

**T.C.
BİNGÖL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİNGÖL MERKEZDEN TOPLANAN BAZI ARI POLENLERİNİN
BOTANİK ORJİNLERİNİN VE FARKLI ÇÖZÜCÜLERDE ELDE
EDİLEN EKSTRAKTLARIN ANTİOKSİDAN KAPASİTELERİNİN
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PİROZ DÜZDABAN

ARI VE ARI ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI

Dr. Öğr. Üyesi Veysel SÜZERER

BİNGÖL-2022



T.C.
BİNGÖL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**BİNGÖL MERKEZDEN TOPLANAN BAZI ARI POLENLERİNİN BOTANİK
ORJİNLERİNİN ve FARKLI ÇÖZÜCÜLERDE ELDE EDİLEN
EKSTRAKTLARIN ANTİOKSİDAN KAPASİTELERİNİN BELİRLENMESİ**

Dr. Öğretim Üyesi Veysel SÜZERER danışmanlığında, Piroz DÜZDABAN tarafından hazırlanan bu çalışma 14/01/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Arı ve Arı Ürünleri Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Dr. Öğretim Üyesi Duygu Nur ÇOBANOĞLU *İmza* :
Üye : Dr. Öğretim Üyesi Veysel SÜZERER *İmza* :
Üye : Dr. Öğr. Üyesi İlginç KIZILPINAR TEMİZER *İmza* :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulunun// tarih ve/
nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Zafer ŞİAR
Enstitü Müdürü

Bu çalışma Bingöl Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri (BAP) kapsamında desteklenmiştir.
Proje No: BAP-SHMYO.2021.001

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince yardımlarını ve bilgi birikimini esirgemeyen, göstermiş olduğu hoşgörü ve sabırdan dolayı değerli hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Veysel SÜZERER'e saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin deneysel çalışmalar kısmında bilgi birikimini ve desteğini esirgemeyen Sayın Dr. Öğr. Üyesi İnan DURSUN hocama teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın polenlerin temini sürecinde yardımlarını esirgemeyen Öğr. Gör. Nevzat ÇAĞLAYAN hocama ve polenlerin teşhis kısmında yardımlarını esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Duygu Nur ÇOBANOĞLU ve Dr. Öğr. Üyesi Deniz CANLI hocalarıma en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tez çalışmamın laboratuvar sürecinde yardımlarını esirgemeyen Omiks Teknolojileri ve İnovatif Ürün Laboratuvar çalışanları Öğr.Gör. Ali SİNAN ve Öğr.Gör. Enes KAYA hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam sürecinde yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Arş.Gör. İkranur FELEK ve Arş.Gör. Büşra BILDIR'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

BAP-SHMYO.2021.001 numaralı projeye mali katkılarından dolayı Bingöl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim.

Son olarak eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen ve her konuda beni destekleyen sevgili aileme sonsuz teşekkür ederim.

Piroz DÜZDABAN
BİNGÖL 2022

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	xi
ABSTRACT.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	12
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	17
3.1. Materyal.....	17
3.2. Yöntem.....	18
3.2.1. Tez Çalışması Kapsamında Kullanılan Cihazlar ve Kimyasallar.....	18
3.2.2. Arı Polenlerinin Palinolojik Analizi Çalışması.....	20
3.2.2.1. Arı Polenlerinin Palinolojik Çalışmaya Hazırlanması.....	20
3.2.2.2. Arı Polenlerinin Palinolojik Analizi.....	21
3.2.3. Arı Polenlerinin Ekstraksiyon Çalışması.....	23
3.2.4. Toplam Fenolik Asit Madde Miktarı Tayini Çalışması.....	26
3.2.5. Toplam Flavonoid Madde Miktarı Tayini Çalışması.....	27
3.2.6. Antioksidan Aktivite Çalışmaları.....	29
3.2.6.1. DPPH Yöntemiyle Antioksidan Kapasite Çalışması.....	29
3.2.6.2. ABTS/TEAK (Troloks Eşdeğeri Antioksidan Kapasitesi) Yöntemiyle Antioksidan Kapasite Çalışması.....	30

3.2.7. İstatistiksel Analizler.....	31
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	32
4.1. Arı Polenlerinin Mikroskopik Analizi.....	32
4.2. Arı Polenlerinin Ekstraksiyon Çalışmaları.....	47
4.2.1. Arı Polenlerinden Elde Edilen Ekstraktların Ekstraksiyon Verimliliği.....	47
4.3. Toplam Fenolik Asit Miktarı Tayini Çalışması.....	49
4.4. Toplam Flavonoid Madde Miktarı Tayini Çalışması.....	51
4.5. Antioksidan Aktivite Çalışmaları.....	55
4.5.1. DPPH Yöntemiyle Antioksidan Kapasite Çalışması.....	55
4.5.2. ABTS/TEAK Yöntemiyle Antioksidan Kapasite Çalışması.....	57
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	61
KAYNAKLAR.....	63
ÖZGEÇMİŞ.....	70

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

SS	: Standart sapma
SE	: Standart hata
°C	: Santigrat derece
%	: Yüzde
D	: Dakika
G	: Gram
S	: Saniye
Kg	: Kilogram
Ul	: Mikrolitre
ml	: Mililitre
Nm	: Nanometre
Mm	: Milimetre
Mm	: Milimolar
Mg	: Miligram
Rpm	: Rotation per minute
Um	: Mikrometre
mm ³	: Milimetreküp
mm ²	: Milimetrekare
Ug	: Mikrogram
M	: Molar
Mmol	: Milimol
25EtOH	: %25 Etil Alkol Örneği
25MeOH	: %25 Metil Alkol Örneği
50EtOH	: %50 Etil Alkol Örneği
50MeOH	: %50 Metil Alkol Örneği

75EtOH	: %75 Etil Alkol Örneği
75MeOH	: %75 Metil Alkol Örneği
100EtOH	: %100 Etil Alkol Örneği
100MeOH	: %100 Metil Alkol Örneği
ABTS	: 2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiyazoline-6-sulfonik asit) radikali
CHROMAC	: Cr (VI) indirgen antioksidan kapasite
CUPRAC	: Cu-II iyonu indirgeme antioksidant kapasitesi
D	: Dominant
dH ₂ O	: Ultrapure Saf Su Örneği
DPPH	: 2,2'-difenil-1-pikrilhidrazil
E	: Eser
EtOH	: Etil Alkol
FC	: Folin-Ciocalteu
FRAP	: Fe-III iyonu indirgeme antioksidan kapasitesi
GA	: Gallik Asit
GAE	: Gallik Asit Eşdeğeri
HPLC	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
M	: Minör
M.Ö.	: Milattan Önce
MeOH	: Metil Alkol
QE	: Quercetin
S	: Sekonder
TE	: Troloks Eşdeğeri
TEAK	: Troloks Eşdeğer Antioksidan Kapasitesi
Trolox	: 6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametil-kroman-2-karboksilik asit

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Arı poleninin elde edilmesi (Thakur and Nanda 2020): 1. Bal Arısı, 2. Çiçek poleni, 3. Polen ile kaplanmış bal arısı, 4. Bal arısının pelet haline getirdiği arı polenini taşıması, 5. Arı poleni peletini taşıyan bal arısı, 6. Arka bacaklarda taşınan arı poleni peleti, 7. Kovan girişindeki arı poleni tuzağı, 8. Arı poleni peletlerini toplamak için tuzak tepsisi, 9. Toplanmış arı polenleri.....	7
Şekil 3.1.	Çalışmada kullanılan arı poleni örnekleri	20
Şekil 3.2.	Arı polenlerinin öğütme, eleme ve saklama şekillerini gösteren diyagram.....	20
Şekil 3.3.	Arı polenlerinin palinolojik analiz sürecini anlatan diyagram.....	22
Şekil 3.4.	Ekstraksiyon işleminin aşamalarını gösteren diyagram.....	25
Şekil 4.1.	APÖ(1) polen analizi sonucu saptanan familyaların bulunma yüzdeleri..	33
Şekil 4.2.	APÖ(2) polen analizi sonucu saptanan familyaların bulunma yüzdeleri..	35
Şekil 4.3.	APÖ(3) polen analizi sonucu saptanan familyaların bulunma yüzdeleri..	36
Şekil 4.4.	APÖ(4) polen analizi sonucu saptanan familyaların bulunma yüzdeleri..	38
Şekil 4.5.	APÖ(5) polen analizi sonucu saptanan familyaların bulunma yüzdeleri..	40
Şekil 4.6.	Arı poleni örneklerinin mikroskopik görüntüleri	44
Şekil 4.7.	1 gr arı poleni üzerinden hesaplanan ekstrakt miktarı.....	46
Şekil 4.8.	Toplam fenolik madde miktarı tayini için kullanılan kalibrasyon grafiği	48
Şekil 4.9.	Arı polenlerinden elde edilen ekstraktların toplam fenolik miktarları....	49
Şekil 4.10.	Toplam flavonoid madde miktarı tayini için kullanılan kalibrasyon grafiği.....	50
Şekil 4.11.	Arı polenlerinden elde edilen ekstraktların toplam flavonoid miktarları	51
Şekil 4.12.	DPPH yöntemiyle Antioksidan Kapasite tayini için kullanılan kalibrasyon grafiği.....	53

Şekil 4.13. Arı polenlerinden elde edilen ekstraktların DPPH yöntemiyle antioksidan kapasite değerleri.....	54
Şekil 4.14. Arı polenlerinden elde edilen ekstraktların DPPH yöntemiyle antioksidan kapasite değerleri.....	55
Şekil 4.15. Arı polenlerinden elde edilen ekstraktların ABTS yöntemiyle antioksidan kapasite değerleri.....	56

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1.	Farlı ülkelerin 5 yıllık arıcılık verileri (Kovan sayıları) (FAO, 2021)....	2
Tablo 1.2.	Türkiye'nin son on yıllık arıcılık verileri (TÜİK, 2021).....	2
Tablo 1.3.	Bingöl İli son on yıllık arıcılık verileri (TÜİK, 2021).....	3
Tablo 1.4.	Arı poleninin Kimyasal İçeriği (Thakur and Nanda 2020).....	8
Tablo 1.5.	Antioksidanların sınıflandırılması (Young and Woodside 2001).....	9
Tablo 1.6.	Flavonoidler ve Fenolik Asitler (Artık vd. 2016).....	10
Tablo 3.1.	Bingöl (Merkez) arı polenlerinin temin edildiği arıcılar ve lokasyon bilgileri.....	17
Tablo 3.2.	Laboratuvar çalışması kapsamında kullanılan sarf malzemeleri ve bilgileri.....	18
Tablo 3.3.	Laboratuvar çalışmalarında kullanılan cihazlar ve bilgileri.....	19
Tablo 3.4.	Toplam fenolik asit miktarı tayini için reaksiyon tüplerinin hazırlanması.....	26
Tablo 3.5.	Toplam flavonoid madde miktarı tayini için reaksiyon tüplerinin hazırlanması.....	28
Tablo 3.6.	DPPH tayini için reaksiyon tüplerinin hazırlanması.....	29
Tablo 3.7.	ABTS tayini için reaksiyon tüplerinin hazırlanması	30
Tablo 4.1.	Haziran Köyünden (APÖ(1)) toplanan arı poleni örneğinin polen analiz sonucu.....	33
Tablo 4.2.	Şaban Köyünden (APÖ(2)) toplanan arı poleni örneğinin polen analiz sonucu	34
Tablo 4.3.	Kuruca Köyünden (APÖ(3)) toplanan arı poleni örneğinin polen analiz sonucu.....	35
Tablo 4.4.	Sancak Beldesinden (APÖ(4)) toplanan arı poleni örneğinin polen analiz sonucu.....	37

Tablo 4.5.	Hayvan hastanesi civarında (APÖ(5)) toplanan arı poleni örneğinin polen analiz sonucu.....	39
Tablo 4.6.	Arı polenlerinden elde edilen ekstrakt miktarı.....	46
Tablo 4.7.	Arı polenlerinden elde edilen ekstraktların toplam fenolik asit miktarları.....	48
Tablo 4.8.	Arı polenlerinden elde edilen ekstraktların toplam flavonoid miktarları.	50
Tablo 4.9.	Arı polenlerinden elde edilen ekstraktların DPPH yöntemiyle antioksidan kapasite değerleri.....	53
Tablo 4.10.	Elde edilen ekstraktların ABTS/TEAK yöntemiyle antioksidan kapasite değerleri.....	55

BİNGÖL MERKEZDEN TOPLANAN BAZI ARI POLENLERİNİN BOTANİK ORJİNLERİNİN VE FARKLI ÇÖZÜCÜLERDE ELDE EDİLEN EKSTRAKTLARIN ANTİOKSİDAN KAPASİTELERİNİN BELİRLENMESİ

ÖZET

Arı poleni, içeriğinde bazı biyoaktif primer ve sekonder bileşenler bulunması dolayısıyla gıda ve sağlık alanında kullanılabilme potansiyeli yüksek doğal bir arıcılık ürünüdür. Arı poleni, elde edildiği bölge ve botanik çeşitliliğine göre farklı özellikler göstermektedir. Bu çalışmada, Bingöl Merkez’den aralarında belirli bir mesafe bulunan arılıklardan toplanan 5 arı polenin; I) mikroskobik analizleri gerçekleştirildi, II) farklı çözücü ve konsantrasyonları kullanılarak, ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemiyle ekstrakte edildi, III) elde edilen ekstraktların, verimliliği, IV) toplam fenolik asit ve flavonoid miktarları, V) ve antioksidan kapasite değerleri hesaplandı. Elde edilen veriler ışığında; I) her bir arı poleni örneğinde farklı oranlarda bulunmak üzere Asteraceae, Fabaceae, Rosaceae familyaları ve *Plantago lanceolata*, *Trifolium* sp., *Salix* sp., *Ranunculus* sp., *Achillea* sp., *Hypericum* sp., *Rumex* sp., *Sanguisorba* sp., *Pyrus* sp., *Juglans regia* ve *Carex* sp. taksonlarının yoğunlukta olduğu, II) Arı polenleri ile kullanılan çözücüler ve çözücü konsantrasyonları arasında ortalama en yüksek miktarda ekstrakt eldesi %25 EtOH ile ekstraksiyonda, en düşük miktarlarda ekstrakt eldesi %100 EtOH ile ekstraksiyonda, III) ortalama en yüksek miktarda fenolik eldesi %50 EtOH ile ekstraksiyonda, en düşük miktarda fenolik asit eldesi dH₂O ile ekstraksiyonda, ortalama en yüksek miktarda flavonoid eldesi %100 MeOH ile ekstraksiyonda, en düşük miktarda flavonoid eldesi dH₂O ile ekstraksiyonda, IV) ortalama en yüksek DPPH antioksidan kapasite değeri %100 MeOH ile ekstraksiyonda, en düşük DPPH antioksidan kapasite değeri dH₂O ile ekstraksiyonda, en yüksek ABTS antioksidan kapasite değeri %50 EtOH ile ekstraksiyonda, en düşük ABTS antioksidan kapasite değeri %100 EtOH ile ekstraksiyonda elde edilmiştir. Sonuç olarak, aynı bölge içerisinde görece farklı uzaklıklarda bulunan arı polenlerinin farklı botanik çeşitliğe sahip olduğu tespit edilmiş ve bu çeşitlilik fenolik asit ve flavonoid miktarı ile antioksidan kapasite değerlerini etkilediğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Arı poleni, fenolik, flavonoid, DPPH, ABTS.

DETERMINATION OF BOTANICAL ORIGINS OF SOME BEE POLLEN COLLECTED FROM THE CENTER OF BINGOL AND ANTIOXIDANT CAPACITY OF EXTRACTS OBTAINED IN DIFFERENT SOLVENTS

ABSTRACT

Bee pollen is a natural beekeeping product with a high potential to be used in the field of food and health, as it contains some bioactive primary and secondary components. Bee pollen shows different characteristics according to the region where it is obtained and its botanical diversity. In this study, 5 bee pollen obtained from apiaries with a certain distance between them in the Central District of Bingöl; I) microscopic analyzes were carried out, II) was extracted by ultrasonic assisted extraction method using different solvents and concentrations, III) extract efficiency was calculated, IV) total phenolic acid and flavonoid amounts, V) and antioxidant capacity values were calculated. In the light of the data obtained; I) to be present in different proportions in each bee pollen sample; (Asteraceae, Fabaceae, Rosaceae families and *Plantago lanceolata*, *Trifolium* sp., *Salix* sp., *Ranunculus* sp., *Achillea* sp., *Hypericum* sp., *Rumex* sp., *Sanguisorba* sp., *Pyrus* sp., *Juglans regia* and *Carex* sp.) taxa are concentrated, II) Among the solvent and solvent concentrations used with bee pollen, the average highest amount of extract is obtained in the extraction with 25% EtOH, the lowest amount of extract is obtained in the extraction with 100% EtOH, III) the highest average amount of phenolic acid is obtained in extraction with 50% EtOH, the lowest amount of phenolic is obtained in extraction with dH₂O, the average highest amount of flavonoid is obtained in extraction with 100% MeOH, the lowest amount of flavonoid is in extraction with dH₂O, IV) The average highest DPPH antioxidant capacity value was obtained in extraction with 100% MeOH, the lowest DPPH antioxidant capacity value was obtained in extraction with dH₂O, the highest ABTS antioxidant capacity value was obtained in extraction with 50% EtOH, and the lowest ABTS antioxidant capacity value was obtained in extraction with 100% EtOH. As a result, it was determined that bee pollen at relatively different distances in the same region had different botanical diversity, and this diversity showed that phenolic acid and flavonoid content and antioxidant capacity values were affected.

Keywords: Bee pollen, phenolic, flavonoid, DPPH, ABTS.

1. GİRİŞ

Tarihi insanlık tarihi kadar eskilere dayanan arıcılık; arıyı, bitkisel kaynakları ve emeği beraber kullanarak bal, propolis, arı sütü, polen, arı zehiri gibi ürünler ile kraliçe arı, paket arı ve oğul gibi canlı materyallerin üretimidir. Arıcılık, topraksızda yapılabilen ve birçok tarım alanları ile beraber yapılabilen bir yetiştiricilik metodudur. Bitkisel üretimin büyük bir kısmı arıcılıkla beraber karşılıklı fayda sağlayarak devam ettirilebilir. Bitki florasının hakim olduğu yüksek yaylalara kadar arıcılık yapılabilir (Parlakay vd. 2008; Sancak vd. 2013).

Çok eski tarihlere ait arı fosilleri MÖ 7000 yıllara ait olan mağara figürleri ve tarihi kaynaklar arıcılığın tarihinin oldukça eskilere dayandığını göstermektedir. Hindistan’da MÖ 3000-2000 yılları arasında arı ve bala ait kaynaklar tespit edilmiştir. Aristo, MÖ 384-322 yılları arasında kaleme aldığı Hayvanlar Tarihi isimli eserinde (5 ve 9. kitap) bir kovanda ana arı, işçi arı ve erkek arı olarak 3 farklı tipte arının olduğunu, arıların çiçek tozu topladıklarını, işçi arıların su taşıdıklarını arılarında arasında iş paylaşımı olduğunu ifade etmiştir (Güler ve toy 2008; Doğanay vd. 2017).

Arıcılık, son yıllarda Dünya’da olduğu gibi ülkemizde de gelişme kaydeden bir tarım kolu haline gelmiştir. Arıcılık ülke ekonomisine olan önemli katkısından dolayı dünyanın çoğu bölgesinde ve ülkemizde yaygın olarak yapılmaya devam etmektedir. Gerek arılardan üretilen bal, polen, propolis, arı sütü, arı zehri ve benzeri ürünler, gerekse arı ürünlerinin üretiminde kullanılan kovan, petek gibi malzemeler bakımından arıcılık önemli bir sektör haline gelmiştir (Doğanay vd. 2017).

Uygun iklim, bitki örtüsü ve çiçeklenmenin farklı bölgelerde neredeyse her mevsim olması gibi etkenlerden dolayı ülkemiz arıcılık faaliyetleri açısından oldukça elverişlidir. Deniz seviyesinden yüksek yaylalara kadar farklı iklim ve tarımsal özellikler gösteren alanlar, arıların yaşamalarını devam ettirebilmeleri için gerekli polen ve nektar barındıran zengin bitkilerle kaplıdır. Yüksek yaylalar, çayır meralar, bağ-bahçe alanları ve ormanlar

arıcılık yapmak için uygun koşullardır (Sarıözkan vd. 2009; Sancak vd. 2013). Ülkemiz bu avantajlardan dolayı koloni varlığı ve bal üretimi bakımından Dünya'nın önde gelen ülkelerindendir.

Bingöl ili ise uygun iklim koşulları, verimli arazileri ve su kaynakları ile zengin bir bitkisel popülasyona sahiptir. İlin çeşitli bitki varlığı, arıcılık yatırımlarına iyi bir altyapı olanağı sağlar. Bingöl ilinde genellikle bal arıcılığı yapılır. Birçok aile geçimini bal arıcılığından sağlar (Pirim vd. 2011). Son zamanlarda, arı ürünlerine talebin artmasıyla beraber diğer arı ürünlerinin de (polen, propolis, arı sütü, arı zehiri, arı ekmeği) üretimi gerçekleştirilmektedir. Arıcılık verileri açısından önemli olan kovan sayısı ve işletme sayıları Tablo 1.1, 1.2 ve 1.3'de sunulmuştur.

Tablo 1.1. Farlı ülkelerin 5 yıllık arıcılık verileri (Kovan sayıları) (FAO, 2021)

Ülkeler	2015	2016	2017	2018	2019
Türkiye	7.748.287	7900364	7991072	8108424	8128360
Çin	9129858	9158029	9175674	9204665	9230940
Hindistan	11928704	11984816	12077468	12162400	12247332
Amerika	11318943	11317706	11210062	11657415	11632389
Almanya	771851	746399	659311	----	----
Rusya	3425405	3474014	3316977	3182399	3093859
İspanya	2730000	2834514	2904971	2965557	----
Ukrayna	2700	2600	2487	2642	2601
İran	7393660	6978155	7199606	7358163	7516720
Etiyopya	5916100	6189329	6090804	6082684	6220182
Dünya Toplam	89227609	90133293	90970949	89557448	90116413

Tablo 1.2. Türkiye'nin son on yıllık arıcılık verileri (TÜİK, 2021)

Yıllar	Eski Tip Kovan Sayısı	Yeni Tip Kovan Sayısı	Arıcılık Faaliyeti Yapan İşletme Sayısı
2010	137000	5465669	20845
2011	149020	5862312	21131
2012	156777	6191232	21307
2013	183265	6458083	79934
2014	193825	6888907	81108
2015	222635	7525652	83475
2016	220882	7679482	84047
2017	194406	7796666	83210
2018	203922	7904502	81830
2019	198992	7929368	80675
2020	222152	7956933	82862

Tablo 1.3. Bingöl ili son on yıllık arıcılık verileri (TÜİK, 2021)

Yıllar	Eski Tip Kovan Sayısı	Yeni Tip Kovan Sayısı	Arıcılık Faaliyeti Yapan İşletme Sayısı
2010	150	84119	93
2011	179	96818	152
2012	967	93985	158
2013	4761	105282	380
2014	3287	108491	418
2015	502	123879	588
2016	320	126523	628
2017	1545	130891	718
2018	1586	140648	728
2019	1745	130045	715
2020	1775	146788	814

Ekolojik, işlevsel, dengeli ve daha sağlıklı gıda ürünlerine olan ilgi hızla artmaktadır. Gıda ve/veya sağlık endüstrisi üzerine çalışan birçok şirket sağlığı geliştirme, hastalıkların azaltılması ile birlikte yüksek besin değerine sahip olan doğal gıda kaynakları bulmaya çalışmaktadır (Adaskeviciute et al. 2019). Bu kaynaklardan biri ise arıcılık ürünleri [bal, arı poleni, propolis, arı sütü, arı ekmeği (perga), apilarnil, arı zehri ve bal mumu] olup; protein, mineral, nükleik ve amino asit, polifenol, karbonhidrat, fitositerol, vitamin, şeker gibi biyoaktif açıdan zengin bileşenler içermektedir. Arı ürünleri biyoaktif açıdan önemli olan bileşenleri farklı oranlarda içermektedir (Adaskeviciute et al. 2019). Bununla birlikte, içerdikleri protein ve karbonhidrat gibi bileşenler nedeniyle bir gıda ürünü, fenolik ve flavonoid gibi bileşenler nedeniyle de antioksidan, antienflamatuvar, antimikrobiyal, yara iyileştirici, antikanser amaçlı kullanılabilen sağlık ürünleridir. Şirketler, fonksiyonel ürün üretme konusunda arı ürünlerini anılan bu özellikleri sebebiyle yoğun bir şekilde kullanmaktadırlar (Adaskeviciute et al. 2019).

Bal, bitkiye ait nektarın, salgının veya bitki üzerindeki emici böcek salgılarının bal arıları (*Apis mellifera*) tarafından alınıp kendi sindirim sistemindeki enzimlerle özümledikten sonra peteğe doldurduğu doğal ürün olarak tanımlanır (Sorucu vd. 2019). Balın içeriğindeki başlıca monosakkaritler glikoz ve fruktoz olup disakkaritlerden maltoz, sakkaroz, laktoz, izomaltoz, galaktobiyoz ve birkaç oligosakkaritden oluşmaktadır. Bal içeriğindeki potasyum, demir, fosfor, sodyum, magnezyum, mangan, kükürt, klor ve iyot gibi insan vücudu için gerekli olan mineral maddeler açısından oldukça zengin bir besindir. Balın kimyasal içeriği, coğrafi kökeni ve bitki çeşitliliği yönünden değişiklik gösterir. Balın içeriğinde yaklaşık; %82 karbonhidrat, %17 su, %0,7 mineral madde, %0,3 protein

ve organik asit, vitamin, serbest aminoasit ve fenolik bileşenlerden oluşmaktadır. İçerdiği bu bileşenler sayesinde antioksidan ve antimikrobiyal özellikleri barındırmakla beraber sindirim sisteminde, kanser ve tümör hücreleri üzerinde olumlu etkiye sahiptir (Mutlu vd. 2017).

Propolis, bal arılarının bitki kısımları, salgısı ve çiçek tomurcukları ile birlikte kendi salgısı ve balmumu ile oluşturduğu kompleks bir doğal üründür (Adaskeviciute et al. 2019). Propolis içeriğinde tiamin, askorbik asit, riboflavin, ve α -tokoferol vitaminleri, kalsiyum, bakır, stronsitum elementlerini ve kafeik, miristik ve sinamik asitleri yapısında bulundurmaktadır. Propolisin insan sağlığı açısından antikanserojen ve antimikrobiyal etkileri olmakla beraber propolis ekstraksiyonları kullanılarak tümör hücrelerinin çoğalmasını ve kanserli hücre gelişimlerini azalttığı rapor edilen çalışmalar bulunmaktadır (Mutlu vd. 2017).

Arı sütü, 5-10 günlük işçi arıların hipofarengial ve mandibular bezlerinden ürettiği beyaz renkte, ekşi ve viskoz özellikte olan ve bal arılarının larva döneminde, kraliçe arısında tüm larval süreçte tükettiği doğal bir üründür (Barnuti et al. 2013). Asidik bir yapıda olan arı sütünün içeriğinde; proteinler, vitaminler, lipitler, serbest aminoasitler, şekerler ve 10-hidroksi-trans-2- dekanoyik asit (10-HDA) gibi bileşenleri barındırmaktadır (Zong et al. 2014). Yapılan çalışmalarda insan sağlığı üzerine antibakteriyel, antioksidan, antiinflamatuvar, antiseptik, tansiyonu düşürücü ve antitümör gibi etkilerinin olduğu kanıtlanmıştır (Tunca vd. 2015).

Arı ekmeği (perga), işçi arıların toplamış oldukları polenleri, bal ve sindirim salgılarıyla karıştırarak petek gözüne depolandıkları, laktik asit bakterileriyle fermente olmuş doğal bir arı ürünüdür (Margaoan et al. 2019). Perga, arılar için protein, vitamin ve yağ kaynağı olmasının yanı sıra arı sütünün de ham maddesini meydana getirmektedir. Arı ekmeğinin genel içeriği B1, B2, C, E, H vitaminlerinden, esansiyel aminoasitlerden, antosiyanin, ve karotenoidlerden sakkaraz, fosfataz ve amilaz enzimlerinden ve farklı minerallerden oluşmaktadır (Silici 2014).

Apilarnil, erkek arı larvalarının pupa dönemine geçmeden önceki 3 ila 7 günlük halinin liyofilize edilmesiyle elde edilen, fiziksel olarak sarımsı gri renkte ve acı tada sahip olan doğal bir üründür (Karlıdağ ve Keskin 2020). Apilarnil homojen süt kıvamında olmakla beraber içeriğinde %25-35 kuru madde, %6-10 karbonhidrat, %9-12 protein, %5-8 lipid,

%2 kül ve %3 oranında diğer madde ve hormonları içermektedir. Ca, Na, P, Mn, Zn, Fe, K ve Cu minerallerini ve A, B1, B6, kolin vitaminlerini barındırmaktadır. Apilarnil zengin polifenoller içerdiğinden antioksidan karakteri yüksektir (Parlakpınar ve Polat 2021).

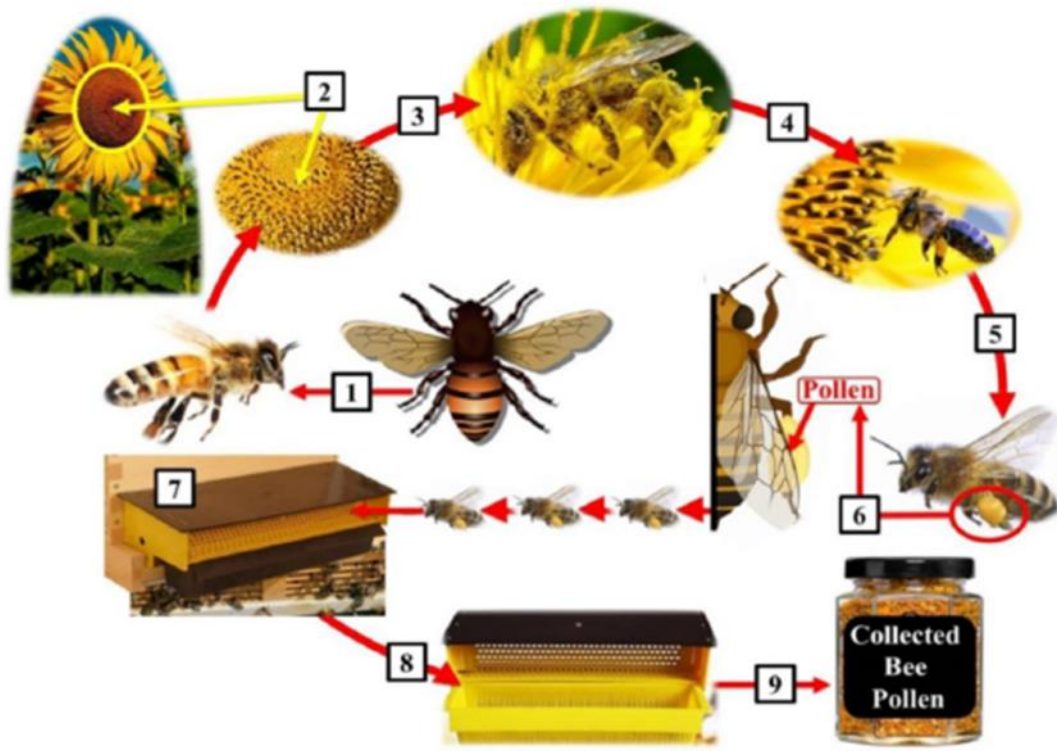
Arı zehri diğer bir ismi ile apitoksin, işçi arıların karın boşluklarındaki zehir bezlerinde ürettikleri berrak ve keskin kokulu yoğun bir kısmı sudan oluşan doğal bir üründür (El-Seedi et al. 2020). Apitoksin kimyasal içeriğinin yaklaşık %50'si polipeptit yapıdaki melittinden oluşmaktadır. Çeşitli çalışmalar, arı zehrinin melittin ve adolapin başta olmak üzere, birçok madde içermektedir. Arı zehrinin bağışıklık sistemini uyarıcı, periferik ve santral sinir sistemini koruyucu etkilerinin yanında, antibakteriyel, kardiyovasküler sistem, antifungal, antiviral, antiinflamatuvar, antikanser ve yara iyileştirici özellikler gösterdiği çalışmalarla kanıtlanmıştır (Parlakpınar ve Polat 2021).

Balmumu, işçi arıların balmumu salgı bezlerinden salgıladıkları daha çok hidrokarbon ve yağ asidi içeren petek yapımında kullandıkları doğal bir üründür (Karlıdağ ve Keskin 2020). Balmumu içerdiği bu bileşenlerden ötürü su gibi polar çözücülerde çözünmez. Arılar aracılığıyla kovanlarda yavru arılara kuluçka yeri olarak, polen ve bal depolamak gibi çeşitli amaçlara hizmet etmektedir (Mutlu vd. 2017).

Yunanca bir kelime olan polen Türkçe “toz” anlamına gelmektedir. Tohumlu bitkilerde generatif ve vejetatif olarak iki çekirdeğe sahip bitkilerin anterinde üretilen mikrosporlardır. Polenler tek eşeyli olan açık tohumlu bitkiler ve iki eşeyli olan kapalı tohumlu bitkilerin çiçeklerinde bulunur. Açık tohumlularda yapraklar ve belirgin bir çiçek örtüsü yoktur, polenler genellikle kozalak halinde bulunan çiçekler içerisinde bulunur. Açık tohumlu bitkiler rüzgarla tozlaştıkları için üremelerini tam anlamıyla sağlamak için çok sayıda polen üretirler. Kapalı tohumlu bitkiler ise böceklerle tozlaştıkları için oldukça dikkat çekici özelliktedirler. Kapalı tohumlularda çiçekler, iç kısımda üreme hücrelerini dış kısımda ise çiçek örtüsünü barındıran ve çiçek sapının ucuna bağlı olan çiçek tablasında bulunur. En iç yapıda taç yapraklar, dişi organ ve erkek organ bulunmaktadır. Erkek organ anter ve filament olarak adlandırılan iki kısımdan oluşmaktadır. Anterde yer alan ve olgunlaşmış olan polenler, yırtılan polen kesesiyle atmosfere saçılırlar veya böceklerin vücutlarına yapışırlar. Rüzgarla tozlaşan bitkiler böceklerle tozlaşan bitkilere göre daha çok polen üretirler (Silici 2020). Polenlerin renkleri sarıdan siyaha kadar değişen geniş bir renk skalasına sahiptir ve 5-100 um büyüklüğünde, 5-50 kDa molekül ağırlığındadırlar. En

dışta ekzin adında sert bir kabuğa sahip olan polen tanecikleri açık tohumlularda erkek kozalakdan dişi kozalağa, kapalı tohumlularda stamenden pistile doğru hareket eden sperm hücrelerini korur. Ekzin yapısı polenle ilgili uygulamalarda ve bitkiyi tanımlamaya yarayan morfolojik bir karakterdir. Polenlerin yüzeyi protein ve mumla kaplı olduğundan sperm anterden stigmaya aktarıldığı sırada onu radyasyondan ve güneşin zararlı etkilerinden korur (Silici 2020). Böceklerle tozlaşan kapalı tohumlu bitkilerde dıştaki ekzin yapısının altında polen tüpünün oluşmasında etkili olan intin yapısı yer almaktadır. Ekzin yapısı sporopolenin maddesinden oluştuğu için oldukça sert ve dayanıklıdır. İntin yapısı ise pektin ve selüloz yapıda olduğu için dayanıklı değildir (Wiermann and Gubartz 1992). Ekzin tabakasının yapısı çoğu zaman düz olmamakla beraber yüzeyindeki girinti- çıkıntı ve süslerden oluşturduğu yapılara ornemantasyon adı verilir. Polenlerin teşhisinde önemli bir diğer hususta apertür yapısıdır. Bu yapı polenin en dıştaki yapısı olan ekzin tabakasının üzerinde oluşan açıklıklara denir ve polen tüpünün dışarı çıkmasına yardımcı olur (Halbritter at al. 2018). Polenin içeriğinde amino asitler, nişasta, protein, lipit, azot ve steroller bulunmaktadır. Polen, besin açısından önemli maddeleri (protein, karbonhidrat, vitamin, mineral vb.) bünyesinde barındırdığından arılar için en temel besinlerdendir. Bitki savunma mekanizmasının bir gereği olarak polen taneleri birçok fenolik bileşik ve karotenoidleri içermekle birlikte antioksidan özellik de gösterir (Silici 2020).

Bal arısı (*Apis mellifera* L.) tarafından işçi arıları ve larvaları beslemek amacıyla toplanan arı poleni, bal arılarının çiçekli bitkilerden nektar ve polen topladığı sırada polen üzerine bulaşır ve ayaklarıyla toplayarak salgısıyla birleştirip pelet haline getirir. Pelet haline gelen polen, polen kesesine (arının arka ayağında) depolayarak kovana getirir (Denisowa et al. 2016; Başdoğan vd. 2019). Arıcılar polen peletlerini, kovanın ön tarafına yerleştirilen ve gün içinde belirli bir zaman aktif ettikleri tuzakla toplarlar. Arı polenin elde edilmesine yönelik diyagram Şekil 1.1’de sunulmuştur.



Şekil 1.1. Arı polenin elde edilmesi (Thakur and Nanda 2020): 1. Bal Arısı, 2. Çiçek poleni, 3. Polen ile kaplanmış bal arısı, 4. Bal arısının pelet haline getirdiği arı polenini taşıması, 5. Arı poleni peletini taşıyan bal arısı, 6. Arka bacaklarda taşınan arı poleni peleti, 7. Kovan girişindeki arı poleni tuzağı, 8. Arı poleni peletlerini toplamak için tuzak tepsisi, 9. Toplanmış arı polenleri

Arı polenin sağlıklı bir gıda takviyesi olmasının nedeni içeriğindeki doymuş ve doymamış yağ asitleri, esansiyel aminoasitler, indirgeyici şeker konsantrasyonu, Cu, Fe, Zn, K/Na oranı ve fenolik bileşikler barındırmasıdır. Arı polenin bileşimi toplanılan çiçek kaynağına göre değişir. Arı poleni botanik kaynağına göre polifloral (birden fazla bitki türü içeren) ve monofloral (içeriğindeki bitki türünün % 80 den fazla olması gereken) olmak üzere ikiye ayrılır. Arı polenin tat kriterleri (genel olarak tatlı ekşi), görünümü (bitki taksonlarına göre değişmekle birlikte; elipsoid, yuvarlak, tetrad), kokusu (çiçek kaynağına göre değişir) toplandığı bitki taksonlarına göre değişiklik göstermekle beraber birçok farklı renkte (beyazdan sarıya, turuncudan kahverengi siyaha kadar) formları mevcuttur (Silici 2020). İçerdiği proteinin dışında yapısında karbohidratları, çeşitli vitaminleri (B₂, B₃, B₅, C, E gibi), mineral maddeleri, flavonoidleri, yağ asitlerini, karotenoidleri ve bir takım enzim bulundurmaktadır (Almeida et al. 2005). Polende en fazla bulunan şeker fruktoz olup ardından sukroz ve glukoz gelmektedir. Polisakkaritler ve

Oligosakkaritler de polenin içeriğinde bulunan temel bileşiklerdir (Başdoğan vd. 2019). Arı poleni aminoasitlerin neredeyse tamamını bünyesinde bulundurmakla beraber başlıca bulunanlar glutamik asit, prolin ve aspartik asittir. Vitaminler açısından da zengin olan arı poleni içeriğinde A, B C ve E vitaminlerini ve K, Na, Ca, Mg, P, Zn, Cu, Mn gibi önemli mineralleri içermektedir (Li et al. 2018). Arı poleni; antifungal, antiviral, antimikrobiyal, antiinflamatuvar, immün sistemi uyarıcı gibi etkilerinden dolayı, apiterapötik tedavide yararlanılmaktadır (Komosinska-Vassev et al. 2015). Arı poleni bitki örtüsünü en baskın bir şekilde yansıtan arı ürünü olup, diğer arı ürünlerinde (bal, propolis) olduğu gibi içeriği ve kalitesi üretildiği floradan kaynaklıdır. Literatürden elde edilen en güncel bilgiye göre; arı polenin kimyasal bileşimi Tablo 1.4. verilmiştir (Thakur and Nanda 2020).

Tablo 1.4. Arı polenin kimyasal içeriği (Thakur and Nanda 2020)

Arı Poleni Kimyasal İçeriği	Miktar
Karbonhidrat	%54,22
Protein	%21,30
Lipit	%5,31
Lif	%8,75
İnorganik Madde	%2,91
Glukoz	13,41 g/100 g
Fruktoz	15,36 g/100 g
Sukroz	4,25 g/100 g
Potasyum	4951,61 mg/kg
Fosfor	4157,86 mg/kg
Kalsiyum	1751,22 mg/kg
Magnezyum	1246,99 mg/kg
Çinko	46,97 mg/kg
Demir	197,41 mg/kg
Toplam Fenolik	30,59 mg GAE/g

Arı poleni içerik olarak irdelendiğinde organik ve inorganik bileşenler bakımından zengin olup farklı alanlarda kullanılabilme potansiyeline sahip kompleks bir madde olup son yıllarda yüksek oranda literatüre konu olmuştur (Lv et al. 2015; Saral vd. 2019; Kaskonniene et al. 2020; Kurek-Gorecka et al. 2020). Literatürdeki çalışmalar irdelendiğinde Arı polenin, morfolojik (melisapalinolojik) ve fizikokimyasal özellikleri ile

biyolojik (antimikrobiyal, antikanser vb) ve kimyasal aktivitelerin araştırıldığı çalışmalara rastlanılmaktadır (Fuenmayor et al. 2014; Huanhuan et al. 2015; Aydın 2016; Gonzalez et al. 2018; Adaskeviciute et al. 2019; Thakur and Nanda 2020; Soares de Arruda et al. 2020).

Canlılar yaşamları boyunca birçok yaşam için elverişli olmayan (çevre kirliliği, sigara dumanı, aşırı stres, hastalıklar vb.) durumlara maruz kalırlar. Bu durumda oluşan stres nedeniyle serbest radikaller oluşur. Bu radikaller özellikle hücresel mekanizmalara zarar vermekte bu durumda hücre ve doku hasarlarına sebep olmaktadır (Dursun 2020). Hücresel ve dokusal hasarın oluşumuna engel olmak için antioksidanlar serbest radikallerin ortadan kaldırılmasına ve dengenin korunmasına yardımcı olur. Canlı vücudunda doğal olarak bu radikallerin oluşumuna engel olmak için doğal antioksidan mekanizmaları bulunmaktadır. Ancak olumsuz durumlara aşırı bir şekilde maruz kalındığı durumlarda, doğal sistem oluşan serbest radikalleri bertaraf edememektedir. Bu sebeple dışarıdan antioksidan desteğine ihtiyaç duyulur. Serbest radikallerle tepkimeye giren antioksidanlar, vücutta oluşabilecek bazı hastalıkların etkilerini azaltan veya zincir reaksiyonların meydana gelişini bertaraf eden sağlık açısından oldukça yararlı moleküllerdir. Kaynaklarına göre eksojen ve endojen olmak üzere ikiye ayrılan antioksidanlardan Eksojen antioksidanlar vücut dışında alınırken endojen antioksidanlar vücut içinde sentezlenmekle beraber nonenzimatik ve enzimatik olarak ikiye ayrılmaktadır (Young and Woodside 2001). Tablo 1.5’de antioksidanların sınıflandırılması verilmiş olup örneklendirilmiştir.

Tablo 1.5. Antioksidanların sınıflandırılması (Young and Woodside 2001)

Antioksidanlar	
Eksojen Kaynaklı Antioksidanlar	Endojen Kaynaklı Antioksidanlar
- Vitamin Grupları (A,E vitaminleri, askorbik asit, Folik Asit vb.) - Fenolik Bileşikler (Fenolik Asitler ve Flavonoidler)	1.Nonenzimatik - Albumin - Ürik Asit - Ferritin - Glutasyon (GSH) 2.Enzimatik - Katalaz - Süperoksit dismutaz - Glutasyon peroksidaz - Glutasyon redüktaz

Bitkilerde doğal olarak meydana gelen fenolik bileşikler yüksek antioksidan özelliğe sahip sekonder ürünlerdir (Meral vd. 2012). Fenolik asit ve flavonoidler olarak ikiye ayrılan Fenolik bileşikler, en az bir hidroksil grubu taşıyan aromatik halka yapısında çoğunlukla suda çözünen bileşenlerdir. Fenolik bileşiklerin büyük çoğunluğunu oluşturan flavonoidler; flavonoller, kumarinler, taninler, antosiyaninler, flavanoller gibi önemli maddeler barındırır. Bitkilerdeki en basit fenoliklerden olan fenolik asitler, hidroksisinamik asit ve hidroksibenzoik asitleri oluşturur. (Tablo 1.6. Flavonoidler ve Fenolik Asitler örneklerle açıklanmıştır). Biyolojik aktiviteleri belirlenen fenolik bileşiklerin birçok farklı formu tanımlanmıştır. Daha önce yapılmış birçok çalışmayla fenolik bileşiklerin antioksidan, antiviral, antiinflamatuvar, antimutajenik, antikarsinojenik, aktiviteleri kanıtlanmıştır (Meral vd. 2012; Artık vd. 2016). Antioksidan madde olarak görev yapan bu bileşenler içeriğinde fenolik bileşenleri barındıran ürünlerle formüle edilebilmeleri ve fonksiyonel ürünlerle çalışılabilmesini sağlamaktadır (Meral vd. 2012).

Tablo 1.6. Flavonoidler ve Fenolik Asitler (Artık vd. 2016)

Flavonoidler	Fenolik Asitler
1. Flavanoller (Quersetin)	1. Hidroksisinamik asit (Kafeik asit,
2. Flavanlar (Kateşin)	Ferulik asit, Sinamik asit ve
3. Flavonlar ve İsoflavonlar (Apigenin)	izoferulik asit vb.)
4. Kalkonlar (Butein)	2. Hidroksibenzoik asit (Gallik asit,
5. Antosiyaninler (Siyanidin)	Vanilik asit, sirinjik asit vb.)
6. Antosiyanidinler (Malvinidin)	

Doğal birçok ürünün içeriğinde olduğu gibi arı polenininde içeriğinde yer alan C vitamini, fenolik ve flavonoid gibi bileşenler özellikle organizmada hücre ve doku hasarına sebep olabilecek serbest radikallerin ortadan kaldırılmasını sağlamaktadır. Doğal ürünlerin antioksidan özelliklerini tespit etmek için sıklıkla antioksidan kapasite testlerine [[ABTS [2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sülfonik asit)], DPPH (radikal 2,2-difenil-1-pikrihidrazil), FRAP (ferrik indirgeyici-antioksidan gücü) vb.]] başvurulmaktadır (Dursun 2020).

Bu çalışmada kullanılan DPPH ve ABTS antioksidan kapasite tayini yöntemlerinin ikisi de elektron transferine dayalı yöntemlerdir. Bu yöntemlerden DPPH; hızlı bir şekilde cevap veren tekrarlanabilirliği yüksek ve ucuz bir yöntemdir. Çalışmada kullanılan DPPH reaktifi, test edilen örnekler içerisindeki olası lipofilik ve hidrofilik antioksidanlarla etkileşime girebilir. Kullanılan diğer bir yöntem ABTS ise kullanım kolaylığı nedeniyle birçok laboratuvarında kullanılmaktadır. Bununla birlikte ABTS, su ve organik çözücülerle çözünürken lipofilik ve hidrofilik pek çok ortamda kullanılma imkanına sahiptir (Selçuk 2012; Seyhan 2019).

Aktivite çalışmalarında, doğal ürün zaman zaman direk kullanıldığı gibi, ilgili ürün belli proseslerden geçirilerek (ekstraksiyon) elde edilen ekstrakt şeklinde de kullanılmaktadır. Ekstrakte edilmiş doğal ürünlerin antioksidan kapasite etkinliği ekstrakte edilmemiş doğal ürünlere göre daha yüksek olabilmektedir. Ekstraktlarda gözlenen yüksek etkinlik, ekstraktın içeriğiyle ilgilidir (Dursun 2020). Ekstrakt içeriği ise uygun ekstraksiyon yöntemi ve çözücü tipiyle doğrudan ilgilidir (Azmir et al. 2013; Lv et al. 2015; Dursun 2020).

Bu kapsamda gerçekleştirilen tez çalışmasında, doğal ürünlerden biri olan ve zengin biyoaktif bileşenler barındıran arı polenin, botanik orjini belirlenerek, ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemi ile farklı çözücü ve oranları kullanılarak elde edilen ekstraktların toplam fenolik asit ve flavonoid miktarları ile antioksidan kapasiteleri irdelendi.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Arı poleni, içerdği zengin biyoktif bileşenlerden kaynaklı olarak son zamanlarda çok fazla çalışmaya konu olan bir arı ürünüdür (Ares et al. 2018; Thakur and Nanda 2020). Arı poleninin içeriğinde yer alan C vitamini, fenolik asit ve flavonoid gibi bileşenler özellikle organizmada hücre ve doku hasarına sebep olabilecek serbest radikallerin ortadan kaldırılmasını sağlayabilmektedir. Doğal ürünlerin serbest radikalleri ortadan kaldırılmasına yönelik etkinliğinin tespiti için antioksidan kapasite çalışmalarına (ABTS, DPPH, FRAP vb.) başvurulmaktadır (Dursun 2020). Ekstrakte edilmiş doğal ürünlerin antioksidan kapasite etkinliği ekstrakte edilmemiş doğal ürünlere göre daha yüksek olabilmektedir. Ekstraktlarda gözlenen yüksek etkinlik, ekstraktın içeriğiyle ilgilidir (Dursun 2020). Ekstrakt içeriği ise uygun ekstraksiyon yöntemi ve çözücü tipiyle doğrudan ilgilidir (Azmir et al. 2013; Lv et al. 2015; Dursun 2020). Literatür irdelendiğinde, arı poleninin farklı yöntemlerle ve çözücüler kullanılarak ekstraksiyonu sonrası fizikokimyasal özellikleri ile antioksidan kapasitelerinin belirlenmesine yönelik çalışmalara rastlanmaktadır.

Leja et al. (2007) rapor ettikleri çalışmada 12 bitki türünün arı polenleri üzerine yaptıkları çalışmada arı poleninin antioksidan kapasitesilerini araştırmıştır. Türlerin poleninde fenolik asit içeriklerin büyük değişkenliği gözlenmiştir. İncelenen bitki türlerinin çoğunda arı poleninin antioksidan kapasitesinin oldukça yüksek olduğunu ve fenolik asit içeriği ile değişkenlik gösterdiğini rapor etmiştir.

Leblanc et al. (2009) rapor ettikleri çalışmada Amerika Sonoran çölünden farklı botanik orjine sahip altı farklı arı poleni, ultrasonik destekli metotla farklı çözücüler kullanılarak ekstrakte edilmiş ve antioksidan kapasiteleri incelenmiştir. En yüksek DPPH kapasitesi MeOH, en yüksek FRAP kapasitesi ise dimetilformamit kullanılarak ekstrakte edilen küstüm otu kaynaklı arı poleninde tespit edilmiştir.

Mărghitaş et al. (2009) rapor ettikleri çalışmada Romanya’ da yapmış oldukları çalışmada seçilmiş 12 arı poleni örneğinin MeOH ekstraktlarının toplam fenolik asit ve antioksidan kapasitesi incelenmiştir. Toplam polifenollerin içeriği, standart olarak gallik asitli Folin-Ciocalteu reaktifi kullanılarak spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Antioksidan özellikler, DPPH testi, Trolox eşdeğer antioksidan Kapasite prosedürü ve Ferrik iyon azaltıcı antioksidan güç testi ile değerlendirilmiştir. Farklı botanik orijinli arı poleni örneklerinin toplam polifenol içeriği ile antioksidan aktivite arasındaki uygunluk açısından büyük bir değişkenlik gösterdiği rapor edilmiştir. Antioksidan aktivitelerin her çiçek türü için farklı olduğunu ve toplam fenolik asit içeriği ile uygun olmadığı belirtilmiştir.

Ulusoy (2010) rapor ettiği çalışmada Ülkemizin karadeniz bölgesinde üretilen Anzer balı ve polenlerinin HPLC tekniği ile fenolik asit içeriği ve antioksidan aktivite (FRAP, DPPH, CUPRAC) değerleri belirlenmiş, elde edilen sonuçlarda hem bal örneği hem polen örneğinde elde edilen sonuçların birbiriyle paralellik gösterdiği belirtmiştir.

Kao et al. (2011), Tayvan’ da çay poleni üzerine yapmış oldukları çalışmada sulu ekstraksiyon (soğuk ve sıcak su) ve EtOH ekstraksiyonlarıyla (%50 ve %95 EtOH) elde edilen çay polenlerinin fenolik asit bileşenleri ve antioksidan aktiviteleri incelenmiştir. EtOH ekstraktların sulu ekstraktlardan daha fazla fenolik asit bileşik içerdiğini rapor etmişlerdir. ABTS yöntemiyle ölçülen toplam antioksidan aktivite, EtOH ekstraktların sulu ekstraktlardan daha fazla antioksidan aktiviteye sahip olduğunu ve %50 EtOH ekstraktın daha etkili olduğunu belirtmiştir.

Morais et al. (2011), Portekizin 5 tabiat parkından [Parque Natural do Montesinho (PNM); Parque Nacional Peneda Gerês (PNPG); Parque Natural do Alvão (PNA); Parque Natural do Douro Internacional (PNDI) Parque Natural da Serra da Estrela (PNSE)] toplanan arı poleni örneklerinin botanik orjinini, fenolik asit içeriği, antioksidan ve antimikrobiyal aktivitesi üzerine çalışmışlardır. Arı poleni örneklerinin baskın familyaları (*Rosaceae*, *Cistaceae*, *Boraginaceae*, *Asteraceae*, *Fagaceae*, *Ericaceae*, *Myrtaceae* ve *Fabaceae*) tespit edilmiştir. En iyi sonuçların toplam fenolik asit içeriği için PNM ve PNDI ‘dan toplanan örneklerde, antioksidan aktivite ise PNDI ait örneklerde olduğunu rapor edilmiştir.

Freire et al. (2012) rapor ettikleri çalışmada Brezilya'nın Canavieiras şehrinde 25 farklı arı poleni örneğinin polen analiziyle botanik orjinini, fenolik asit ve flavonoid içeriğini ve antioksidan özelliklerini belirlemiştir. Polen örneklerini etil asetat çözücüsüyle HPLC-DAD'da analiz etmişlerdir. Toplam fenolik asit içeriği Folin-Ciocalteu yöntemiyle belirlenmiştir. DPPH ve ABTS kaynaklı antioksidan aktiviteleri ve Fe^{+2} iyon aktivitesi tüm ekstraktlarda gözlemlenmiş ve toplam fenolik asit içeriğiyle uyumlu sonuçlar gözlemlendiği rapor edilmiştir.

Ulusoy ve Kolaylı (2014) rapor ettikleri çalışmada, Anzer yöresinden 13 farklı arı poleninin EtOH ekstraktlarını RP-HPLC yöntemiyle analiz etmiştir. Ayrıca polenlerin antioksidan özellikleri toplam fenolik asit içeriği, FRAP, CUPRAC ve DPPH radikal süpürücü aktivite testleri kullanılarak belirlenmiştir. Toplam fenolik asit bileşiklerinin tüm arı polenlerinde yüksek derecede olduğunu ve yapılan antioksidan aktivite çalışmalarla belirgin bir korelasyon gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Huanhuan et al. (2015) rapor ettikleri çalışmada, çözücü olarak EtOH kullanıldığı dört farklı ekstraksiyon yöntemi ile kolza kaynaklı arı polenleri ekstrakte edilmiştir. Gerçekleştirilen ekstraksiyon sonrası elde edilen ekstraktlardaki en yüksek aglikon flavonoid (kersetin ve kampferol) miktarı mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir.

Aydın (2016), Antalya merkez ve çevresinden topladığı polifloral arı polenleriyle bir çalışma yapmıştır. Toplanan arı polenlerinin farklı kurutma (vakum etüv, tepsili kurutucu ve liyofilizatör) teknikleriyle kurutulmuştur. Farklı tekniklerle kurutulan polenler ile kurutulmamış polenler farklı çözügenlerle (EtOH, MeOH, aseton ve su) ekstrakte edilerek sonrası antioksidan kapasitesi ve fenolik asit içeriği üzerine etkisini araştırılmıştır. Sonuçlar irdelendiğinde DPPH kapasitesi en yüksek etanol ekstraktlarında, FRAP kapasitesi ise en yüksek MeOH ekstraktlarında tespit edilmiştir.

Jin et al. (2018) rapor ettikleri çalışmada, ıhlamur kaynaklı arı polenleri su veya MeOH kullanılarak çalkama yöntemiyle ekstrakte edilmiş ve elde edilen ekstraktların antioksidan kapasiteleri incelenmiştir. Gerçekleştirilen çalışmada, DPPH ve O_2 süpürme kapasitesi en yüksek MeOH çözügen olarak kullanıldığı ekstraktlarda tespit edilmiştir.

Gonzales et al. (2018) yapmış oldukları çalışmada, EtOH çözücü olarak kullanıldığı mikrodalga destekli ve ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemleriyle arı poleni ekstrakte edilmiş ve elde edilen ekstraktların toplam fenolik asit içeriği ile FRAP ve ABTS kapasiteleri incelenmiştir. Gerçekleştirilen çalışmada toplam fenolik asit içeriği en yüksek mikrodalga destekli ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen ekstrakta tespit edilirken, en yüksek ABTS ve DPPH kapasitesi ise ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen ekstrakta tespit edilmiştir.

Karkar (2018), Marmara ve Karadeniz Bölgeleri'nden 18 farklı kestane arı poleni örneği kullanarak yapmış olduğu çalışmada ultrasonik destekli ekstraksiyon ve katı faz ekstraksiyon tekniklerini farklı çözücülerle (ultrasonik destekli ekstraksiyonda çözücü olarak EtOH ve su, katı faz ekstraksiyonunda ise MeOH ve EtOH) çözücülerini kullanmıştır. Kestane arı poleni örneklerinin toplam fenolik asit içeriği ve antioksidan kapasiteleri Folin Ciocalteu, FRAP, ABTS ve CHROMAC (Cr (VI) indirgen antioksidan kapasite) yöntemleriyle yapılan çalışma sonucunda ultrasonik destekli ekstraksiyon kullanılarak hazırlanan EtOH ekstraktının toplam fenolik asit içeriği ve antioksidan kapasite değeri diğer ekstraktlara oranla daha fazla bulunduğunu tespit etmiştir.

Defang et al. (2019) rapor ettikleri bir çalışmada, arı poleni ve arı ekmeği su ve EtOH kullanılarak ekstrakte edilmiş, elde edilen ekstraktların DPPH ve ABTS kapasiteleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde; EtOH kullanılarak elde edilen ekstraktların antioksidan kapasiteleri, dH₂O kullanılarak elde edilen ekstraktlara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Mayda (2019), Arı poleni ve arı ekmeğinin bazı özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Türkiye' nin dört şehrinde (Ankara, Bursa, Kırklareli ve Rize) ve beş farklı arılıktan topladığı örneklerin toplam fenolik asit içerikleri Folin-Ciocalteu metoduyla, antioksidan aktivite çalışmaları DPPH ve ABTS yöntemlerini kullanmıştır. Toplam fenolik asit, flavonoid tayini ve antioksidan kapasitesi açısından arı poleni örneklerinin arı ekmeğine göre daha yüksek değerlere sahip olduğunu belirtmiştir.

Mayda et al. (2020) yılında rapor ettikleri çalışmada farklı türe ait polenlerin baskın olduğu arı polenlerinin %95'lik EtOH ile ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemi kullanılarak gerçekleştirdikleri ekstraksiyonda farklı botanik orjine sahip arı polenlerinin DPPH ve ABTS antioksidan kapasite değerlerinin farklı olduğu tespit edilmiştir.

Su et al. (2020) yılında rapor ettikleri bir çalışmada, farklı bitkisel kaynağa ait arı polenlerinin (yeşil çay, kolza, gül ve lotus) farklı çözücüler kullanılarak (su, petrol eteri, etil asetat, n-butanol) elde edilen ekstraktlarının antioksidan ve antitirozinaz kapasiteleri incelenmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar irdelendiğinde, yeşil çay kaynaklı arı polenlerinin etil asetat kullanılarak elde edilen ekstraktı, diğer botanik kaynaklı arı polenlerinin farklı çözücülerle elde edilen ekstraktlarından daha yüksek antioksidan ve antitirozinaz aktivite kapasitesine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Lawag et al. (2021) yılında rapor ettikleri çalışmada, 2 farklı monofloral polenin farklı çözücü (dH₂O, EtOH, MeOH) ile ultrasonik destekli ekstraksiyonunda dH₂O ile ekstraksiyon edilen polenlerin DPPH antioksidan kapasite değerleri diğer çözücülere göre düşük olduğunu bildirmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Tez çalışması kapsamında, kullanılan arı polenleri Bingöl Merkez ilçe sınırlarında yer alan arılıklardan (her arılıktan bir polen örneği olmak üzere) (Tablo 3.1) en az 500 gr olacak şekilde temin edildi. Temin edilen arı polenleri herhangi bir kurutma işlemine tabi tutulmadan ışık geçirmeyen cam kaplara konularak -20 °C’de deneysel çalışmalar gerçekleştirilinceye kadar saklandı.

Tablo 3.1. Bingöl (Merkez) arı polenlerinin temin edildiği arıcılar ve lokasyon bilgileri

Örnek No	Arılığın Bulunduğu Konum	GPS Kodu
APÖ(1)	Bingöl Merkez/Haziran Köyü	38°49’31.1” K 40°26’29.1” D
APÖ(2)	Bingöl Merkez/Genç Yolu, Şaban Köyü	38°52’02.8” K 40°21’13.0” D
APÖ(3)	Bingöl Merkez/ Kuruca Köyü	38°56’42.2” K 40°15’48.8” D
APÖ(4)	Bingöl Merkez/Sancak Beldesi, Hoşkar	39°05’44.4” K 40°24’06.2” D
APÖ(5)	Bingöl Merkez/Sancak yolu, Hayvan hastanesi civarı	38°55’10.9” K 40°28’09.1” D

3.2. Yöntem

3.2.1. Tez Çalışması Kapsamında Kullanılan Cihazlar ve Kimyasallar

Tez çalışması kapsamında kullanılan cihazlar ve kimyasallara ait bilgiler sırasıyla Tablo 3.2’de ve Tablo 3.3’de sunulmuştur.

Tablo 3.2. Laboratuvar çalışması kapsamında kullanılan sarf malzemeleri ve bilgileri

Kimyasal Adı	Cas No	Katalog No	Firma Adı
C₂H₅OH (Etil Alkol) LC Grade	64-17-5	UN 1170	Isolab
CH₃OH (Metil Alkol) LC Grade	67-56-1	UN 1230	Honeywell
C₃H₈O₃ (Gliserin)	56-81-5	TK.070190	Tekkim
C₂₀H₁₉N₃HCl (Bazik Fuksin)	632-99-5	CB2462	ChemBio
İmmersiyon Yağı		UN 3082	Tekkim
C₇H₆O₅ (Gallik Asit)	149-91-7	G7384	Sigma
C₁₀H₅NaO₅S (2N Folin)	521-24-4	9252	Sigma
Na₂CO₃ (Sodyum Karbonat)	497-19-8	106392	Merck
C₁₄H₁₈O₄ (Trolox)	53188-07-1	238813	Sigma
C₁₈H₁₂N₅O₆ (DPPH)	1898-66-4	D9132	Sigma
C₁₈H₁₈N₄O₆S₄ (ABTS)	28752-68-3	10102946001	Sigma
K₂S₂O₈ (Potasyum Persülfat)	7727-21-1	105091	Merck
NaNO₂ (Sodyum Nitrit)	7632-00-0	106549	Merck
AlCl₃ (Alüminyum Klorür)	7446-70-0	563919	Sigma
NaOH (Sodyum Hidroksit)	1310-73-2	106498	Merck
C₁₅H₁₀O₇ (Quercetin)	117-39-5	Q4951	Sigma

Tablo 3.3. Laboratuvar çalışmalarında kullanılan cihazlar ve bilgileri

Cihaz Adı	Firma Adı	Model No	Ülke
Hassas terazi	RADWAG	AS 220.R2	Polonya
Vorteks	DLAB	MXS	Çin
Otoklav	ALP	CL32S	Japonya
Manyetik karıştırıcı	DAIHAN	MSH-20D	Güney Kore
Çalkalayıcı	Gerhardt	RO 500	Almanya
Etüv	Miprolab	MLF120	Türkiye
Saf su cihazı	Mes	MP mini	Türkiye
Buzdolabı	Beko		Türkiye
Santrifüj	Gyrozen	1580	Güney Kore
Mikropipet Seti	Ependorf		Almanya
Liyofilizatör	Telstar	Lyo Quest MDR-60-24	Tayvan
Desikatör	Labor-Teknik	EPTUVAK2	Türkiye
Spektrofotometre	ThermoFisher Scientific	Genesys 1XX	ABD
Ultrasonik su banyosu	Wisd	WUC-D06H	Almanya
Rotary Evaporatör	BUCHI	R300	İsviçre
Kahve Öğütücü	Sinbo	Scm2934	Türkiye
Trinoküler mikroskop	Olympus	BX43F SC180 Kamera sistemi	Japonya
Bilgisayar	HP		ABD

3.2.2. Arı Polenlerinin Palinolojik Analizi Çalışması

3.2.2.1. Arı Polenlerinin Palinolojik Çalışmaya Hazırlanması

Tez çalışması kapsamında temin edilen arı polenleri deneysel çalışmaya başlamadan steril bir fırça yardımıyla polen dışındaki maddeler uzaklaştırıldı (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan arı polen örnekleri

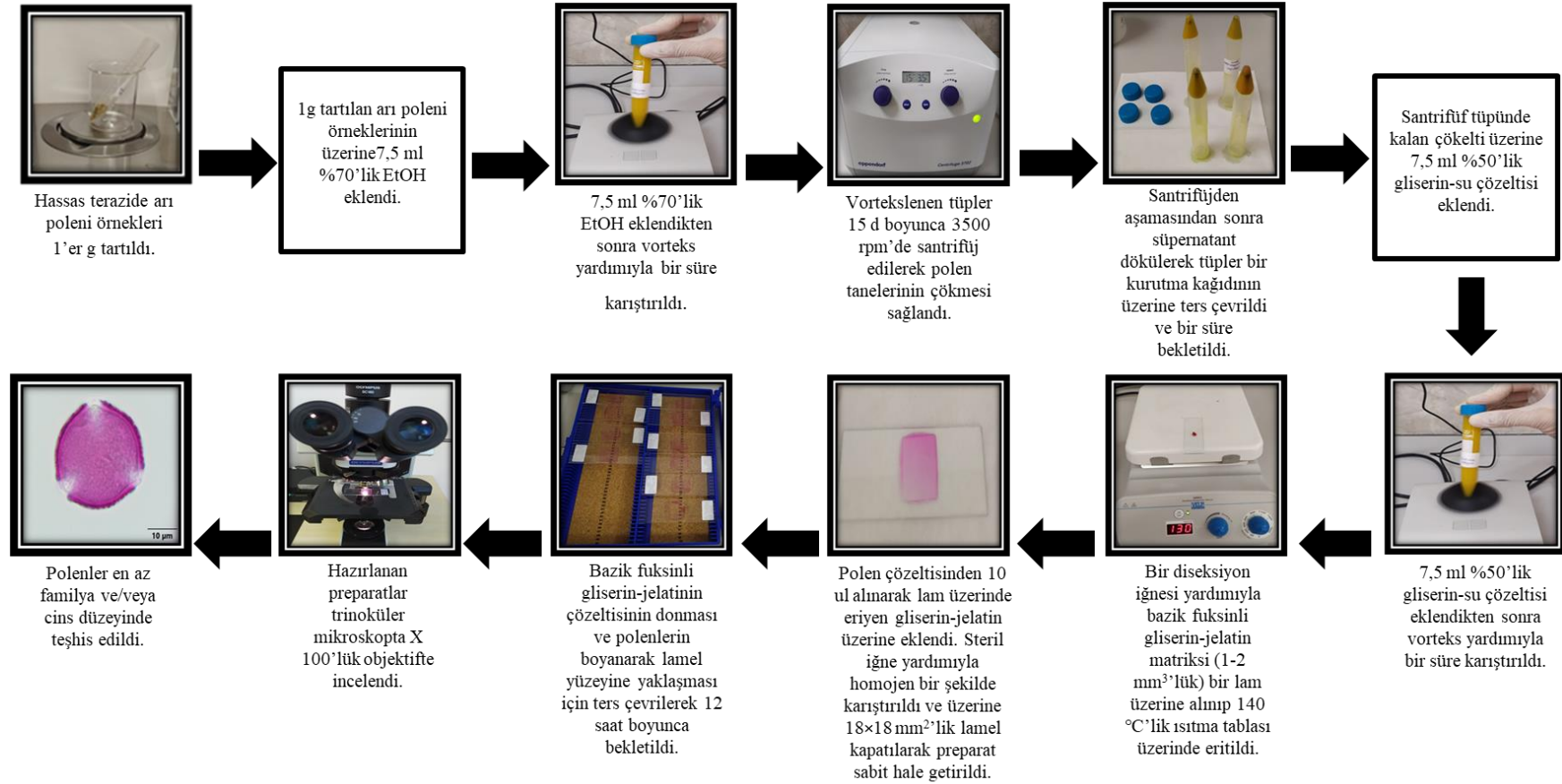
Yabancı maddelerden (ölü arı, böcekler, bitki parçaları vb.) arındırılan arı poleni örnekleri ışık geçirmeyen cam kavanozlara alınarak -80 °C derin dondurucuda bir gün bekletildi. Daha sonra polenler liyofilizatör cihazında -76,9 °C ve 0,420 basınçta kurutma işlemine tabi tutuldu. Liyofilizatörden alınan polen örnekleri öğütücü yardımıyla en küçük boyuta gelene kadar öğütüldü. Öğütülen polenler 150 rpm çalkalayıcı üzerine yerleştirilen 250 µm por büyüklüğüne sahip elek yardımıyla eleme işlemi yapıldı. Elekten geçmeyen polenler tekrar öğütücüde öğütüldü ve eleğe tekrar alındı. Bu işlem tüm polenler 250 µm lik elekten geçinceye kadar devam edildi. İşlem sonrasında arı polenleri çalışmalarda kullanılıncaya kadar -20 °C’de muhafaza edildi (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Arı polenlerinin öğütme, eleme ve saklama şekillerini gösteren diyagram

3.2.2.2. Arı Polenlerinin Palinolojik Analizi

Arı poleni örneklerinin bitkisel kaynağını tespiti için preparatların hazırlanmasında Barth'ın 2010 yılında rapor ettiği çalışmada kullanılan yöntem modifiye edilerek kullanıldı. Preperatların hazırlanması ve görüntülenmesine yönelik işlemler Şekil 3.3'de sunulmuştur.



Şekil 3.3. Arı polenlerinin palinolojik analiz sürecini anlatan diyagram

Şekil 3.3’de sunulan diyagramda; 1 g arı poleni örneği tartılarak 15 mL’lik santrifüj tüpüne alındı. Üzerine 7,5 mL %70’lik EtOH eklendi ve vorteks yardımıyla bir süre karıştırıldı. Vortekslenen tüpler 15 d boyunca 3500 rpm’de santrifüj edilerek polen tanelerinin çökmesi sağlandı. Santrifüj aşamasından sonra süpernatant dökülerek tüpler bir kurutma kağıdının üzerine ters çevrildi ve bir süre bekletildi. Bu işlem 3 kez yapıldı. Pelet üzerine 7,5 mL %50’lik gliserin-su çözeltisi eklendi ve polen taneleri homojen olarak dağılana kadar vortekslendi. Bir diseksiyon iğnesi yardımıyla bazik fuksinli gliserin-jelatin matriksi (1-2 mm³’lük) bir lam üzerine alınıp 140 °C’lik ısıtma tablası üzerinde eritildi. Bir önceki işlemde homojen şekilde karıştırılan polen çözeltisinden 10 ul alınarak lam üzerinde eriyen gliserin-jelatin üzerine eklendi. Steril iğne yardımıyla homojen bir şekilde karıştırıldı ve üzerine 18×18 mm²’lik lamel kapatılarak preparat sabit hale getirildi. Hazırlanan preparatlar, bazik fuksinli gliserin-jelatin çözeltisinin donması ve polenlerin boyanarak lamel yüzeyine yaklaşması için ters çevrilerek 12 saat boyunca bekletildi. Hazırlanan preparatlar trinoküler mikroskoba (Olympus BX43F SC180 Kamera sistemi) yerleştirildi ve mikroskop altında X 100’lük büyütmede 18x18 mm²’lik lamel alanına immersiyon yağı bırakılarak tüm alan tarandı ve polenlerin teşhisinde ilgili kaynaktan (Polat vd. 2021) ve Bingöl Üniversitesi Arı ve Doğal Ürünler Ar-Ge ve Ür-Ge Uygulama ve Araştırma Merkezi Palinoloji laboratuvarında bulunan ve PİKOM-Bitki.2018.002 numaralı proje kapsamında oluşturulan referans preparatlardan yararlanılarak polenlerin tanımlanması sağlandı. Bitki taksonlarının tanımlanmasından sonra tekrar başa dönülerek X 40’lık objektifte preparatlarda yer alan polenlerin taksonlarından en az 500 polen tanesi sayıldı. Teşhis edilen polenlerin fotoğrafları X 100’lük büyütmede çekildi.

3.2.3. Arı Polenlerinin Ekstraksiyon Çalışması

Arı polenlerinin ekstraksiyonu ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemi ile Dursun’un 2020 yılında rapor ettiği çalışmadaki yöntem modifiye edilerek gerçekleştirildi (Şekil 3.4). Çalışmada farklı çözücü ve oranları; EtOH (%25, %50, %75 ve %100) ve MeOH (%25, %50, %75 ve %100) ve dH₂O (ultra pure saf su) kullanıldı.

Ekstraksiyon çalışması öncesi verimin doğru hesaplanabilmesi için uçurma balonları yıkama sonrası 110 °C’de etüvde 2 saat bekletildi. Ardından 2 saat boyunca desikatörde bekletildi ve boş darası hesaplandı. Yine daha önce yıkanan ve etüvde kurutulan 100 mL’lik erlenlere toz haline getirilmiş ve elenmiş (250 uM altı) arı polenlerinden 3 g tartıldı. Erlenlere 30 mL çözücüsünden eklendi ve ultrasonik banyoda %100 respons 40 °C’ de 30 dakika bekletildi.

Elde edilen ekstrakt önce kaba filtre kağıdından daha sonra Whatman filtre (No:2) kağıdından geçirilerek süzüldü. Ancak süzme işleminde zorlanılan %25 ve %50'lik EtOH ve MeOH ekstraktları ilk olarak 5dk 4500 rpm santrifüj edildi ve süpernatantın süzme işlemi vakumla gerçekleştirildi. Süzülen örnekler işlemi tamamlandıktan sonra desikatörden çıkarılıp boş darası alınan uçurma balonlarına aktarıldı ve evaporatörde uçurma işlemi uygulandı (40 °C). Çözücüsü tamamen uçurulan ekstrakt desikatörde 2 saat bekletildi. Desikatörde soğuma aşamasından sonra sabit tartıma getirilen uçurma balonlarının ağırlığı tartılarak, ekstrakt miktarı ile verimi hesaplandı. Son olarak ekstraktlar 50 mL olacak şekilde çözücüsünde çözülerek stok çözeltiler hazırlandı (Şekil 3.4).

Ekstraksiyon verimi;

- 1) Ekstrakt İçeren Uçurma Balonu Ağırlığı (g)-Boş Uçurma Balonu Ağırlığı (g)=Ekstrakt Miktarı (g).
- 2) Ekstrakt Miktarı (g)/Ekstraksiyona Alınan Polen Miktarı (3 g)X100=Ekstrakt Verimi (%) (1 g Polen için).
- 3) Ekstrakt Miktarı (mg)/50 (ml)= 1 mL'deki Ekstrakt Miktarı (mg/mL)



Şekil 3.4. Ekstraksiyon işleminin aşamalarını gösteren diyagram

3.2.4. Toplam Fenolik Asit Madde Miktarı Tayini Çalışması

Hazırlanan stok ekstrakt çözeltilerinin toplam fenolik asit miktarı Folin-Ciocalteu reaktifi kullanılarak, Slinkard ve Singleton'un metodu modifiye edilerek Gallik Asit (GA)'e eşdeğer olarak hesaplandı.

İlk olarak son konsantrasyonu 1 mg/mL olan GA ana stok standartı hazırlandı. Bunun için, 10 mg GA hassas terazide tartılarak 10 mL MeOH'de çözüldü. Elde edilen stoktan 1000 ug/mL-500 ug/mL-250 ug/mL-125 ug/mL-62,5 ug/mL-31,25 ug/mL-15,75 ug/mL-7,875 ug/mL konsantrasyonlarda 10'ar mL standart GA çözeltileri hazırlandı. Her bir ekstrakt stoğundan son konsantrasyonu 5 mg/mL olacak şekilde ara stok çözeltisinden 15 mL'lik falkon içinde 10 mL hazırlandı.

Toplam fenolik asit miktar tayini için gerekli olan diğer kimyasalların hazırlığında;

-0,2N Folin: 2 N Folinden 1 mL alınarak üzerine 9 mL ultra pure saf su eklenerek hazırlandı.

-%7,5 (a/v) Sodyum Karbonat (Na_2CO_3): 7,5 g Na_2CO_3 hassas terazide tartıldı ve 100 mL ultra pure saf su eklenerek çözüldü.

Toplam fenolik asit miktar tayini için reaksiyon tüpü hazırlığı Tablo 3.4'de sunulmuştur.

Tablo 3.4. Toplam fenolik asit miktarı tayini için reaksiyon tüplerinin hazırlanması

Gallik Asit		Ekstrakt (5 mg/ml)	
GA	50 ul	Örnek	50 ul
Ultra Pure Saf Su	2500 ul	Ultra Pure Saf Su	2500 ul
*Folin (0,2 N)	250 ul	*Folin (0,2 N)	250 ul
* Na_2CO_3 (%7,5)	750 ul	* Na_2CO_3 (%7,5)	750 ul
Toplam	3550 ul	Toplam	3550 ul

*Ekleme yapıldıktan sonra karışım vortekslendi.

Çalışma üç tekrarlı olarak gerçekleştirildi.

Reaksiyon tüpleri hazırlandıktan sonra tüpler 2 saat oda sıcaklığında karanlık ortamda bekletildi. Ardından örnekler 765 nm dalga boyunda ultra pure saf suya karşı okundu.

GA standart derişimlerinin absorbans farklarına karşı grafiğe geçilerek, kalibrasyon grafiği elde edildi. Kalibrasyon grafiği kullanılarak ekstraktların toplam fenolik asit miktarı içeriği mg GAE/1g polen ekstraktı±Standart Hata (SE) olarak hesaplandı.

3.2.4. Toplam Flavonoid Madde Miktarı Tayini Çalışması

Hazırlanan stok ekstrakt çözeltilerinin toplam flavonoid miktarı Barros ve arkadaşlarının 2007 yılında rapor ettikleri çalışma modifiye edilerek Quercetin (QE)'e eşdeğer olarak hesaplandı.

İlk olarak QE (%95 saflık) standartı hazırlandı. Bunun için 10,52 mg QE hassas terazide tartılarak 10 mL EtOH'de çözüldü. Elde edilen ana stoktan 400 ug/mL-350 ug/mL-300 ug/mL-250 ug/mL-200 ug/mL-150 ug/mL-100 ug/mL ve 50 ug/mL konsantrasyonlarda 2'şer mL standart QE çözeltileri hazırlandı.

Toplam flavonoid miktar tayini için gerekli olan diğer kimyasalların hazırlığında;

-%5'lik NaNO_2 : 2,5 g NaNO_2 hassas terazide tartıldı ve üzerine 50 mL ultra pure saf su eklenerek çözüldü. (Tartım ve hazırlık tamamen borosilikat erleninde yapıldı)

-%10'luk AlCl_3 : 5 g AlCl_3 hassas terazide tartılarak 50 mL MeOH'de çözüldü. (Tartım ve hazırlık tamamen borosilikat erleninde yapıldı. Tartılan AlCl_3 üzerine MeOH hızlıca aktararak çözelti şeffaf olana kadar karıştırıldı. Çözelti tamamen berrak olduktan sonra kullanıldı.)

-1 M NaOH: 8 g NaOH hassas terazide tartıldı ve 200 mL ultra pure saf su eklenerek çözüldü.

Toplam flavonoid madde tayini için reaksiyon tüpü hazırlığı Tablo 3.5'de sunulmuştur.

Tablo 3.5. Toplam flavonoid madde miktarı tayini için reaksiyon tüplerinin hazırlanması

Kör		Qercetin		¥Ekstrakt	
Bileşen	Miktar	Bileşen	Miktar	Bileşen	Miktar
Ultra Pure Saf Su	100 ul	QE	100 ul	Örnek	100 ul
Ultra Pure Saf Su	400 ul	Ultra Pure Saf Su	400 ul	Ultra Pure Saf Su	400 ul
*%5'lik NaNO ₂	30 ul	*%5'lik NaNO ₂	30 ul	*%5'lik NaNO ₂	30 ul
**%10'luk AlCl ₃ :	30 ul	**%10'luk AlCl ₃ :	30 ul	**%10'luk AlCl ₃ :	30 ul
***1 M NaOH	200 ul	***1 M NaOH	200 ul	***1 M NaOH	200 ul
****Ultra Pure Saf Su	240 ul	****Ultra Pure Saf Su	240 ul	****Ultra Pure Saf Su	240 ul
Toplam	1000 ul	Toplam	1000 ul	Toplam	1000 ul

*İlgili bileşen eklemesi 0. d

** İlgili bileşen eklemesi 6. d

*** İlgili bileşen eklemesi 11. d

****İlgili bileşen eklemesi sonrası karışım vortekslendi.

¥ Örneklerde kullanılan konsantrasyonlar; dH₂O örnekleri için ana stoktan, ET₁₀₀ ve MT₁₀₀ örnekleri için 2,5 mg/mL, diğer örnekler için 5 mg/mL ara stoktan kullanıldı.

Çalışma üç tekrar olarak gerçekleştirildi.

Reaksiyon tüpleri hazırlandıktan sonra tüpler 40 d oda sıcaklığında karanlık ortamda bekletildi (Pembe renk oluşumu). Ardından örnekler 515 nm dalga boyunda kör örneğe karşı okundu.

QE standart derişimlerinin absorbans farklarına karşı grafiğe geçilerek, kalibrasyon grafiği elde edildi. Kalibrasyon grafiği kullanılarak ekstraktların toplam flavonoid madde içeriği mg QE eşdeğeri /1g polen ekstraktı±SE olarak hesaplandı.

3.2.5. Antioksidan Aktivite Çalışmaları

3.2.5.1. DPPH Yöntemiyle Antioksidan Kapasite Çalışması

Hazırlanan stok ekstrakt çözeltilerinin DPPH serbest radikal giderme antioksidan aktivite değerleri Brand-Williams ve arkadaşlarının 1995 yılında rapor ettikleri çalışma modifiye edilerek troloks eşdeğeri (TE)/1gr polen ekstraktı cinsinden hesaplandı.

İlk olarak son konsantrasyonu 800 uM olan Troloks (6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametil-kroman-2-karboksilik asit) standartı ana stok çözeltisi hazırlandı. Bunun için 20,6 mg Troloks (%97 Saflıkta) hassas terazide tartılarak 100 mL MeOH'de çözüldü. Elde edilen ana stoktan 560 uM- 520 uM -480 uM -440 uM-400 uM-360 uM -320 uM -280 uM-240 uM-200 uM- 160 uM-120 uM-80 uM- 40 uM ve 20 uM konsantrasyonlarda 5'er mL standart Troloks çözeltileri hazırlandı.

DPPH tayini için reaksiyon tüpünün hazırlığı Tablo 3.6'de sunulmuştur.

DPPH tayini için gerekli olan diğer kimyasalların hazırlığında;

-10⁻⁴ M DPPH: 4,1 mg DPPH hassas terazide tartıldı ve 100 mL MeOH'da çözüldü.

Tablo 3.6. DPPH tayini için reaksiyon tüplerinin hazırlanması

Trolox		Ekstrakt (2,5 mg/mL)	
Trolox	100 ul	Örnek	100 ul
*DPPH	900 ul	*DPPH	900 ul
Toplam	1000 ul	Toplam	1000 ul

*Ekleme yapıldıktan sonra karışım vortekslendi.

Reaksiyon tüpleri hazırlandıktan sonra tüpler 50 d oda sıcaklığın karanlık ortamda bekletildi. Ardından örnekler 517 nm dalga boyunda absorbansları belirlendi.

Absorbans değerlerinden aşağıdaki denklem ile % inhibisyon değeri hesaplandı.

$$\% \text{ DPPH serbest radikal giderme} = [(Abs_{\text{kontrol}} - Abs_{\text{troloks/numune}}) / Abs_{\text{kontrol}}] \times 100$$

% DPPH serbest radikal giderme-konsantrasyon türünden kalibrasyon grafiği oluşturularak elde edilen doğru denkleminde toplam antioksidan kapasite değerleri TE/1g polen ekstraktı±SE cinsinden hesaplandı.

3.2.5.2. ABTS/TEAK (Troluks Eşdeğeri Antioksidan Kapasitesi) Yöntemiyle Antioksidan Kapasite Çalışması

Hazırlanan stok ekstrakt çözeltilerinin ABTS aktivite değerleri Re ve arkadaşlarının 1999 yılında rapor ettikleri çalışma modifiye edilerek TE/1gr polen ekstraktı cinsinden hesaplandı.

İlk olarak son konsantrasyonu 800 uM olan Troluks standartı ana stok çözeltisi hazırlandı. Bunun için 20,6 mg Troluks (%97 Saflıkta) hassas terazide tartılarak 100 ml MeOH'de çözüldü. Elde edilen ana stoktan 560 uM-520 uM -480 uM -440 uM-400 uM-360 uM -320 uM -280 uM-240 uM-200 uM- 160 uM-120 uM-80 uM- 40 uM ve 20 uM konsantrasyonlarda 5'er mL standart Troluks çözeltileri hazırlandı.

ABTS tayini için reaksiyon tüpü hazırlığı Tablo 3.7'de sunulmuştur.

ABTS tayini için gerekli olan diğer kimyasalların hazırlığında;

-ABTS stok çözeltisi: 38,4 mg ABTS (7 mM), 6,64 mg K₂S₂O₈ (Potasyum Per Sülfat) (2,54 mM) hassas terazide tartıldı ve 10 mL ultra pure saf suda çözüldü. Hazırlanan reaktif 12-16 saat aralığında oda sıcaklığında bekletildikten sonra kullanıldı.

Hazırlanan ABTS stok çözeltisinden 1,25 mL alınıp üzerine 48,75 EtOH eklenip absorbansın 0,75 ile 0,80 aralığında olması sağlanarak ABTS çalışma çözeltisi hazırlandı (Okuma 734 nm dalga boyunda EtOH karşı okundu).

Tablo 3.7. ABTS tayini için reaksiyon tüplerinin hazırlanması

Trolox		Ekstrakt (2,5 mg/ml)	
Trolox	100 ul	Örnek	100 ul
*ABTS (çalışma çözeltisi)	900 ul	*ABTS (çalışma çözeltisi)	900 ul
Toplam	1000 ul	Toplam	1000 ul

*Ekleme yapıldıktan sonra karışım vortekslendi.
Çalışma üç tekrar olarak gerçekleştirildi.

Reaksiyon tüpleri hazırlandıktan sonra tüpler 30 d oda sıcaklığın karanlık ortamda bekletildi. Ardından örnekler 734 nm dalga boyunda okundu.

Absorbans değerlerinden aşağıdaki denklem ile % ABTS radikal giderme hesaplandı.

$$\% \text{ ABTS radikal giderme} = [(Abs_{\text{kontrol}} - Abs_{\text{töroloks/numune}}) / Abs_{\text{kontrol}}] \times 100$$

% ABTS radikal giderme-konsantrasyon türünden kalibrasyon grafiği oluşturularak elde edilen doğru denkleminden toplam antioksidan kapasite değerleri mmol TE/1g polen ekstraktı $\pm$ SE cinsinden hesaplandı.

3.2.6. İstatistiksel Analizler

Denemeler 3 tekrarlı bir şekilde yapılmıştır. Geręekleřtirilen çalışmalarda test edilen parametler arasında farklılıkları tespit etmek için elde edilen veriler SPSS 22.0 (IBM) programına işlenerek, ANOVA $P \leq 0.05$ 'e göre çoklu karşılaştırma testlerine (LSD veya Duncan) tabi tutulmuştur.

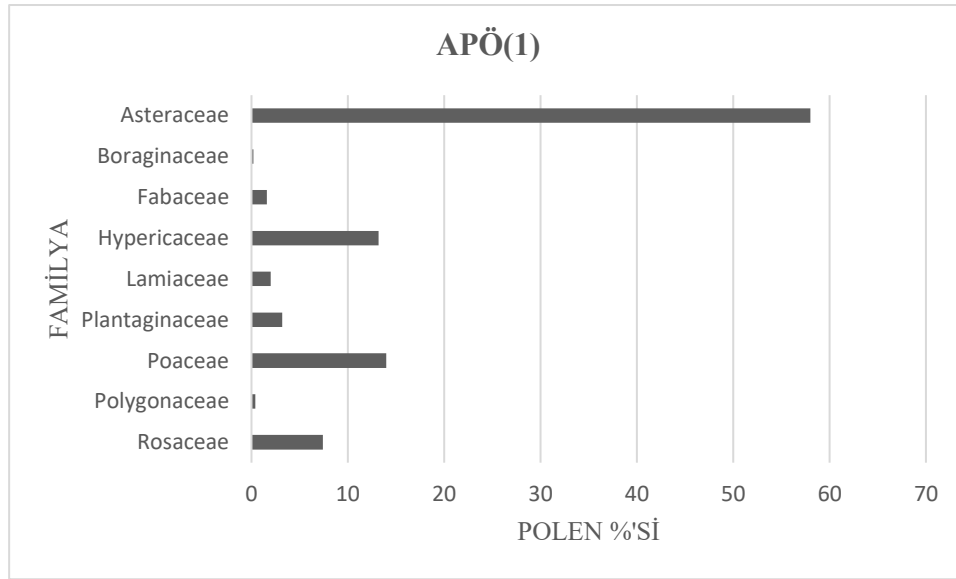
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Arı Polenlerinin Mikroskopik Analizi

Bingöl Merkez ilçe sınırlarında yer alan arılıklardan toplanan 5 farklı arı poleni örneklerinin mikroskopik analizler sonucunda bitki taksonları belirlenmiş olup, her bir bitki taksonuna ait polenlerin bulunma yüzdeleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Preparatlardaki polen örnekleri taksonlarının bulunma sıklıklarına göre %45 ve %45'den büyük olanlar dominant (D), %44 - %16 arası olanlar sekonder (S), %15 - %3 arası minör (M) ve %3'den küçük olanlar ise eser (E) olarak değerlendirilmiştir (Corvucci et al. 2015). Her bir arı poleni örneği için bitki taksonu, polen sayısı, polen bulunma yüzdesi ve polen durumu tablolar şeklinde verilmiştir (Tablo 4.1-tablo 4.5). Bingöl ili merkez ilçe sınırlarında yer alan ve 38°49'31.1" K 40°26'29.1" D koordinatlarında bulunan Haziran Köyünden (APÖ(1)) toplanan arı poleni örneğinde 9 familyaya ait 11 taksonun polenleri teşhis edilmiştir ve bulunma yüzdelerine göre *Matricaria* sp. ve *Achillea* sp. sekonder, Poaceae (T), *Hypericum* sp., *Sanguisorba* sp., *Plantago lanceolata* taksonları minör, *Rumex* sp., *Lamium* sp., *Potentilla* sp., *Anchusa* sp. ve *Lotus* sp. türlerine ait polenler eser miktarda bulunmuştur. Haziran Köyünden (APÖ(1)) toplanan arı poleni örneğinin botanik kaynakları, polen bulunma oranı ve sınıflandırması Tablo 4.1'de ve Şekil 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Haziran Köyünden (APÖ(1)) toplanan arı poleni örneğinin polen analiz sonucu

Familya	Takson	Polen Sayısı	Polen %'si	Polen Durumu
Asteraceae	<i>Achillea</i> sp.	112	22,4	S
Asteraceae	<i>Matricaria</i> sp.	178	35,6	S
Boraginaceae	<i>Anchusa</i> sp.	1	0,2	E
Fabaceae	<i>Lotus</i> sp.	8	1,6	E
Hypericaceae	<i>Hypericum</i> sp.	66	13,2	M
Lamiaceae	<i>Lamium</i> sp.	10	2	E
Plantaginaceae	<i>Plantago lanceolata</i>	16	3,2	M
Poaceae	T	70	14	M
Polygonaceae	<i>Rumex</i> sp.	2	0,4	E
Rosaceae	<i>Potentilla</i> sp.	6	1,2	E
Rosaceae	<i>Sanguisorba</i> sp.	31	6,2	M
Toplam		500	100	



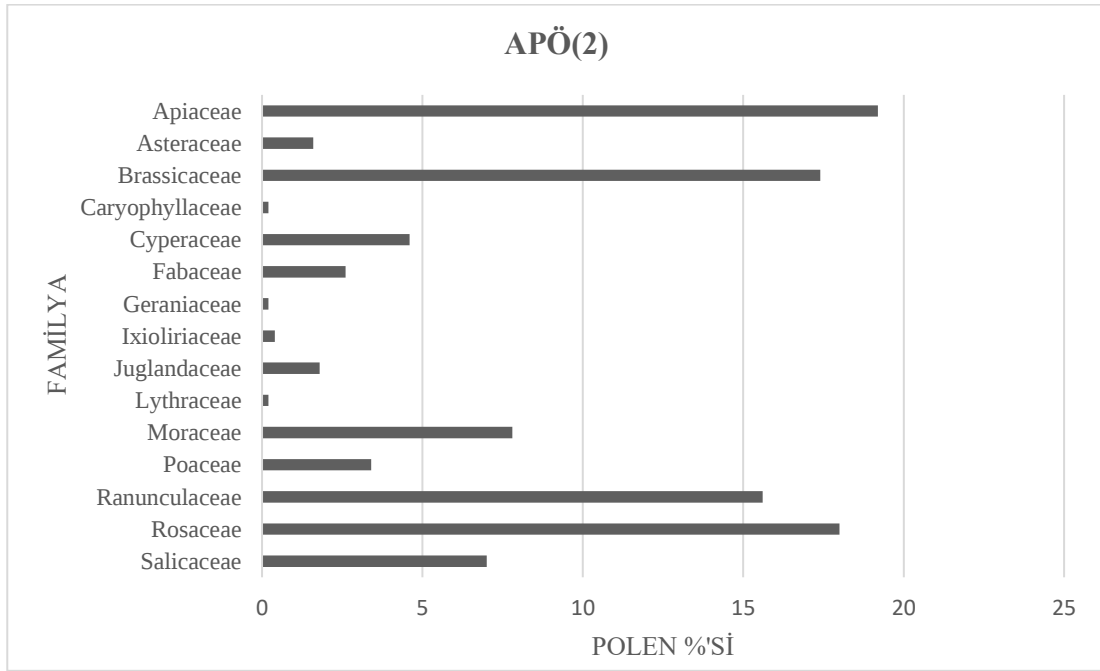
Şekil 4.1. APÖ(1) polen analizi sonucu saptanan familyaların bulunma yüzdeleri

Bingöl ili merkez ilçe sınırlarında yer alan ve 38°52'02.8" K 40°21'13.0" D koordinatlarında bulunan Şaban Köyünden (APÖ(2)) toplanan arı poleni örneğinde 15 familyaya ait 17 taksonun polenleri teşhis edilmiştir ve bulunma yüzdelere göre *Prangos* sp., Brassicaceae (T) ve *Pyrus* sp. sekonder, Poaceae (T), *Salix* sp., *Morus* sp., *Ranunculus* sp., *Carex* sp. minör, Ixioliriaceae (T), *Vicia* sp., Caryophyllaceae (T), *Juglans regia*, *Geranium* sp. *Trifolium* sp. *Fragaria* sp., Lythraceae., *Taraxacum* type taksonları eser miktarda bulunmuştur.

Şaban Köyünden (APÖ(2)) toplanan arı poleni örneğinin botanik kaynakları, polen bulunma oranı ve sınıflandırması Tablo 4.2'de ve Şekil 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2. Şaban Köyünden (APÖ(2)) toplanan arı poleni örneğinin polen analiz sonucu

Familya	Takson	Polen Sayısı	Polen %'si	Polen Durumu
Apiaceae	<i>Prangos</i> sp.	96	19,2	S
Asteraceae	<i>Taraxacum</i> type	8	1,6	E
Brassicaceae	T	87	17,4	S
Caryophyllaceae	T	1	0,2	E
Cyperaceae	<i>Carex</i> sp.	23	4,6	M
Fabaceae	<i>Trifolium</i> sp.	12	2,4	E
Fabaceae	<i>Vicia</i> sp.	1	0,2	E
Geraniaceae	<i>Geranium</i> sp.	1	0,2	E
Ixioliriaceae	T	2	0,4	E
Juglandaceae	<i>Juglans regia</i>	9	1,8	E
Lythraceae	T	1	0,2	E
Moraceae	<i>Morus</i> sp.	39	7,8	M
Poaceae	T	17	3,4	M
Ranunculaceae	<i>Ranunculus</i> sp.	78	15,6	M
Rosaceae	<i>Fragaria</i> sp.	8	1,6	E
Rosaceae	<i>Pyrus</i> sp.	82	16,4	S
Salicaceae	<i>Salix</i> sp.	35	7	M
Toplam		500	100	

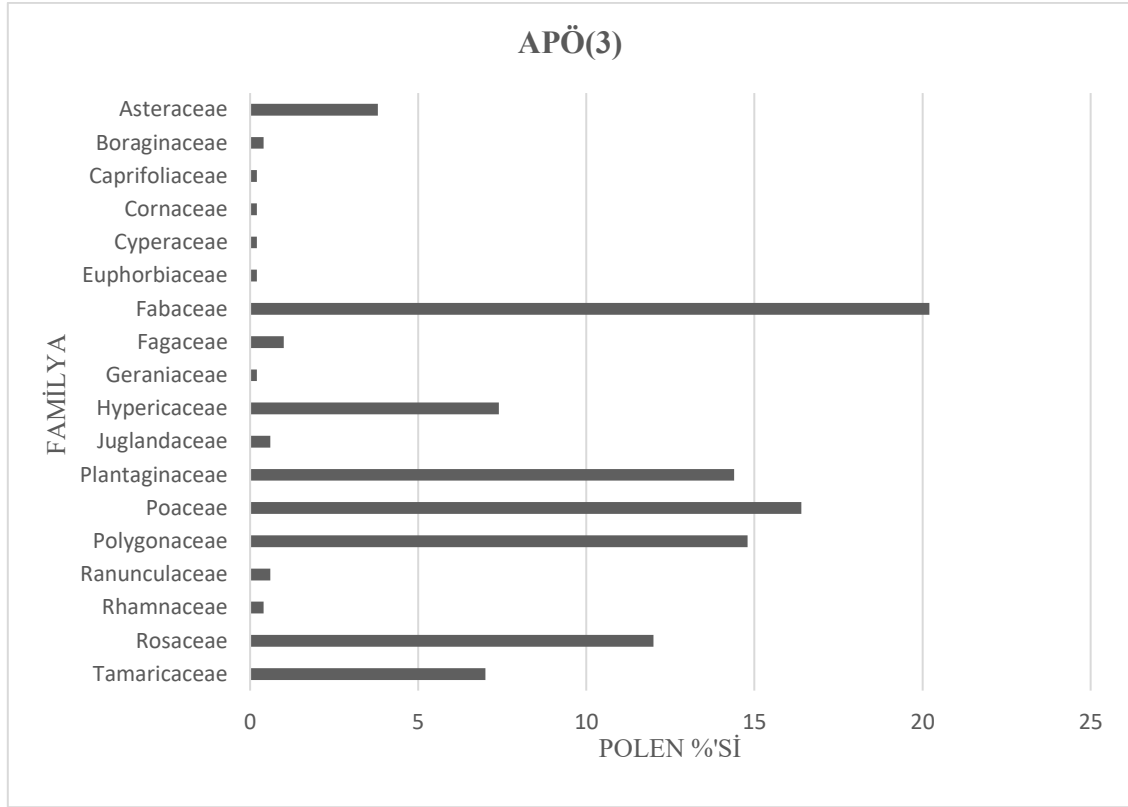


Şekil 4.2. (APÖ(2)) polen analizi sonucu saptanan familyaların bulunma yüzdeleri

Bingöl ili merkez ilçe sınırlarında yer alan ve 38°56'42.2" K 40°15'48.8" D koordinatlarında bulunan Kuruca Köyünden (APÖ(3)) toplanan arı poleni örneğinde 18 familyaya ait 24 taksonun polenleri teşhis edilmiştir ve bulunma yüzdelerine göre Poaceae (T), sekonder, *Tamarix* sp., *Plantago lanceolata*, *Rubus* sp., *Crataegus* sp., *Hypericum* sp., *Rumex* sp., *Colutea* sp., *Trifolium* sp., *Linaria* sp. bitki taksonlarına ait polenler minör, *Ranunculus* sp., *Sanguisorba* sp., *Achillea* sp., *Taraxacum* type, *Geranium* sp., *Juglans regia*, *Lonicera* sp., *Carex* sp., *Rehman* sp., *Euphorbia* sp., *Quercus* sp., *Paliurus* sp., *Myosotis* sp., ve *Cornus* sp. bitki taksonlarına ait polenler eser miktarda bulunmuştur. Kuruca Köyünden (APÖ(3)) toplanan arı poleni örneğinin botanik kaynakları, polen bulunma oranı ve sınıflandırması Tablo 4.3'de ve Şekil 4.3'de verilmiştir.

Tablo 4.3. Kuruca Köyünden (APÖ(3)) toplanan arı poleni örneğinin polen analiz sonucu

Familiya	Takson	Polen Sayısı	Polen %'si	Polen Durumu
Asteraceae	<i>Achillea</i> sp.	7	1,4	E
Asteraceae	<i>Taraxacum</i> type	12	2,4	E
Boraginaceae	<i>Myosotis</i> sp.	2	0,4	E
Caprifoliaceae	<i>Lonicera</i> sp.	1	0,2	E
Cornaceae	<i>Cornus</i> sp.	1	0,2	E
Cyperaceae	<i>Carex</i> sp.	1	0,2	E
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia</i> sp.	1	0,2	E
Fabaceae	<i>Colutea</i> sp.	40	8	M
Fabaceae	<i>Trifolium</i> sp.	61	12,2	M
Fagaceae	<i>Quercus</i> sp.	5	1	E
Geraniaceae	<i>Geranium</i> sp.	1	0,2	E
Hypericaceae	<i>Hypericum</i> sp.	37	7,4	M
Juglandaceae	<i>Julgans regia</i>	3	0,6	E
Plantaginaceae	<i>Linaria</i> sp.	47	9,4	M
Plantaginaceae	<i>Plantago lanceolata</i>	25	5	M
Poaceae	T	82	16,4	S
Polygonaceae	<i>Rehum</i> sp.	11	2,2	E
Polygonaceae	<i>Rumex</i> sp.	63	12,6	M
Ranunculaceae	<i>Ranunculus</i> sp.	3	0,6	E
Rhamnaceae	<i>Paliuris</i> sp.	2	0,4	E
Rosaceae	<i>Crataegus</i> sp.	29	5,8	M
Rosaceae	<i>Rubus</i> sp.	17	3,4	M
Rosaceae	<i>Sanguisorba</i> sp.	14	2,8	E
Tamaricaceae	<i>Tamarix</i> sp.	35	7	M
Toplam		500	100	



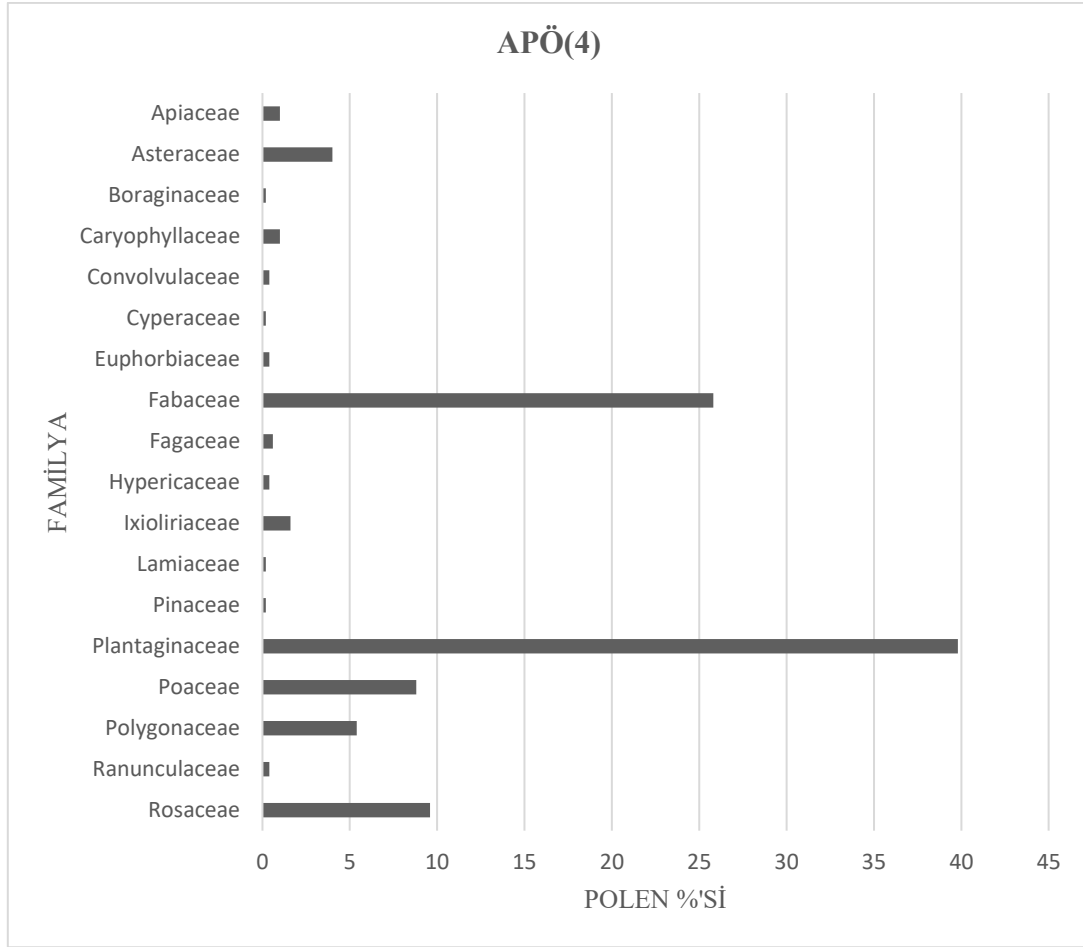
Şekil 4.3. (APÖ(3)) polen analizi sonucu saptanan familyaların bulunma yüzdeleri

Bingöl ili merkez ilçe sınırlarında yer alan ve 39°05'44.4" K 40°24'06.2" D koordinatlarında bulunan Sancak Beldesinden (APÖ(4)) toplanan arı poleni örneğinde 18 familyaya ait 23 taksonun polenleri teşhis edilmiştir ve bulunma yüzdelerine göre *Plantago lanceolata* ve *Trifolium* type II sekonder, Poaceae (T), *Rumex* sp., *Sanguisorba* sp., *Trifolium* Type I, *Achillea* sp. taksonları minör, *Silene* sp., *Ferula* sp., *Crataegus* sp., Ixioliriaceae (T), *Convolvulus* sp., *Quercus* sp., *Hypericum* sp., *Lotus* sp., *Anchusa* sp., *Euphorbia* sp., *Carex* sp., *Gundelia* sp., *Helicrysum* sp., *Ranunculus* sp., *Lamium* sp., Pinaceae (T) bitki taksonlarına ait polenler eser miktarda bulunmuştur.

Sancak Beldesinden (APÖ(4)) toplanan arı poleni örneğinin botanik kaynakları, polen bulunma oranı ve sınıflandırması Tablo 4.4'de ve Şekil 4.4'de verilmiştir.

Tablo 4.4. Sancak Beldesinden (APÖ(4)) toplanan arı poleni örneğinin polen analiz sonucu

Familya	Takson	Polen Sayısı	Polen %'si	Polen Durumu
Apiaceae	<i>Ferula</i> sp.	5	1	E
Asteraceae	<i>Achillea</i> sp.	17	3,4	M
Asteraceae	<i>Gundelia</i> sp.	1	0,2	E
Asteraceae	<i>Helichrysum</i> sp.	2	0,4	E
Boraginaceae	<i>Anchusa</i> sp.	1	0,2	E
Caryophyllaceae	<i>Silene</i> sp.	5	1	E
Convolvulaceae	<i>Convolvulus</i> sp.	2	0,4	E
Cyperaceae	<i>Carex</i> sp.	1	0,2	E
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia</i> sp.	2	0,4	E
Fabaceae	<i>Trifolium</i> Type I	24	4,8	M
Fabaceae	<i>Trifolium</i> Type II	93	18,6	S
Fabaceae	<i>Lotus</i> sp.	12	2,4	E
Fagaceae	<i>Quercus</i> sp.	3	0,6	E
Hypericaceae	<i>Hypericum</i> sp.	2	0,4	E
Ixioliriaceae	T	8	1,6	E
Lamiaceae	<i>Lamium</i> sp.	1	0,2	E
Pinaceae	T	1	0,2	E
Plantaginaceae	<i>Plantago lanceolata</i>	199	39,8	S
Poaceae	T	44	8,8	M
Polygonaceae	<i>Rumex</i> sp.	27	5,4	M
Ranunculaceae	<i>Ranunculus</i> sp.	2	0,4	E
Rosaceae	<i>Crataegus</i> sp.	3	0,6	E
Rosaceae	<i>Sanguisorba</i> sp.	45	9	M
Toplam		500	100	



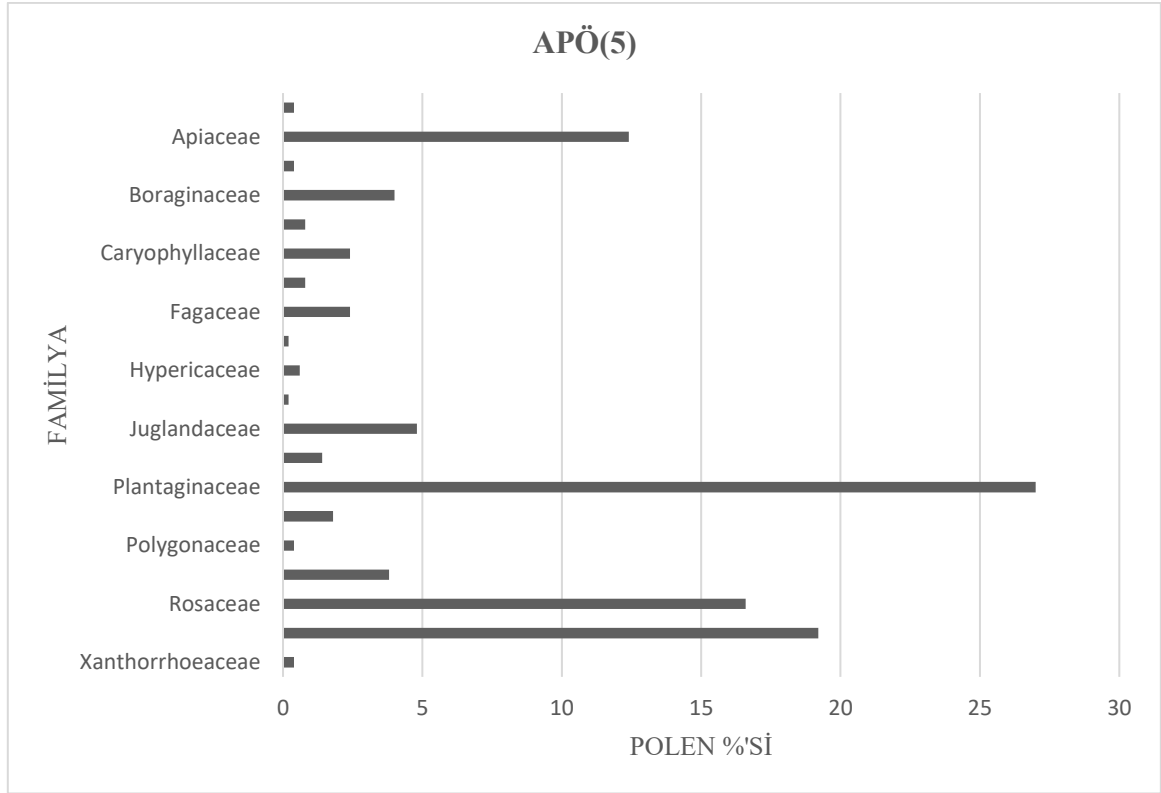
Şekil 4.4. (APÖ(4)) polen analizi sonucu saptanan familyaların bulunma yüzdeleri

Bingöl ili merkez ilçe sınırlarında yer alan ve 38°55'10.9" K 40°28'09.1" D koordinatlarında bulunan Hayvan hastanesi civarında (APÖ(5)) toplanan arı poleni örneğinde 20 familyaya ait 24 taksonun polenleri teşhis edilmiştir ve bulunma yüzdelerine göre *Plantago lanceolata* ve *Salix* sp. sekonder, *Pyrus* sp., *Ferula* sp., *Ranunculus* sp., *Cerinth* sp., *Juglans regia* ait taksonlar minör, *Origanum* sp., *Crataegus* sp., *Sanguisorba* sp., *Lamium* sp., Caryophyllaceae type I, Caryophyllaceae type II, *Rehum* sp., Amaranthaceae (T), *Lonicera* sp., *Hypericum* sp., *Carex* sp., *Eremurus* sp., Poaceae (T), *Geranium* sp., *Gundelia* sp., *Quercus* sp., Ixioliriaceae (T) bitki taksonlarına ait polenler eser miktarda bulunmuştur.

Hayvan hastanesi civarında (APÖ(5)) toplanan arı poleni örneğinin botanik kaynakları, polen bulunma oranı ve sınıflandırması Tablo 4.5’de ve Şekil 4.5’de verilmiştir.

Tablo 4.5. Hayvan hastanesi civarında (APÖ(5)) toplanan arı poleni örneğinin polen analiz sonucu

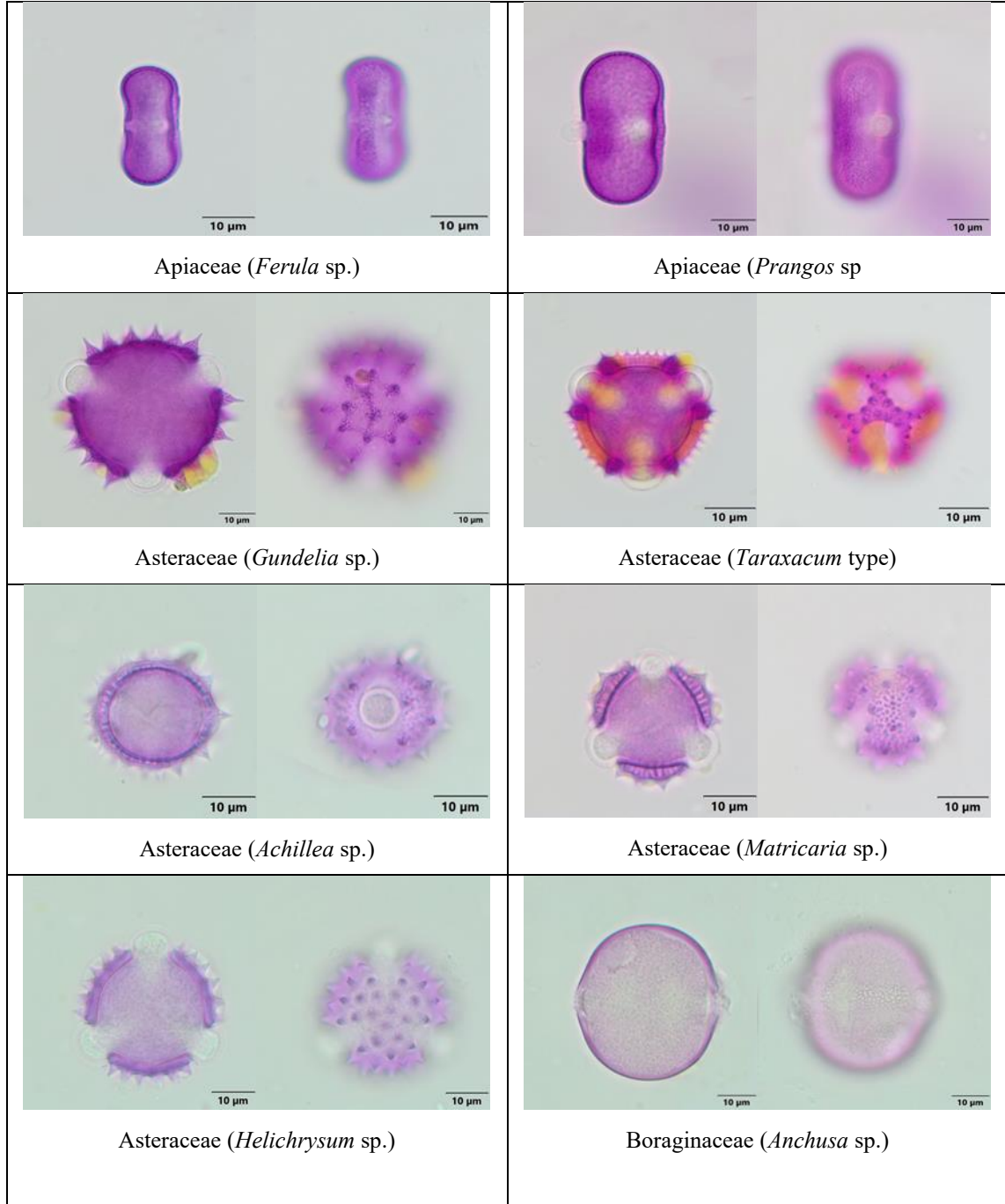
Familiya	Takson	Polen Sayısı	Polen %’si	Polen Durumu
Amaranthaceae	T	2	0,4	E
Apiaceae	<i>Ferula</i> sp.	62	12,4	M
Asteraceae	<i>Gundelia</i> sp.	2	0,4	E
Boraginaceae	<i>Cerinth</i> sp.	20	4	M
Caprifoliaceae	<i>Lonicera</i> sp.	4	0,8	E
Caryophyllaceae	Type I	1	0,2	E
Caryophyllaceae	Type II	11	2,2	E
Cyperaceae	<i>Carex</i> sp.	4	0,8	E
Fagaceae	<i>Quercus</i> sp.	12	2,4	E
Geraniaceae	<i>Geranium</i> sp.	1	0,2	E
Hypericaceae	<i>Hypericum</i> sp.	3	0,6	E
Ixioliriaceae	T	1	0,2	E
Juglandaceae	<i>Juglans regia</i>	24	4,8	M
Lamiaceae	<i>Lamium</i> sp.	4	0,8	E
Lamiaceae	<i>Origanum</i> sp.	3	0,6	E
Plantaginaceae	<i>Plantago lanceolata</i>	135	27	S
Poaceae	T	9	1,8	E
Polygonaceae	<i>Rehum</i> sp.	2	0,4	E
Ranunculaceae	<i>Ranunculus</i> sp.	19	3,8	M
Rosaceae	<i>Crataegus</i> sp.	12	2,4	E
Rosaceae	<i>Pyrus</i> sp.	66	13,2	M
Rosaceae	<i>Sanguisorba</i> sp.	5	1	E
Salicaceae	<i>Salix</i> sp.	96	19,2	S
Xanthorrhoeaceae	<i>Eremurus</i> sp.	2	0,4	E
Toplam		500	100	

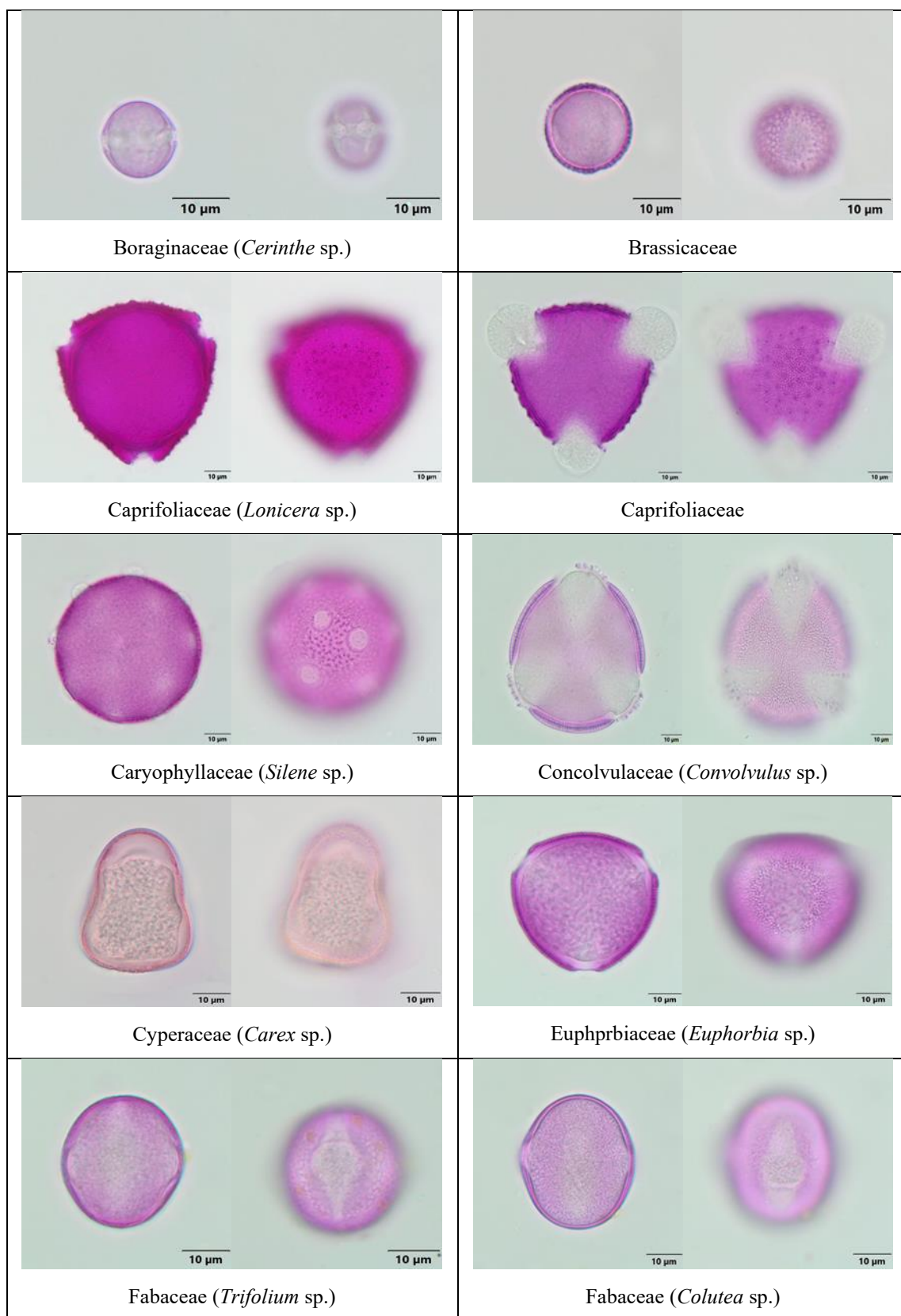


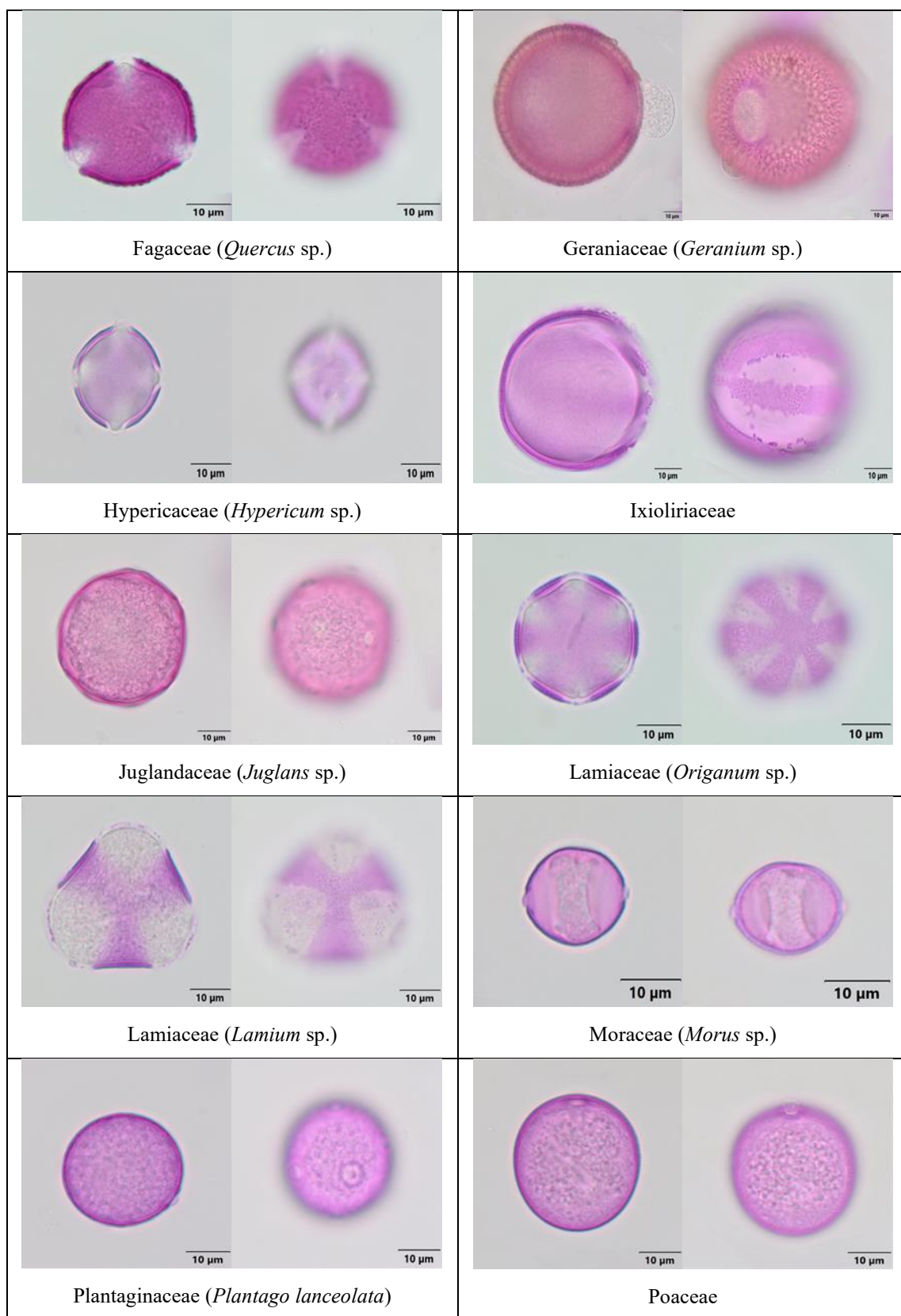
Şekil 4.5. (APÖ(5)) polen analizi sonucu saptanan familyaların bulunma yüzdeleri

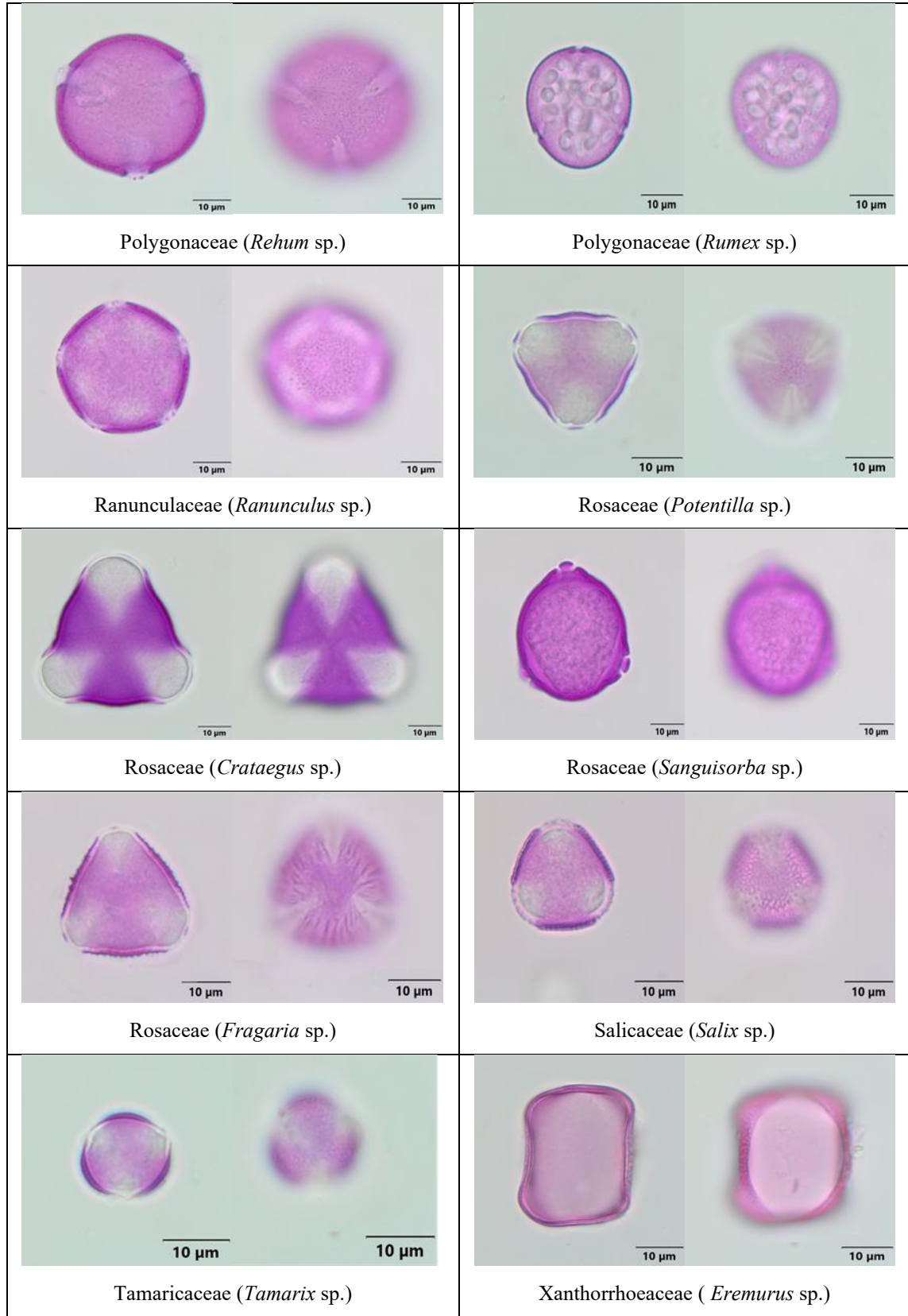
Bu tez çalışmasında, Bingöl ili Merkez sınırları içerisinde toplanan arı poleni örneklerinin mikroskopik analizleri sonucunda Adoxaceae; *Sambucus* sp., Amaranthaceae (T), Apiaceae; *Ferula* sp., *Prangos* sp., Asteraceae; *Achillea* sp., *Matricaria* sp., *Taraxacum* type, *Gundelia* sp., *Helichrysum* sp., Boraginaceae; *Anchusa* sp., *Myosotis* sp., *Cerinth* sp., Brassicaceae (T), Caprifoliaceae; *Lonicera* sp., Caryophyllaceae; *Silene* sp., Caryophyllaceae type I ve type II, Convolvulaceae; *Convolvulus* sp., Cornaceae; *Cornus* sp., Cyperaceae; *Carex* sp., Euphorbiaceae; *Euphorbia* sp., Fabaceae; *Trifolium* type I, type II, *Lotus* sp., *Colutea* sp., Fagaceae; *Quercus* sp., Geraniaceae; *Geranium* sp., Hypericaceae; *Hypericum* sp., Juglandaceae; *Juglans regia*, Lamiaceae; *Lamium* sp., *Origanum* sp., Liliaceae (T), Lythraceae (T), Moraceae; *Morus* sp., Pinaceae (T), Plantaginaceae; *Plantago lanceolata*, *Linaria* sp., Poaceae (T), Polygonaceae; *Rumex* sp., *Rehum* sp., Ranunculaceae; *Ranunculus* sp., Rhamnaceae; *Paliuris* sp., Rosaceae; *Pyrus* sp., *Fragaria* sp., *Potentilla* sp., *Sanguisorba* sp., *Crataegus* sp., Tamaricaceae; *Tamarix* sp., Xanthorrhoeaceae; *Eremurus* sp. olmak üzere toplamda 30 familya ve 49 cinse ait polen saptanmıştır.

Tüm örnekler incelendiğinde Asteraceae, Fabaceae, Rosaceae familyaları ve *Plantago lanceolata*, *Trifolium* sp., *Salix* sp., *Ranunculus* sp., *Achillea* sp., *Hypericum* sp., *Rumex* sp., *Sanguisorba* sp., *Pyrus* sp., *Juglans regia* ve *Carex* sp. taksonlarının yoğun çıktığı gözlenmiştir.









Şekil 4.6. Arı poleni örneklerinin mikroskopik görüntüleri

Behçet ve Yapar (2019), Bingöl ili Matan Dağı'nda arıcılık açısından önemli olan floral çeşitliliğe yönelik bir araştırma yapmışlardır. Bu araştırma sonucunda 29 familya saptanmış olup, bu familyalardan 101 cinsin 126'sı tür, 52'si alttür, 33'ü varyete olmak üzere 211 bitki taksonu tespit edilmiştir. Floral çeşitlilik incelendiğinde Apiaceae; *Prangos* sp., Asteraceae; *Achillea* sp., *Helichrysum* sp., Boraginaceae; *Anchusa* sp., Brassicaceae, Caprifoliaceae; *Lonicera* sp., Caryophyllaceae; *Silene* sp., Convolvulaceae; *Convolvulus* sp., Euphorbiaceae; *Euphorbia* sp., Fabaceae; *Colutea* sp., *Lotus* sp., *Trifolium* sp., *Vicia* sp., Hypericaceae; *Hypericum* sp., Lamiaceae; *Origanum* sp., Lythraceae, Moraceae; *Morus* sp., Polygonaceae, Rosaceae; *Crataegus* sp., *Pyrus* sp. olarak tespit edilen bitki taksonlarının bu tez çalışmasında teşhisi yapılan familya ve taksonlarla benzer olduğu görülmüştür.

Bingöl yöresi florasına yönelik yapılan başka bir çalışmada bitki taksonları belirlenmiş olup polen morfolojileri araştırılmıştır. Sonuç olarak teşhisi yapılan Apiaceae; *ferula* sp., Asteraceae; *Achillea* sp., *Taraxacum* type, Fabaceae; *Trifolium* sp., *Colutea* sp., Lamiaceae; *Lamium* sp., Hypericaceae; *Hypericum* sp., Plantaginaceae; *Plantago lanceolata*, Rosaceae; *Crataegus* sp., *Sanguisorba* sp., Salicaceae; *Salix* sp. başta olmak üzere birçok familya ve taksonun yine bu tez çalışması ile uyumlu olduğu görülmüştür (Polat vd. 2021). Böylelikle çalışma kapsamında incelenen polen örneklerinin bitki taksonlarının Bingöl ili florası ile uyumluluk gösterdiği belirlenmiştir.

Canlı (2014), Ardahan bölgesine ait polen örneklerinin morfolojik özelliklerini incelediği çalışmada bulduğu taksonların büyük çoğunluğunun %37,05'lik oranla Fabaceae familyasına ait olduğunu belirtmiştir. Fabaceae familyasından sonra sırasıyla Cistaceae, Rosaceae, Asteraceae, Dipsaceae, Boraginaceae ve Brassicaceae familyalarını teşhis etmiştir. Cistaceae ve Dipsaceae familyaları haricindeki familyaların tez kapsamında incelenen polen örneklerinde saptanan familyalarla benzer olduğu görülmüştür.

Çobanoğlu vd. (2021), Doğu Anadolu Bölgesinin bazı illerinin (Bitlis, Muş, Tunceli) polen örneklerinin palinolojik özellikleri üzerine bir araştırma yapmışlardır. Bu araştırma sonucunda teşhisi yapılan taksonlar arasından Apiaceae; *Ferula* sp., Asteraceae; *Achillea* sp., *Taraxacum* sp., Brassicaceae, Boraginaceae, Caryophyllaceae; *Silene* sp., Convolvulaceae; *Convolvulus* sp., Fabaceae; *Trifolium* sp., Fagaceae; *Quercus* sp., Hypericaceae; *Hypericum* sp., Juglandaceae; *Juglans* sp., Lamiaceae; *Lamium* sp.,

Moraceae; Morus sp., Plantaginaceae; Plantago sp., Polygonaceae; Rumex sp., Poaceae, Rosaceae; Crataegus sp., Potentilla sp., Pyrus sp., Sanguisorba sp., Salicaceae; Salix sp., Xanthorrhoeaceae; Eremurus sp. familya ve taksonlarının bu tez çalışmasında belirlenen familya ve bitki taksonlarıyla benzer olduğu görülmüştür.

Yukarıda verilen literatür verileri sonucunda benzer coğrafi ve iklim özellikleri gösteren bölgelerin polen taksonları ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

4.2. Arı Polenlerinin Ekstraksiyon Çalışmaları

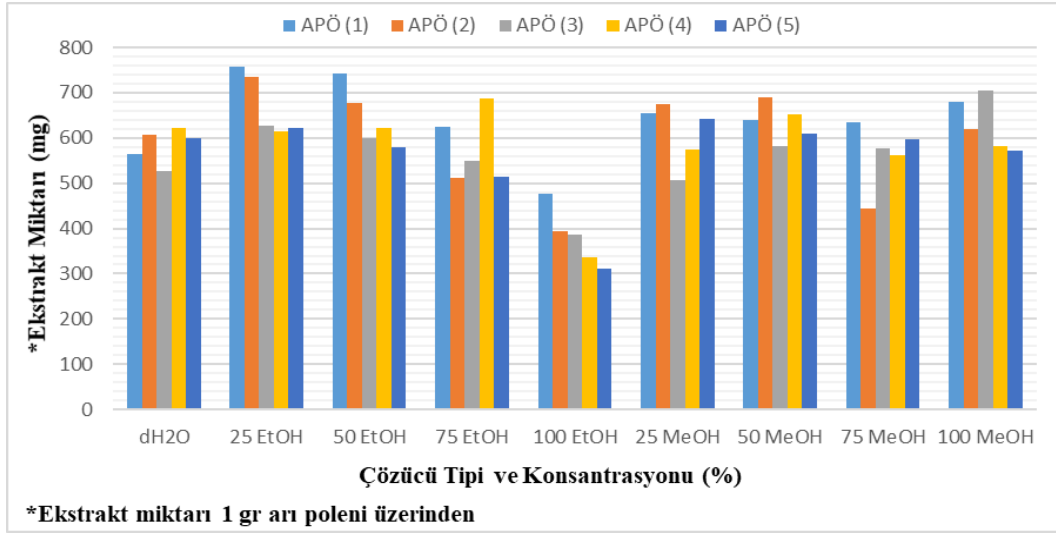
4.2.1. Arı Polenlerinden Elde Edilen Ekstraktların Ekstraksiyon Verimliliği

Çalışma kapsamında toplanan arı polenlerinin Ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemiyle farklı çözücü ve konsantrasyonu kullanılarak elde edilen ekstraktların (kuru) miktarları hesaplanmış ve Tablo 4.6' ve Şekil 4.7'de sunulmuştur.

Tablo 4.6. Arı polenlerinden elde edilen ekstrakt miktarı

Çözücü ve Konsantrasyonu (%)	ÖRNEK				
	APÖ(1)	APÖ(2)	APÖ(3)	APÖ(4)	APÖ(5)
	Ekstrakt Miktarı* (mg)				
dH₂O	564,30	606,20	527,30	622,43	600,27
25 EtOH	757,43	733,67	627,17	615,20	621,67
50 EtOH	742,83	677,63	599,50	621,27	578,47
75 EtOH	625,10	512,73	549,20	686,43	514,17
100 EtOH	476,20	392,93	386,40	335,43	310,87
25 MeOH	654,27	673,63	506,83	574,23	641,27
50 MeOH	639,83	689,63	583,23	651,27	608,93
75 MeOH	635,00	443,27	578,17	561,43	597,47
100 MeOH	678,77	620,83	705,03	581,37	572,50

*Ekstraksiyon miktarı hesaplaması 1 gr arı poleni üzerinden yapılmıştır.



Şekil 4.7. 1 gr arı poleni üzerinden hesaplanan ekstrakt miktarı

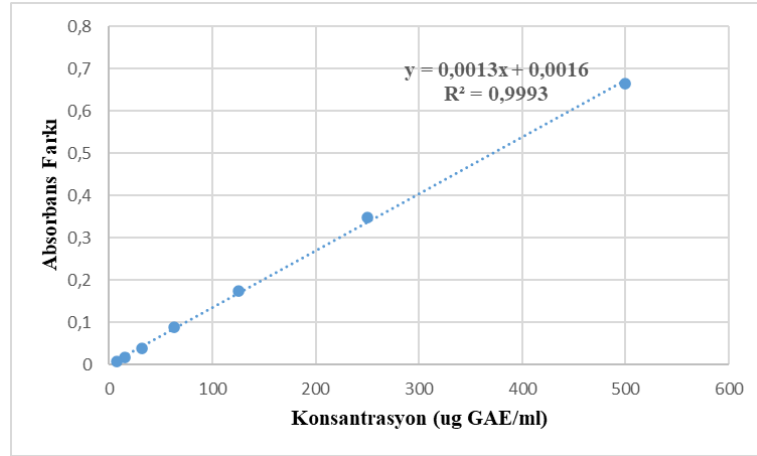
Tablo 4.6 ve Şekil 4.7 irdelendiğinde her biri farklı lokasyondan toplanan arı polenlerinin ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemiyle farklı çözücü ve konsantrasyonları kullanılarak gerçekleştirilen ekstraksiyonda; çözücü ve konsantrasyonları arasında değerlendirildiğinde; en yüksek ekstrakt miktarı %25 EtOH (757,43 mg), en düşük ekstrakt miktarı ise %100 EtOH ile ekstraksiyonda elde edilmiştir (335,43 mg). Arı polenleri arasında değerlendirildiğinde; 1 ve 2 numaralı arı poleninde en yüksek miktarda ekstrakt %25 EtOH (757,43 ve 733,67 mg), en düşük miktarda ekstrakt %100 EtOH (476,20 ve 392,93 mg), 3 numaralı arı poleninde en yüksek miktarda ekstrakt %100 MeOH (705,03 mg), en düşük miktarda ekstrakt %100 EtOH (386,40 mg), 4 numaralı arı poleninde en yüksek miktarda ekstrakt %75 EtOH (686,43 mg), en düşük miktarda ekstrakt %100 EtOH (335,43 mg), ve 5 numaralı arı poleninde en yüksek miktarda ekstrakt %25 MeOH (641,27 mg), en düşük miktarda ekstrakt %100 EtOH (310,87 mg) ile ekstraksiyonda elde edilmiştir. Arı polenleri ve kullanılan çözücüler ve çözücü konsantrasyonları arasında ortalama en yüksek miktarda ekstrakt eldesi %25 EtOH ile ekstraksiyonda, en düşük miktarlarda ekstrakt eldesi %100 EtOH ile ekstraksiyonda elde edilmiştir.

Literatürde, ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemi, farklı çözücü ve konsantrasyonlarıyla gerçekleştirilen arı poleni ekstraksiyonu çalışmaları değerlendirildiğinde; Arı polenin karmaşık ve kompleks polen duvarı, besin emilimi ve biyolojik etkileri sınırlayabilir. Esas olarak ekzin ve intin'den oluşan polen duvarı oldukça stabildir ve polenin sindirimini ve ayrışmasını önler. Özellikle sporopollenin içeren ekzin,

fiziksel güç ve kimyasal direnç sağlayarak polen içeriğini korur. Bu nedenle, gıda endüstrisinde arı poleninin kullanımının genişletilebilmesi için besin salınımını ve polenin biyolojik etkilerini teşvik etmek için bir duvar bozma tekniğinin kullanılması gereklidir (Yang et al. 2019). Düşük etkinlik ve düşük içerik uygulanan ekstraksiyon yöntemi sonrası tamamlanmamış polen duvarı yıkımından kaynaklanabilir (Tu et al. 2017). Yüksek-baskı(basınç) kullanımını içeren ekstraksiyon yöntemleri ekstraksiyon verimliliğini artırabilmektedir (Yang et al. 2019). Literatürde arı polenine yönelik gerçekleştirilen ekstraksiyon işlemlerinde çözücü olarak en fazla EtOH ve MeOH kullanılmıştır (Lawag et al. 2021). Bununla birlikte tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen çalışmalarda elde edilen ekstrakt miktarlarına yönelik olarak literatürde gerçekleştirilen bazı benzer çalışmalar irdelendiğinde; Yang et al. (2019) yılında rapor ettikleri çalışmada Japon gülü arı polenlerini bilyeli ve ultrasonik destekli yöntemle ekstrakte ettiklerinde ultrasonik temelli ekstrasyonda yüksek içerik elde edilmiştir. Oroian et al. (2020) yılında rapor ettikleri çalışmada ultrasonik destekli ekstraksiyonda yüksek respons uygulamasında yüksek miktarda ekstrakt elde edilmiştir. Ma et al. (2015) yılında rapor ettikleri çalışmada farklı çözücülerin (EtOH, MeOH, Aseton ve Etil Asetat) kullanıldığı sokslet ve klasik yöntemle ekstraksiyon çalışmasında *Brassica campestris* bitkisine ait arı polenlerinde en fazla verim EtOH ekstraksiyonun elde edilmiştir. Lawag et al. (2021) yılında rapor ettikleri çalışmada 2 farklı polenin farklı ekstraksiyon yöntemleri ve çözücüler kullanılarak gerçekleştirilen ekstrasyonda en yüksek ekstrakt miktarı %70 EtOH ekstraksiyonunda elde edilmiştir.

4.3. Toplam Fenolik Asit Miktarı Tayini Çalışması

Arı polenlerinin ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemiyle farklı çözücü ve konsantrasyonu kullanılarak elde edilen ekstraktlarından Folin-Ciocalteu yöntemine göre toplam fenolik asit miktarı tayini ilgili çalışmadan elde edilen kalibrasyon grafiğindeki denklem (Şekil 4.8) kullanılarak hesaplanmış ve Tablo 4.7 ve Şekil 4.9'de [GAE/1g Arı Poleni Ekstraktı $\pm$ SE (mg)] sunulmuştur. Kalibrasyon grafiği GA kullanılarak hazırlanmıştır.

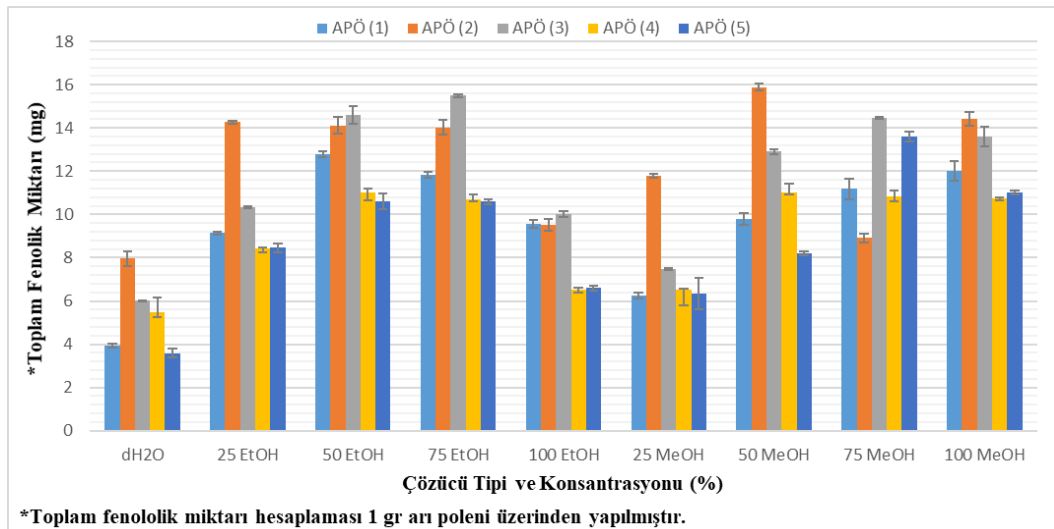


Şekil 4.8. Toplam fenolik asit miktarı tayini için kullanılan kalibrasyon grafiği

Tablo 4.7. Arı polenlerinden elde edilen ekstraktların toplam fenolik asit miktarları

Çözücü ve Konsantrasyonu (%)	ÖRNEK				
	APÖ(1)	APÖ(2)	APÖ(3)	APÖ(4)	APÖ(5)
	*Toplam Fenolik Asit Miktarı GAE/1g Arı Polen Ekstraktı±SE (mg)				
dH ₂ O	3,94±0,09f	7,96±0,33e	6,01±0,03g	5,46±0,70d	3,58±0,20e
25 EtOH	9,14±0,07d	14,27±0,07b	10,33±0,06e	8,43±0,06b	8,46±0,20c
50 EtOH	12,77±0,14a	14,12±0,38b	14,61±0,40b	11,03±0,15a	10,60±0,36b
75 EtOH	11,84±0,14bc	14,02±0,34b	15,49±0,08a	10,71±0,21a	10,60±0,12b
100 EtOH	9,55±0,18d	9,50±0,27d	10,01±0,14e	6,51±0,09c	6,60±0,11d
25 MeOH	6,25±0,12e	11,79±0,09c	7,49±0,05f	6,51±0,08c	6,35±0,73d
50 MeOH	9,78±0,26d	15,89±0,15a	12,90±0,12d	11,03±0,38a	8,22±0,09c
75 MeOH	11,18±0,49c	8,91±0,22d	14,45±0,05b	10,83±0,27a	13,61±0,22a
100 MeOH	12,02±0,44ab	14,43±0,32b	13,60±0,44c	10,74±0,06a	11,01±0,08b

*Toplam fenolik asit miktarı hesaplaması 1 gr arı poleni üzerinden yapılmıştır.



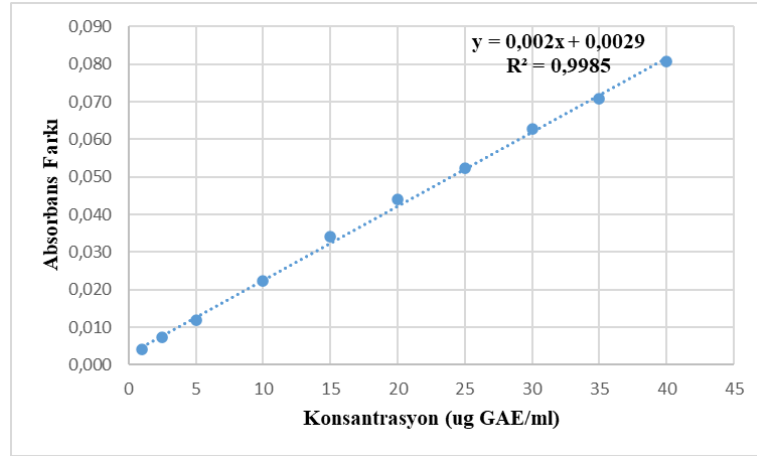
*Toplam fenolik miktarı hesaplaması 1 gr arı poleni üzerinden yapılmıştır.

Şekil 4.9. Arı polenlerinden elde edilen ekstraktların toplam fenolik asit miktarları

Tablo 4.7 ve Şekil 4.8 irdelendiğinde her biri farklı lokasyondan toplanan arı polenlerinin ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemiyle farklı çözücü ve konsantrasyonları kullanılarak gerçekleştirilen ekstraksiyonda elde edilen ekstraktların toplam fenolik asit miktarları hesaplandığında; çözücü ve konsantrasyonları arasında değerlendirildiğinde; en yüksek toplam fenolik asit miktarı %50 MeOH ($15,89 \pm 0,15$ mg), en düşük toplam fenolik asit miktarı ise dH₂O ($3,58 \pm 0,20$ mg) ile ekstraksiyonda elde edilmiştir. Arı polenleri arasında değerlendirildiğinde; 1 numaralı arı poleninde en yüksek toplam fenolik asit miktarı %50 EtOH ($12,77 \pm 0,14$ mg), en düşük toplam fenolik asit miktarı dH₂O ($3,94 \pm 0,09$ mg), 2 numaralı arı poleninde en yüksek toplam fenolik asit miktarı %50 MeOH ($15,89 \pm 0,15$ mg), en düşük toplam fenolik asit miktarı dH₂O ($7,96 \pm 0,33$ mg), 3 numaralı arı poleninde en yüksek toplam fenolik asit miktarı %75 EtOH ($15,49 \pm 0,08$ mg), en düşük toplam fenolik asit miktarı dH₂O ($6,01 \pm 0,03$ mg), 4 numaralı arı poleninde en yüksek toplam fenolik asit miktarı %50 EtOH ve MeOH ($11,03 \pm 0,15$ ve $11,03 \pm 0,38$ mg), en düşük toplam fenolik asit miktarı dH₂O ($5,46 \pm 0,70$ mg) ve 5 numaralı arı poleninde ise en yüksek toplam fenolik asit miktarı %75 MeOH ($13,61 \pm 0,22$ mg), en düşük toplam fenolik asit miktarı dH₂O ($3,58 \pm 0,20$ mg) ile ekstraksiyonda elde edilmiştir. Arı polenleri ve kullanılan çözücüler ve çözücü konsantrasyonları arasında ortalama en yüksek miktarda fenolik asit eldesi %50 EtOH ile ekstraksiyonda, en düşük miktarda fenolik asit eldesi dH₂O ile ekstraksiyonda elde edilmiştir.

4.4. Toplam Flavonoid Madde Miktarı Tayini Çalışması

Arı polenlerinin ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemiyle farklı çözücü ve konsantrasyonu kullanılarak elde edilen ekstraktlarından toplam flavonoid madde miktarı tayini ilgili çalışmadan elde edilen kalibrasyon grafiğindeki denklem (Şekil 4.10) kullanılarak hesaplanmış ve Tablo 4.8' ve Şekil 4.11'de sunulmuştur [QE/1g Arı Polen Ekstraktı $\pm$ SE (mg)]. Kalibrasyon grafiği QE kullanılarak hazırlanmıştır.

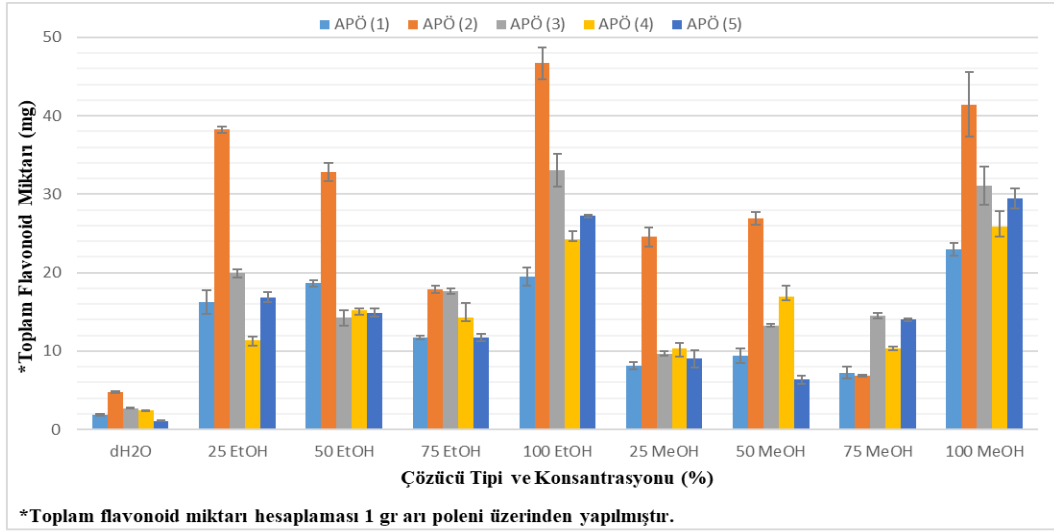


Şekil 4.10. Toplam flavonoid madde miktarı tayini için kullanılan kalibrasyon grafiği

Tablo 4.8. Arı polenlerinden elde edilen ekstraktların toplam flavonoid miktarları

Çözücü ve Konsantrasyon (%)	ÖRNEK				
	APÖ(1)	APÖ(2)	APÖ(3)	APÖ(4)	APÖ(5)
	*Toplam Flavonoid Miktarı				
	QE/1g Arı Polen Ekstraktı±SE (mg)				
dH ₂ O	1,87±0,15g	4,76±0,09b	2,74±0,04f	2,44±0,03d	1,11±0,06g
25 EtOH	16,23±1,54d	38,22±0,42b	19,92±0,55b	11,34±0,54c	16,85±0,62c
50 EtOH	18,65±0,43c	32,82±1,13c	14,25±1,00cd	15,18±0,21b	14,91±0,51d
75 EtOH	11,73±0,21e	17,83±0,45e	17,63±0,32bc	14,25±1,83bc	11,71±0,45
100 EtOH	19,46±1,14bc	46,70±2,05a	33,05±2,11a	24,22±1,02a	27,21±0,21b
25 MeOH	8,13±0,44f	24,54±1,19d	9,68±0,30e	10,39±0,66c	9,04±1,11e
50 MeOH	9,45±0,93f	26,96±0,80d	13,28±0,19d	17,00±1,30b	6,35±0,54f
75 MeOH	7,26±0,76ef	6,84±0,15b	14,51±0,33cd	10,35±0,19c	14,00±0,20d
100 MeOH	22,92±0,81a	41,45±4,15b	31,09±2,48a	25,83±2,05a	29,44±1,25a

*Toplam flavonoid miktarı hesaplaması 1 gr arı poleni üzerinden yapılmıştır.



Şekil 4.11. Arı polenlerinden elde edilen ekstraktların toplam flavonoid miktarları

Tablo 4.8 ve Şekil 4.10 irdelendiğinde her biri farklı lokasyondan toplanan arı polenlerinin ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemiyle farklı çözücü ve konsantrasyonları kullanılarak gerçekleştirilen ekstraksiyonda elde edilen ekstraktların toplam flavonoid miktarları hesaplandığında; çözücü ve konsantrasyonları arasında değerlendirildiğinde; en yüksek toplam flavonoid miktarı %100 EtOH ($46,70 \pm 2,05$ mg), en düşük toplam flavonoid miktarı ise dH₂O ($1,11 \pm 0,06$ mg) ile ekstraksiyonda elde edilmiştir. Arı polenleri arasında değerlendirildiğinde; 1 numaralı arı poleninde en yüksek toplam flavonoid miktarı %100 MeOH ($22,92 \pm 0,81$ mg), en düşük toplam flavonoid miktarı dH₂O ($1,87 \pm 0,15$ mg), 2 numaralı arı poleninde en yüksek toplam flavonoid miktarı %100 EtOH ($46,70 \pm 2,05$ mg), en düşük toplam flavonoid miktarı dH₂O ($4,76 \pm 0,09$ mg), 3 numaralı arı poleninde en yüksek toplam flavonoid miktarı %100 EtOH ($33,05 \pm 2,11$ mg), en düşük toplam flavonoid miktarı dH₂O ($2,74 \pm 0,04$ mg), 4 numaralı arı poleninde en yüksek toplam flavonoid miktarı %100 MeOH ($25,83 \pm 2,05$ mg), en düşük toplam flavonoid miktarı dH₂O ($2,44 \pm 0,03$ mg) ve 5 numaralı arı poleninde ise en yüksek toplam flavonoid miktarı %100 MeOH ($29,44 \pm 1,25$ mg), en düşük toplam flavonoid miktarı dH₂O ($1,11 \pm 0,06$ mg) ile ekstraksiyonda elde edilmiştir. Arı polenleri ve kullanılan çözücüler ve çözücü konsantrasyonları arasında ortalama en yüksek miktarda flavonoid eldesi %100 MeOH ile ekstraksiyonda, en düşük miktarda flavonoid eldesi dH₂O ile ekstraksiyonda elde edilmiştir.

Bütün bitkiler, metabolizmalarında ikincil metabolitler olarak çok sayıda fenolik madde üretirler. Bu nedenle bitki bazlı tüm gıdalarda her zaman farklı miktarlarda çeşitli fenolik bileşikler bulunur. Fenolik bileşikler, fenolik asitler ve flavonoidler olarak iki gruba ayrılır. Doğal bitkilerde bulunan fenolik bileşiklerin insan vücudunu serbest radikallere karşı korumada etkili olduğu bilinmektedir. Bu bileşikler, antikanserojen, antioksidan, antiapoptotik, anti-ateroskleroz, anti-enflamasyon, kardiyovasküler koruma, yaşlanmaya karşı koruma ve endotel fonksiyonunun artırılması gibi çeşitli faydalı özelliklerin yanı sıra anjiyogenez ve hücre proliferasyon aktivitesinin inhibisyonu sergiler (Gerçek vd. 2022). Arı poleni nispeten yüksek miktarda fenolik bulundururken, flavonoidler (%0,2-25) ise ana bileşendirler (Kieliszek et al. 2018; Gerçek vd. 2022). Literatürde, farklı botanik kaynağa sahip ve ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemi ile farklı çözücü ve konsantrasyonlarıyla gerçekleştirilen arı poleni ekstraksiyonu çalışmaları değerlendirildiğinde;

Carpes et al. (2008) yılında rapor ettikleri çalışmada farklı 2 bölgeden elde edilen arı polenlerinin %40-%90 konsantrasyonları arasındaki EtOH ile ekstraksiyonda çok düşük ve yüksek konsantrasyonda elde edilen ekstraktlarda toplam fenolik asit miktarı düşük miktarda elde edilmiştir.

Aydın'ın (2016) yılında rapor ettiği farklı kurutma tekniklerinin fenolik asit miktarı ve antioksidan kapasitesi üzerine çalışmada liyofilizatörle kurutulan ve MeOH de ekstrakte edilen arı polenin toplam fenolik asit içeriği diğer çözümler içerisinde en yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Karkar'ın (2018) yılında rapor ettiği çalışmada dH₂O ve EtOH kullanılarak ultrasonik destekli ekstraksiyon yönteminde, EtOH ile elde edilen ekstraktlarında daha yüksek miktarda toplam fenolik asit miktarı elde edilmiştir.

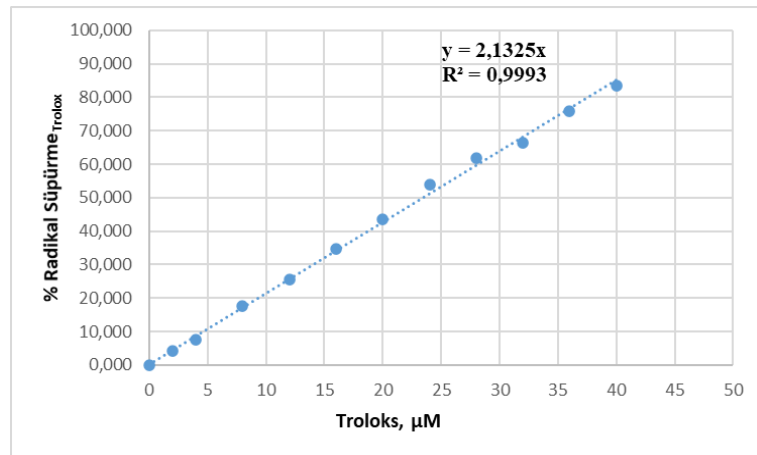
Mayda vd. (2020) yılında rapor ettikleri çalışmada farklı türe ait polenlerin baskın olduğu arı polenlerinin %95 lik EtOH ile ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemi kullanılarak gerçekleştirdikleri ekstraksiyonda farklı botanik orjine sahip arı polenlerinin toplam fenolik asit ve flavonoid miktarlarının farklı olduğu tespit edilmiştir.

Lawag et al. (2021) yılında rapor ettikleri çalışmada 2 farklı monofloral polenin farklı çözücü (dH₂O, EtOH, MeOH) ile ultrasonik destekli ekstraksiyonunda dH₂O ile ekstraksiyon edilen polenlerin toplam fenolik asit miktarı diğer çözücülere göre düşük miktarda tespit edilmiştir.

4.5. Antioksidan Aktivite Çalışmaları

4.5.1. DPPH Yöntemiyle Antioksidan Kapasite Çalışması

Arı polenlerinin ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemiyle farklı çözücü ve konsantrasyonu kullanılarak elde edilen ekstraktlarının DPPH serbest radikal giderme antioksidan aktivite değerleri ilgili çalışmadan elde edilen kalibrasyon grafiğindeki denklem (Şekil 4.12) kullanılarak hesaplanmış ve Tablo 4.9 ve Şekil 4.13’de sunulmuştur [TE/1g Arı Polen Ekstraktı±SE (mM)]. Kalibrasyon grafiği Troloks kullanılarak hazırlanmıştır.

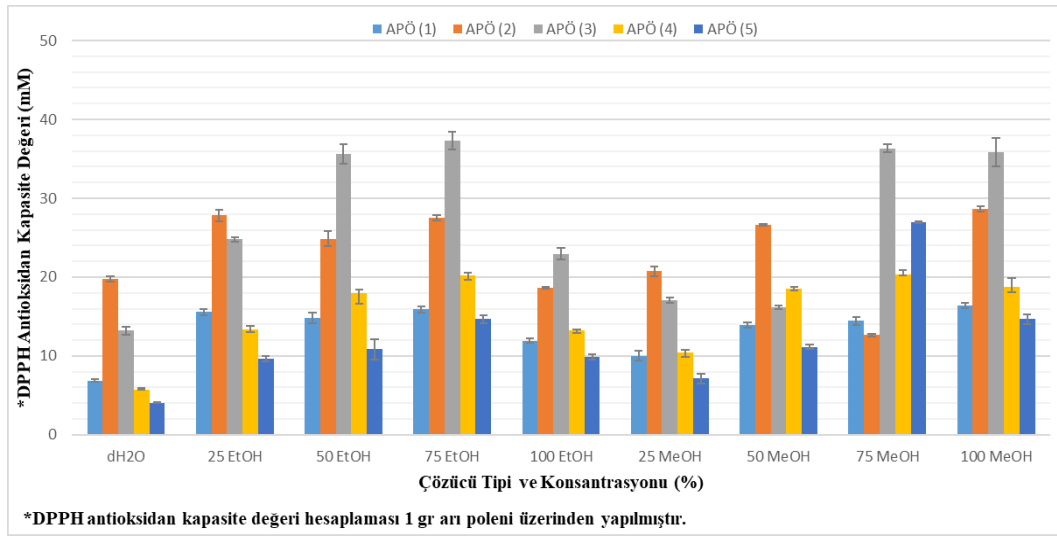


Şekil 4.12. DPPH Yöntemiyle Antioksidan Kapasite tayini için kullanılan kalibrasyon grafiği

Tablo 4.9. Arı polenlerinden elde edilen ekstraktların DPPH yöntemiyle antioksidan kapasite değerleri

Çözücü ve Konsantrasyon (%)	ÖRNEK				
	APÖ(1)	APÖ(2)	APÖ(3)	APÖ(4)	APÖ(5)
	*DPPH Antioksidan Kapasitesi TE/1g Arı Polen Ekstraktı±SE (mM)				
dH ₂ O	6,89±0,18g	19,75±0,30de	13,20±0,52d	5,75±0,15e	4,07±0,07e
25 EtOH	15,57±0,41abc	27,81±0,74ab	24,78±0,27b	13,40±0,46c	9,64±0,35c
50 EtOH	14,81±0,70bcd	24,87±0,96c	35,61±1,21a	17,96±0,49b	10,85±1,32c
75 EtOH	15,89±0,44ab	27,54±0,31ab	37,28±1,12a	20,18±0,42a	14,66±0,53b
100 EtOH	11,93±0,26e	18,64±0,10e	22,95±0,74b	13,29±0,06c	9,89±0,34c
25 MeOH	10,02±0,63f	20,73±0,63d	17,03±0,33c	10,43±0,33d	7,13±0,60d
50 MeOH	13,91±0,33d	26,61±0,12b	16,17±0,26c	18,56±0,23b	11,15±0,27c
75 MeOH	14,43±0,48cd	12,66±0,16f	36,34±0,49a	20,36±0,48a	26,92±0,12a
100 MeOH	16,37±0,35a	28,67±0,33a	35,82±1,80a	18,78±1,14ab	14,66±0,65b

*DPPH antioksidan kapasitesi hesaplaması 1 gr arı poleni üzerinden yapılmıştır.



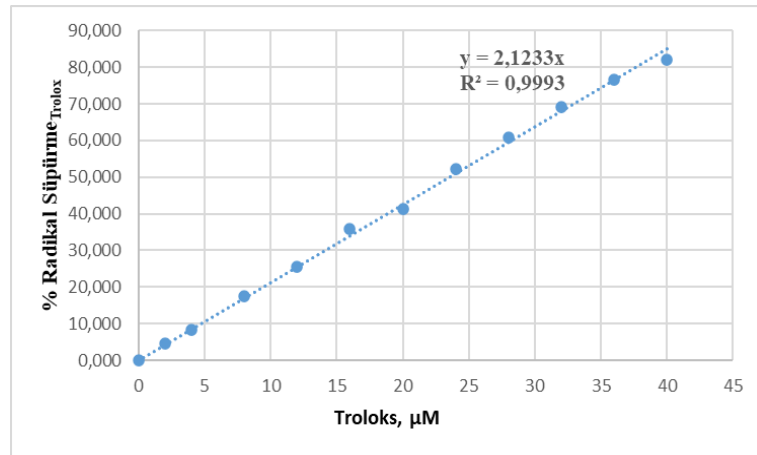
Şekil 4.13. Arı polenlerinden elde edilen ekstraktların DPPH yöntemiyle antioksidan kapasite değerleri

Tablo 4.9 ve Şekil 4.12 irdelendiğinde her biri farklı lokasyondan toplanan arı polenlerinin ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemiyle farklı çözücü ve konsantrasyonları kullanılarak gerçekleştirilen ekstraksiyonda elde edilen ekstraktların DPPH antioksidan kapasite değerleri hesaplandığında; çözücü ve konsantrasyonları arasında değerlendirildiğinde; en yüksek DPPH antioksidan kapasite değeri %75 EtOH (37,28±1,12 mM), en düşük DPPH antioksidan kapasite değeri ise dH₂O (1,11±0,06 mM) ile ekstraksiyonda elde edilmiştir. Arı polenleri arasında değerlendirildiğinde; 1 numaralı arı poleninde en yüksek DPPH antioksidan kapasite değeri %100 MeOH (16,37±0,35 mM), en düşük DPPH antioksidan kapasite değeri dH₂O (6,89±0,18 mM), 2 numaralı arı poleninde en yüksek DPPH antioksidan kapasite değeri %100 MeOH (28,67±0,33 mM), en düşük DPPH antioksidan

kapasite değeri dH₂O (12,66±0,16 mM), 3 numaralı arı poleninde en yüksek DPPH antioksidan kapasite değeri %75 EtOH (37,28±1,12 mM), en düşük DPPH antioksidan kapasite değeri dH₂O (13,20±0,52 mM), 4 numaralı arı poleninde en yüksek DPPH antioksidan kapasite değeri %75 MeOH (20,36±0,48 mM), en düşük DPPH antioksidan kapasite değeri dH₂O (5,75±0,15 mM) ve 5 numaralı arı poleninde ise en yüksek DPPH antioksidan kapasite değeri %75 MeOH (26,92±0,12 mM), en düşük DPPH antioksidan kapasite değeri dH₂O (4,07±0,07 mM) ile ekstraksiyonda elde edilmiştir. Arı polenleri ve kullanılan çözücüler ve çözücü konsantrasyonları arasında ortalama en yüksek DPPH antioksidan kapasite değeri %100 MeOH ile ekstraksiyonda, en düşük DPPH antioksidan kapasite değeri dH₂O ile ekstraksiyonda elde edilmiştir.

4.5.2. ABTS/TEAK Yöntemiyle Antioksidan Kapasite Çalışması

Arı polenlerinin ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemiyle farklı çözücü ve konsantrasyonu kullanılarak elde edilen ekstraktlarının ABTS serbest radikal giderme antioksidan kapasite değerleri ilgili çalışmadan elde edilen kalibrasyon grafiğindeki denklem (Şekil 4.14) kullanılarak hesaplanmış ve Tablo 4.10' ve Şekil 4.15'de sunulmuştur [TE/1g Arı Polen Ekstraktı±SE (mM)]. Kalibrasyon grafiği Trolox kullanılarak hazırlanmıştır.

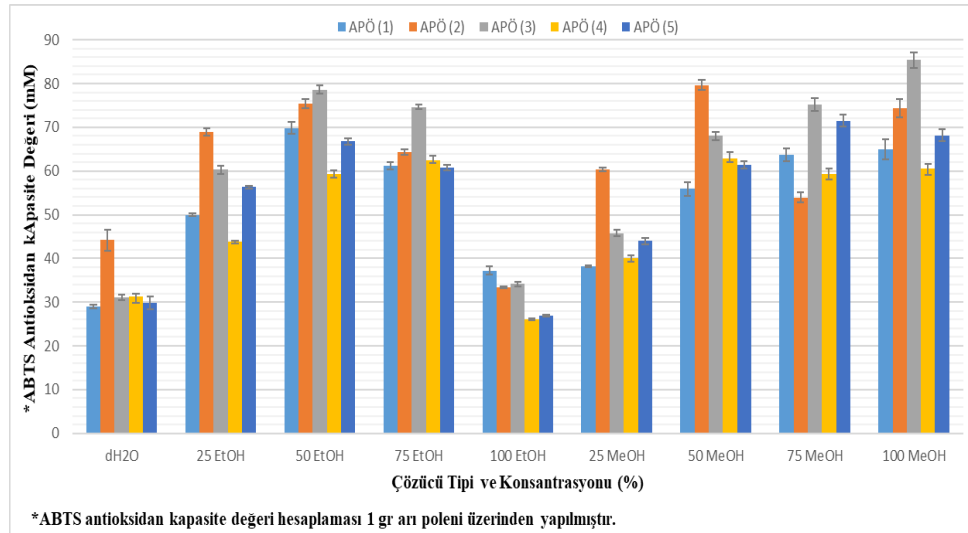


Şekil 4.14. Arı polenlerinden elde edilen ekstraktların ABTS yöntemiyle antioksidan kapasite değerleri

Tablo 4.10. Elde edilen ekstraktların ABTS/TEAK yöntemiyle antioksidan kapasite değerleri

Çözücü ve Konsantrasyon (%)	ÖRNEK				
	APÖ(1)	APÖ(2)	APÖ(3)	APÖ(4)	APÖ(5)
	*ABTS Antioksidan Kapasitesi TE/1g Arı Polen Ekstraktı±SE (mM)				
dH₂O	29,04±0,43g	44,23±2,39f	31,06±0,60h	31,33±0,52e	29,85±1,54f
25 EtOH	49,94±0,33e	68,97±0,84c	60,27±0,91e	43,79±0,24c	56,32±0,29d
50 EtOH	69,86±1,35a	75,39±0,98b	78,58±0,98b	59,25±0,95b	66,79±0,77b
75 EtOH	61,12±0,80c	64,25±0,65d	74,65±0,50c	62,48±0,94a	60,78±0,63c
100 EtOH	37,18±0,96f	33,40±0,29g	34,18±0,53g	26,09±0,21f	26,95±0,18g
25 MeOH	38,20±0,22f	60,42±0,41d	45,79±0,71f	40,06±0,62d	44,01±0,73e
50 MeOH	55,86±1,58d	79,64±1,18a	68,00±0,91d	62,81±1,60a	61,46±0,83c
75 MeOH	63,74±1,49bc	53,96±1,10e	75,20±1,47c	59,41±1,18b	71,51±1,35a
100 MeOH	64,97±2,29b	74,29±2,13b	85,38±1,82a	60,48±1,03ab	68,13±1,37b

*ABTS/TEAK antioksidan kapasitesi hesaplaması 1 gr arı poleni üzerinden yapılmıştır.



Şekil 4.15. Arı polenlerinden elde edilen ekstraktların ABTS yöntemiyle antioksidan kapasite değerleri

Tablo 4.10 ve Şekil 4.14 irdelendiğinde her biri farklı lokasyondan toplanan arı polenlerinin ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemiyle farklı çözücü ve konsantrasyonları kullanılarak gerçekleştirilen ekstraksiyonda elde edilen ekstraktların ABTS antioksidan kapasite değerleri hesaplandığında; çözücü ve konsantrasyonları arasında değerlendirildiğinde; en yüksek ABTS antioksidan kapasite değeri %100 MeOH (85,38±1,82 mM), en düşük ABTS antioksidan kapasite değeri ise %100 EtOH (26,09±0,21 mM) ile ekstraksiyonda elde edilmiştir. Arı polenleri arasında değerlendirildiğinde; 1 numaralı arı poleninde en yüksek ABTS antioksidan kapasite değeri %50 EtOH (69,86±1,35 mM), en düşük ABTS antioksidan kapasite değeri dH₂O

(29,04±0,43 mM), 2 numaralı arı poleninde en yüksek ABTS antioksidan kapasite değeri %50 MeOH (79,64±1,18 mM), en düşük ABTS antioksidan kapasite değeri %100 EtOH (33,40±0,29 mM), 3 numaralı arı poleninde en yüksek ABTS antioksidan kapasite değeri %100 MeOH (85,38±1,82 mM), en düşük ABTS antioksidan kapasite değeri dH₂O (31,06±0,60 mM), 4 numaralı arı poleninde en yüksek ABTS antioksidan kapasite değeri %50 MeOH (62,81±1,60 mM), en düşük ABTS antioksidan kapasite değeri %100 EtOH (26,09±0,21 mM) ve 5 numaralı arı poleninde ise en yüksek ABTS antioksidan kapasite değeri %75 EtOH (71,51±1,35 mM), en düşük ABTS antioksidan kapasite değeri %100 EtOH (26,95±0,18 mM) ile ekstraksiyonda elde edilmiştir. Arı polenleri arasında en yüksek ABTS antioksidan kapasite değeri 2,3,4 ve 5 numaralı arı polenlerinde MeOH'de elde edilirken sadece 1 numaralı polende EtOH ile ekstraksiyonda elde edilmiştir. Arı polenleri ve kullanılan çözücüler ve çözücü konsantrasyonları arasında ortalama en yüksek ABTS antioksidan kapasite değeri %50 EtOH ile ekstraksiyonda, en düşük ABTS antioksidan kapasite değeri %100 EtOH ile ekstraksiyonda elde edilmiştir.

Özellikle son yıllarda kanser gibi çok sayıda hastalığın görülme sıklığının artmasıyla birlikte antioksidan olarak kullanılan gıdaların veya gıda takviyelerinin aktivitelerinin belirlenmesi kritik hale gelmiştir. Bu açıdan değerlendirildiğinde gıdaların antioksidan kapasitesini belirlemek için birçok teknik (CUPRAC, CERAC, DPPH, FRAP, ORAC, ABTS vb.) kullanılmaktadır (Komosinska-Vassev et al. 2015; Gerçek et al. 2022). Literatürde, farklı botanik kaynağa sahip ve ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemi ile farklı çözücü ve konsantrasyonlarıyla gerçekleştirilen arı poleni ekstraksiyonu çalışmaları değerlendirildiğinde;

Le Blanc et al. (2009), Sonoran bölgesinden topladıkları farklı botanik orjine sahip polenlerin farklı çözümlerle (dH₂O, EtOH, MeOH, Propanol, 2-Propanol, Aseton...) gerçekleştirilen ekstraksiyonunda, en düşük DPPH antioksidant kapasite değeri MeOH ve EtOH ile karşılaştırıldığında dH₂O de tespit edilmiştir.

Gonzales et al. (2018) yılında rapor ettikleri çalışmada EtOH ile ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen ekstraksiyon çalışmasında mikrodalga destekli ekstraksiyona göre yüksek miktarda ABTS antioksidan kapasite değeri elde edilmiştir.

Mayda et al. (2020) yılında rapor ettikleri çalışmada farklı türe ait polenlerin baskın olduğu arı polenlerinin %95 lik EtOH ile ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemi kullanılarak gerçekleştirdikleri ekstraksiyonda farklı botanik orjine sahip arı polenlerinin DPPH ve ABTS antioksidan kapasite değerlerinin farklı olduğu tespit edilmiştir.

Lawag et al. (2021) yılında rapor ettikleri çalışmada 2 farklı monofloral polenin farklı çözücü (dH₂O, EtOH, MeOH) ile ultrasonik destekli ekstraksiyonunda dH₂O ile ekstraksiyon edilen polenlerin DPPH antioksidan kapasite değeri miktarı diğer çözücülere göre düşük miktarda tespit edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bingöl ili yüksek rakımlı yaylara, zengin su kaynaklarına ve ağır sanayiden etkilenmemiş bir doğaya sahiptir. İfade edilen bu özellikleri sebebiyle de zengin bir floraya ve gerçekleşen floristik çalışmalarda belirtildiği üzere yüksek derecede bir endemizm oranı tespit edilmiştir. Doğal ürünlerin birçoğu biyoaktif bileşenlerden içermekte olup, bu bileşenlerin kaynağı bitkilerdir. Bitkisel kaynağı en iyi bir şekilde yansıtan doğal ürünler arasında ilk akla gelen arıcılık ürünleridir. Bingöl ili ise arıcılık ve arıcılık ürünleri bakımında geçmişten berri tanınan bir ildir. Bu kapsamda, Bingöl Üniversitesi 2016 yılında T.C. Strateji ve Bütçe Başkanlığı'nın (Mülga Kalkınma Bakanlığı) finanse ettiği Yüksek Öğretim Kurulu'nun organize ettiği Bölgesel Kalkınma Odaklı Misyon Farklılaşması ve İhtisaslaşması Programı ile “Tarım ve Havza Bazlı Kalkınma” Alanında Arı ve Arı Ürünleri ile Ekonomik Değeri Yüksek Bitkilerin Değerlendirilmesi başlıklarında çalışmalarını sürdürmektedir. Hem literatüre hem de Bingöl Üniversitesinin ilgili program kapsamında gerçekleştirdiği faaliyetlere katkı sağlayabilecek nitelikte olan bu Tez çalışmasında;

Bingöl Merkez'den aralarında belirli bir mesafe bulunan arılıklardan toplanan 5 arı polenin, I) Mikroskobik analizlerinin gerçekleştirilmiş,
II) Farklı çözücü (dH₂O, EtOH ve MeOH) ve konsantrasyonları (%0-%25-%50-%75 ve %100) kullanılarak ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemiyle ekstrakte edilmiş,
III) Elde edilen ekstraktların verimliliği,
IV) Toplam fenolik asit ve flavonoid miktarları,
V) Ve antioksidan (DPPH-ABTS) kapasite değerleri hesaplanmıştır.

Elde edilen veriler ışığında;

I) Toplanan arı polenlerinin mikroskobik analizleri açısından, her bir arı poleni örneğinde farklı oranlarda bulunmak üzere Asteraceae, Fabaceae, Rosaceae familyaları ve *Plantago lanceolata*, *Trifolium* sp., *Salix* sp., *Ranunculus* sp., *Achillea* sp.,

II) *Hypericum* sp., *Rumex* sp., *Sanguisorba* sp., *Pyrus* sp., *Juglans regia* ve *Carex* sp. taksonlarının yoğunlukta olduğu tespit edilmiştir.

Ekstrakt verimliliği açısından; arı polenleri ve kullanılan çözücüler ve çözücü konsantrasyonları arasında ortalama en yüksek miktarda ekstrakt eldesi %25 EtOH ile ekstraksiyonda, en düşük miktarda ekstrakt eldesi %100 EtOH ile ekstraksiyonda elde edilmiştir.

III) Toplam fenolik asit ve flavonoid miktarları açısından; Arı polenleri ve kullanılan çözücüler ve çözücü konsantrasyonları arasında ortalama en yüksek miktarda fenolik asit eldesi %50 EtOH ile ekstraksiyonda, en düşük miktarda fenolik asit eldesi dH₂O ile ekstraksiyonda elde edilirken, ortalama en yüksek miktarda flavonoid eldesi %100 MeOH ile ekstraksiyonda, en düşük miktarda flavonoid eldesi dH₂O ile ekstraksiyonda elde edilmiştir.

IV) Antioksidan kapasite değerleri açısından; arı polenleri ve kullanılan çözücüler ve çözücü konsantrasyonları arasında ortalama en yüksek DPPH antioksidan kapasite değeri %100 MeOH ile ekstraksiyonda, en düşük DPPH antioksidan kapasite değeri dH₂O ile ekstraksiyonda elde edilirken, en yüksek ABTS antioksidan kapasite değeri %50 EtOH ile ekstraksiyonda, en düşük ABTS antioksidan kapasite değeri %100 EtOH ile ekstraksiyonda elde edilmiştir.

Sonuç olarak, aynı bölge içerisinde görece farklı uzaklıklarda bulunan arı polenlerinin farklı botanik çeşitliğe sahip olduğu, bu botanik çeşitliliğin tespit edilen fenolik asit ve flavonoid miktarı ve antioksidan aktivite sonuçlarına yansıdığını göstermektedir. Bu tez çalışması, arı poleninin ultrasonik destekli ekstraksiyon yöntemiyle farklı çözücü ve konsantrasyonuyla elde edilen ekstraktların bazı içerik ve aktivite yönünden özelliklerinin incelenmesi üzerine bir çalışma olup, arı poleni ve diğer arı ürünleri ile bitkilerin ekstrakte edilme çalışmalarında referans olarak kullanılabilecek yöntemleri içeren bir çalışmadır.

KAYNAKLAR

Adaskeviciute V, Kaskoniene V, Kaskonas P, Barcauskaite K, Maruska A (2019) Comparison of Physicochemical Properties of Bee Pollen with Other Bee Products. *Biomolecules* 9(12): 1-22

Almeida-Muradian LB, Pamplona LC, Coimbra S, Barth OM (2005) Chemical Composition and Botanical Evaluation of Dried Bee Pollen Pellets. *Journal of Food Composition and Analysis* 18(1): 105–111

Ares AM, Valverde S, Bernal JL, Nozal MJ, Bernal J (2018) Extraction and Determination of Bioactive Compounds From Bee Pollen. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 147: 110-124

Artık N, Anlı E, Konar N, Vural N (2016) Gıdalarda Bulunan Fenolik Bileşikler. 043-1B, Sidas Press. İzmir, Turkey, 1-149

Aydın G (2016) Farklı Kurutma Yöntemleri ve Farklı Özütleme Çözümlerinin Arı Poleninin Antioksidan Kapasitesi ve Fenolik İçeriği Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda mühendisliği Anabilim Dalı, Ordu Üniversitesi, Ordu, s. 90

Azmir J, Zaidul ISM, Rahman MM, Sharif KM, Mohamed A, Sahena F, Jahurul MHA, Ghafoor K, Norulaini NAN, Omar AKM (2013) Techniques for Extraction of Bioactive Compounds from Plant Materials. *Journal of Food Engineering* 117(4): 426-436

Barnutiu LI, Marghitaş LA, Dezmirean D, Bobiş O, Mihai C, Pavel C (2013) Physico-Chemical Composition of Apilarnil (Bee drone larvae). *Seria Zootehnie* 59: 199-202

Barros L, Calhelha RC, Vaz JA, Ferreira ICFR, Baptista P, Estevinho LM (2007) Antimicrobial Activity and Bioactive Compounds of Portuguese wild Edible Mushrooms. *European Food Research and Technology* 225: 151-156

Barth OM, Freitas AS, Oliveira ÉS, Silva RA, Maester FM, Andrella RR, Cardozo GM (2010) Evaluation of the Botanical Origin of Commercial Dry Bee Pollen Load Batches Using Pollen Analysis: a Proposal for Technical Standardization, *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 82: 893-902

Başdoğan G, Sağdıç O, Daştan T, Düz G, Acar S (2019) Farklı Bölgelerden Toplanan Arı Polenlerinin Fizikokimyasal Özellikleri ve Şeker Profillerinin Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* 15: 627-631

Behçet L, Yapar Y (2019) Matan Dağı (Bingöl) Florasında Arıcılık Açısından Önemli Bitkiler. *Biological Diversity and Conservation*, 12(1): 149-159

Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C (1995) Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie* 28: 25-30

Canlı D (2014) Ardahan Bölgesinde Bal Arıları Tarafından Toplanan Polenlerin Morfolojik ve Organoleptik Analizleri ile Nişasta İçeriklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, s. 80

Carpes ST, Prado A, Aparecida I, Moreno M, Mourao GB, Alencar SM, Masson ML (2008) Screening of The Antioxidant Potential of Bee Pollen Produced in The Southern Region of Brazil. *Quim. Nova* 31: 1660-1671

Corvucci F, Nobili L, Melucci D, Grillenzoni FV (2015) The Discrimination of Honey Origin Using Melissopalynology and Raman Spectroscopy Techniques Coupled with Multivariate Analysis. *Food Chemistry* 169: 297-304

Çobanoğlu DN, Felek İ, Dündar O (2021) Palynological, Antioxidant and Physicochemical Properties of Pollen Loads from Eastern Anatolia. *Bee Studies* 13(2): 31-38

DeFang N, Bo W, Jing Z, Ling Y, Ping L, Xumei Z, YuYong C (2019) Study on Antioxidant Activity of Different Solvent Extractsof Rape Bee Pollen and Rape Bee Bread. *Food Research and Development* 40(6): 42-46

Denisowa B, Denisow-Pietrzyk M (2016) Biological and Therapeutic Properties of Bee Pollen: A review. *Journal of Science and Food Agriculture* 96(13): 4303-4309

Doğanay A, Aydın L, Oruç HH, Yeşilbağ K, Bakırcı S, Girişgen OA, Güneş N, Muz NM, Borum EA, Güneş EA (2017) Bal Arısı Yetiştiriciliği Ürünleri Hastalıkları. 1, Doğanay A, Aydın L, Dora Yayıncılık, Bursa, s. 470

Dursun İ (2020) Kuzeydoğu Anadolu Kökenli Bazı Yenilebilir Bitki Ekstraktlarının Biyolojik Aktivite ve Fenolik Asit Profil Değişiminin Ekstraksiyon Tekniği Tabanlı İncelenmesi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, Kafkas Üniversitesi, Kars, s. 369

El-Seedi H, El-Wahed AA, Yosri N, Musharaf SG, Chen L, Moustafa M, Zou X, Al-Mousawi S, Guo Z, Khatib A, Khalifa S (2020) Antimicrobial Properties of *Apis mellifera*'s Bee Venom. *Toxins* 12(7): 451

Freire KRL, Lins ACS, Dórea MC, Santos FAR, Camara CA, Silva TMS (2012) Palynological Origin, Phenolic Content, and Antioxidant Properties of Honeybee-Collected Pollen from Bahia, Brazil. *Molecules* 17: 1652-1664

Fuenmayor B, Zuluaga D, Díaz M, Quicazán de CM, Cosio M, Mannino S (2014) Evaluation of The Physicochemical and Functional Properties of Colombian Bee Pollen. *Revista MVZ Córdoba* 19: 4003-4014

Gerçek YC, Çelik S, Bayram S (2022) Screening of Plant Pollen Sources, Polyphenolic Compounds, Fatty Acids and Antioxidant/Antimicrobial Activity from Bee Pollen. *Molecules* 27(1): 117

Güler A, Toy H (2008) Sinop İli Türkeli Yöresi Balarıları (*Apis mellifera* L.) Morfolojik Özellikleri. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 23(3): 190-197

Halbritter H, Ulrich S, Grimsson F, Weber M, Zetter R, Hesse M, Buchner R, Svojtka M, Frosch-Radivo A (2018) Illustrated pollen terminology. Springer, Vienna, Austria, s. 487

<http://www.fao.org/faostat/en/#compare> (erişim tarihi: 23.09.2021)

<https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (erişim tarihi: 23.09.2021)

<https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (erişim tarihi:23.09.2021)

Huanhuan L, Wang X, He Y, Wang H, Suo Y (2015) Identification and Quantification of Flavonoid Aglycones in Rape Bee Pollen from Qinghai Tibetan Plateau by HPLC-DAD-APCI/MS. *Journal of Food Composition and Analysis* 38: 49-54

Jin TY, Saravankumar K, Wang MY (2018) In vitro and In vivo Antioxidant Properties of Water and Methanol Extracts of Linden Bee Pollen. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 13: 186-189

Kao Y, Lu M, Chen C (2011) Preliminary Analyses of Phenolic Compounds and Antioxidant Activities in Tea Pollen Extracts. *Journal of Food and Drug Analysis* 19(4): 470-477

Karkar B (2018) Türkiye’deki Kestane Arı Polenlerinin Fenolik Bileşiklerinin ve Antioksidan Özelliklerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, Uludağ Üniversitesi, Bursa, s. 102

Karlıdağ S, Keskin M (2020) Arı Ürünlerine Genel Bir Bakış. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 3(1): 58-63

Kaskoniene V, Adaskeviciute V, Kaskonas P, Mickiene R, Maruska A (2020) Antimicrobial and Antioxidant activities of Natural and Fermented Bee Pollen. *Food Bioscience* 34: 100-532

Kieliszek M, Piwowarek K, Kot AM, Błażej S, Chlebowska-Śmigiel A, WOLSKA I (2018) Pollen and bee bread as new health-oriented products: A review. *Trends in Food Science & Technology* 71: 170-180

Komosinska-Vassev K, Olczyk P, Kaźmierczak J, Mencner L, Olczyk K (2015) Bee Pollen: Chemical Composition and Therapeutic Application. *Evidence-Based Complementary and Alternative* 2015: 297-425

Kurek-Górecka A, Górecki M, Rzepecka-Stojko A, Balwierz R, Stojko J (2020) Bee Products in Dermatology and Skin Care. *Molecules* 25: 556

Lawag IL, Yoo O, Lim LY, Hammer K, Locher C (2021) Optimisation of Bee Pollen Extraction to Maximise Extractable Antioxidant Constituents. *Antioxidants* 10: 1113

Leblanc BW, Davis OK, Boue S, Delucca A, Deeby T (2009) Antioxidant activity of Sonoran Desert bee pollen. *Food Chemistry* 115(4): 1299-1305

Leja M, Mareczek A, Wyżgolik G, Klepacz-Baniak J, Czekońska K (2007) Antioxidative Properties of Bee Pollen in Selected Plant Species. *Food Chemistry* 100(1): 237-240

Li QQ, Wang K, Marcucci MC, Sawaya ACH, Hu L, Xue XF, Wu LM, Hu FL (2018) Nutrient-Rich Bee Pollen: A Treasure Trove of Active Natural Metabolites. *Journal of Functional Foods* 49: 472-484

Lv H, Wang X, He Y, Wang H, Suo Y (2015) Identification and Quantification of Flavonoid Aglycones in Rape Bee Pollen from Qinghai-Tibetan Plateau by HPLC-DAD-APCI/MS. *Journal of Food Composition and Analysis* 38: 49-54

Ma S, Tua X, Dong J, Long P, Yang W, Miaoa X, Chen W, Wu Z (2015) Soxhlet-Assisted Matrix Solid Phase Dispersion to Extract Flavonoids from Rape (*Brassica Campestris*) Bee Pollen. *Journal of Chromatography B* 1005: 17-22

Mărghitaș LA, Stanciu OG, Dezmirean DS, Bobiș O, Popescu O, Bogdanov S, Campos MG (2009) In vitro Antioxidant Capacity of Honeybee-Collected Pollen of Selected Floral Origin Harvested from Romania. *Food Chemistry* 115: 878-883

Margoan R, Strant M, Varadi A, Topal E, Yücel B, Cornea-Cipcigan M, Campos MG, Vodnar DC (2019) Bee Collected Pollen and Bee Bread: Bioactive Constituents and Health Benefits. *Antioxidants* 8(12): 568

Mayda N (2019) Arı Poleni ve Arı Ekmeğinin Palinolojik, Kimyasal ve Antioksidan Kapasitelerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, s. 129

Mayda N, Özkök A, Sorkun K, Bayram NE, Gerçek YC (2020) Bee Bread and Bee Pollen of Different Plant Sources: Determination of Phenolic Content, Antioxidant Activity, Fatty Acid and Element Profiles. *Journal of Food Measurement and Characterization* 14: 1795-1809

Meral R, Doğan İS, Kanberoğlu GS (2012) Fonksiyonel Gıda Bileşeni Olarak Antioksidanlar. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(2): 45-50

Morais M, Moreira L, Feás X, Estevinho LM (2011) Honeybee-Collected Pollen from Five Portuguese Natural Parks: Palynological Origin, Phenolic Content, Antioxidant Properties and Antimicrobial Activity. *Food and Chemical Toxicology* 49: 1096-1101

Mutlu C, Erbaş M, Tontul SA (2017) Bal ve Diğer Arı Ürünlerinin Bazı Özellikleri ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. *Akademik Gıda* 15(1): 75-83
 Oroian M, Ursachi F, Dranca F (2020) Ultrasound-Assisted Extraction of Polyphenols from Crude Pollen. *Antioxidants* 9: 322

Parlakay O, Yılmaz H, Yaşar B, Seçer A, Bahadır B (2008) Türkiye’de Arıcılık Faaliyetinin Mevcut Durumu ve Trend Analizi Yöntemiyle Geleceğe Yönelik Beklentiler. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 22(2): 17-24

Parlakpınar H, Polat S (2021) Apiterapi. Atayoğlu AT, Apiterapi 1. Baskı. Ankara, Türkiye Klinikleri, 38-48

Pirim L, Çan MF, Sönmez MM (2011) Bingöl Arıcılık Raporu. Sektörel Araştırmalar Serisi-4

Polat R, Canlı D, Selvi S, Esim N, Çakılcıoğlu U, Bayram NE, Caf A, Ahıskalı M, Ürüştan Z, Düzdaban P, Nadiroğlu M (2021) Bingöl Arı Florası ve Polen Atlası. Polat R, Canlı D, Selvi S, Çakılcıoğlu U, Esim N, Akademisyen Kitabevi, Bingöl, s. 242

Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice–Evans C (1999) Antioxidant Activity Applying an Improved ABTS Radical Cation Decolorization Assay. *Free Radical Biology and Medicine* 26: 1231-1237

Rodriguez-Gonzales I, Ortega-Toro R, Diaz C (2018) Influence of Microwave- and Ultrasound-Assisted Extraction on Bioactive Compounds from Pollen. *Contemporary Engineering Sciences* 11(34): 1669-1676

Sancak K, Sancak AZ, Aygören E (2013) Türkiye’de ve Dünya’da Arıcılık. *Arıcılık Araştırma Dergisi* 5: 2146-2720

Saral Ö, Kılıçarslan M, Şahin H, Yıldız O, Dinçer B (2019) Evaluation of Antioxidant Activity of Bee Products of Different Bee Races in Turkey. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 43: 441-447

Sarıözkan S, İnci A, Yıldırım A, Düzlü Ö (2009) Kapadokya’da Arıcılık. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 6(2): 143-155

Selçuk AR (2012) Galvinoksil Radikali Bazlı Spektrofotometrik Antioksidan Aktivite Tayin Yöntemi ve Yaygın Olarak Kullanılan Diğer Yöntemlerle Kıyaslanması. Yüksek Lisans Tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, s. 73

Seyhan SA (2019) DPPH Antioksidan Analizinin Yeniden Değerlendirilmesi. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi* 9(2): 125-135

Silici S (2014) Arı Poleni ve Arı Ekmeği. *Uludağ Arıcılık Dergisi* 14(2): 99-105

Silici S (2020) Bilimsel Gerçeklerle Apiterapi. *Akademisyen Kitabevi*, Ankara, s. 402

Slinkard K, Singleton VL (1977) Total Phenol Analysis: Automation and Comparison with Manual Methods. *American Journal of Enology and Viticulture* 28: 49–55

Soares de Arruda VA, Viera dos Santos A, Sampaio DF, Araújo ES, Peixoto ALC, Estevinho LM, Almeida-Muradian LB (2020) Brazilian Bee Pollen: Phenolic Content, Antioxidant Properties and Antimicrobial Activity. *Journal of Apicultural Research* 60(5): 775-783

Sorucu A (2019) Arı Ürünleri ve Apiterapi. *Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni* 10(1): 1-15

Su J, Yang X, Lu Q, Liu R (2020) Antioxidant and Antityrosinase Activities of Bee Pollen and Identification of Active Components. *Journal of Apicultural Research* 60(2): 297-307

Thakur M, Nanda V (2020) Composition and Functionality of Bee Pollen: A review. *Trends in Food Science & Technology* 98: 82-106

Tu X, Ma S, Gao Z, Wang J, Huang S, Chen W (2017) One-Step Extraction and Hydrolysis of Flavonoid Glycosides in Rape Bee Pollen Based on Soxhlet-Assisted Matrix Solid Phase Dispersion. *Phytochemical Analysis* 28: 505-511

Tunca Rİ, Taşkın A, Karadavut U (2015) Determination of Bee Products Consumption Habits and Awareness Level in Some Provinces in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* 3(7): 556-561

Ulusoy E (2010) Anzer Balı ve Poleninin Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi ile Fenolik Bileşiminin Belirlenmesi ve Antioksidan Özellikleri. Doktora tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, s. 143

Ulusoy E, Kolaylı S (2014) Phenolic Composition and Antioxidant Properties of Anzer Bee pollen. *Journal of Food Biochemistry* 38: 73-82

Wiermann, R, Gubatz S (1992) Pollen Wall and Sporopollenin. *International Review of Cytology, Elsevier* 140: 35-72

Yang Y, Zhanga J, Zhou Q, Wang L, Huang W, Wang R (2019) Effect of Ultrasonic and Ball-Milling Treatment on Cell Wall, Nutrients, and Antioxidant Capacity of Rose (*Rosa Rugosa*) Bee Pollen, and Identification of Bioactive Components. *J Sci Food Agric* 99: 5350-5357

Young, IS, Woodsıde JV (2001) Antioxidants in Health and Disease. *J. Clin. Pathol.* 54(3): 176-186

Zong QS, Wu JY (2014) A new Approach to the Synthesis of Royal Jelly acid. *Chemistry of Natural Compounds* 50(3): 399-401

ÖZGEÇMİŞ

Piroz DÜZDABAN, 05.01.1995 yılında Çınar/Diyarbakır’da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Çınar Cumhuriyet ilk ve ortaokulunda, Lise öğrenimini Çınar Lisesi/Diyarbakır’da tamamladı. 2014 yılında girdiği Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümünden 2018’de mezun oldu. 2019 yılında başladığı Bingöl Üniversitesi, Arı ve Arı Ürünleri Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimini 2022 yılında tamamladı.