeli (FRAP) Testi

Ekstraktların demir iyonu indirgeyici antioksidan potansiyeli, $[\text{Fe(III)(TPTZ)}_2]^{3+}$ kompleksinin antioksidanlar tarafından $[\text{Fe(II)(TPTZ)}_2]^{2+}$ formuna indirgenmesine dayanan FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) yöntemi ile belirlenmiştir (Tuberoso vd. 2010). Analizde oksidan olarak Fe(III)-TPTZ kompleksi ($[\text{Fe(III)(TPTZ)}_2]^{2+}$) kullanılmıştır. Deney için 60 µL ekstrakt çözeltisi (0.5 mg/mL), 1800 µL FRAP ayırıcı ile karıştırılmış ve karışımlar 37°C’de 10 dakika süreyle inkübe edilmiştir. İnkübasyonun ardından örneklerin absorbans değerleri 593 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Standart eğri oluşturmak amacıyla troloks (0, 50, 100, 250, 500 ve 750 µM) standart çözeltileri de aynı koşullar altında FRAP ayırıcı ile karıştırılarak analiz edilmiştir. Sonuçlar, troloks kalibrasyon eğrisi kullanılarak hesaplanmış ve troloks eşdeğeri (mg TE/mg ekstrakt) cinsinden ifade edilmiştir.

3.6.5 Bakır (II) İyonu İndirgeyici Antioksidan Kapasite (CUPRAC) Testi

Ekstraktların bakır (II) iyonu indirgeyici antioksidan kapasiteleri, Cu^{2+} iyonlarının Cu^+ formuna indirgenmesine dayanan CUPRAC (Cupric Ion Reducing Antioxidant Capacity) yöntemi ile belirlenmiştir (Apak vd. 2006). Analizde, 10 mM CuCl_2 , 7.5 mM neokuproin (2,9-dimetil-1,10-fenantrolin) ve 1 mM amonyum asetat tamponu (pH 7.0) çözeltilerinden 1'er mL alınarak karıştırılmıştır. Ardından, karışıma 100 µL ekstrakt çözeltisi (1 mg/mL) ve 1000 µL saf su ilave edilmiştir. Hazırlanan karışımlar oda sıcaklığında 30 dakika süreyle inkübe edildikten sonra, absorbans değerleri 450 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Aynı işlem, standart olarak

kullanılan 1 mM troloks çözeltisi için de gerçekleştirilmiştir. Ekstraktların ve standartların bakır iyonu indirgeyici kapasiteleri, troloks bileşiğinin molar absorpsiyon katsayısı ($\epsilon = 16.700 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$) kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar troloks eşdeğeri (mg TE/mg ekstrakt) olarak ifade edilmiştir.

3.7 Enzim İnhibe Edici Potansiyelin Belirlenmesi

Kolinesteraz inhibitör aktivite Ellman vd. (1961) tarafından geliştirilen, modifiye edilmiş spektrofotometrik Ellman yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Enzim kaynağı olarak Asetikolinesteraz (AChE) (EC 3.1.1.7) kullanılırken, substrat olarak asetiltiyokolinyodür ve 5,5'-Ditiyo-bis(2-nitrobenzoik) asit (DTNB) ise renklendirici madde olarak kullanılmıştır. Butirilkolinesteraz aktivitesinde ise enzim butirilkolinesteraz (BChE) (EC 3.1.1.8), substrat butiriltiyokolin klorit, renklendirici olarak ise yine DTNB kullanılmıştır. 100 μL bitki ekstraktına, 100 μL DNTB (0.3 mM), pH 8.0 Tris-HCl tamponunda hazırlanan 25 μL AChE (0.027 unit/mL) veya BChE (0.027 unit/mL) enzim çözeltisi eklenmiştir. Bu karışım oda sıcaklığında 15 dakika bekletilmiş ve daha sonra substrat çözeltilerinden 25 μL asetilkolin iyodür (ATCI, 1.5 mM) veya butiriltiyokolin iyodür (BTCl, 1.5 mM) ilave edilmiştir. Hazırlanan karışımlar, oda sıcaklığında 10 dakika bekletilmiş ve daha sonra 405 nm'de absorbans değerleri ölçülmüştür. Galatamin standart inhibitör olarak kullanılacak ve sonuçlar galatamin eşdeğeri olarak verilecektir. Bitki ekstraktlarının enzim inhibisyon sonuçları, bu enzimlerin inhibisyonunda referans bir madde olan galatamin eşdeğeri (GALAE) olarak verilmiştir.

Ekstraktların tirozinaz (EC 1.14.1.8.1) inhibisyon kapasitesi, Masuda vd. (2005) tarafından geliştirilen, 3,4-dihidroksi-L-fenilalanin'in (L-DOPA) substrat olarak kullanıldığı modifiye dopakrom yöntemi ile spektrofotometrik olarak tayin edilmiştir. 50 μL bitki ekstraktı, fosfat tamponunda (pH 6.8) hazırlanmış 150 μL tirozinaz çözeltisi (200 unit/mL) ile karıştırılmış ve oda sıcaklığında 15 inkübe edilmiştir. Bu süre sonunda 50 μL L-DOPA (10 mM) konulmuş ve 10 dakika oda sıcaklığında bekletilmiştir. Bu süre sonunda absorbans değerleri 492 nm' de okunmuştur. Referans standart madde olarak kojik asit kullanılmış ve elde edilen sonuçlar kojik asit eşdeğeri (KAE) olarak

verilmiştir.

Antidiyabetik etkinin belirlenmesinde en yaygın olarak α -amilaz (EC 3.2.1.1) ile α -glukozidaz (EC 3.2.1.20) enzimlerini inhibe etme yetenekleri araştırılmıştır. α -amilaz inhibisyonun tayininde iyot/potasyum iyodür testi kullanılmaktadır. α -glukozidaz inhibisyonunda ise Palanisamy vd. (2011) metodu uygulanmaktadır. Amilaz inhibisyon testinde, her bir kuyucuğa, 50 μ L bitki ekstraktı ve pH 6.9 fosfat tamponunda hazırlanmış 50 μ L amilaz (10 unit/mL) enzim çözeltisi eklenmiştir. Karışım, 37 °C’de 10 dakika inkübe edilmiş ve daha sonra kuyucuklara % 0.05’lik 100 μ L nişasta çözeltisi eklenmiş ve 37 °C’de 10 dakika bekletilmiştir. Süre sonunda kuyucuklara 25 μ L HCl (1 M) ilave edilmiş ve reaksiyon durdurulması sağlanmıştır. Daha sonra renk ayracı olarak iyot-potasyum iyodür (100 μ L) eklenmiş ve absorbanlar 630 nm’de okunmuştur. Glukozidaz inhibisyon testinde, 50 μ L bitki ekstraktı, fosfat tamponunda (pH 6.9) hazırlanmış 50 μ L α -glukosidaz çözeltisi (0.2 unit/mL) ve substrat çözeltisi olarak 50 μ L PNPG (4-p-nitrofenil- α -D-glukopiranozid, 10 mM) çözeltisi ile karıştırılmış ve 37 °C’de 10 dakika inkübe edilmiştir. Süre sonunda karışıma 0.2 M, 50 μ L Na₂CO₃ (%2) eklenerek reaksiyon tamamlanmıştır. Absorbans değerleri 405 nm’de kaydedilmiştir. Akarboz, standart inhibitör olarak kullanılacak ve sonuçlar akarboz eşdeğeri olarak verilecektir. Enzimleri inhibe eden referans bileşik olarak akarboz tercih edilmiş ve sonuçlar akarboz eşdeğeri (AKAE) olarak verilmiştir

3.8 İstatistik Analizler

Analizlerden elde edilen veriler, SPSS istatistik paket programı (ver. 22, Chicago, IL, USA) kullanılarak değerlendirilmiştir. Gruplar arasındaki anlamlı farklılıklar, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi (DMRT) ile belirlenmiş ve istatistiksel anlamlılık $P < 0.05$ düzeyinde kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

Taze ve farklı kurutma sıcaklıklarına (50 ve 70°C) maruz bırakılan kuşburnu meyvelerinden metanol ekstraktları elde edilmiştir. Metanol ekstraktlarında toplam fenolik ve flavanoid içeriği, antioksidan kapasite ve fenolik asit kompozisyonu değerlendirilmiştir.

4.1 Fenolik Asit Kompozisyonu

Kuşburnu meyvelerinde LC–MS/MS analizi sonucunda toplam 53 fenolik bileşik arasından yalnızca belirli bileşiklerin tespit edilebilir düzeyde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Bu bileşikler arasında kinik asit, gallik asit, protokateşik asit, tanik asit, mikelianin, izokersitrin, elagik asit, kersitrin, astragalin, kersetin, naringenin, luteolin, apigenin, amentoflavon ve akasetin yer almıştır. Analiz sonuçlarına göre kinik asit, tüm örneklerde baskın bileşik olarak saptanmıştır. Bu bileşiğin miktarı taze örneklerde 35.22 mg/g, 50°C’de kurutulan örneklerde 43.36 mg/g, 70°C’de kurutulan örneklerde ise 33.84 mg/g olarak belirlenmiştir. Kurutma işlemi, kinik asit miktarında başlangıçta artışa, daha yüksek sıcaklıkta ise azalmaya yol açmıştır.

Fenolik asitler arasında gallik asit, protokateşik asit ve tanik asitin miktarlarının kurutma sıcaklığıyla birlikte arttığı görülmüştür. Gallik asit miktarı taze örneklerde 0.167 mg/g iken, 50°C’de 0.348 mg/g, 70°C’de 0.452 mg/g’a yükselmiştir. Benzer şekilde protokateşik asit miktarı 0.347–0.996 mg/g aralığında artış göstermiştir. Flavonoid türevleri arasında mikelianin, izokersitrin, kersitrin, kersetin, astragalin, naringenin, luteolin, apigenin, amentoflavon ve akasetin düşük miktarlarda tespit edilmiştir. Özellikle elagik asitin kurutma sıcaklığıyla birlikte önemli bir artış gösterdiği belirlenmiştir (taze: 0.742 mg/g, 50°C: 1.310 mg/g, 70°C: 1.565 mg/g).

Çizelge 4.1 Taze ve farklı kurutma sıcaklıklarına maruz bırakılan kuşburnu meyvelerinden elde edilen metanol ekstraktlarında fenolik asit bileşiklerinin kompozisyonu

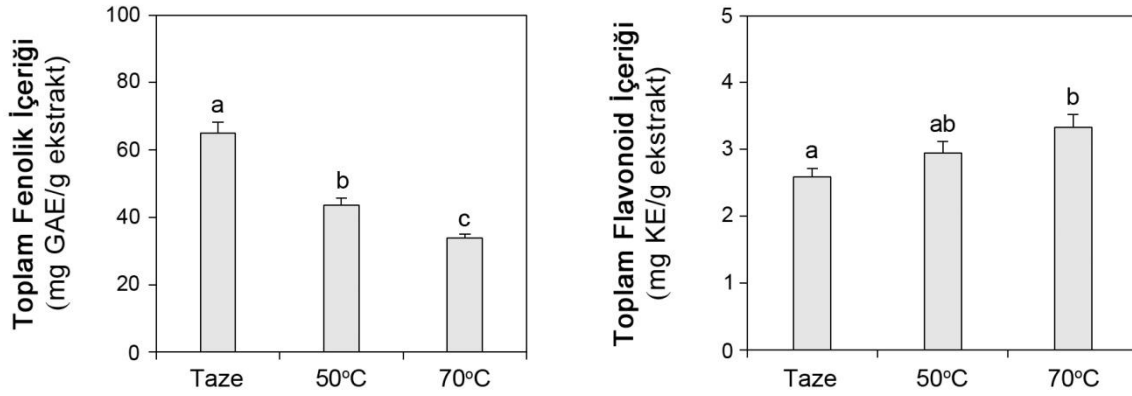
Fenolik asit bileşikleri (mg/g)	Taze	50°C	70°C
Kuiniik asit	35,22 ± 1,31	43,36 ± 1,61	33,84 ± 1,26
Fumarik asit	N.D.	N.D.	N.D.
Akonitik asit	N.D.	N.D.	N.D.
Gallik asit	0,17 ± 0,002	0,35 ± 0,004	0,45 ± 0,005
Epigallokateşin	N.D.	N.D.	N.D.
Protokatekuik asit	0,35 ± 0,012	0,94 ± 0,033	0,99 ± 0,035
Kateşin	N.D.	N.D.	N.D.
Gentisik asit	N.D.	N.D.	N.D.
Klorojenik asit	N.D.	N.D.	N.D.
Protokatekuik aldehit	N.D.	N.D.	N.D.
Tannik asit	0,08 ± 0,002	0,27 ± 0,005	0,23 ± 0,004
Epigallokateşin gallat	N.D.	N.D.	N.D.
Sinarin	N.D.	N.D.	N.D.
4-OH benzoik asit	N.D.	N.D.	N.D.
Epikateşin	N.D.	N.D.	N.D.
Vanilik asit	N.D.	N.D.	N.D.
Kafeik asit	N.D.	N.D.	N.D.
Şiringik asit	N.D.	N.D.	N.D.
Vanilin	N.D.	N.D.	N.D.
Şiringik aldehit	N.D.	N.D.	N.D.
Daidzin	N.D.	N.D.	N.D.
Epikateşin gallat	N.D.	N.D.	N.D.
Piseid	N.D.	N.D.	N.D.
p-kumarik asit	N.D.	N.D.	N.D.
Ferulik asit	N.D.	N.D.	N.D.
Sinapik asit	N.D.	N.D.	N.D.
Kumarin	N.D.	N.D.	N.D.
Salisilik asit	N.D.	N.D.	N.D.
Sinarozid	N.D.	N.D.	N.D.
Mikelianin	0,18 ± 0,004	0,18 ± 0,004	0,14 ± 0,003

Çizelge 4.1 Devamı

Fenolik asit bileşikleri (mg/g)	Taze	50°C	70°C
Rutin	N.D.	N.D.	N.D.
İzokuersitrin	0,28 ± 0,006	0,43 ± 0,009	0,39 ± 0,009
Hesperidin	N.D.	N.D.	N.D.
o-kumarik asit	N.D.	N.D.	N.D.
Genistin	N.D.	N.D.	N.D.
Rosmarinik asit	N.D.	N.D.	N.D.
Ellagik asit	0,74 ± 0,027	1,31 ± 0,048	1,57 ± 0,057
Kozmosin	N.D.	N.D.	N.D.
Kuersitrin	0,63 ± 0,017	0,50 ± 0,013	0,74 ± 0,20
Astragalin	0,070 ± 0,0008	0,076 ± 0,0009	0,075 ± 0,0009
Nikotiflorin	N.D.	N.D.	N.D.
Fisetin	N.D.	N.D.	N.D.
Daidzein	N.D.	N.D.	N.D.
Kersetin	0,06 ± 0,001	0,14 ± 0,002	0,10 ± 0,002
Naringenin	0,006 ± 0,0002	0,007 ± 0,0003	0,008 ± 0,0003
Hesperetin	N.D.	N.D.	N.D.
Luteolin	N.D.	0,004 ± 0,0001	N.D.
Genistein	N.D.	N.D.	N.D.
Kamferol	N.D.	N.D.	N.D.
Apigenin	N.D.	0,003 ± 0,00005	0,003 ± 0,00005
Amentoflavon	0,005 ± 0,0002	0,012 ± 0,0004	0,007 ± 0,0002
Krisin	N.D.	N.D.	N.D.
Akasetin	0,005 ± 0,0002	0,011 ± 0,0004	0,006 ± 0,0002

4.2 Toplam Fenolik ve Flavonoid Madde İçeriği

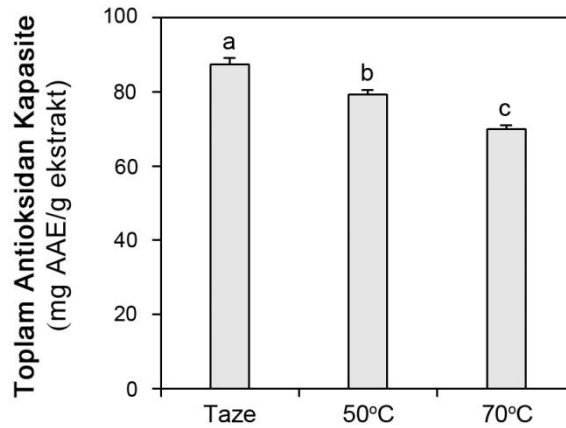
Farklı kurutma sıcaklıklarının kuşburnu meyvelerinin toplam fenolik ve flavonoid içerikleri üzerine etkisi Şekil 4.1’de verilmiştir. En yüksek toplam fenolik madde içeriği taze örneklerde 65,05 mg GAE/g ekstrakt olarak saptanmış, bu değer 50°C’de kurutulan örneklerde 43,60 mg GAE/g ekstrakta, 70°C’de ise 33,79 mg GAE/g ekstrakta düşmüştür ($P < 0.05$). Zıt olarak, flavonoid içeriği açısından da taze örneklerde 2,59 mg KE/g ekstrakt ile en düşük, 70°C’de kurutulan örneklerde ise 3,33 mg KE/g ekstrakt ile en yüksek değer elde edilmiştir.



Şekil 4.1 Taze ve farklı kurutma sıcaklıklarına maruz bırakılan kuşburnu meyvelerinden elde edilen metanol ekstraktlarında toplam fenolik ve flavonoid madde içerikleri. Farklı harfler (a–c), DMRT analizine göre ortalamalar arasındaki önemli düzeydeki farklılıkları göstermektedir ($P < 0.05$).

4.3 Toplam Antioksidan Kapasite

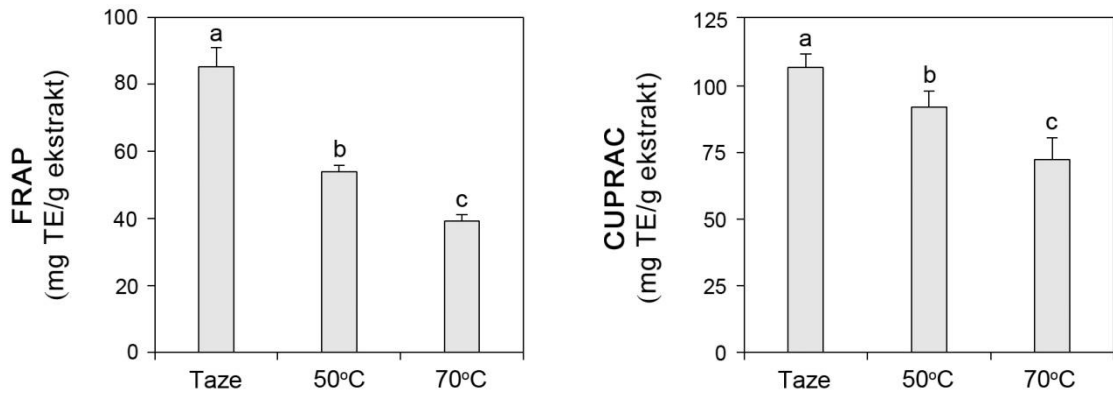
Kurutma sıcaklığının kuşburnu meyvelerinin toplam antioksidan kapasitesi (TAK) üzerinde önemli bir etkisi olduğu Şekil 4.2’de gösterilmiştir ($P < 0.05$). En yüksek TAK değeri taze örneklerde (87,45 mg AAE/g ekstrakt) saptanmıştır. Kurutma sıcaklığı arttıkça TAK değerlerinde belirgin bir azalma gözlenmiştir; 50°C’de kurutulan örneklerde 79,22 mg AAE/g ekstrakt, 70°C’de kurutulan örneklerde ise 70,02 mg AAE/g ekstrakt olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.2 Taze ve farklı kurutma sıcaklıklarına maruz bırakılan kuşburnu meyvelerinden elde edilen metanol ekstraktlarında toplam antioksidan kapasite. Farklı harfler (a–c), DMRT analizine göre ortalamalar arasındaki önemli düzeydeki farklılıkları göstermektedir ($P < 0.05$).

4.4 Demir ve Bakır İyonu İndirgeyici Antioksidan Kapasite

Kurutma sıcaklığının kuşburnu meyvelerinin indirgeme temelli antioksidan kapasitesi üzerinde önemli bir etkisi olduğu Şekil 4.3'te gösterilmiştir ($P < 0.05$). FRAP analizi sonuçlarına göre en yüksek değer taze örneklerde (85,26 mg TE/g ekstrakt) saptanmıştır. Kurutma sıcaklığının artmasıyla FRAP değeri kademeli olarak azalmış; 50°C'de 53,85 mg TE/g ekstrakt, 70°C'de ise 39,21 mg TE/mg ekstrakt olarak ölçülmüştür. Benzer şekilde, CUPRAC değerleri de kurutma sıcaklığındaki artıştan olumsuz etkilenmiştir. En yüksek CUPRAC değeri taze örneklerde (107,17 mg TE/g ekstrakt) belirlenirken, bu değer 50°C'de 92,17 mg TE/g ekstrakt, 70°C'de ise 72,39 mg TE/g ekstrakt olarak belirlenmiştir.

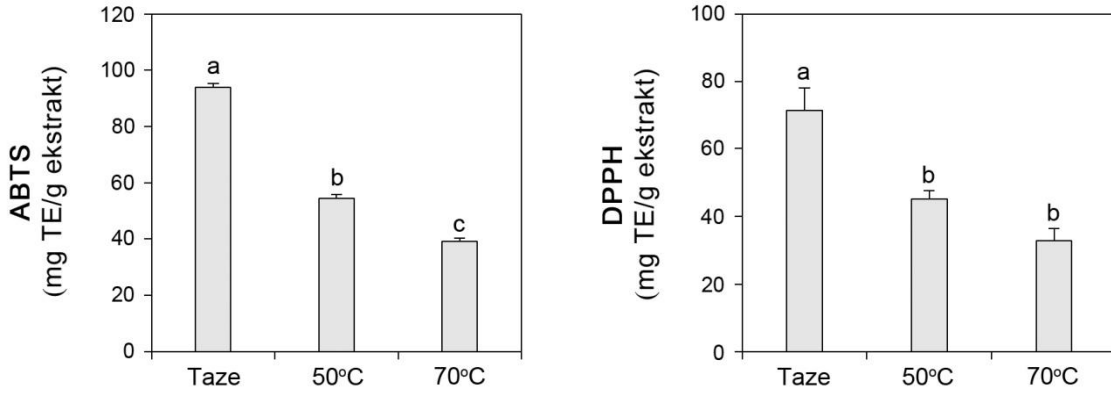


Şekil 4.3 Taze ve farklı kurutma sıcaklıklarına maruz bırakılan kuşburnu meyvelerinden elde edilen metanol ekstraktlarında toplam demir indirgeyici antioksidan potansiyeli (FRAP) ve bakır iyonu indirgeyici antioksidan kapasite (CUPRAC). Farklı harfler (a–c), DMRT analizine göre ortalamalar arasındaki önemli düzeydeki farklılıkları göstermektedir ($P < 0.05$).

4.5 Serbest Radikal Süpürücü Aktivite

Kurutma sıcaklığının kuşburnu meyvelerinin serbest radikal süpürme aktiviteleri üzerinde önemli bir etkisi olduğu Şekil 4.4'de gösterilmiştir ($P < 0.05$). ABTS radikal süpürme aktivitesi sıcaklığa duyarlı bir azalma göstermiştir. En yüksek ABTS değeri taze örneklerde (93,94 mg TE/g ekstrakt) belirlenirken, bu değer 50°C'de 54,50 mg TE/g ekstrakt ve 70°C'de 39,22 mg TE/g ekstrakt düzeyine gerilemiştir. Benzer şekilde,

DPPH radikal giderme aktivitesi açısından en yüksek değer taze örneklerde (71,47 mg TE/g ekstrakt) saptanmıştır. Kurutma sıcaklığının artmasıyla DPPH değerlerinde belirgin bir azalma gözlenmiştir; bu değer 50°C’de 45.14 mg TE/g ekstrakt, 70°C’de ise 32.66 mg TE/g ekstrakt olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.4 Taze ve farklı kurutma sıcaklıklarına maruz bırakılan kuşburnu meyvelerinden elde edilen metanol ekstraktlarında DPPH ve ABTS radikali indirgeme potansiyeli. Farklı harfler (a–c), DMRT analizine göre ortalamalar arasındaki önemli düzeydeki farklılıkları göstermektedir ($P < 0.05$).

4.5 Enzim İnhibe Edici Aktivite

Farklı kurutma sıcaklıklarının *R. canina* meyvelerinden elde edilen metanol ekstraktlarının enzim inhibisyon aktiviteleri üzerindeki etkileri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Asetilkolinesteraz (AChE) inhibisyonu açısından değerlendirildiğinde, en yüksek aktivite 70°C’de kurutulmuş örnekte 2.64 ± 0.021 mg GALAE/g ekstrakt olarak tespit edilmiştir. Bunu 50°C’de kurutulan örnek (2.63 ± 0.006 mg GALAE/g) ve taze meyve ekstraktı (2.60 ± 0.017 mg GALAE/g) izlemiştir. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre sıcaklık artışına paralel olarak AChE inhibisyonunda küçük fakat anlamlı bir artış gözlenmiştir ($p < 0.05$). Bütirilkolinesteraz (BChE) inhibisyonu bakımından ise en yüksek aktivite 70°C’de kurutulan örnekte (5.83 ± 0.06 mg GALAE/g) belirlenmiş, bunu sırasıyla 50°C (5.63 ± 0.09 mg GALAE/g) ve taze örnek (5.39 ± 0.15 mg GALAE/g) takip etmiştir.

Tirozinaz inhibisyonunda ise taze meyve ekstraktı 62.94 ± 0.52 mg KAE/g değeriyle en

yüksek aktiviteyi göstermiştir. Kurutma sıcaklığı arttıkça tirozinaz inhibisyon aktivitesinde azalma eğilimi belirlenmiş, 50°C ve 70°C örneklerinde sırasıyla 61.60 ± 0.19 ve 62.05 ± 0.29 mg KAE/g değerleri elde edilmiştir. Karbonhidrat metabolizmasında görevli α -amilaz ve α -glukozidaz enzimlerine yönelik inhibisyon aktiviteleri incelendiğinde, α -amilaz inhibisyonu tüm örneklerde birbirine yakın değerlerde seyretmiş ve kurutma sıcaklığının anlamlı bir etki yaratmadığı belirlenmiştir. Buna karşılık α -glukozidaz inhibisyonu açısından en yüksek aktivite 70°C’de kurutulan (0.81 ± 0.020 mmol ACAE/g) örneklerde gözlenmiş, bunu taze (0.84 ± 0.006 mmol ACAE/g) ve 70°C’de kurutulan (0.81 ± 0.020 mmol ACAE/g) örnekler izlemiştir.

Çizelge 4.2 Taze ve farklı kurutma sıcaklıklarına maruz bırakılan kuşburnu meyvelerinden elde edilen metanol ekstraktlarının enzim inhibe edici potansiyelleri

	AChE (mg GALAE/g ekstrakt)	BChE (mg GALAE/g ekstrakt)	Tirozinaz (mg KAE/g ekstrakt)	α-Amilaz (mmol ACAE/g ekstrakt)	α-Glukozidaz (mmol ACAE/g ekstrakt)
Taze	2.60 ± 0.017 a	5.39 ± 0.15 a	62.94 ± 0.52 a	0.28 ± 0.006 a	0.84 ± 0.006 a
50°C	2.63 ± 0.006 ab	5.63 ± 0.09 b	61.60 ± 0.19 a	0.27 ± 0.011 a	0.86 ± 0.015 a
70°C	2.64 ± 0.021 b	5.83 ± 0.06 b	62.05 ± 0.29 a	0.27 ± 0.006 a	0.81 ± 0.020 b

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Mevcut araştırmada, farklı kurutma sıcaklıklarının kuşburnu meyvelerinin toplam fenolik ve flavonoid içerikleri üzerindeki etkileri incelendiğinde (Şekil 4.1), kurutma sıcaklığının artışıyla toplam fenolik madde (TPC) içeriğinin anlamlı şekilde azaldığı, buna karşın toplam flavonoid (TFC) içeriğinin yükseldiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar, fenolik bileşiklerin ısı işlem sırasında yapısal bozulmalara maruz kalarak miktarlarının azalabileceğini, bazı flavonoidlerin ise kurutma sürecinde serbest hale geçerek ekstrakte edilebilirliğinin artabileceğini göstermektedir. Elde edilen bulgular, kuşburnu meyvelerinin fenolik bileşikler açısından oldukça zengin olduğunu bildiren literatür verileriyle genel olarak uyumludur. Ercisli (2007), *R. canina* türünün diğer kuşburnu türlerine göre en yüksek fenolik içeriğe (96 mg GAE/g kuru ağırlık) sahip olduğunu bildirmiştir. Bu değer, çalışmamızda taze örneklerde belirlenen fenolik içeriğin üzerinde olmakla birlikte, tür farklılığı, meyvelerin kurutulmamış oluşu ve ekstrede kullanılan çözücü farkı gibi değişkenler bu farklılığı açıklayabilir. Benzer şekilde, Murathan vd. (2016) de farklı kuşburnu türlerinde TPC değerlerinin geniş bir aralıkta (1081–6298 mg GAE/100 g) değiştiğini ve en yüksek değer *R. canina*'da gözlemlendiğini rapor etmiştir. Bu durum, kuşburnu türü, yetiştirme bölgesi, çevresel koşullar ve ekstraksiyon yönteminin fenolik içerik üzerinde belirleyici olduğunu göstermektedir. Çeşitli ekolojik faktörler ve genotip farklılıkları da fenolik/flavonoid içeriğinde önemli rol oynamaktadır. Stamin vd. (2024) tarafından Romanya'daki dokuz farklı genotipte yapılan çalışmada, TPC değerlerinin 673.52–1884.67 mg GAE/100 g arasında değiştiği, TFC'nin ise 76.33–202.33 mg CE/100 g aralığında olduğu bildirilmiştir. Bu geniş varyasyon, genetik yapı ve çevresel faktörlerin fenolik metabolit birikiminde etkili olduğunu göstermektedir. Bu durum, çalışmamızda kullanılan yerel kuşburnu örneklerinin literatürdeki bazı popülasyonlara göre daha düşük TPC'ye sahip olmasının da muhtemel nedenlerinden biridir.

Kurutma işleminin TPC ve TFC üzerine etkisini değerlendiren çalışmalarla karşılaştırıldığında, mevcut çalışma Paunović vd. (2019) ve Tumbarski vd. (2025) tarafından bildirilen bulgularla paralellik göstermektedir. Paunović vd. (2019) 50–60°C'de kurutulan kuşburnu meyvelerinde toplam fenolik, flavonoid ve antioksidan

aktivitelerde sırasıyla %20.4, %31.3 ve %21.9 oranında azalma olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde Tumbarski vd. (2025) de dondurulmuş (-15°C) kuşburnu meyvelerinde 12.5 mg GAE/g olan TPC'nin, kurutulmuş meyvelerde 5.5 mg GAE/g'a düştüğünü rapor etmişlerdir. Bu sonuçlar, kurutma sırasında fenolik bileşiklerin ısıl degradasyonu ve oksidatif bozulma olasılığını desteklemektedir. Çalışmamızda da benzer şekilde TPC'nin sıcaklık artışıyla azalması, bu biyokimyasal süreçlerin etkisini doğrular niteliktedir.

Diğer taraftan, 70°C'de flavonoid miktarındaki artış eğilimi, Vasic vd. (2024) ve Bayraktar ve Ateş Bayraktar (2024) tarafından bildirilen bulgularla kısmen örtüşmektedir. Vasic vd. (2024), 40–60°C aralığında kurutulan kuşburnu örneklerinde toplam flavonoid içeriği (1–1.2 mg QUE/g) arasında belirgin fark bulunmadığını, ancak toplam flavonol içeriğinin fenolik bileşiklerle paralel seyrettiğini belirtmişlerdir. Buna karşın Bayraktar ve Ateş Bayraktar (2024), 40°C'de kurutulan kuşburnu örneklerinde yüksek flavonoid (244 mg/100 g) ve fenolik içerik (1678 mg GAE/100 g) belirleyerek antioksidan kapasitenin bu bileşiklerle güçlü bir ilişki gösterdiğini bildirmiştir. Mevcut araştırmada yüksek sıcaklıkta flavonoid artışı gözlenmesi, flavonoid glikozitlerinin termal hidroliz sonucu aglikon formuna dönüşmesiyle ekstrakte edilebilirliğin artmasıyla açıklanabilir. Ancak aşırı sıcaklıklar, fenolik asitlerin bozunmasına yol açarak TPC değerlerinde düşüşe neden olmaktadır.

Sonuç olarak, elde edilen bulgular kurutma sıcaklığının kuşburnu meyvelerinin fenolik bileşik profili üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur. Kurutma sıcaklığı arttıkça fenolik bileşiklerin degradasyonu artmakta, buna karşılık bazı flavonoidlerin serbestleşmesi nedeniyle TFC düzeyi nispeten artabilmektedir. Bu durum, kurutma işleminin kontrollü sıcaklıklarda yürütülmesinin, biyoaktif bileşen kaybını en aza indirmek açısından kritik olduğunu göstermektedir. Bulgular genel olarak literatürde bildirilen değerlerle tutarlı olup, kuşburnu meyvelerinin kurutma koşullarına duyarlı zengin bir fenolik ve flavonoid bileşik kaynağı olduğunu teyit etmektedir.

Bu çalışmada *R. canina* meyvelerinin farklı kurutma sıcaklıklarının (taze, 50 °C, 70 °C)

toplam antioksidan kapasite (TAK) ve indirgeme temelli antioksidan testleri (FRAP, CUPRAC) ile serbest radikal süpürme aktiviteleri (DPPH, ABTS) üzerinde anlamlı etkiler yarattığı gösterilmiştir. Bu bulgu, literatürde kurutmanın fenolik içerik ve antioksidan aktivite üzerindeki olumsuz etkisini raporlayan çalışmalarla uyumludur. Paunović vd. (2019) taze ile 50–60°C’de kurutulmuş *R. canina* meyvelerini karşılaştırmış ve TPC, TFC ile DPPH aktivitelerinde sırasıyla $\approx\%20$, $\approx\%31$ ve $\approx\%22$ oranlarında azalma bildirmiştir. Tumbarski vd. (2025), dondurulmuş ve kurutulmuş meyveler arasında benzer şekilde TPC, TFC ve FRAP/DPPH değerlerinde belirgin azalma raporlamış; bu da termal işlemin fenolik bileşiklerin bozulmasında oynadığı rolü desteklemektedir. Kurutma sırasında antioksidan kapasitedeki azalmanın altında yatan mekanizmalar çoklu ve birbiriyle ilişkili olabilir. Birincisi, fenolik bileşiklerin termal degradasyonu ve oksidatif bozulmasıdır: yükselen sıcaklıklar fenolik çekirdeklere parçalanma, dekarboksilasyon veya kondenzasyon reaksiyonlarına yol açarak bileşiklerin radikal süpürme ve redükleme kapasitelerini azaltır. İkincisi, fenol oksidaz (PPO) ve peroksidaz gibi enzimlerin aktivitesi kurutma sürecinin başlangıç aşamasında hücre bütünlüğü bozulduğunda artarak fenoliklerin oksidasyonuna neden olabilir; yüksek sıcaklıklarda bu enzimler daha sonra inaktive olsa da kısa süreli ısıl maruziyet hem serbest radikal oluşumunu hem de fenolik kaybı tetikleyebilir. Üçüncüsü, fenolik bileşiklerin polimerizasyonu ve melanoidin benzeri ürünlerin oluşumu, ölçülen “aktif” fenolik havuzun azalmasına yol açabilir. Bu mekanizmalar Paunović vd. (2019) ve Tumbarski vd. (2025) tarafından da termal etkilerin fenolik kayıplarıyla ilişkilendirildiği biçimde literatürde desteklenmektedir.

Çalışmamızda CUPRAC ve FRAP testlerinde de benzer düşüşlerin gözlenmesi, kurutmanın yalnızca serbest radikal süpürme yeteneğini değil aynı zamanda redoks-aktif fenolik ve non-fenolik antioksidanların (ör. askorbik asit, karotenoidler, tokoferoller) düzeylerini de azalttığını düşündürür. Bayraktar ve Ateş Bayraktar (2024) yüksek TPC/TFC ve güçlü DPPH aktiviteleri raporlamış; bu da örneklerin coğrafi orijin, kurutma yöntemi (sıcaklık ve süre) ve örnek hazırlama farklılıkları nedeniyle büyük ölçüde değişkenlik gösterebileceğini göstermektedir.

Bununla birlikte literatürde bazı çalışmalar daha yüksek sıcaklıklarda bile belirli

antioksidan aktivitelerin korunabildiğini veya seçici olarak arttığını raporlamışlardır. Örneğin, Vasic vd. (2024), 60°C’de kurutulmuş örneklerinin yüksek DPPH/ABTS değerlerine sahip olduğu bildirilmiştir. Bu tür bulgular, fenolik bileşiklerin termal stabilitesinin bileşik türüne özgü olduğunu, bazı bileşiklerin (örneğin belirli sinapik veya p-kumarik türevleri) nispeten ısıl dayanıklılık gösterebileceğini veya kurutmanın hücre duvarı parçalanmasını artırarak bazı bileşiklerin ekstrakte edilebilirliğini kısa vadede yükseltebileceğini düşündürür. Ancak genel eğilim, özellikle toplam fenolik havuz ve çoğu antioksidan ölçümünde sıcaklıkla birlikte azalma yönündedir.

Bu çalışmada LC–MS/MS analizi sonucunda kuşburnu meyvelerinde toplam 53 fenolik bileşikten yalnızca belirli bileşiklerin tespit edilebilir düzeyde olduğu belirlenmiştir. Saptanan başlıca bileşikler arasında kinik asit, gallik asit, protokateşik asit, tanik asit, elagik asit, izokersitrin, kersitrin, kersetin, astragalin, naringenin, luteolin, apigenin, amentoflavon ve akasetin yer almıştır. Bu bulgular, kuşburnunun fenolik asitler ve flavonoidler bakımından zengin bir fitokimyasal içerik gösterdiğini ortaya koymakta olup, literatürde bildirilen genel *R. canina* profiliyle büyük ölçüde örtüşmektedir (Aptin vd. 2013, Dabić-Zagorac vd. 2020, Fetni vd. 2020). Kinik asit, kuşburnunun karakteristik fenolik bileşiklerinden biri olup, antioksidan savunmada önemli rol oynamaktadır. Medveckiene vd. (2021) de *R. canina* meyvesinde L-askorbik asit ve kinik asidin başlıca bileşenlerden biri olduğunu vurgulamıştır. Kinik asidin 50°C’de artış göstermesi, ılımlı ısıl işlemle bağlı fenoliklerin serbestleştiğini; 70°C’deki azalma ise termal bozunmayı işaret etmektedir. Fenolik asitlerden gallik asit, protokateşik asit ve tanik asit miktarlarının kurutma sıcaklığıyla birlikte artış göstermesi, fenolik bileşiklerin hücre duvarı komplekslerinden serbest hale geçmesiyle açıklanabilir. Bu durum, Yalçınkaya vd. (2024) tarafından *R. canina* kök ekstraktlarında belirlenen yüksek 2,5-dihidroksibenzoik asit ve klorojenik asit düzeyleriyle paralellik göstermektedir. Ayrıca gallik ve elagik asitler, *Rosa* türlerinin en karakteristik fenolik asitleri arasında yer almakta olup (Aptin vd. 2013, Dabić-Zagorac vd. 2020), bu bileşiklerin antioksidan kapasiteye katkısı iyi bilinmektedir. Elagik asit miktarının kurutma sıcaklığıyla birlikte anlamlı şekilde artış göstermesi (taze: 0.742 mg/g; 70°C: 1.565 mg/g), bu bileşiğin ısıya karşı dayanıklı yapısını ve tanenlerin parçalanmasıyla serbest hale gelebilme özelliğini göstermektedir. Benzer şekilde, Grajzer vd. (2015)

Rosa türlerinde p-kumarik, ferulik ve vanilik asit esterlerinin termal süreçlerde kısmen kararlı olduğunu bildirmiştir. Bu durum, elagik asitin kurutma sonrası bile yüksek düzeyde kalmasının kimyasal dayanıklılığıyla uyumludur.

Flavonoid grubunda mikelianin, izokersitrin, kersitrin, kersetin, astragalin, naringenin, luteolin, apigenin, amentoflavon ve akasetin düşük düzeylerde tespit edilmiştir. Bu bulgu, flavonoidlerin ısıya duyarlı doğası nedeniyle yüksek sıcaklıklarda degradasyona uğradığını düşündürmektedir. Bayraktar ve Ateş Bayraktar (2024), Yozgat bölgesinden toplanan ve 40°C’de kurutulan kuşburnu meyvelerinde yüksek flavonoid içeriği (244 mg/100 g) bildirmiştir; bu, daha düşük sıcaklıkların flavonoidlerin korunması açısından kritik olduğunu göstermektedir. Bizim çalışmamızda 50–70°C aralığında uygulanan kurutma işleminin, özellikle kersetin ve türevlerinin oksidatif kaybına neden olduğu değerlendirilebilir.

Kuşburnu meyvesinin fenolik bileşik profiline ilişkin çeşitlilik, bitki türü, yetiştirme koşulları ve genetik faktörlerle yakından ilişkilidir (Kayahan vd. 2022, Anuushree ve Veena 2023). Türkiye’deki Rosa türlerinin genetik çeşitliliği ve farklı ekolojik bölgelerdeki adaptasyon özellikleri, fenolik bileşik dağılımında önemli farklılıklar yaratmaktadır. Ayrıca çevresel faktörlerin (rakım, güneşlenme süresi, toprak tipi) fenolik bileşik sentezini etkilediği bilinmektedir. Kuşburnunun genel fitokimyasal profili, önceki çalışmalarla karşılaştırıldığında oldukça tutarlıdır. Daels-Rakotoarison vd. (2002) ve Popović-Djordjević vd. (2021), kuşburnunun fenolik asitler, flavonoidler, tokoferoller, karotenoidler ve mineral elementler açısından çok yönlü bir bileşime sahip olduğunu bildirmişlerdir. Bu bileşenlerin birlikte bulunması, kuşburnunun diyetetik ve farmasötik kullanım potansiyelini desteklemektedir.

Farklı kurutma sıcaklıklarının *R. canina* meyvelerinden elde edilen metanol ekstraktlarının enzim inhibisyon aktiviteleri üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde, sıcaklık değişiminin özellikle kolinesteraz ve tirozinaz enzimleri üzerinde anlamlı etkiler oluşturduğu belirlenmiştir. Asetilkolinesteraz (AChE) ve bütirilkinesteraz (BChE) inhibisyon aktiviteleri kurutma sıcaklığıyla birlikte artış göstermiştir. Bu durum, kurutma işleminin belirli sıcaklık aralıklarında fenolik bileşiklerin ve flavonoid

türevlerinin biyoyararlanımını artırarak nöroprotektif enzim inhibisyon aktivitelerini desteklediğini göstermektedir. Bu bulgular, kuşburnunun nöroprotektif potansiyele sahip bir doğal kaynak olduğunu bildiren literatürle uyumludur. Medveckiene vd. (2021), *R. canina* özlerinin antioksidan, antiinflamatuvar ve nöroprotektif özellikler sergilediğini; özellikle fenolik bileşiklerin asetilkolinesteraz aktivitesini inhibe ederek sinaptik asetilkolin düzeylerini koruduğunu belirtmiştir. Benzer şekilde, Czyzowska vd. (2015), kuşburnu özlerinin yüksek C vitamini ve polifenolik içeriği sayesinde merkezi sinir sistemi üzerinde düzenleyici etkiler gösterdiğini bildirmiştir. Çalışmamızda sıcaklık artışına paralel gözlenen AChE ve BChE inhibisyonundaki hafif artış, özellikle ılımlı ısı işlemlerin fenolik bileşiklerin serbestleşmesini kolaylaştırarak inhibitör potansiyeli artırabileceğini göstermektedir.

Tirozinaz inhibisyonu açısından değerlendirildiğinde, en yüksek aktivite taze meyve ekstraktında belirlenmiş, kurutma sıcaklığı arttıkça inhibisyon aktivitesinde azalma eğilimi gözlenmiştir. Bu durum, tirozinaz inhibitörlerinin (örneğin flavonoidler, fenolik asitler ve askorbik asit) yüksek sıcaklıklarda kısmen degradasyona uğramasıyla ilişkilendirilebilir. Tirozinaz enzimi, melanin sentezinde anahtar bir rol oynadığından, bu bulgu kuşburnunun doğal bir cilt aydınlatıcı ve melanogenez baskılayıcı ajan olarak kullanılabileceğini desteklemektedir. Medveckiene vd. (2021) ve Patel (2017), kuşburnu özlerinin dermatoprotektif etkilerinin tirozinaz inhibisyonu ve antioksidan kapasiteyle yakından ilişkili olduğunu bildirmiştir. Çalışmamızda taze örneklerin daha yüksek tirozinaz inhibisyonu göstermesi, kuşburnunun kozmetik ve dermatoaktif formülasyonlarda taze veya düşük sıcaklıkta kurutulmuş hammadde olarak kullanılmasının avantajlı olabileceğini düşündürmektedir.

Karbonhidrat metabolizmasıyla ilişkili enzimler arasında yer alan α -amilaz ve α -glukozidaz inhibisyon aktiviteleri incelendiğinde, α -amilaz inhibisyonunun kurutma sıcaklığından anlamlı biçimde etkilenmediği; α -glukozidaz inhibisyonunun ise 70°C’de kurutulan örneklerde hafif artış gösterdiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar, kuşburnu meyvesinin diyabet yönetiminde destekleyici potansiyele işaret etmektedir. Anuushree ve Veena (2023), kuşburnu meyvesinin içerdiği flavonoidler, karotenoidler, tanenler ve C vitamini sayesinde glukoz metabolizmasını düzenleyici ve antidiyabetik etki

gösterdiğini vurgulamışlardır. Ayrıca Demir vd. (2014) ve Frankel (1999), flavonoidlerin α -glukozidaz enzimi üzerindeki inhibisyon etkilerinin postprandiyal glukoz seviyelerini düşürmede önemli bir rol oynadığını bildirmiştir. Çalışmamızın bulguları, literatürde kuşburnunun antioksidan, antikanser, nöroprotektif, dermatoprotektif ve antidiyabetik etkilerini bildiren çalışmalarla uyumluluk göstermektedir (Czyzowska vd. 2015, Medveckiene vd. 2021, Anuushree ve Veena 2023). Özellikle fenolik asitler (gallik, elagik ve protokateşik asit) ve flavonoidler (kersetin, apigenin, luteolin) bu etkilerin biyokimyasal temelini oluşturmaktadır. Bu bileşiklerin kolinesteraz ve glukozidaz enzimleri üzerindeki inhibitör etkisi, kuşburnunun nörodejeneratif hastalıklar ve diyabet gibi oksidatif stresle ilişkili kronik hastalıkların önlenmesinde potansiyel bir doğal ajan olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir.

Sonuç olarak, farklı sıcaklıklarda kurutulan *R. canina* meyve örneklerinin fenolik profili, TPC, TFC içerikleri, antioksidan kapasiteleri ve enzim inhibisyon aktiviteleri değerlendirilmiştir. Sonuçlar, ılımlı kurutma sıcaklıklarının (özellikle 50 °C) fenolik bileşiklerin korunmasına ve ekstraksiyon veriminin artmasına katkı sağladığını göstermiştir. LC–MS/MS analizlerinde kinik asit baskın bileşik olarak belirlenmiş, gallik ve elagik asit gibi fenolik asitlerin miktarları da kurutma sıcaklığına bağlı olarak değişmiştir. TPC, TFC ve antioksidan kapasite değerleri 50 °C’de en yüksek düzeyde saptanmış, aşırı sıcaklık artışının ise bu parametrelerde düşüşe yol açtığı belirlenmiştir. Enzim inhibisyon analizleri, kurutma sıcaklığının biyolojik aktivite üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. AChE ve BChE inhibisyonu 50–70 °C aralığında artış göstermiş, tirozinaz inhibisyonu ise taze örneklerde daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlar, kuşburnunun fenolik açıdan zengin içeriği sayesinde güçlü antioksidan, nöroprotektif ve antidiyabetik potansiyele sahip olduğunu ortaya koymaktadır. İlerleyen çalışmalarda, kurutma koşullarının standardizasyonu ve bileşiklerin biyoyararlanımı üzerine detaylı *in vivo* araştırmaların yapılması önerilmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Ansari M A, Fatima Z, Hameed S, 2014, Sesamol: A Natural Phenolic Compound with Promising Anticandidal Potential, *Journal of Pathogens*, 2014, 895193.
- Anushree R K, Veena U K, 2023, An Overview of Functional Potential of Rose Hips, *The Pharma Innovation Journal*, 12, 38–43.
- Aptin R, Ghavamaldin A, Ahmad T, Mariamalsadat T, 2013, Evaluation of Biochemical Compounds *Rosa canina* L. in North of Iran (*Ramsar* and *Tonekabon* Heights), *Journal of Medicinal Plants Research*, 7, 3319–3324.
- Azam S, Hadi N, Khan N U, Hadi S M, 2004, Prooxidant Property of Green Tea Polyphenols Epicatechin and Epigallocatechin-3-gallate: Implications for Anticancer Properties, *Toxicology in Vitro*, 18, 555–561.
- Barros L, Carvalho A M, Ferreira I C F R, 2011, Exotic Fruits as a Source of Important Phytochemicals: Improving the Traditional Use of *Rosa canina* Fruits in Portugal, *Food Research International*, 44, 2233–2236.
- Bayraktar Ş, Ateş Bayraktar N, 2024, Chemical Characterization and Antioxidant Activity of *Rosa canina* L. from Çekerek Region of Yozgat, Türkiye, *Bozok Journal of Science*, 2, 98–103.
- Bhonwong A, Stout M J, Attajarusit J, Tantasawat P D, 2009, Defensive Role of Tomato Polyphenol Oxidases Against Cotton Bollworm (*Helicoverpa armigera*) and Beet Armyworm (*Spodoptera exigua*), *Journal of Chemical Ecology*, 35, 28–38.
- Blumenthal M, Busse W R, Goldberg A, Gruenwald J, Hall T, Klein S, Riggins C W, Rister R S, 1998, *The Complete German Commission E Monographs, Therapeutic Guide to Herbal Medicines*. American Botanical Council, Boston, pp. 369–370.
- Bohm V, Frohlich K, Bitsch R, 2003, Rosehip-A “New” Source of Lycopene?, *Molecular Aspects of Medicine* 24, 385–389.
- Cheikh-Affene Z B, Haoual F, Trabelsi N, Boulaaba M, Ksouri R, Harzallah-Skhiri F, 2013, Pomological Description and Chemical Composition of Rose Hips Gathered on Four *Rosa* Species Section *Caninae* Growing Wild in Tunisia, *International Journal of Agricultural Science and Technology*, 1, 43–50.
- Chrubasik C, Roufogalis B D, Muller-Ladner U, Chrubasik S, 2008, A Systematic

- Review on the *Rosa canina* Effect and Efficacy Profiles, *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 22, 725–733.
- Czyzowska A, Klewicka E, Pogorzelski E, Nowak A, 2015, Polyphenols, Vitamin C and Antioxidant Activity in Wines from *Rosa canina* L. and *Rosa rugosa* Thunb, *Journal of Food Composition and Analysis*, 39, 62–68.
- Dabić-Zagorac D Č, Fotirić-Akšić M M, Glavnik V, Gašić U M, Vovk I, Tešić Ž L, Natić M M, 2020, Establishing the Chromatographic Fingerprints of Flavan-3-ols and Proanthocyanidins from Rose Hip (*Rosa* sp.) Species, *Journal of Separation Science*, 43, 1431–1439.
- Daels-Rakotoarison D A, Gressier B, Trotin F, Brunet C, Luyckx M, Dine T, Bailleul F, Cazin M, Cazin J C, 2002, Effects of *Rosa canina* Fruit Extract on Neutrophil Respiratory Burst, *Phytotherapy Research*, 16, 157–161.
- Demir N, Yildiz O, Alpaslan M, Hayaloglu A A, 2014, Evaluation of Volatiles, Phenolic Compounds and Antioxidant Activities of Rose Hip (*Rosa* L.) Fruits in Turkey, *LWT: Food Science and Technology*, 57, 126–133.
- Di Scala KC, Crapiste GH, 2008, Drying Kinetics and Quality Changes during Drying of Red Pepper, *LWT: Food Science and Technology*, 41, 789–795.
- Ellman G L, Courtney K D, Andres Jr V, Featherstone R M, 1961, A New and Rapid Colorimetric Determination of Acetylcholinesterase Activity, *Biochemistry and Pharmacology*, 7, 88–95.
- Ercisli S, 2005, Rose (*Rosa* spp.) Germplasm Resources of Turkey, *Genetic Resources and Crop Evolution*, 52, 787–795.
- Ercisli S, 2007, Chemical Composition of Fruits in Some Rose (*Rosa* spp.) Species, *Food Chemistry*, 104, 1379–1384.
- Ercişli S, 1996, Gümüşhane Yöresinde Doğal Olarak Yetişen Kuşburnu Çeşitlerinin Seleksiyon ve Üretimi, *Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum*, 167 s.
- Fernandes K R, Bittercourt P S, Souza A D, Souza A Q, Silva F M, Lima E S, Acho L D, Nunomura R D, Teixeira A F, Koolen H H, 2019, Phenolic Compounds from *Virola venosa* (Myristicaceae) and Evaluation of Their Antioxidant and Enzyme Inhibition Potential, *Acta Amazonica*, 49, 48–53.

- Fetni S, Bertella N, Ouahab A, Zapater J M M, Fernandez S D P T, 2020, Composition and Biological Activity of the Algerian Plant *Rosa canina* L. by HPLC-UV-MS, *Arabian Journal of Chemistry*, 13, 1105–1119.
- Forman H J, Torres M, Fukuto J, 2002, Redox Signalling, *Molecular and Cellular Biochemistry*, 234–235, 49–62.
- Frankel N N, 1999, Natural Phenolic Antioxidants and Their Impact on Health, In *Antioxidant Food Supplements in Human Health*, Elsevier eBooks, pp. 385–392.
- Grajzer M, Prescha A, Korzonek K, Wojakowska A, Dziadas M, Kulma A, Grajeta H, 2015, Characteristics of Rose Hip (*Rosa canina* L.) Cold-pressed Oil and Its Oxidative Stability Studied by the Differential Scanning Calorimetry Method, *Food Chemistry*, 188, 459–466.
- Guimarães R, Barros L, Calhella R C, Carvalho A M, Queiroz M J R P, Ferreira I C F R, 2014, Bioactivity of Different Enriched Phenolic Extracts of Wild Fruits From Northeastern Portugal: A Comparative Study, *Plant Foods for Human Nutrition*, 69, 37–42.
- Hass L F, 1995, Dog Rose (*Rosa canina*), *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 59, 470.
- Hensley K, Robinson K A, Gabbita S P, Salsman S, Floyd R A, 2000, Reactive Oxygen Species, Cell Signaling, and Cell Injury, *Free Radical Biology and Medicine*, 28, 1456–1462.
- Hitchcock C L, Cronquist A, 1973, *Flora of the Pacific Northwest*, University of Washington Press, Seattle and London.
- Hodisan T, Socaciu C, Ropan I, Neamtu G, 1997, Carotenoid Composition of *Rosa canina* Fruits Determined by Thin-layer Chromatography and High-performance Liquid Chromatography, *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 16, 521–528.
- Huang D, Ou B, Prior R L, 2005, The Chemistry Behind Antioxidant Capacity Assays, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 1841–1856.
- Hvattum E, 2002, Determination of Phenolic Compounds in Rose Hip (*Rosa canina*) Using Liquid Chromatography Coupled to Electrospray Ionisation Tandem Mass Spectrometry and Diode-array Detection, *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 16, 655–662.

- Igual M, Chiş M S, Păucean A, Vodnar D C, Muste S, Man S, Martínez-Monzó J, García-Segovia P, 2021, Valorization of Rose Hip (*Rosa canina*) Puree Co-product in Enriched Corn Extrudates, *Foods*, 10, 2787.
- Kayahan S, Özdemir Y, Gülbağ F, 2022, Functional Compounds and Antioxidant Activity of Rosa Species Grown in Turkey, *Erwerbs-Obstbau*, 65, 1079–1086.
- Khare S, Singh NB, Singh A, Hussain I, Niharika KM, Yadav V, Bano C, Yadav RK, Amist N, 2020, Plant Secondary Metabolites Synthesis and Their Regulations Under Biotic and Abiotic Constraints, *Journal of Plant Biology*, 63, 203–16.
- Koczka N, Stefanovits-Bányai É, Ombódi A, 2018, Total Polyphenol Content and Antioxidant Capacity of Rosehips of Some Rosa Species, *Medicines*, 5, 84.
- Kumar S, Abedin M M, Singh A K, Das S, 2020, Role of Phenolic Compounds in Plant-defensive Mechanisms, *Plant Phenolics in Sustainable Agriculture*, 1, 517–532.
- Kumar S, Pandey A K, 2013, Chemistry and Biological Activities of Flavonoids: An Overview, *The Scientific World Journal*, 1, 162750.
- Kumarasamy Y, Cox P J, Jaspars M, Rashid M A, Sarker DS, 2003, Bioactive Flavonoid Glycosides from the Seeds of *Rosa canina*. *Pharmaceutical Biology* 41, 237–242.
- Lattanzio F, Greco E, Carretta D, Cervellati R, Govoni P, Speroni E, 2011, *In vivo* Anti-inflammatory Effect of *Rosa canina* L. Extract, *Journal of Ethnopharmacology*, 137, 880–885.
- Leemans J A, 1964, Rootstocks for Roses: Characteristics and Cultural value. *Stichting Plant Propaganda Holland Boskoop*, p. 72.
- Li R, Zhang J, Li J, Zhou G, Wang Q, Bian W, Erb M, Lou Y, 2015, Prioritizing Plant Defence Over Growth Through WRKY Regulation Facilitates Infestation by Non-Target Herbivores, *Elife*, 4, e04805.
- Lim K Y, Werlemark G, Matyasek R, Bringloe J B, Sieber V, El Mokadem H, Meynet J, Hemming J, Leitch A R, Roberts A V, 2005, Evolutionary Implications of Permanent Odd Polyploidy in the Stable Sexual, Pentaploid of *Rosa canina* L., *Heredity*, 94, 501–506.
- Mandenova I A, 1970, A Revision of *Rosa* in Turkey, *Notes R.P.G. Edinburgh* 30, 327–340.

- Masuda T, Yamashita D, Takeda Y, Yonemori S, Screening for Tyrosinase Inhibitors among Extracts of Seashore Plants and Identification of Potent Inhibitors from *Garcinia subelliptica*, *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 69, 197–201.
- Medveckiene B, Kulaitiene J, Levickiene D, Hallmann E, 2021, The Effect of Ripening Stages on the Accumulation of Carotenoids, Polyphenols and Vitamin C in Rosehip Species/Cultivars, *Applied Sciences*, 11, 6761.
- Mikail HG, Mohammed M, Umar HD, Suleiman MM, 2022, Secondary Metabolites: the Natural Remedies, In *Secondary Metabolites-Trends and Reviews*, IntechOpen.
- Murathan Z T, Zarifikhosroshahi M, Kafkas E, Sevindik E, 2016, Characterization of Bioactive Compounds in Rosehip Species from East Anatolia Region of Turkey, *Italian Journal of Food Science*, 28, 314–325.
- Nađpal J D, Lesjak M M, Šibul F S, Anačkov G T, Četojević-Simin D D, Mimica-Dukić N M, Beara I N, 2016, Comparative Study of Biological Activities and Phytochemical Composition of Two Rose Hips and Their Preserves: *Rosa canina* L. and *Rosa arvensis* Huds, *Food Chemistry*, 192, 907–914.
- Negritto MC, Valdez C, Sharma J, Rosenberg C, Selassie CR, 2017, Growth Inhibition and DNA Damage Induced by X-phenols in Yeast: A Quantitative Structure–activity Relationship Study, *ACS Omega* 2, 8568–8579.
- Nicholson R L, Hammerschmidt R, 1992, Phenolic Compounds and Their Role in Disease Resistance, *Annual Review of Phytopathology*, 30, 369–389.
- Niki E, Noguchi N, 2000, Evaluation of Antioxidant Capacity. What Capacity is Being Measured by Which Method?, *IUBMB Life*, 50, 323–329.
- Nilsson O, 1997, *Rosa*, In: Davis P. H. (ed.), *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Vol. 4., Edinburgh University Press, Edinburgh, pp. 106–128.
- Orhan D D, Hartevioğlu A, Küpeli E, Yesilada E, 2007, In vivo Anti-inflammatory and Antinociceptive Activity of the Crude Extract and Fractions from *Rosa canina* L. Fruits, *Journal of Ethnopharmacology*, 112, 394–400.
- Palanisamy U, Manaharan T, Teng L L, Radhakrishnan A K, Subramaniam T, Masilamani T, 2011 Rambutan Rind in the Management of Hyperglycemia, *Food Research International*, 44(7), 2278–2282.

- Patel S, 2017, Rose Hip as An Underutilized Functional Food: Evidence-Based Review, Trends in Food Science and Technology, 63, 29–38.
- Paunović D, Kalušević A, Petrović T, Urošević T, Djinović D, Nedović V, Popović-Djordjević J, 2019, Assessment of Chemical and Antioxidant Properties of Fresh and Dried Rosehip (*Rosa canina* L.), Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 47, 108–113.
- Peña F, Valencia S, Tereucán G, Nahuelcura J, Jiménez-Aspee F, Cornejo P, Ruiz A 2023, Bioactive cCompounds and Antioxidant Activity in the Fruit of Rosehip (*Rosa canina* L. and *Rosa rubiginosa* L.), Molecules, 28, 3544.
- Popović-Djordjević J, Paunović D, Milić A, Krstić Đ, Moghaddam S, Roje V, 2021, Multi-Elemental Analysis, Pattern Recognition Techniques of Wild and Cultivated Rosehips from Serbia, and Nutritional Aspect, Biological Trace Element Research, 199, 1110–1122.
- Sezik E, Yesilada E, Honda G, Takaishi Y, Yoshio T, Toshihiro T, 2001, Traditional Medicine in Turkey X. Folk Medicine in Central Anatolia, Journal of Ethnopharmacology, 75, 95–115.
- Shahidi F, 2004, Functional Foods: Their Role in Health Promotion and Disease Prevention, Journal of Food Science, 69, R146–R149.
- Shahidi F, Yeo J, 2018, Bioactivities of Phenolics by Focusing on Suppression of Chronic Diseases: A review, International Journal of Molecular Sciences, 19, 1573.
- Stryjecka M, Kiełtyka-Dadasiewicz A, Michalak M, 2024, Physico-Chemical Characteristics of *Rosa canina* L. Seeds and Determining Their Potential Use, Applied Sciences, 15, 168.
- Sun W, Shahrajabian M H, 2023, Therapeutic Potential of Phenolic Compounds in Medicinal Plants–Natural Health Products for Human Health, Molecules, 28, 1845.
- Tumbas V T, Čanadović-Brunet J M, Četojević-Simin D D, Četković G S, Đilas S M, Gille L, 2012, Effect of Rosehip (*Rosa canina* L.) Phytochemicals on Stable Free Radicals and Human Cancer Cells, Journal of the Science of Food and Agriculture, 92, 1273–1281.
- Upadhyay A, Mooyottu S, Yin H, Nair M, Bhattaram V, Venkitanarayanan K, 2015,

- Inhibiting Microbial Toxins Using Plant-derived Compounds and Plant Extracts, *Medicine*, 2, 186–221.
- Upadhyay R, Saini R, Shukla PK, Tiwari KN, 2025, Role of Secondary Metabolites in Plant Defense Mechanisms: A Molecular and Biotechnological Insights, *Phytochemistry Reviews*, 24, 953–983.
- Valko M, Leibfritz D, Moncol J, Cronin M T, Mazur M, Telser J, 2007, Free Radicals and Antioxidants in Normal Physiological Functions and Human Disease, *The International Journal of Biochemistry and Cell Biology*, 39, 44–84.
- Van Berkel T J C, 't Hoen P A C, Van der Lans C A C, Van Eck M, Bijsterbosch M K, Twisk J, 2003, Aorta of ApoE-deficient Mice Responds to Atherogenic Stimuli by a Prelesional Increase and Subsequent Decrease in the Expression of Antioxidant Enzymes, *Circulation Research*, 93, 262–269.
- Vasić D, Katanić Stanković J S, Urošević T, Kozarski M, Naumovski N, Khan H, Popović-Djordjević J, 2023, Insight into Bioactive Compounds, Antioxidant and Anti-Diabetic Properties of Rosehip (*Rosa canina* L.)-Based Tisanes with Addition of Hibiscus Flowers (*Hibiscus sabdariffa* L.) and Saffron (*Crocus sativus* L.), *Beverages*, 10, 1.
- Warholm O, Skaar S, Hedman E, Mølmen H M, Eik L, 2003, The Effects of a Standardized Herbal Remedy Made from a Subtype of *Rosa canina* in Patients with Osteoarthritis: A Double-Blind, Randomized, Placebo-Controlled Clinical Trial, *Current Therapeutic Research*, 64, 21–31.
- Willcox J K, Ash S, Catignani G L, 2004, Antioxidants and Prevention of Chronic Disease, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44, 275–295.
- Willis K, 2017, *State of The World's Plants*, Royal Botanic Gardens Kew.
- Wootton-Beard P C, Ryan L, 2011, Improving Public Health?: The Role of Antioxidant-rich Fruit and Vegetable Beverages, *Food Research International*, 44, 3135–3148.
- Yesilada E, 2002, Biodiversity in Turkish folk medicine. In: Bilge Şener (Ed.), *Biodiversity: Biomolecular Aspects of Biodiversity and Innovative Utilization*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, London, pp. 119–135.

- Yesilada E, Sezik E, Honda G, Takaishi Y, Takeda Y, Tanaka T, 1999, Traditional Medicine in Turkey IX. Folk Medicine in North-west Anatolia, Journal of Ethnopharmacology, 64, 195–210.
- Young I S, Woodside J V, 2001, Antioxidants in Health and Disease, Journal of Clinical Pathology, 54, 176–186.
- Zadernowski R, Naczek M, Nowak-Polakowska H, 2002, Phenolic Acids of Borage (*Borago officinalis* L.) and Evening Primrose (*Oenothera biennis* L.), Journal of the American Oil Chemists' Society, 79, 335–338.

