

T.C.
BİNGÖL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

***PAPAVER SOMNİFERUM* L. ARI POLENLERİNİN PALİNOLOJİK
ANALİZLERİ, PROTEİN İÇERİĞİ VE ANTİOKSİDAN ETKİSİNİN
ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DİNÇER ÇOBANOĞLU

ARI VE ARI ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

**TEZ DANIŞMANI
DOÇ. DR. YASİN DEMİR**

BİNGÖL 2025

**PAPAVER SOMNİFERUM L. ARI POLENLERİNİN PALİNOLOJİK
ANALİZLERİ, PROTEİN İÇERİĞİ VE ANTİOKSİDAN ETKİSİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Doç. Dr. Yasin DEMİR danışmanlığında, Dinçer ÇOBANOĞLU tarafından hazırlanan bu çalışma 06/02/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Arı ve Arı Ürünleri Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak **oybirliği/oy çokluğu** ile kabul edilmiştir.

Başkan	: Doç. Dr. Yasin DEMİR	İmza	:
Üye	: Doç. Dr. Azize DEMİRPOLAT	İmza	:
Üye	: Doç. Dr. İlginç KIZILPINAR TEMİZER	İmza	:

Yukarıdaki sonuç;

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

Prof. Dr. Zafer ŞİAR
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Tez çalışmamda bilgi ve birikimi ile her zaman bana destek olan, bana rehberlik eden, değerli bilgi ve tecrübelerini paylaşarak yol gösteren danışman hocam yardımlarını esirgemiyerek beni her zaman destekleyen, bana yol gösteren kıymetli tez danışmanım Doç. Dr. Yasin DEMİR'e

Tez çalışmamın gerçekleştirilmesinde kullanılan arı poleni örneklerinin toplanmasında destek olan, Akdi Polen Firması'na,

Çalışmalarım süresince yardım ve desteklerini esirgemeyen Arş. Gör. İkranur FELEK'e teşekkürlerimi sunarım.

Bütün tez çalışmam boyunca yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen ve bu yolda ilerlememdeki en büyük destekçim olan Sevgili Eşim'e, çalışmalarım sırasında bana anlayış gösteren sevgili biricik oğlum Poyraz ÇOBANOĞLU'na, teşekkürü bir borç bilirim.

Dinçer ÇOBANOĞLU
BİNGÖL 2025

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	v
TABLOLAR LİSTESİ.....	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
2.1. Genel Bilgiler	4
2.1.1. Bitki Poleni ve Arı Poleni	6
2.1.2. Arı Poleninin Fizikokimyasal Özellikleri ve Biyolojik Aktiviteleri	8
2.2. Literatür Özetleri	10
2.2.1. Arı Poleni ile Yapılan Palinoloji Çalışmaları	10
2.2.2. Arı Poleninin Protein İçeriği	14
2.2.3. Arı Poleni ve Antioksidan Aktivite	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM	18
3.1. Materyal	18
3.1.1. Arı Poleni Örnekleri	18
3.2. Yöntem.....	21
3.2.1. <i>P. somniferum</i> Polenlerinin Mikroskopik İncelenmesi	21
3.2.1.1. Bazık Fuksinli Gliserin Jelâtin Hazırlanması.....	21
3.2.1.2. Polenlerin Botanik Kaynağının Belirlenmesi	21
3.2.2. Protein Tayini.....	22
3.2.3. Antioksidan Aktivite Analizleri İçin Arı Poleni Estraktı Hazırlanması	23
3.2.4. <i>P. somniferum</i> Arı Poleni Örneklerinde Toplam Fenolik Madde İçeriği (TFM)	24
3.2.5. <i>P. somniferum</i> Arı Poleni Örneklerinde Antioksidan Aktivite Tayini	25

3.2.5.1. <i>P. somniferum</i> Arı Polenleri Örneklerinin DPPH• (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) Metodu ile Radikal Giderme Aktivitesi.....	25
3.2.5.2. <i>P. somniferum</i> Arı Polenleri Örneklerinin ABTS•+ (2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit)) Metodu ile Radikal Giderme Aktivitesi.....	25
3.2.6. İstatistiksel Analizler	26
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	27
4.1. Bulgular.....	27
4.1.1. <i>Papaver somniferum</i> Arı Polenlerinin Monofloritesinin Palinolojik Analizler ile Doğrulanması.....	27
4.1.2. <i>P. somniferum</i> Arı Polenlerinin Protein Tayini Sonuçları.....	29
4.1.3. <i>P. somniferum</i> Arı Polenlerinin Toplam Fenolik Madde İçeriği	31
4.1.4. <i>P. somniferum</i> Arı Polenlerinin DPPH• Radikali Süpürme Aktivitesi.....	33
4.1.5. <i>P. somniferum</i> Arı Polenlerinin ABTS•+Radikal Katyonu Süpürme Aktivitesi	35
4.2. Tartışma.....	38
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	45
KAYNAKLAR.....	46

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ABTS	: 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit)
DPPH	: 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
vd.	: ve diğerleri
P	: Polar eksen uzunluğu
Amb	: Polar düşüşte ekvatorial çap
E	: Ekvatorial eksen uzunluğu
P/E	: Ekvatorial çap
TFM	: Toplam fenolik madde
GAE	: Gallik asit eşdeğeri
TE	: Troloks eşdeğeri

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2. 1. Bitki polen tanesinin yapısı	7
Şekil 2. 2. Arı polen peletleri	8
Şekil 3. 1. <i>P. somniferum</i> arı poleni örneklerinin toplandığı alanlar	19
Şekil 3. 2. Arı poleni örnekleri	19
Şekil 3. 3. <i>Papaver somniferum</i> ekili alanlarda yer alan arılıklardan biri	20
Şekil 3. 4. Polen preperatlarının mikroskopik incelenmesi	22
Şekil 3. 5. Polen örneklerinin protein tayini	23
Şekil 3. 6. Arı poleni ekstraktları	23
Şekil 3. 7. Gallik asit kalibrasyon eğrisi	24
Şekil 3. 8. Troloks kalibrasyon eğrisi	25
Şekil 3. 9. ABTS için Troloks kalibrasyon eğrisi.....	26
Şekil 4. 1. Polen örneklerinin ışık mikroskobu görüntüleri (100X); a; b: <i>Papaver somniferum</i> bitkisinin polen taneleri; c;d: Arı poleninde bulunan <i>Papaver somniferum</i> polen taneleri.....	29
Şekil 4. 2. <i>P. somniferum</i> arı poleni örneklerinin protein miktarı (%)	31
Şekil 4. 3. <i>P. somniferum</i> arı poleni örneklerinin TFM miktarı (mg GAE/g)	33
Şekil 4. 4. <i>P. somniferum</i> arı poleni örneklerinin DPPH• radikali süpürme aktiviteleri (mg TE/g).....	35
Şekil 4. 5. <i>P. somniferum</i> arı poleni örneklerinin ABTS•+radikal katyonu süpürme aktivitesi (mg TE/g).....	37

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3. 1. <i>Papaver somniferum</i> örneklerinin toplandığı aralıkların yer aldığı iller, ilçeler, enlem ve boylam.....	18
Tablo 4. 1. Polen örneğinin botanik kaynağı	27
Tablo 4. 2. Polen örneklerinin protein miktarı (%)	30
Tablo 4. 3. Arı poleni örneklerinin illere göre protein miktarı ortalamaları.....	31
Tablo 4. 4. Polen örneklerinin toplam fenolik madde miktarı (mgGAE/g).....	32
Tablo 4. 5. Arı poleni örneklerinin illere göre toplam fenolik madde miktarı (mgGAE/g)	32
Tablo 4. 6. Polen örneklerinin DPPH• miktarı (mgTE/g)	34
Tablo 4. 7. Arı poleni örneklerinin illere göre DPPH• miktarı (mgTE/g).....	34
Tablo 4. 8. Polen örneklerinin ABTS•+ miktarı (mgTE/g)	36
Tablo 4. 9. Arı poleni örneklerinin illere göre ABTS•+ miktarı (mgTE/g).....	36

PAPAVER SOMNIFERUM L. ARI POLENLERİNİN PALİNOLOJİK ANALİZLERİ, PROTEİN İÇERİĞİ VE ANTİOKSİDAN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Arı poleni, arıların bitkilerden topladığı polenleri, nektar ve ağız salgılarını ekleyerek topak haline getirdiği, arka bacaklarına depoladığı ve kovana taşıdığı bir üründür. *Papaver somniferum* arı poleni ise, Papaveraceae familyasına ait olan *Papaver* cinsi bitkilerin polenlerinin arılar tarafından toplanması ile elde edilen bir arı ürünüdür. Bu polen, besin değeri yüksek bir gıda maddesi olarak kabul edilir ve birçok biyolojik aktiviteye sahiptir. Bu çalışmada, Afyonkarahisar, Denizli, Konya ve Kütahya illerinde *Papaver somniferum* ekiminin yapıldığı alanlarda yer alan arılıklardan toplanan arı poleni örneklerinin, polen analizleri ile botanik kaynağı doğrulanmış, polen örneklerinin protein içerikleri (%), toplam fenolik madde miktarı, DPPH• (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) metodu ve ABTS•+ (2,2'-Azino-bis (3-etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit)) metodu kullanılarak antioksidan aktivite kapasitesi belirlenmiştir. Örneklerin hepsinin %90,3-98,4 oranlarında monofloral *Papaver somniferum* bitkisinden toplandığı tespit edilmiştir. *Papaver somniferum* arı poleni örneklerinin protein içerikleri 11,4-13,4 g/100 g, toplam fenolik madde miktarı 7,95-16,84 mg.GAE/g, DPPH • aktivitesi 10,32-13,38 mgTE/g, ABTS•+ aktivitesi 24,48-41,97 mgTE/g olarak saptanmıştır. Türkiye’de üretilen monofloral arı polenleri ile ilgili yapılan çalışmalar yetersiz olup, bu alanda yapılacak çalışmaların devam etmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Arı Poleni, *Papaver somniferum*, DPPH, ABTS, TFM, Palinoloji, protein.

PALINOLOGICAL ANALYSIS, PROTEIN CONTENT AND ANTIOXIDANT EFFECT OF *PAPAVER SOMNIFERUM* L. BEE POLLEN

ABSTRACT

Bee pollen is a product of bees collecting pollen from plants, adding nectar and oral secretions into a pellet, storing it on their hind legs and carrying it to the hive. *Papaver somniferum* bee pollen is a bee product obtained by bees collecting the pollen of plants of the genus *Papaver* belonging to the Papaveraceae family. This pollen is considered as a foodstuff with high nutritional value and has many biological activities. In this study, the botanical origin of bee pollen samples collected from apiaries located in the areas where *Papaver somniferum* is cultivated in Afyonkarahisar, Denizli, Konya and Kütahya provinces were confirmed by pollen analyses. Protein content (%), total phenolic content, antioxidant activity capacity of pollen samples were determined by using DPPH- (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) and ABTS-+ (2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)) method. It was determined that all of the samples were collected from 90,3-98,4% monofloral *Papaver somniferum* plants. The protein contents of *Papaver somniferum* bee pollen samples were determined as 11,4-13,4 g/100 g, total phenolic content as 7,95-16,84 mg.GAE/g, DPPH• activity as 10,32-13,38 mgTE/g, ABTS•+ activity as 24,48-41,97 mgTE/g. Studies on monofloral bee pollen produced in Türkiye are insufficient and studies in this field should be continued.

Keywords: Bee Pollen, *Papaver somniferum*, DPPH, ABTS, TPC, Palynology, Protein.

1. GİRİŞ

Papaveraceae familyası tropikal ekosistemlerden alpin ekosistemlere kadar yetişen, yaklaşık 43 cins ve 820 türden oluşan kozmopolit bir familyadır (Labanca vd., 2018). *Papaver* cinsi ise, tek yıllıktan iki yıllık ve çok yıllık bitkilere kadar değişen yaklaşık 100 türle Papaveraceae familyasına aittir (Aghaali vd., 2024).

Birçok bitki, değerli biyolojik özelliklere sahip fitokimyasallar bakımından doğal olarak zengindir ve bu fitokimyasallar, çeşitli hastalıkların tedavisi için önemli bir etkiye sahiptir ve sentetik ilaçlara potansiyel alternatif seçenekler sunabilmektedir. *Papaver* cinsi de bu fitokimyasal bileşimlerine atfedilen tıbbi özellikleriyle tanınmaktadır (Butnariu vd., 2022).

Papaver somniferum, yaygın olarak haşhaş olarak bilinen, Papaveraceae ailesine ait önemli bir yıllık otsu bitkidir. Bu tür, binlerce yıldır öncelikle tohumları ve morfin, kodein ve tebain gibi opiat alkaloidlerinin üretimi için yetiştirilmektedir (Mohsin vd., 2012; Yazıcı ve Yılmaz, 2021). İçerdiği, flavonoidler, terpenoidler ve alkaloidler gibi sekonder metabolitler nedeni ile insanlar tarafından 5000 yılı aşkın süredir kültürü yapılmaktadır (Jafaar vd., 2021; Kundrátoová vd., 2021). *P. somniferum*, Afyonkarahisar üretimiyle ilişkisi nedeniyle, tarımı birçok ülkede ağır bir şekilde kontrol altında yapılmaktadır (Greenthal vd., 2021; Wang vd., 2022). Avustralya, Kanada, Hindistan, Orta ve Güney Amerika, Türkiye, Rusya, Çek Cumhuriyeti, Slovakya, Hollanda, Fransa, Macaristan, İran, Polonya, Romanya ve İspanya gibi birkaç ülkede haşhaş yetiştiriciliği ilaç ve gıda endüstrisi için yasaldır (Ngernsaengsaruy vd., 2023). Türkiye haşhaş bitkisinin başlıca yasal üreticilerinden biridir (Butnariu vd. 2022). Anadolu coğrafyasında, Sümerler ve diğer birçok medeniyet dahil olmak üzere, haşhaş ekimi M.Ö. 4000 yılına kadar uzanmakta ve haşhaş çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır (Tan 2008). Türkiye'de yedi cins ve 36 tür, 22 alttür ve varyete olmak üzere toplam 58 *Papaver* taksonu bulunmakla beraber bunların 15'i endemiktir (Güner vd., 2012).

Yapılan bir çalışmada haşhaşın flavonoid glikozitler, fenoller ve reçineler gibi önemli antioksidan, antimikrobiyal, anti-enflamatuar ve antihelmintik özelliklere sahip biyolojik olarak aktif bileşikler içerdiği tespit edilmiş ve çalışmada haşhaşın enfeksiyon hastalıklarının tedavisinde kullanılabileceği öne sürülmüştür (Manju vd., 2011). Afyonkarahisar haşhaşı (*P. somniferum* L.), sağlığı tehdit eden çeşitli rahatsızlıkları ve hastalıkları iyileştiren köklü alkaloidleri nedeniyle *Papaver* cinsinin en göze çarpan türleri arasındadır. Haşhaşın, iki önemli ürünü vardır: bunlardan biri alkoloit içeren kapsüller, diğeri ise tohumlar ve yağdır. Araştırmacılar, haşhaşın kapsüllerinden tıbbi öneme sahip, 80 farklı alkoloit tanımlamışlardır (Yazıcı, 2022).

Bal arıları (*Apis mellifera*) tarafından çiçekli bitkilerin erkek üreme organlarından toplanan bitki polenlerinin nektar, ağız salgıları ile toprak haline getirilmesi ile oluşan arı poleni, besleyici ve tedavi edici özellikleriyle giderek daha fazla tanınmaktadır. Polen taneleri, nektar, enzimler, bal ve arı salgılarından oluşan bu kompleks karışım, arılar için son derece besleyici bir besin kaynağı ve insanlar için değerli bir besin takviyesidir (Baky vd. 2023; Yang vd., 2013).

Arı polenin kimyasal bileşimi, bitki kaynağına bağlı olarak önemli ölçüde farklılık göstermekte ve bu da onun besin profilini etkilemektedir. Çalışmalar, arı polenin proteinler, karbonhidratlar ve lipitler dahil olmak üzere çeşitli makro besinlerin yanı sıra vitaminler ve fenolik bileşikler gibi mikro besinleri de içerdiğini göstermiştir (Bakour vd., 2023; Tutun vd., 2021). Arı polenin fenolik içeriği, hem arılarda hem de insanlarda oksidatif stresi azaltmak için çok önemli olan antioksidan kapasitesi ile ilişkilendirilmiştir. Arı polenin antioksidan özellikleri, sağlığın korunması ve hastalıkların önlenmesi için gerekli olan yüksek flavonoid ve diğer polifenolik madde seviyelerine bağlanmaktadır. Araştırmalar arı polenin besinsel değerinin arıların topladıkları bitki kaynağına bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Örneğin, farklı bitki kaynaklarından elde edilen arı polenlerinin fenolik içeriği ve antioksidan kapasitesi farklılık göstermektedir (Rodriguez- Flores, vd., 2023; Rajs vd., 2022). Bu değişkenlik, arı polenin sağlık açısından faydalarını tam olarak anlayabilmek için polenin spesifik botanik kökenini anlamanın önemini vurgulamaktadır.

Bitki kaynaklarından elde edilen arı poleninin benzersiz fitokimyasal profili, özellikle sağlığı geliştirici çeşitli etkilerle ilişkilendirilen biyoaktif bileşikleri ağısından farklı avantajlar sunabilmektedir (Nascimento ve Luz, 2018).

P. somniferum arı poleni, *P. somniferum* bitkisi polenlerinin bal arıları tarafından toplanarak, bir miktar nektar ve ağız salgıları ile topak haline getirdiği bir arı ürünüdür. Yaygın olarak, Türkiye’de *P. somniferum*’un ekiminin yapıldığı (Afyonkarahisar, Denizli, Konya, Kütahya, Uşak vb.) alanlara çiçeklenme döneminde, arıcılar tarafından kovanların yerleştirilmesi sonucu bal arıları tarafından toplanmaktadır. Afyon haşhaşı olarak bilinen *P. somniferum*, alkaloid üretimi ağısından önemlidir, ancak arı poleni kaynağı olarak rolünü destekleyen sınırlı kanıt vardır (Çobanoğlu, 2024). Arı poleni besleyici ve tedavi edici özellikleriyle tanınırken, *P. somniferum* arı poleninin bu faydalara spesifik katkıları literatürde iyi belgelenmemiştir. Gerçekleştirilen bu çalışma ile ölkemizde farklı bölgelerde ekimi yapılan *P. somniferum* bitkisinden arılar tarafından toplanan *P. somniferum* arı polenlerinin, palinolojik analizlerle botanik kaynağı doğrulanmış, protein (%) içeriği belirlenmiş ve toplam fenolik miktarı ve antioksidan aktivitesi araştırılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Genel Bilgiler

Papaver cinsi, Plantae alemi, Ranunculales takımı, Papaveraceae familyası ve Papaveroideae alt ailesine aittir. Papaveraceae ailesi, tropikal bölgelerden dağ ekosistemlerine kadar yayılış gösteren yaklaşık 40 cins ve 800 türden oluşan kozmopolit bir ailedir (Egan, 2011). Poppy (gelincik) kelimesi, Papaveraceae ailesine ait birçok tür için kullanılmışken, opium (afyon) kelimesi, bu aileye ait en yararlı bitki türlerinden biri olan *Papaver somniferum* L.'den elde edilen hava ile kurutulmuş lateksin ekstraksiyonu için kullanılmıştır (Labanca vd., 2018). Bu cinsin bitkilerinin tohumları hariç tüm kısımları, damarlarında suyu ve sütü andıran lateks ile karakterizedir. Aileye ait yaklaşık 240 türden, 170'i Papaveroideae alt ailesine aittir ve *Papaver* cinsi yaklaşık kabul edilmiş 149 tür içerir (POWO, 2023). Kuzey Yarımküre'nin ılıman ve subtropikal bölgelerinde ve Güney Afrika'ya kadar yayılış göstermektedir. Cins, lateks üreten, otsu yıllık ve çok yıllık bitkilerden oluşan bir grup olarak tanımlanır; genellikle bazen amplexikaul (gövdeyi sarmış halde) tabanı olabilen, sapsız yapraklara sahiptirler; sarkan çiçek tomurcukları; dökülen çanak ve taç yaprakları; ve iki halka halinde düzenlenmiş taç yaprakları bulunur. Dış halka daha büyüktür. Genellikle çok sayıda stamen bulunur; bir odacıklı, çok sayıda ovüllü yumurtalık; ve birleşmiş, yassılaştırmış, loblu bir disk şeklinde, radyal ve sapsız, aktinomorfik stigma vardır. Meyve genellikle, uzunlamasına çizgili, alveolize olmuş veya çukurlu küçük, böbrek şeklinde tohumlara sahip, porisitli bir kapsüldür (Ngersaengsaruy vd., 2023).

Papaveraceae ailesinin iyi bilinen ve tıbbi açıdan önemli bir üyesi afyon haşhaşı *Papaver somniferum*'dur. *Papaver somniferum* L. (afyon haşhaşı), Papaveroideae alt ailesinde yer alan tek yıllık otsu bitkiler grubuna aittir ve Papaveraceae ailesi ile Ranunculales Juss. ex Bercht. & J. Presl takımına dahil edilmiştir (Christenhusz vd., 2020; Chase vd., 2016). (Tablo 1.1.)

Tablo 2.1. *Papaver* cinsinin taksonomik sınıflandırılması

Taksonomik Sınıflandırma
Alem : Plantae
Altalem : Tracheobionta
Bölüm : Magnoliophyta
Sınıf : Magnoliopsida
Alt sınıf : Rosidae
Takım : Ranunculales
Familya : Papaveraceae
Cins : <i>Papaver</i>

P. somniferum bitkisi, 0,27-1,5 metreye kadar boylanabilen tek yıllık otsu bir bitkidir. Kesilmiş köklerden, gövdelerden, dallardan, yapraklardan, pedinküllerden, ovaryumdan ve meyvelerden kokulu, süt renginde, (hava ile temas ettiğinde) soluk turuncu veya soluk turuncu-pembe, kurduğunda koyu kahverengi ve siyaha dönüşen lateks salgılanmaktadır. 4,1-23,7 cm uzunluğunda, 0,4-2 cm genişliğinde kazık köke sahiptir. Gövde dik, dallı veya dalsız, silindirik, taban kısmı 0,3-1,7 cm çapında, tüysüz ve beyazımsı mum ile kaplıdır. Yapraklar basit, sarmal, sapsız, lamina lobsuz ve pinnat lobludur. Çiçekler tek, iki çanak yaprak, iki sarmal halinde, dış çift iç çiftten daha büyük, renk ve morfolojik özellikler bakımından değişken dört taç yaprak bulunmaktadır. Çiçek yapısında yer alan stamenler 60-223 adet olup, genelde pistilden uzundur, atarları sarımsı ve krem rengindedir. 4-16 karpelli yumurta, çok sayıda tohum taslağı içerir. Meyve, kapsül, porisitli, tohum çok sayıda ve böbrek şeklindedir (Ngersaengsaruy vd., 2023).

P. somniferum, Güneydoğu Avrupa ve Batı Asya'da yabani olarak yetişen tek yıllık bir bitkidir. Afyon haşhaşı (*Papaver somniferum* L.) Türkiye'de sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinde yetiştirilebilen önemli bir endüstriyel bitkidir (Yazıcı, 2022). Kışlık ekim, bölgesel farklılıklar göstermekle birlikte genellikle Ekim ayının ilk haftasında yapılırken, yazlık ekim Mart ayının sonu ile Nisan ayının başında gerçekleştirilmektedir. Çiftçiler genelde kışlık ekim yöntemini tercih etmektedir.

Haşhaş ekimi, ülkemizde Afyonkarahisar, Amasya, Balıkesir, Burdur, Çorum, Denizli, Eskişehir, Isparta, Konya, Uşak, Kütahya, Manisa, ve Tokat gibi illerde gerçekleştirilmektedir (Yazıcı ve Yılmaz, 2017). Haşhaş bitkisi, en iyi performansını 700–1200 metre rakımlarda ve organik madde açısından zengin topraklarda göstermektedir.

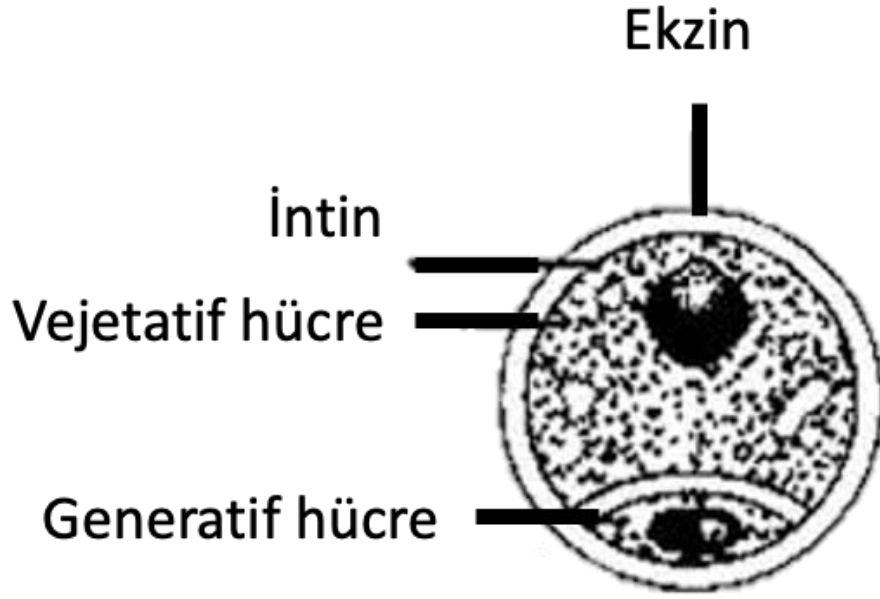
P. somniferum binlerce yıldır insanoğlu tarafından kullanılmış ve bugün hala dünya çapında kullanılmaktadır. Bu bitkiden izole edilen izokinolin alkaloidleri tarihte özel bir rol oynamıştır (Wink ve Roberts, 1998). *P. somniferum*'un kurutulmuş lateksi olan afyon, 30'dan fazla farklı alkaloid içerir (Baros vd., 2012), ana alkaloid bileşenleri morfin, tebain, kodein, papaverin ve noskapin'dir (Baros vd., 2012; Dittbrenner vd., 2012). *P. somniferum*'un antioksidan özelliklere sahip olması nedeniyle, ekstraktları ve izole edilen bileşenler analjezik, narkotik, merkezi sinir sistemi uyarıcısı, öksürük kesici, ishal önleyici ve sedatif ajanlar olarak kullanılmıştır (Alok vd., 2014). Ayrıca *P. somniferum*, tıbbi olarak kullanılan birçok alkaloidin değerli bir kaynağıdır. Bu alkaloidler arasında narkotik ve analjezik etkili morfin, öksürük kesici kodein, spazm çözücü papaverin ve oksikodon, buprenorfin ve naltrekson gibi yarı sentetik türev ilaçlar bulunmaktadır (Wijekoon ve Facchini, 2012). Morfin, kanserle ilişkili şiddetli ağrıların giderilmesinde günümüzde klinik olarak mevcut en etkili ilaçlardan biri olarak kabul edilen bir ağrı kesici olarak görülmektedir (Sharopov vd., 2018).

2.1.1. Bitki Poleni ve Arı Poleni

Bitki poleni, tohumlu bitkilerin erkek gametofitleridir. Kapalı tohumlular ve açık tohumlu bitkilerin üreme döngüsünde önemli bir rol oynar. Bitki poleni, tohumlu bitkilerin anterlerinde 2,5–250 µm boyutlarında taneler şeklinde bulunur. Her bir polen tanesi, sonunda sperm hücrelerini oluşturacak bir generatif hücrenin yanı sıra dölleme sırasında polen tüpüne dönüşen bir vejetatif hücre içerir (Şekil 2.1.).

Polen tanelerinin yapısı, rüzgar, su ve hayvanlar da dahil olmak üzere çeşitli ajanlar tarafından tozlaşmayı kolaylaştırmak için uyarlanmış olan boyut, şekil ve yüzey özelliklerini etkileyerek bitki türleri arasında önemli ölçüde farklılık göstermektedir (Nicolson, 2011; Weinman, 2023). Polen taneleri, çevresel faktörlere karşı koruma

sağlayan ve taşıma sırasında genetik materyalin korunmasına yardımcı olan sporopolleninden yapılmış sert bir dış duvardan (ekzin) oluşur. Polen tanesinin, İç duvarına intin, dış duvarına ise ekzin denir Ekzin, fizikokimyasal faktörlere karşı yüksek direnç göstermesiyle tanımlanmaktadır. Ayrıca, bitki polen tanesinin yüzeyinde çok sayıda gözenek ve yarıklar ile polenkit denilen yapışkan bir tabaka sayesinde, polen arıların tüylü vücutlarına yapışmaktadır.



Şekil 2.1. Bitki polen tanesinin yapısı

Bitki poleni, tozlaşma bağlamında, başta arılar olmak üzere birçok tozlaştırıcı için hayati bir besin kaynağı olarak hizmet etmektedir. Bal arıları kolonilerini beslemek için çiçeklerden polen toplar, çünkü polen larvaların büyümesi ve gelişmesi için gerekli protein ve temel besinlerin birincil kaynağıdır (El Ghouizi vd., 2023).

Arı poleni, bal arıları tarafından bitki polen tanelerinin nektar ve ağız salgısı ile topak haline getirdiği, arka bacaklarında yer alan polen sepetlerine depoladığı ve kovana taşıdığı, kovanda “arı ekmeği” olarak depolanan besin açısından zengin bir arı ürünüdür (Zhang vd., 2022). Arı poleni, bal arıları arka bacaklarında yer alan polen topaklarını (pelet) kovanın içine taşımadan önce, kovanın giriş deliğine arıcılar tarafından yerleştirilen tuzaklar ile toplanmaktadır.



Şekil 2.2. Arı polen peletleri

2.1.2. Arı Poleninin Fizikokimyasal Özellikleri ve Biyolojik Aktiviteleri

Arı poleninin fizikokimyasal özellikleri, besin değerini, stabilitesini ve potansiyel sağlık faydalarını anlamak için kritik öneme sahiptir. Bu özellikler arı poleninin botanik kökenine, üretiminin yapıldığı coğrafi konuma ve polenin toplandığı çevresel koşullara bağlı olarak önemli ölçüde değişebilir (Orian vd., 2022; Prudun, 2021).

Arı poleninin temel fizikokimyasal özelliklerinden biri pH seviyesidir; genellikle 3,90 ile 5,84 arasında değişir ve ortalama olarak yaklaşık 4,60'tır (Oroian vd., 2022). Bu asidik ortam, mikrobiyal büyümeyi engellemek ve polenin stabilitesini korumak için önemlidir. Bitki kaynağına göre polen taneleri sarı, kırık beyaz, turuncu, kırmızı, yeşil veya mavi gibi farklı renklere sahip olabilir (Kieliszek vd., 2018). Arı poleninin rengi, bitki kaynağına bağlı olarak değişmektedir (Campos, 2000). Arı poleninin rengi flavonoidler ve karotenoidler gibi pigmentlerden de etkilenir (Gardana vd., 2018). Bitki kaynağına bağlı olarak polen taneleri farklı şekil, renk, boyut ve ağırlığa sahiptir. Tanelerin şekilleri yuvarlak, silindirik, çan şeklinde veya üçgen gibi çeşitlilik gösterir (Kayacan vd., 2018).

Arı poleninin nem içeriği de kritik bir faktördür, çünkü yüksek nem seviyeleri bozulmaya ve besinsel kalite kaybına yol açabilir (Isık vd., 2019). Taze arı poleni %21 ila %30 oranında su içerir ve özellikleri, toplandıktan hemen sonra bozulmaya başlar (Wang vd.,

2022; Kieliszek vd., 2018; Thakur ve Nanda, 2020). Ayrıca, yüksek nem içeriği, mikroorganizmaların (maya, küf ve bozulmaya neden olan bakteriler) gelişimi için uygun bir ortam sağlar ve arı polenini küflenmeye ve aktif maddelerin azalmasına, besin değerinin kaybına yol açan diğer bozulma reaksiyonlarına karşı hassas hale getirir (Bi vd., 2022). Bu nedenle, ticari amaçlar için arı poleninin nem oranı %5–8'e kadar düşürülmelidir (Zuluaga vd., 2018). Arı poleninin kurutulması, bozulma reaksiyonlarından sorumlu olan serbest su içeriğini azaltarak ürünün bozulmasını önlemektedir. Ayrıca mikroorganizmaların ve biyokimyasal reaksiyonların büyümesini engelleyerek raf ömrünü uzatabilmektedir.

Arı poleni, proteinler (%10-40), karbonhidratlar (%13-55) ve lipitler (%1-13) gibi temel makro besinlerin yanı sıra lifler (%0,3-20) ve çeşitli mikro besinler içerir (Luo vd., 2024). Mineraller, polifenoller ve vitaminler gibi biyolojik olarak aktif mikro besinler açısından da zengindirler. Çeşitli bitki türlerinden elde edilen arı polenlerinin tanelerinde 250'den fazla biyoaktif bileşen bulunmuştur (Zhang vd., 2022). Arı poleni, arginin, histidin, lizin, triptofan, fenilalanin, metiyonin, treonin, lösin, izolösin ve valin gibi bazı temel amino asitler açısından zengin bir kaynak olarak kabul edilmektedir (Qian vd., 2008). Ayrıca, arı poleni fosfor, sodyum, kalsiyum, magnezyum ve potasyum gibi makro elementler ile bakır, mangan, demir, çinko ve selenyum gibi mikro elementleri ve vitaminleri içermektedir (Dolezal ve Toth, 2018).

Arı poleni, antioksidan, anti-enflamatuar, antifungal, antibakteriyel ve antialerjik etkiler göstermektedir (Denisow ve Denisow-Pietrzyk, 2016) ve çeşitli hastalıkların önlenmesine katkıda bulunmaktadır (Lu vd., 2022). Arı poleni, sinir dokusuna kan akışını artırarak zihinsel performansı yükseltmekte ve yorgunluk halini ortadan kaldırmaktadır. Araştırmalar, ayrıca arı poleninin karaciğer, kalp ve prostat ile ilgili bazı hastalıklarda olumlu etkiler gösterdiğini ortaya koymuştur (Végh vd., 2021).

2.2. Literatür Özeti

2.2.1. Arı Polenini ile Yapılan Palinoloji Çalışmaları

Arılar yiyecek arama faaliyetleri sırasında genellikle polen ve nektar toplarlar. Bazı arı ürünlerinin (bal, arı poleni, perga, propolis, arı sütü) polen analizi, bal arısı kolonilerinin yiyecek arama davranışlarını ve mevcut bitki kaynakları arasındaki tercihlerini anlamak için uzun yıllardır kullanılmaktadır. Arı poleni, bal arıları (*Apis mellifera*) tarafından çeşitli bitkilerden toplanır ve koloni için birincil protein kaynağı olarak hizmet eder. Aynı zamanda, insanlar için potansiyel sağlık faydaları ile giderek daha fazla tanınmaktadır. Arı polenin bileşimi, üretildiği bitki kaynaklarına bağlı olarak önemli ölçüde değişiklik gösterir, bu nedenle palinolojik analiz, arı polenin özgünlüğünü ve kalitesini doğrulamak için gereklidir (Çobanoğlu, 2024).

Araştırmacılar, arı polenini oluşturan bitki polen tanelerinin boyutunu, şeklini ve yüzey süslemelerini inceleyerek arıların ziyaret ettikleri polen taksonlarını, o arı polenini oluşturan bitki polenlerini saptayarak, arı polenin botanik kaynağını tespit etmiş olurlar (Çobanoğlu, 2024; Flores ve ark., 2021). Arı poleni örnekleri, monofloral, bifloral, trifloral, polifloral olarak sınıflandırılabilir. Yapılan palinolojik çalışmalarda, arı polenlerinin monofloral, yani baskın olarak tek bir taksona ait olduğu saptanmış ise, genellikle bu değerin % 80'in üzerinde olması gerekmektedir (Campos vd., 2008). Ancak literatürde, monofloral arı poleni için baskın türün belirlenmesi için kullanılan yüzde arasında farklılıklar gözlemlenmektedir. Örneğin, Barth vd. (2010) %90'dan fazla oranda belirli bir taksona ait polen tanesi içeren ya da %60'tan fazla oranda (%15-45 oranında başka taksona ait polen tanesi içermez ise) tek bir taksona ait polen tanesi içeren arı polenleri monofloral olarak kabul edilmektedir. Ancak, kovan çevresindeki flora yetersiz olduğunda, bal arısı diğer botanik kaynaklardaki çiçekleri de ziyaret eder ve böylece mikroskobik polen taneleri karışır. Bu durumda, herhangi bir baskın tür olmadığında arı poleni polifloral olarak adlandırılmaktadır (Barth vd., 2010).

Türkiye’de arı ürünleri ile polen analizleri, balda polen analizleri ile balın bitkisel orjininin tespiti ile başlamıştır (Sorkun ve İnceoğlu, 1984). Arı poleninin bitkisel tayinin tespitinde, palinolojik analizlerin kullanılması ile ilgili çalışmalar son yıllarda artarak devam etmektedir.

Tüylü ve Sorkun (2007), Bursa’nın Cumalıkazık, Narlıdere, Akçalar, İkizce, Çekrice ve Baraklı bölgelerinden topladıkları arı poleni örneklerinde yaptıkları polen analizleri sonucunda, bal arılarının Asteraceae, Brassicaceae, Cistaceae, Dipsacaceae, Fabaceae, Fagaceae, Papavearceae ve Ranunculaceae familyalarına ait bitkileri tercih ettiklerini belirlemiştir.

Özkök vd. (2018), Çankırı’dan topladıkları polen örneklerinin palinolojik analizlerini yapmışlardır. Mikroskobik analizler sonucunda, arı polenlerinde Asteraceae, Brassicaceae, Cistaceae ve Fabaceae familyasına ait polen taneleri belirlemiştir.

Mayda vd. (2020), Ankara, Bursa, Kırklareli ve Rize’den topladıkları arı poleni örnekleri ile yaptıkları polen analizinde, örneklerde Asteraceae, Fabaceae, Plantaginaceae, Rosaceae familyalarının yaygın olarak bulunduğunu belirlemiştir.

Alimoğlu vd. (2021), Türkiye’nin Karadeniz Bölgesi’nden topladıkları 11 arı poleni örneğinin, beş tanesini monofloral (*Cistus* sp, *Taraxacum* sp., *Salix* sp., Rosaceae, Apiaceae), diğer altı tanesini de polifloral olarak sınıflandırmışlardır. Çalışmada, arı poleni içerisinde bulunan farklı bitki polen tanelerinden, baskın taksona ait polen tanesinin bulunma oranı % 45’in üzerinde ise arı poleni monofloral olarak sınıflandırılmıştır.

Bay vd. (2021), İzmir, Balıkesir ve Afyonkarahisar illerinden toplanan arı poleni örneklerinde mikroskobik analiz yapmışlar, bir Afyon örneğini monofloral *Salix* sp. (%94.17), Balıkesir örneğini monofloral *Castanea sativa* (%99.50), bir İzmir örneğini ise monofloral *Scabiosa* sp. (%99.4) olarak belirlemiştir. Diğer örnekler polifloraldır.

Ecem Bayram (2021), deli balın göstergesi olan monofloral *Rhododendron ponticum* arı poleninin mikroskobik analizi ile doğrulamasını yapmış, monofloral arı poleninin, ilgili taksonun polen tanelerinin %80'den fazlasını içermesi gerektiğini belirtmiştir. Palinolojik analiz ile, arı poleni yüklerinin %81,6 oranında *Rhododendron ponticum* bitkisine ait polenlerden oluştuğunu ortaya koymuştur.

Çobanoğlu vd. (2023), Bingöl İli'nden topladıkları sekiz adet arı poleni örneğinde gerçekleştirdikleri mikroskobik analiz sonucunda, arı poleni örneklerinden ikisinin monofloral *Verbascum* sp. bitkisine ait olduğunu, örneklerde *Verbascum* sp., *Papaver* sp., ve *Vicia* sp.'nin bitkilerine ait polen tanelerinin bulunma sıklığının yüksek olduğunu saptamışlardır.

Temizer (2023), bal arıları tarafından üç fitocoğrafik bölgeden (Akdeniz, Avrupa-Sibirya ve İran-Turan) toplanan arı polenindeki bitki çeşitliliğini araştırmıştır. Araştırmada, Türkiye'deki Akdeniz (15), İran-Turan (6) ve Avrupa-Sibirya (7) bölgelerinden toplanan arı poleni örneklerinin palinolojik analizleri yapılmıştır. Üç fitocoğrafik bölgede de arılar polen toplamak için otsu türleri, ağaç ve çalı türlerinden daha fazla tercih etmiştir. Akdeniz'de *Cistus* sp., *Trifolium* sp., *Papaver* sp. ve *Verbascum* sp.; İran-Turan'da *Filipendula* sp. ve *Salix* sp.; Avrupa-Sibirya'da ise *Sambucus* sp., *Helianthemum* sp., *Onobrychis* sp. ve *Rubus* sp. baskın taksonlar olarak belirlenmiştir. Polen morfolojik özelliklerine göre değerlendirildiğinde, arılar orta boyda (41), izopolar (74), prolat (38), 3-kolporat (49), retikulat (23) ve psilat (22) özelliklere sahip polen tanesi içeren bitkileri daha fazla tercih etmiştir.

Mutlu vd. (2024), Türkiye'nin farklı bölgelerinden topladıkları 93 adet arı poleninde yapılan polen analizleri sonucunda, altı adet arı poleni örneği monofloral, 87 adet polen örneği polifloral olarak belirlenmiştir. Monofloral polen örnekleri, Asteraceae, Fabaceae ve Ranunculaceae familyasına ait olup, familyaların bulunma sıklığı %85'in üzerindedir. Monofloral arı poleni örnekleri, Ege, Orta Anadolu, Karadeniz ve Marmara Bölgeleri'nden toplanan örneklerdir.

Arı poleninin palinolojik analizleri ile yapılan çalışmalar son yıllarda ülkemizde artarak devam etmekte olup, ancak monofloral *Papaver* sp. poleni ile ilgili yapılan çalışmalar Dünya’da ve Türkiye’de daha sınırlıdır. Monofloral *Papaver* sp. ile ilgili yapılan çalışmalar aşağıda verilmiştir:

Dimou vd. (2014), Yunanistan’dan 2009-2012 yılları arasında topladıkları arı poleni örneklerinde yaptıkları polen analizleri sonucunda, örneklerin yarısından fazlasında *Papaver rhoeas* bitkisine ait polen tanelerini belirlemişler, arıların polen toplamada *Papaver* cinsini tercih ettiklerini belirlemişlerdir.

Özkök ve Sorkun (2016), haşhaş bitkileri ile bal arıları arasındaki ilişkiyi araştırmak için, Afyonkarahisar'daki haşhaş tarlalarının yakınındaki arılıklardan bal ve arı poleni örnekleri toplanmışlardır. Çalışmada, melissopalinojik analiz, polen morfolojisi analizi yapılmıştır. Ayrıca, haşhaş çiçeklerinin açmasından önce ve sonra bal örnekleri incelenmiş ve bal arılarının haşhaş çiçeklerine eğilimi belirlenmiştir. Haşhaş çiçeklerinden elde edilen polen tanelerinin trikolpat, şekil olarak oblat sferoid ve yüzey süslemeleri açısından mikroekinat olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, bal arılarının haşhaş çiçeklerine eğilimi, çiçeklerin açmasından önce ve sonra belirlenmiş ve %84 oranında bir eğilim gözlemlenmiştir.

Adamchuck vd. (2018), 2016 yılında Kiev’den topladıkları monofloral *Papaver rhoeas* (gelincik) bitkisi’ne ait yaptıkları palinolojik doğrulamada, monofloral arı polenlerinin %85 ile 91 oranında sıklıkla *Papaver rhoeas* bitkisine ait olduğu belirlenmiş, polifloral polende, %38 oranında *Papaver rhoeas* bitkisi polenlerini belirlemiştir.

Çobanoğlu (2024), Türkiye’nin farklı bölgelerinden topladığı 11 farklı monofloral arı poleni örneğinin doğrulamasını mikroskobik olarak gerçekleştirmiş, örneklerden beş tanesi monofloral (*Cistus* sp., *Eleagnus* sp., *Cyanus* sp., *Papaver somniferum*), üç tanesi bifloral, üç tanesi de polifloral olarak belirlemiştir. Afyonkarahisar’da farklı arılıklardan toplanan 2 adet arı poleni örneğinin sırası ile %80,2, ve %81 bulunma sıklığı ile monofloral *Papaver somniferum* arı poleni olduğunu belirlemiştir.

2.2.2. Arı Poleninin Protein İçeriği

Arı poleni, arılar için önemli bir protein kaynağı ve insanlar için potansiyel bir sağlık takviyesi olarak hizmet eden oldukça besleyici bir madde olarak kabul edilmektedir. Arı poleninin protein içeriği, tipik olarak kuru ağırlığının %10'u ile %40'ı arasında değişmekte olup, bildirilen ortalama protein içeriği yaklaşık %24,65'tir (Li vd., 2019; Estevinho vd., 2011). Bu varyasyon, polenin çiçek kaynağı, coğrafi konumu ve toplanma zamanı gibi faktörlerden etkilenmektedir (Estevinho vd., 2011; Yang vd., 2013). Arı poleninin amino asit bileşimi, hem arı hem de insan beslenmesi için çok önemli olan çok çeşitli temel amino asitleri içerdiğinden özellikle dikkat çekicidir. Çalışmalar, arı polenindeki baskın amino asitlerin, birlikte toplam protein içeriğinin önemli bir bölümünü oluşturan prolin, glutamik asit ve lösin içerdiğini göstermektedir (Silva vd., 2014; Jeannerod vd., 2022). Özellikle, altı yaygın amino asidin arginin, asparajin, glutamin, lösin, lizin ve prolin- polendeki protein içeriğinin yaklaşık %60'ını oluşturduğu bildirilmiştir (Jeannerod vd., 2022). Ayrıca, arı poleninin, arıların sağlığı ve gelişimi için hayati önem taşıyan izolösin, valin ve metiyonin dahil olmak üzere tüm temel amino asitleri içerdiği bilinmektedir.

Özkök ve Sorkun (2016), *Papaver* bitkileri ile bal arıları arasındaki ilişkiyi araştırmak için, Afyonkarahisar'daki haşhaş tarlalarının yakınındaki arılıklardan bal ve arı poleni örnekleri toplanmışlardır. Çalışmada, melissopalinojik analiz, polen morfolojisi analizi yapılmıştır. Ayrıca, haşhaş çiçeklerinin açmasından önce ve sonra bal örnekleri incelenmiş ve bal arılarının haşhaş çiçeklerine eğilimi belirlenmiştir. Aynı zamanda arı poleni örneklerinde protein analizi yapmışlar ve *Papaver somniferum* bitkisine ait arı polenlerinin protein içeriği %36,82-40,86 arasında bulunmuştur.

Mayda vd. (2023), aynı arı kovanından alınan arı ekmeği ve arı poleninin, bitki kaynaklarını, yağ asidi bileşimini, toplam fenolik ve flavonoid içeriğini, antioksidan kapasitesi ve element içeriğini çalışmışlardır. Çalışmada örneklerin protein içeriği $17,6 \pm 0,1$ - $22,2 \pm 0,15$ g/100g arasında değişmektedir.

Kolaylı vd. (2023), Türkiye'nin farklı yerinden 11 farklı arı poleni toplamışlardır. Arı polenlerinin mikroskopik analizleri sonucunda, beş örnek polifloral, altı örnek ise monofloral olarak tespit edilmiştir. Çalışmada, arı poleni örneklerinin, protein içeriği $18,61 \pm 0,01$ - $26,49 \pm 0,05$ g/100g olarak bulunmuştur. En yüksek protein içeriği polifloral BP1 örneğinde saptanmıştır.

Çobanoğlu (2024), Mersin İli'nden topladığı sekiz polifloral arı poleni örneğinin protein miktarının $23,1 \pm 1,23$ - $28,1 \pm 1,49$ g/100g arasında değiştiğini belirlemiştir.

2.2.3. Arı Poleni ve Antioksidan Aktivite

Arı poleni, terapötik ve biyolojik özelliklerini yansıtan zengin bir fenolik profile sahiptir. Arı polenin toplam fenolik madde içeriği (TFM) ve antioksidan aktivitesi bir yandan polenin botanik kökenine (Gardana vd., 2018), diğer yandan da bu değerlerin belirlenmesinde kullanılan ekstraksiyon yönteminde tercih edilen çözücüye bağlıdır. Arı polenin toplam fenolik madde içeriği 0,7–136 mg GAE/g arasında değişmektedir. Ayrıca, rapor edilen çalışmalara göre, yüksek TFM değerlerine sahip arı poleni örnekleri daha yüksek antioksidan aktivite göstermektedir (Aylanc vd., 2021).

Aydın vd. (2016), Antalya Merkez ve çevre ilçelerinden toplanan taze arı polenlerine farklı kurutma yöntemleri uygulayarak, arı poleni örneklerinin toplam fenolik madde miktarının 4,27-8,44 mg GAE/ g, olduğunu belirlemişlerdir. Yapılan bu çalışma ile taze ve kurutulmuş örneklerin fenolik bileşen miktarları arasında önemli bir farkın bulunmadığı görülmüştür.

Alimoğlu vd. (2021), Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi'nden topladıkları 11 monofloral ve polifloral arı poleni örneğinin etanol: distile su (7:3) ile hazırladıkları ekstraktlarının, TFM ve DPPH• değerlerini sırası ile $15,73 \pm 0,95$ - $26,92 \pm 0,32$ mg GAE/g ekstrakt ve $4,26 \pm 0,62$ - $22,93 \pm 0,87$ mgTE/g ekstrakt olarak belirlemiştir. En yüksek TFM içeriği, monofloral *Salix* sp. arı polenine aitken, en yüksek DPPH• ise polifloral arı poleninde saptanmıştır.

Gerçek vd. (2021), Bayburt İli'nden topladıkları polifloral arı poleni örneğinin %95 etanol (1,5:10) ile hazırladıkları polen ekstraktının toplam fenolik madde miktarını, $173,52 \pm 1,87$ mg GAE/g olarak belirlemişlerdir.

Mărgăoan vd. (2021), Romanya ve Türkiye'nin Marmara ve Karadeniz Bölgesi'nden topladıkları arı poleni örneklerinin metanol ile hazırladıkları ekstraktların antioksidan aktivitelerini analiz etmişlerdir. Örneklerin toplam fenolik madde içeriğinin 16,40-41,7 mg GAE/g olarak belirlemişlerdir. DPPH'ın ise 2,93-9,64 mmol TE/g arasında değiştiği belirlenmiştir.

Temizer vd. (2021), Erzurum, Giresun, Bingöl ve Fethiye'den topladıkları 10 adet arı poleninin palinolojik analizleri sonucunda, bir adet monofloral 9 adet polifloral arı poleninin toplam fenolik madde miktarının 271,42-601,85 mg GAE/100g, DPPH miktarını 22,19-23,78 μ g/mL, ABTS miktarını 6,5-78,40 μ g/mL olarak belirlemişlerdir.

Çobanoğlu vd. (2023), Bingöl'den topladıkları iki monofloral *Verbascum* sp., altı polifloral arı poleni örneklerinde yaptıkları antioksidan aktivite çalışmalarında arı poleni örneklerinin toplam fenolik madde miktarının 386,59-743,73 arasında değiştiğini, DPPH ve ABTS sonuçlarına göre de arı poleni örneklerinin yüksek antioksidan aktivite gösterdiğini bildirmişlerdir.

Saroğlu vd. (2023), Bayburt'un Merkez, Aydıntepe ve Demirözü ilçelerinden üçer adet arı poleni örneği toplamışlar, arı polenlerinin total fenolik madde miktarını 547,64 ve 769,4 mg GAE/100 g olarak bulmuşlardır.

Mutlu ve Erbaş (2023), Türkiye'nin yedi farklı coğrafik bölgesinden toplanan 50 farklı monofloral ve polifloral arı poleni örneklerinin toplam fenolik madde içeriğini 338,15 ile 2857,77 mg GAE/100 g arasında değiştiğini ortaya koymuştur. Çalışmada Asteraceae familyasına ait arı polenleri en düşük fenolik içeriği gösterirken, *Castanea sativa* (kestane) arı poleni örneklerinin en yüksek fenolik içeriğe sahip olduğu bulunmuştur. Diğer yandan, örneklerin fenolik içeriği bölgelere göre değerlendirildiğinde, Ege ve Marmara bölgelerinden toplanan arı polenlerinin daha yüksek fenolik içeriğe sahip olduğu belirlenmiştir.

Sen vd. (2024), Türkiye ve Slovenya'dan topladıkları, *Castanea sp.*, *Salix sp.* ve *Quercus sp.*'nin arı poleni örneklerinin antioksidan aktiviteleri, DPPH, FRAP, ABTS ve CUPRAC testleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Yapılan analizlere göre en yüksek DPPH aktivitesi $46,37 \pm 0,55$ mg TE/g ekstarkt *Castanea sativa* arı poleninde, en yüksek ABTS aktivitesi $154,65 \pm 2,06$ mg TE/g ekstrakt yine *Castanea sativa* arı poleninde bulunmuştur. En düşük DPPH ve ABTS aktivitesi ise sırası ile $8,88 \pm 0,60$ mg TE/g ve $47,66 \pm 1,56$ mg TE/g olarak *Salix sp.* arı poleninde bulunmuştur.

Türkiye'de arı poleni ile ilgili yapılan antioksidan aktivite çalışmaları son yıllarda ivme kazanarak artmıştır. Ancak monofloral arı polenleri ile ilgili yapılan çalışmalar çok yeterli değildir. Dünya ve Türkiye'de *Papaver sp.* arı poleni ile yapılan antioksidan aktivite çalışmaları aşağıda özetlenmiştir;

Kostic vd. (2023), Sırbistan Belgrad'da üretilen *Papaver rhoeas* (gelincik) arı polenin antioksidan aktivitesini incelemiş, arı polenin %80 metanol ile hazırlanan ekstraktının toplam fenolik madde miktarını 11,6 mg GAE /g, DPPH • $16,71 \pm 0,87$ μ mol/g TE olarak saptamıştır.

Végh vd. (2023), Orta ve Doğu Avrupa kökenli farklı botanik kaynaklardan elde edilen monofloral ve polifloral arı poleni örneklerini antioksidan aktivite açısından kıyaslamıştır. Örneklerin, toplam fenolik içerik değerleri 9,41-27,49 mg GAE/g arasında değişmektedir. Çalışmada, monofloral *Papaver rhoeas* arı poleni örneğinin toplam fenolik içeriği $19,61 \pm 0,67$ mg GAE/ g, DPPH antioksidan aktivite $8,87 \pm 0,52$ mg TE/ g olarak bulunmuştur.

Çobanoğlu (2024), 11 monofloral arı poleni ile yaptığı çalışmada, monofloral iki adet *Papaver somniferum* arı polenin %70'lik etanol ile hazırlanan ekstraktlarının toplam fenolik bileşik değerlerini $9,3 \pm 0,13$ ve $11 \pm 0,21$ olarak belirlemiştir. *Papaver somniferum* arı poleni örneklerinin DPPH ve ABTS değerleri ise sırası ile $37,65 \pm 2,48$, $30,01 \pm 0,86$; $121,1 \pm 0,94$, $112,3 \pm 0,88$ μ mol TE/ g olarak bulunmuştur.

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Arı Polenİ Örnekleri

Bu çalışmada analizleri yapılan 15 farklı *Papaver somniferum* arı poleni, Türkiye’de *Papaver somniferum* ekimi yapılan alanlara yerleştirilen arılıklardan 2023 yılı arıcılık sezonunda toplanmıştır. Arı polenleri, Afyonkarahisar (n=10), Konya (n=3), Kütahya (n=1), ve Denizli (n=1) illerinden toplanmıştır. Arı poleni örneklerinin toplandığı arılıkların bulunduğu il ve ilçeler (enlem ve boylamları) Tablo 3.1. ve Şekil 3.1’de verilmiştir. Arı polenleri, arılıklardan temiz 250 g cam kavanozlarda toplanmış, soğuk zincir ile laboratuvara getirilmiştir (Şekil 3.2.). Polen örnekleri taze örnekler olduğu için kontrollü olarak 37 °C’lik etüvde 48-72 saat arası kurutulmuştur. Örnekler analiz edilene kadar -20 °C’de muhafaza edilmiştir.

Tablo 3.1. *Papaver somniferum* örneklerinin toplandığı arılıkların yer aldığı iller, ilçeler, enlem ve boylam

Polen Örnekleri	İl	İlçe	Enlem	Boylam
PS1	Afyonkarahisar	Başmakçı	37°54'6.07"N	30° 0'12.86"E
PS2	Denizli	Çivril	38°18'5.43"N	29°42'50.41"E
PS3	Konya	İlgın	38°16'54.06"N	31°54'47.91"E
PS4	Konya	Akşehir	38°21'53.31"N	31°25'2.81"E
PS5	Afyonkarahisar	Çay	38°35'43.83"N	31° 3'3.24"E
PS6	Afyonkarahisar	Dinar	38° 9'15.63"N	30°20'6.75"E
PS7	Afyonkarahisar	Sinanpaşa	38°44'23.41"N	30°14'24.53"E
PS8	Afyonkarahisar	Evciler	38° 2'18.29"N	29°52'39.71"E
PS9	Kütahya	Tavşanlı	39°34'17.24"N	29°23'47.10"E
PS10	Afyonkarahisar	Sandıklı	38°28'40.43"N	30°14'52.73"E
PS11	Afyonkarahisar	Şuhut	38°32'48.80"N	30°32'36.84"E
PS12	Afyonkarahisar	Sultandağı	38°32'14.17"N	31°13'42.35"E
PS13	Konya	Doğanhisar	38° 8'45.44"N	31°40'36.30"E
PS14	Afyonkarahisar	Bolvadin	38°43'42.80"N	31° 1'22.97"E
PS15	Afyonkarahisar	Bozkırı	37°55'21.36"N	29°51'9.07"E



Şekil 3.1. *P. somniferum* arı poleni örneklerinin toplandığı alanlar



Şekil 3.2. Arı poleni örnekleri



Şekil 3.3. *Papaver somniferum* ekili alanlarda yer alan arılıklardan biri

3.2. Yöntem

3.2.1. *P. somniferum* Polenlerinin Mikroskopik İncelenmesi

Arı poleninin palinolojik analizi, Çobanoğlu vd., (2023) tarafından önerilen yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, bir gram polen örneği, 7,5 mL %70'lik etil alkol ile birlikte 15 mL'lik falkon tüplerine konulmuş ve iyice karıştırıldıktan sonra vortekslenmiştir. Karışım, 3500 rpm'de 15 dakika süreyle santrifüjlenerek polenlerin dibe çökmesi sağlanmıştır. Bu işlem üç kez tekrarlanmıştır. Ardından, süpernatant kısım uzaklaştırılmış ve karışıma 1:1 oranında gliserin-su çözeltisi eklenmiştir. Çözelti tekrar vortekslenerek homojen bir hale getirilmiştir. Hazırlanan karışımdan 20 µL, bir lam üzerine alınmış ve üzerine bir miktar bazik fuksinli gliserin jelatin eklenmiştir. Bu karışım, 70°C sıcaklıkta eritildikten sonra, lam 18x18 mm boyutlarında bir lamel ile kapatılmıştır.

3.2.1.1. Bazik Fuksinli Gliserin Jelâtin Hazırlanması

7 gram jelatin plak, üzerine 42 mL distile su eklenerek, 2 saat boyunca distile su içinde bekletilmiştir. Daha sonra, jelatin üzerine 50 mL gliserin ilave edilmiş ve karışım iyice homojen bir hale gelene kadar karıştırılmıştır. Polenlerin boyanmasını sağlamak için, boyar madde olarak birkaç damla bazik fuksin eklenmiştir. Hazırlanan karışım, 15 dakika boyunca ılık su banyosunda tutulmuştur. Son olarak, karışım petri kaplarına ince bir tabaka halinde dökülerek soğumaya bırakılmıştır. (Brawn, 1960).

3.2.1.2. Polenlerin Botanik Kaynağının Belirlenmesi

Hazırlanan preparatlar mikroskopik olarak incelenmiştir. Preperatta yer alan bitki polen tanelerinin morfolojik özellikleri değerlendirilmiş ve arı poleni içerisindeki bitki polen tanelerinin teşhisi gerçekleştirilmiştir. İncelemeler, LEICA DM 2500 model ışık mikroskobu kullanılarak 60x ve 100x büyütmelemlerde yapılmıştır (Şekil 3.3). Polen tanelerinin tanımlanmasında referans preparatlar ile literatürde yer alan verilerden yararlanılmıştır.

Analizler sonucunda, tek bir botanik taksonun diğ er taksonlar arasında bulunma sıklığı %80 veya daha yüksek oranda ise arı poleni, monofloral olarak sınıflandırılmıştır (Campos vd., 2008).



Şekil 3.4. Polen preperatlarının mikroskopik incelenmesi

3.2.2. Protein Tayini

P. somniferum arı polenlerinin % protein miktarı, Mikro-Kjeldahl yöntemiyle, Gerhardt yaş yakma ünitesi (KB 40S) ve Vapodest distilasyon sistemi (C. Gerhardt, Bonn, Almanya) kullanılarak belirlenmiş ve azot miktarı 6,38 faktörü ile çarpılarak hesaplanmıştır (Kıvanç ve Yapıcı, 2015). ( ekil 3.4.)



Şekil 3.5. Polen örneklerinin protein tayini

3.2.3. Antioksidan Aktivite Analizleri İçin Arı Polenli Estraktı Hazırlanması

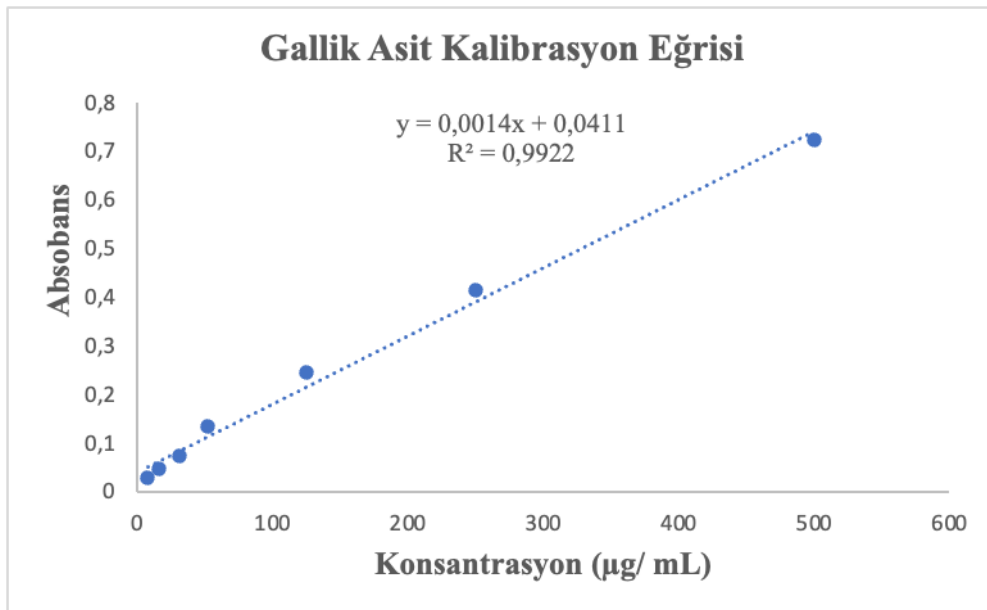
3 gram polen örneği, %70'lik 30 mL metanolde çözdürülmüştür. Ardından, ultrasonik su banyosunda 40°C'de 1 saat bekletilmiştir ve sonrasında sırasıyla kaba filtre ve Whatman filtre kağıdından süzölmüştür (Şekil 3.5.). Hazırlanan ekstraktlar, analizi yapılana kadar – 20 °C'de muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.6. Arı poleni ekstraktları

3.2.4. *P. somniferum* Arı Poleni Örneklerinde Toplam Fenolik Madde İçeriği (TFM)

Polen ekstraktlarından toplam fenolik madde miktarı tayini Folin-Ciocalteu yöntemi ile yapılmıştır (Slinkard ve Singleton, 1977). 0,2 N Folin çözeltisi ile %7,5'lik Na₂CO₃ saf su ile hazırlanmıştır. Hazırlanan polen ekstraktından 50 µl alınarak bir tüpe aktarılmış ve üzerine 2,5 ml distile su ile 250 µl Folin-Ciocalteu reaktifi eklenmiştir. Karıştırıldıktan sonra 3 dakika bekletilmiş ve %7,5'lik Na₂CO₃ çözeltisinden 750 µl ilave edilmiştir. 120 dakika boyunca oda sıcaklığında bekletildikten sonra, 760 nm dalga boyunda köre karşı ölçüm yapılmıştır. Sonuçlar, hazırlanan standart grafiğe göre gallik asit eşdeğeri (µg GAE/mg ekstrakt) olarak verilmiştir. Standart olarak gallik asit kullanılmış (Şekil 3.6.), sonuçlar mg GAE/g polen ekstrakt olarak verilmiştir. Gallik asit çözeltisinin konsantrasyonları metanol ile hazırlanmıştır.

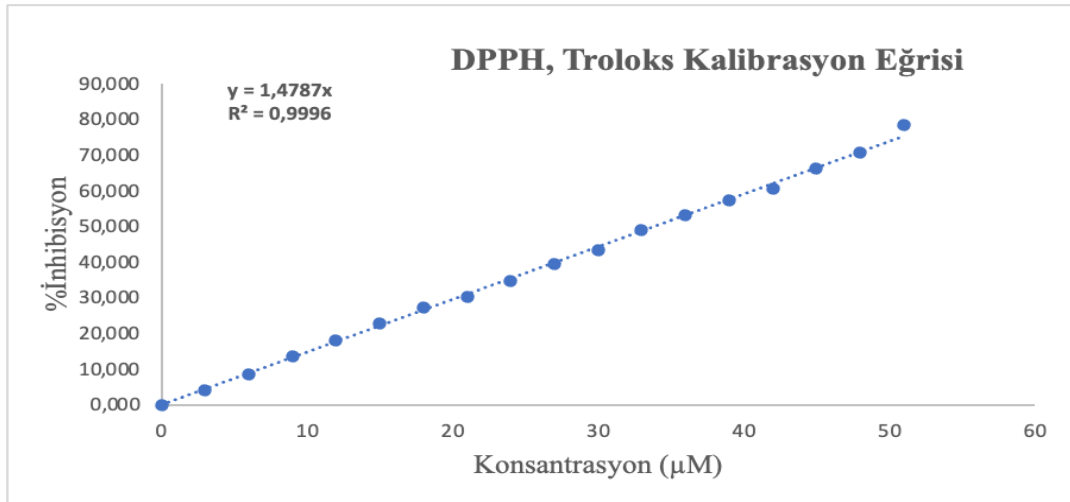


Şekil 3.7. Gallik asit kalibrasyon eğrisi

3.2.5. *P. somniferum* Arı Poleni Örneklerinde Antioksidan Aktivite Tayini

3.2.5.1. *P. somniferum* Arı Poleni Örneklerinin DPPH• (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) Metodu ile Radikal Giderme Aktivitesi

DPPH• (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) serbest radikal giderme aktivitesi için örnek ekstraktlarından 100 µl alınmış, ardından hazırlanan 1 mM DPPH• çözeltisinden 900 µl örnekler eklenerek vorteksle karıştırılmış ve karanlık ortamda 30°C’de 30 dakika karanlıkta inkübe edilmiştir. Absorbans, spektrofotometrede 517 nm’de ölçülmüş ve örnekler Trolox ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, troloks standart eğrisine göre mg troloks eşleniği (TE)/g olarak hesaplanmıştır (Brand-Williams vd., 1995). (Şekil 3.7.)

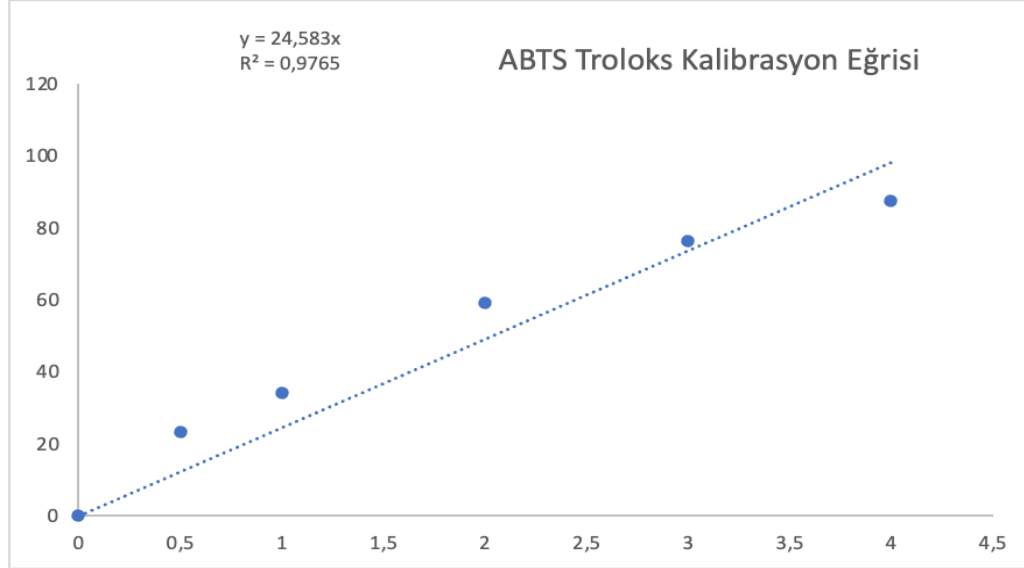


Şekil 3.8. Troloks kalibrasyon eğrisi

3.2.5.2. *P. somniferum* Arı Poleni Örneklerinin ABTS•+ (2,2’-azino-bis (3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit)) Metodu ile Radikal Giderme Aktivitesi

7 mM konsantrasyonlu ABTS•+ radikali (2,2’-azino-bis (3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit)), 2 mM potasyum persülfat 25 ml distile su ile çözündürülmüş, bu çözelti yaklaşık 16 saat boyunca oda sıcaklığında karanlık ortamda inkübe edilmiştir. Daha sonra, ABTS stok çözeltisi metanol ile absorbans değeri 0,750-800 arasında olacak şekilde ayarlanmıştır.

Bu karışımdan 900 µL alınarak 100 µL ekstrakt ile homojenize edilmiştir. Çözelti oda sıcaklığında karanlıkta 30dakika bekletildikten sonra, spektrofotometrede 734 nm’de absorbans ölçümü yapılmıştır (Re vd., 1999). Sonuçlar, Troloks kalibrasyon eğrisi kullanılarak, mg TE/g cinsinden hesaplanmıştır. (Şekil 3.8)



Şekil 3.9. ABTS için Troloks kalibrasyon eğrisi

3.2.6. İstatistiksel Analizler

İstatistiksel analizlerde IBM SPSS Statistics 25, JMP 5.01.1 programı kullanılmıştır. Gerçekleştirilen çalışmalarda test edilen parametler arasında farklılıkları tespit etmek için elde edilen veriler JMP programına işlenerek, Tukey testi uygulanmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Bulgular

4.1.1. *Papaver somniferum* Arı Polenlerinin Monofloritesinin Palinolojik Analizler ile Doğrulanması

Papaver somniferum arı poleni örneklerinin mikroskobik analizinde içerdiği polen tanelerinin tanılamaları yapılmış ve polen taneleri saptanan bitki taksonları ve bu taksonların bulunma yüzdeleri Tablo 4.1’de ve *Papaver somniferum*’a ait polen tanelerinin ışık mikroskobu görüntüsü Şekil 4.1. ’de verilmiştir.

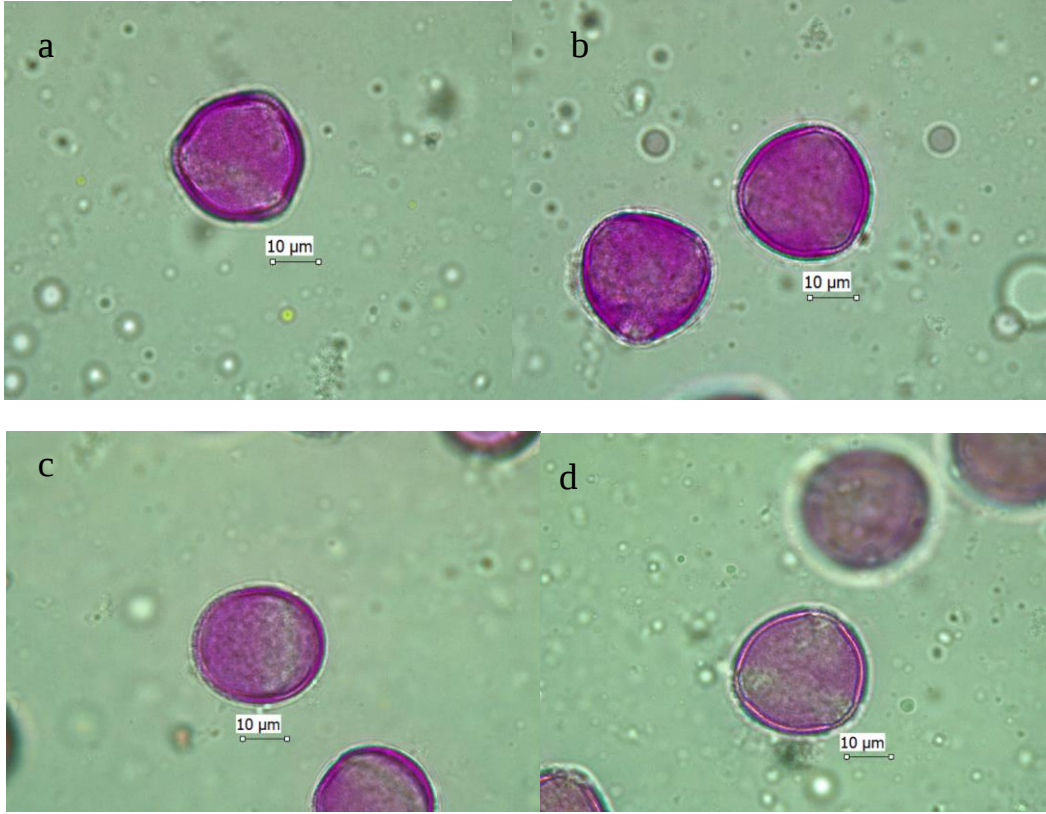
Tablo 4.1. Polen örneğinin botanik kaynağı

Polen Örneği	Coğrafik Kaynak	Botanik Kaynak	Polen Taksonu ve Bulunma Sıklığı
PS1	Afyonkarahisar	<i>Papaver somniferum</i> (monofloral)	*****: <i>Papaver somniferum</i> %95,05 *: Asteraceae %0,57; Brassicaceae %1,9; Lotus %1,9; <i>Pedicularis</i> sp.%1,9
PS2	Denizli	<i>Papaver somniferum</i> (monofloral)	*****: <i>Papaver somniferum</i> %95,96 **: Asteraceae %3,45 *: Boraginaceae %0,38; <i>Rumex</i> sp. %0,19
PS3	Konya	<i>Papaver somniferum</i> (monofloral)	*****: <i>Papaver somniferum</i> %96,7 *: Asteraceae % 0,19; Boraginaceae %0,38; Brassicaceae %1,9; <i>Helianthemum</i> sp. %0,38; Fabaceae %0,38;
PS4	Konya	<i>Papaver somniferum</i> (monofloral)	*****: <i>Papaver somniferum</i> %96,8 *: Asteraceae % 0, 78; Brassicaceae %0,96; <i>Convolvulus</i> sp. %0,19; <i>Sanguisorba</i> sp. %0,58
PS5	Afyonkarahisar	<i>Papaver somniferum</i> (monofloral)	*****: <i>Papaver somniferum</i> %95,05 **: Brassicaceae %3,8 *: <i>Astragalus</i> sp. %0,57; Fabaceae %0,57

Tablo 4.1. (Devam): Polen örneğinin botanik kaynağı

PS6	Afyonkarahisar	<i>Papaver somniferum</i> (monofloral)	***** : <i>Papaver somniferum</i> %96,3 *: Brassicaceae %1,96; Fabaceae: 0,19; <i>Lotus</i> sp. %0,57; <i>Sanguisorba</i> sp. %0,96
PS7	Afyonkarahisar	<i>Papaver somniferum</i> (monofloral)	***** : <i>Papaver somniferum</i> %95,4 *: Asteraceae % 0, 19; Brassicaceae %2,9; Boraginaceae %0,19; <i>Sanguisorba</i> sp. %0,38; <i>Verbascum</i> sp. %0,95
PS8	Afyonkarahisar	<i>Papaver somniferum</i> (monofloral)	***** : <i>Papaver somniferum</i> %93,9 **: Brassicaceae %5,6 *: Asteraceae % 0, 38;
PS9	Kütahya	<i>Papaver somniferum</i> (monofloral)	***** : <i>Papaver somniferum</i> %97,3 *: Brassicaceae %2,5; Lamiaceae %0,19
PS10	Afyonkarahisar	<i>Papaver somniferum</i> (monofloral)	***** : <i>Papaver somniferum</i> %90,3 **: <i>Cistus</i> sp. %7,2 *: Brassicaceae %2,5
PS11	Afyonkarahisar	<i>Papaver somniferum</i> (monofloral)	***** : <i>Papaver somniferum</i> %98,4 *: <i>Astragalus</i> sp. %0,4; Cornaceae %0,78; Lamiaceae %0,19; Poaceae %0,19
PS12	Afyonkarahisar	<i>Papaver somniferum</i> (monofloral)	***** : <i>Papaver somniferum</i> %98,4 **: <i>Cistus</i> sp. %6,48 *Brassicaceae %0,93
PS13	Konya	<i>Papaver somniferum</i> (monofloral)	***** : <i>Papaver somniferum</i> %96,3 *Brassicaceae %1,9; Boraginaceae %0,96; <i>Cistus</i> sp. %0,77
PS14	Afyonkarahisar	<i>Papaver somniferum</i> (monofloral)	***** : <i>Papaver somniferum</i> %97,7 *Apiaceae %0,39; Brassicaceae %0,97; Boraginaceae %0,39; Tanımlanamayan. %0,58
PS15	Afyonkarahisar	<i>Papaver somniferum</i> (monofloral)	***** : <i>Papaver somniferum</i> %98,6 *Asteraceae %0,59; Brassicaceae %0,39; Boraginaceae %0,20; <i>Carex</i> sp. %0,20

*****: >80; ****45-80; ***15-45; **3-15; *<3



Şekil 4.1. Polen örneklerinin ışık mikroskobu görüntüleri (100X); a; b: *Papaver somniferum* bitkisinin polen taneleri; c;d: Arı poleninde bulunan *Papaver somniferum* polen taneleri

Papaver somniferum bitkisine ait polenler morfolojik değerlendirmeler sonucunda, monad, mikroekinat (skabrat), trikolpat, isopolar, oblat sferoidaldir. $P/E = 0,93 \pm 0,1$, polar eksen $26,99 \pm 0,98$, ekvatorial eksen $28,89 \pm 0,83$, AMB çapı $28,24 \pm 1,14$ bulunmuştur.

Palinolojik analiz sonucunda, tüm arı poleni örnekleri %90,3 (PS10)- %98,6 (PS 15) oranları arasında monofloral *Papaver somniferum* bitkisine ait bulunmuştur. Arı polen örneklerinde, Asteraceae, Brassicaceae, Fabaceae, Boraginaceae familyalarına ait polen taneleri de saptanmıştır. (Tablo 4.1)

4.1.2. *P. somniferum* Arı Polenlerinin Protein Tayini Sonuçları

Arı poleni örnekleri Afyonkarahisar'ın 10 farklı, Konya'nın üç farklı ilçesi, Denizli'nin bir ilçesi ve Kütahya'nın bir ilçesinden olmak üzere, toplamda 15 farklı arılıktan toplanmıştır. *Papaver somniferum*'a ait arı poleni örneklerinin protein miktarları analiz edilmiştir. Analiz sonucu % olarak verilmiştir. Sonuçlara ait veriler Tablo 4.2, Tablo 4.3. ve Şekil 4.2.'de verilmiştir. *P. somniferum* arı polenlerinin protein miktarları $11,4 \pm 0,28$

ile $13,4 \pm 0,85$ g/100g aralığındadır. Protein içeriği en yüksek Afyonkarahisar ilinden toplanan PS6 örneğinde ($13,4 \pm 0,85$ g /100 g) saptanmıştır. En düşük protein içeriği ise yine Afyonkarahisar ilinin Dinar İlçesi'nden toplanan polen örneğinde ($11,4 \pm 0,28$ g/100 g) bulunmuştur. Farklı alanlardan toplanan arı poleni örneklerinin protein içerikleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P=0,0006$). Arı poleni örneklerinin % protein miktarı, illere göre kıyaslanmıştır (Tablo 4.3). Buna göre Afyonkarahisar; Konya, Denizli ve Kütahya'nın farklı ilçelerinden toplanan arı poleni örneklerinin ortalama protein miktarı sırasıyla; $12,52 \pm 0,515$; $12,35 \pm 0,2$; $12,2 \pm 0,00$; $12,5 \pm 0,14$ g/100g olarak belirlenmiştir. Arı poleni örneklerinin protein içeriği illere göre kıyaslandığında, iller arasındaki fark önemsizdir ($p=0,6678$).

Tablo 4.2. Polen örneklerinin protein miktarı (%)

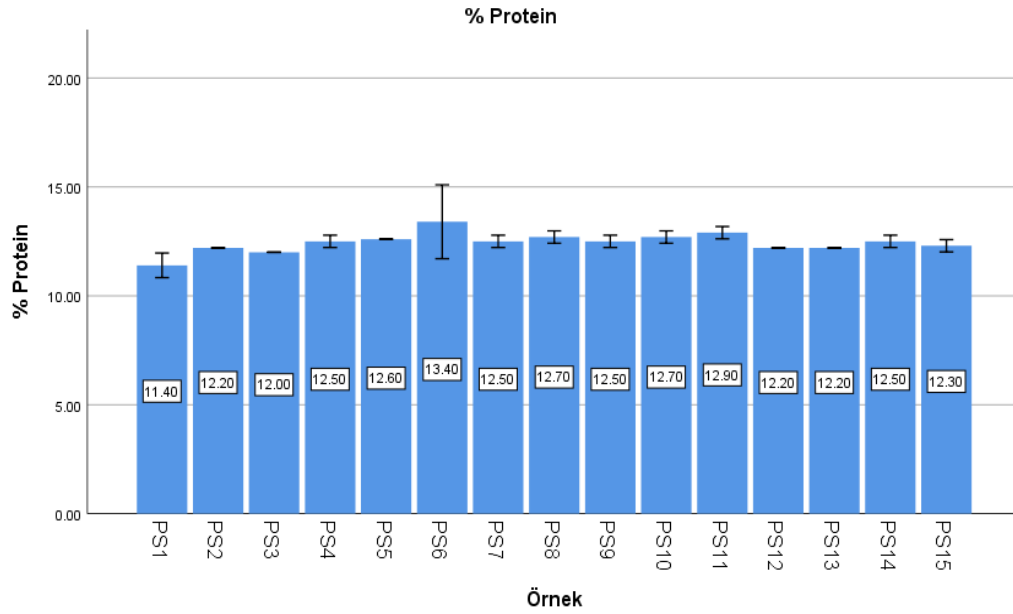
Arı Poleni Örnekleri	Coğrafik Kaynak	Protein Miktarı (%) Ortalama $\pm$ SD
PS1	Afyonkarahisar (Başmakçı)	$11,4 \pm 0,28c^*$
PS2	Denizli (Çivril)	$12,2 \pm 0,00bc$
PS3	Konya (Ilgın)	$12 \pm 0,00bc$
PS4	Konya (Akşehir)	$12,5 \pm 0,14ab$
PS5	Afyonkarahisar (Çay)	$12,6 \pm 0,00ab$
PS6	Afyonkarahisar (Dinar)	$13,4 \pm 0,85a$
PS7	Afyonkarahisar (Sinanpaşa)	$12,5 \pm 0,14ab$
PS8	Afyonkarahisar (Evciler)	$12,7 \pm 0,14ab$
PS9	Kütahya (Tavşanlı)	$12,5 \pm 0,14ab$
PS10	Afyonkarahisar (Sandıklı)	$12,7 \pm 0,14ab$
PS11	Afyonkarahisar (Şuhut)	$12,9 \pm 0,14ab$
PS12	Afyonkarahisar (Sultandağı)	$12,2 \pm 0,00bc$
PS13	Konya (Doğanhisar)	$12,2 \pm 0,00bc$
PS14	Afyonkarahisar (Bolvadin)	$12,5 \pm 0,14ab$
PS15	Afyonkarahisar (Bozkırı)	$12,3 \pm 0,14bc$

*a, b, c: Aynı sütundaki farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık önemlidir. ($p=0,0006$). Her örnek üç tekrarlı olarak çalışılmış, sonuçlar Ortalama $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir.

Tablo 4.3. Arı poleni örneklerinin illere göre protein miktarı ortalamaları

İl	Protein Miktarı (%) Ortalama±SD
Afyonkarahisar (n=10)	12,52±0,515A*
Konya (n=3)	12,35±0,2A
Denizli (n=1)	12,2±0,00A
Kütahya (n=1)	12,5±0,14A

*A, B, C: Aynı sütundaki farklı büyük harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık önemli bulunmamıştır. (p=0,6678).



Şekil 4.2. P. somniferum arı poleni örneklerinin protein miktarı (%)

4.1.3 . P. somniferum Arı Polenlerinin Toplam Fenolik Madde İçeriği

Arı poleni örnekleri Afyonkarahisar'ın 10 farklı, Konya'nın üç farklı ilçesi, Denizli'nin bir ilçesi ve Kütahya'nın bir ilçesinden olmak üzere, toplamda 15 farklı arılıktan toplanmıştır. *Papaver somniferum*'a ait arı poleni örneklerinin toplam fenolik madde miktarları analiz edilmiştir. Analiz sonucu mg GAE/g olarak verilmiştir. Sonuçlara ait veriler Tablo 4.4., Tablo 4.5. ve Şekil 4.3.'te verilmiştir. *P. somniferum* arı polenlerinin toplam fenolik madde miktarları 7.95±2.74 ile 16.84±2.24 mg GAE/g aralığındadır. Toplam fenolik madde içeriği en yüksek arı poleni Denizli ilinden toplanan PS2 örneğinde (16.84±2.24 mg GAE/g) saptanmıştır. En düşük toplam fenolik içerik ise (7.95±2.74 mgGAE/g) Afyonkarahisar İli (Başmakçı)'nden alınan arı poleni örneğine aittir. Farklı alanlardan toplanan arı poleni örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri

arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P=0,0007$). Arı poleni örneklerinin TFM miktarı, illere göre kıyaslanmıştır (Tablo 4.5.). Buna göre Afyonkarahisar; Konya, Denizli ve Kütahya'nın farklı ilçelerinden toplanan arı poleni örneklerinin ortalama TFM miktarı sırasıyla; $9,75\pm1,03$; $9,97\pm0,88$; $16,84\pm2,24$; $9,95\pm0,54$ mg GAE/g olarak belirlenmiştir. Arı poleni örneklerinin TFM içeriği illere göre kıyaslandığında, iller arasındaki fark önemlidir ($p<0,001$).

Tablo 4.4. Polen örneklerinin toplam fenolik madde miktarı (mgGAE/g)

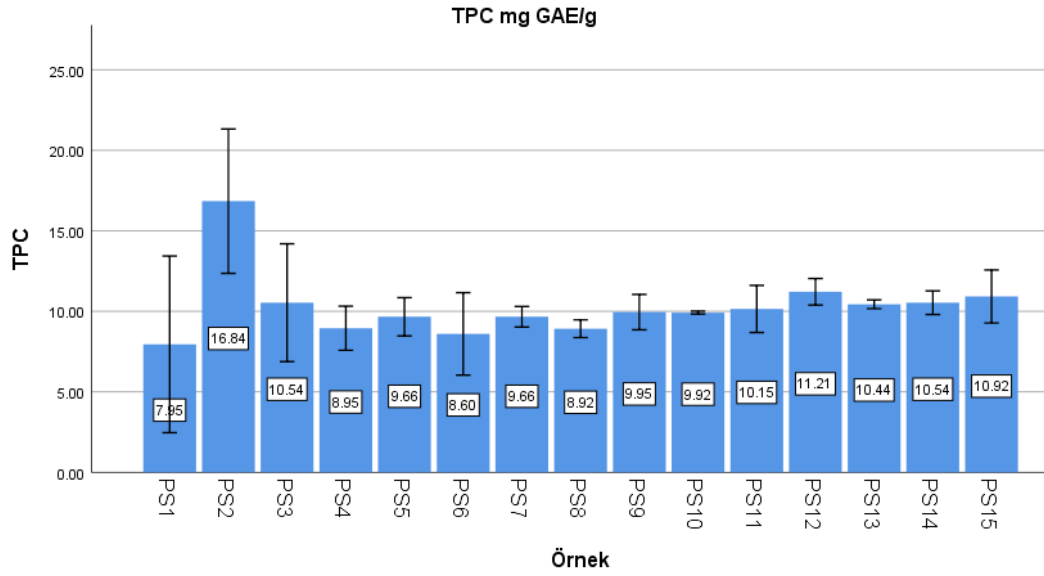
Polen Örnekleri	Coğrafi Kaynak	TFM mg GAE/g Ortalama $\pm$ SD
PS1	Afyonkarahisar (Başmakçı)	$7,95\pm2,74b^*$
PS2	Denizli (Çivril)	$16,84\pm2,24a$
PS3	Konya (İlgin)	$10,54\pm1,83b$
PS4	Konya (Akşehir)	$8,95\pm0,69b$
PS5	Afyonkarahisar (Çay)	$9,66\pm0,59b$
PS6	Afyonkarahisar (Dinar)	$8,60\pm1,3b$
PS7	Afyonkarahisar (Sinanpaşa)	$9,66\pm0,32b$
PS8	Afyonkarahisar (Evciler)	$8,92\pm0,27b$
PS9	Kütahya (Tavşanlı)	$9,95\pm0,54b$
PS10	Afyonkarahisar (Sandıklı)	$9,92\pm0,045b$
PS11	Afyonkarahisar (Şuhut)	$10,15\pm0,73b$
PS12	Afyonkarahisar (Sultandağı)	$11,21\pm0,41b$
PS13	Konya (Doğanhisar)	$10,44\pm0,14b$
PS14	Afyonkarahisar (Bolvadin)	$10,54\pm0,36b$
PS15	Afyonkarahisar (Bozkırı)	$10,92\pm0,82b$

*a, b: Aynı sütundaki farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık önemlidir. ($p=0,0007$). Her örnek üç tekrarlı olarak çalışılmış, sonuçlar Ortalama $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir.

Tablo 4.5. Arı poleni örneklerinin illere göre toplam fenolik madde miktarı (mgGAE/g)

İl	TFM mgGAE/g Ortalama $\pm$ SD
Afyonkarahisar (n=10)	$9,75\pm1,03 B^*$
Konya (n=3)	$9,97\pm0,88 B$
Denizli (n=1)	$16,84\pm2,24A$
Kütahya (n=1)	$9,95\pm0,54 B$

*A, B: Aynı sütundaki farklı büyük harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık önemli bulunmuştur ($p<0,001$).



Şekil 4.3. *P. somniferum* arı poleni örneklerinin TFM miktarı (mg GAE/g)

4.1.4 . *P. somniferum* Arı Polenlerinin DPPH• Radikali Süpürme Aktivitesi

Arı poleni örnekleri Afyonkarahisar'ın 10 farklı, Konya'nın üç farklı ilçesi, Denizli'nin bir ilçesi ve Kütahya'nın bir ilçesinden olmak üzere, toplamda 15 farklı arılıktan toplanmıştır. *Papaver somniferum* 'a ait arı poleni örneklerinin DPPH• radikali süpürme aktivitesi analiz edilmiştir. Analiz sonucu mg TE/g olarak verilmiştir. Sonuçlara ait veriler Tablo 4.6., Tablo 4.7. ve Şekil 4.4.'te verilmiştir. *P.somniferum* arı polenlerinin DPPH• radikali süpürme aktivite sonuçları $10,32 \pm 0,79$ ile $13,38 \pm 2,05$ mg TE/g aralığındadır. DPPH• radikali süpürme aktivitesi analiz sonucu en yüksek arı poleni Afyonkarahisar (Şuhut) ilinden toplanan PS11 örneğinde ($13,38 \pm 2,05$ mg TE/g) saptanmıştır. En düşük DPPH• radikali süpürme aktivite sonucu ise ($10,32 \pm 0,79$ mgTE/g) Afyonkarahisar İli (Evciler)'nden alınan arı poleni örneğine aittir. Farklı alanlardan toplanan arı poleni örneklerinin DPPH• radikali süpürme aktivite sonucu arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P=0,3779$).

Arı poleni örneklerinin DPPH• radikali süpürme aktivite sonuçları, illere göre kıyaslanmıştır (Tablo 4.7.). Buna göre Afyonkarahisar; Konya, Denizli ve Kütahya'nın farklı ilçelerinden toplanan arı poleni örneklerinin ortalama DPPH• radikali süpürme aktivite ortalamaları sırasıyla; $12,26 \pm 0,91$; $12,49 \pm 0,78$; $11,04 \pm 1,13$; $13,10 \pm 0,06$ mg TE/g olarak belirlenmiştir. Arı poleni örneklerinin DPPH• radikali süpürme aktiviteleri illere göre kıyaslandığında, iller arasındaki fark önemsizdir ($p=0,1719$).

Tablo 4.6. Polen örneklerinin DPPH• miktarı (mgTE/g)

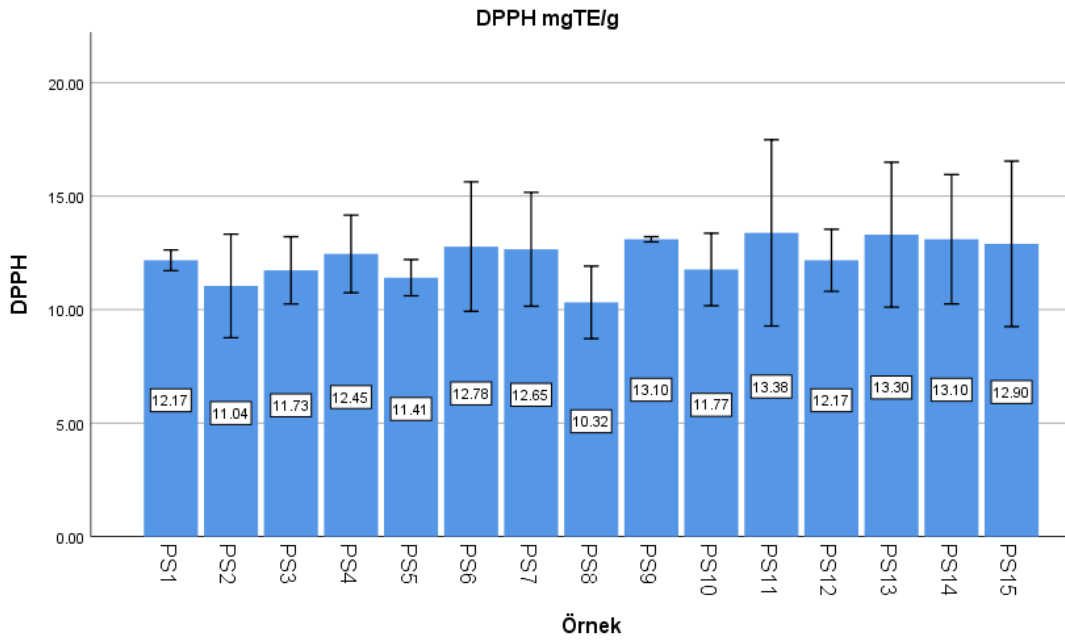
Polen Örnekleri	Coğrafi Kaynak	DPPH• mg TE/g Ortalama $\pm$ SD
PS1	Afyonkarahisar (Başmakçı)	$12,17 \pm 0,23a$
PS2	Denizli (Çivril)	$11,04 \pm 1,13a$
PS3	Konya (İlgin)	$11,73 \pm 0,74a$
PS4	Konya (Akşehir)	$12,45 \pm 0,85a$
PS5	Afyonkarahisar (Çay)	$11,41 \pm 0,40a$
PS6	Afyonkarahisar (Dinar)	$12,78 \pm 1,42a$
PS7	Afyonkarahisar (Sinanpaşa)	$12,65 \pm 1,25a$
PS8	Afyonkarahisar (Evciler)	$10,32 \pm 0,79a$
PS9	Kütahya (Tavşanlı)	$13,10 \pm 0,06a$
PS10	Afyonkarahisar (Sandıklı)	$11,77 \pm 0,79a$
PS11	Afyonkarahisar (Şuhut)	$13,38 \pm 2,05a$
PS12	Afyonkarahisar (Sultandağı)	$12,17 \pm 0,68a$
PS13	Konya (Doğanhisar)	$13,30 \pm 1,59a$
PS14	Afyonkarahisar (Bolvadin)	$13,10 \pm 1,42a$
PS15	Afyonkarahisar (Bozkırı)	$12,90 \pm 1,82a$

*a: Aynı sütundaki aynı küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık önemsizdir ($p=0,3779$). Her örnek üç tekrarlı olarak çalışılmış, sonuçlar Ortalama $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir.

Tablo 4.7. Arı poleni örneklerinin illere göre DPPH• miktarı (mgTE/g)

İl	DPPH• mg TE/g Ortalama $\pm$ SD
Afyonkarahisar (n=10)	$12,26 \pm 0,91$ A*
Konya (n=3)	$12,49 \pm 0,78$ A
Denizli (n=1)	$11,04 \pm 1,13$ A
Kütahya (n=1)	$13,10 \pm 0,06$ A

*A: Aynı sütundaki aynı büyük harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık önemsiz bulunmuştur ($p=0,1719$).



Şekil 4.4. *P. somniferum* arı poleni örneklerinin DPPH• radikali süpürme aktiviteleri (mg TE/g)

4.1.5 . *P. somniferum* Arı Polenlerinin ABTS•+Radikal Katyonu Süpürme Aktivitesi

Arı poleni örnekleri Afyonkarahisar'un 10 farklı, Konya'nın üç farklı ilçesi, Denizli'nin bir ilçesi ve Kütahya'nın bir ilçesinden olmak üzere, toplamda 15 farklı arılıktan toplanmıştır. *Papaver somniferum*'a ait arı poleni örneklerinin ABTS•+radikal katyonu süpürme aktivitesi analiz edilmiştir. Analiz sonucu mg TE/g olarak verilmiştir. Sonuçlara ait veriler Tablo 4.8., Tablo 4.9. ve Şekil 4.5.'te verilmiştir. *P. somniferum* arı polenlerinin ABTS•+radikal katyonu süpürme aktivitesi sonuçları $26,87 \pm 0,22$ ile $41,97 \pm 0,90$ mg TE/g aralığındadır. ABTS•+radikal katyonu süpürme aktivite sonucu en yüksek arı poleni Afyonkarahisar (Bozkırı) ilinden toplanan PS15 örneğinde ($41,97 \pm 0,90$ mg TE/g) saptanmıştır. En düşük ABTS•+radikal katyonu süpürme aktivite sonucu ise ($26,87 \pm 0,22$ mgTE/g) Afyonkarahisar İli (Bolvadin)'nden alınan arı poleni örneğine aittir. Farklı alanlardan toplanan arı poleni örneklerinin ABTS•+radikal katyonu süpürme aktivite sonucu arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,0001$).

Arı poleni örneklerinin ABTS•+radikal katyonu süpürme aktivite sonuçları, illere göre kıyaslanmıştır (Tablo 4.9.). Buna göre Afyonkarahisar; Konya, Denizli ve Kütahya'nın farklı ilçelerinden toplanan arı poleni örneklerinin ortalama ABTS•+radikal katyonu süpürme aktivite ortalamaları sırasıyla; $33,08 \pm 6,5$; $27,43 \pm 13,8$; $40,22 \pm 1,6$; $42,92 \pm 0,90$ mg TE/g olarak belirlenmiştir. Arı poleni örneklerinin ABTS•+radikal katyonu süpürme aktivitesi illere göre kıyaslandığında, iller arasındaki fark önemsizdir ($p=0,1446$).

Tablo 4.8. Polen örneklerinin ABTS•+ miktarı (mgTE/g)

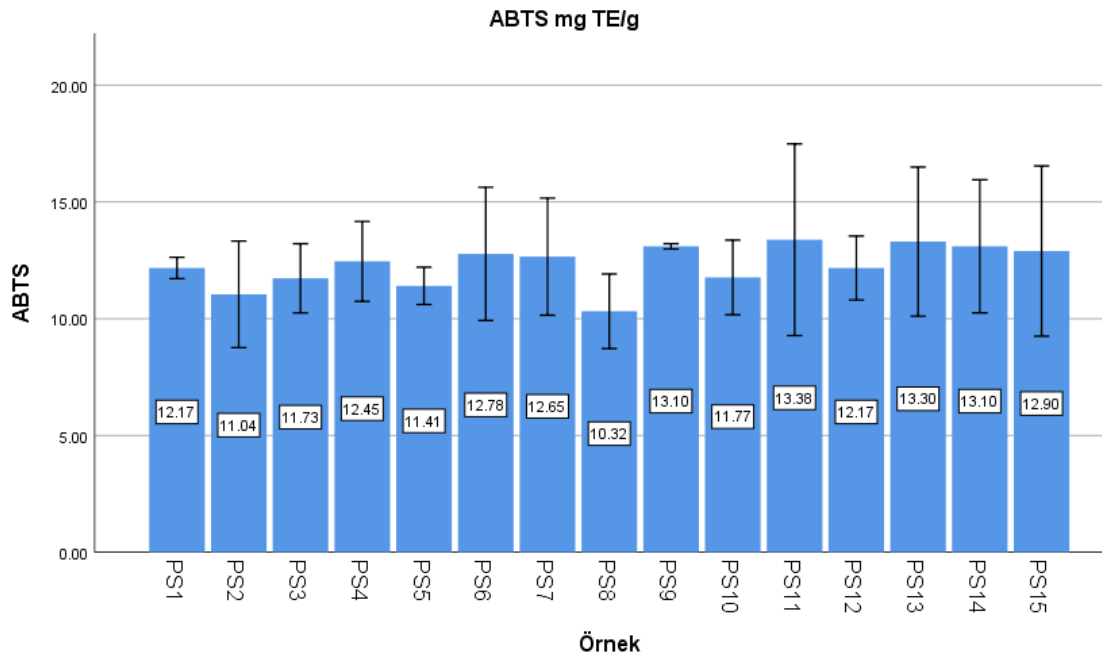
Polen Örnekleri	Coğrafi Kaynak	ABTS• mg TE/g Ortalama $\pm$ SD
PS1	Afyonkarahisar (Başmakçı)	$28,14 \pm 0,22$ de
PS2	Denizli (Çivril)	$40,22 \pm 1,6$ abc
PS3	Konya (Ilgın)	$40,86 \pm 1,6$ abc
PS4	Konya (Akşehir)	$40,38 \pm 1,34$ abc
PS5	Afyonkarahisar (Çay)	$24,48 \pm 2,25$ e
PS6	Afyonkarahisar (Dinar)	$38,15 \pm 0,45$ abcd
PS7	Afyonkarahisar (Sinanpaşa)	$41,33 \pm 0,45$ ab
PS8	Afyonkarahisar (Evciler)	$30,84 \pm 6,3$ cde
PS9	Kütahya (Tavşanlı)	$42,92 \pm 0,90$ a
PS10	Afyonkarahisar (Sandıklı)	$31,95 \pm 2,02$ bcde
PS11	Afyonkarahisar (Şuhut)	$28,14 \pm 0,67$ de
PS12	Afyonkarahisar (Sultandağı)	$38,95 \pm 6,1$ abc
PS13	Konya (Doğanhisar)	$28,14 \pm 2,02$ de
PS14	Afyonkarahisar (Bolvadin)	$26,87 \pm 0,22$ e
PS15	Afyonkarahisar (Bozkırı)	$41,97 \pm 0,90$ ab

*a,b,c,d,e: Aynı sütundaki farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık önemlidir ($p<0,0001$). Her örnek üç tekrarlı olarak çalışılmış, sonuçlar Ortalama $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir.

Tablo 4.9. Arı poleni örneklerinin illere göre ABTS•+ miktarı (mgTE/g)

İl	ABTS•+mg TE/g Ortalama $\pm$ SD
Afyonkarahisar (n=10)	$33,08 \pm 6,5$ A*
Konya (n=3)	$27,43 \pm 13,8$ A
Denizli (n=1)	$40,22 \pm 1,6$ A
Kütahya (n=1)	$42,92 \pm 0,90$ A

*A: Aynı sütundaki aynı büyük harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık önemsiz bulunmuştur ($p=0,1446$).



Şekil 4.5. *P. somniferum* arı poleni örneklerinin ABTS•+radikal katyonu süpürme aktivitesi (mg TE/g)

4.2. Tartışma

P. somniferum arı poleni, *P. somniferum* bitkisi polenlerinin bal arıları tarafından toplanarak, bir miktar nektar ve ağız salgıları ile topak haline getirdiği bir arı ürünüdür. Yaygın olarak, Türkiye’de *P. somniferum*’un ekiminin yapıldığı (Afyonkarahisar, Denizli, Konya, Kütahya, Uşak vb.) alanlara, bitkinin çiçeklenme döneminde, arıcılar tarafından kovanların yerleştirilmesi sonucu bal arıları tarafından toplanmaktadır. Afyon haşhaşı olarak bilinen *P. somniferum*, alkaloid üretimi açısından önemlidir, ancak arı poleni kaynağı olarak rolünü destekleyen sınırlı kanıt vardır (Çobanoğlu, 2024).

Arı poleni besleyici ve tedavi edici özellikleriyle tanınırken, *P. somniferum* arı poleninin bu faydalara spesifik katkıları literatürde iyi belgelenmemiştir. Gerçekleştirilen bu çalışma ile ülkemizde Afyonkarahisar, Denizli, Konya ve Kütahya illerinde *P. somniferum* ekimi yapılan alanlara arıcılar tarafından yerleştirilen kovanlardan, arılar tarafından toplanan *P. somniferum* arı polenlerinin, palinolojik analizlerle botanik kaynağı doğrulanmış, protein içeriği belirlenmiş ve toplam fenolik miktarı ve antioksidan aktivitesi araştırılmıştır.

Arı polenlerinin palinolojik analizi, arıların topladığı polenlerin botanik kökenlerini ve besinsel özelliklerini anlamak için çok önemlidir. Bu analiz, arılar tarafından toplanan polen tanelerinin tanımlanmasını ve miktarının belirlenmesini içerir; bu da bu tozlayıcılar tarafından kullanılan bitki kaynakları hakkında bilgi sağlayabilir. Arı poleninin kalitesi ve bileşimi, fenolikler ve antioksidanlar gibi biyoaktif bileşiklerin varlığı da dahil olmak üzere besin profilini belirleyen botanik kaynağından önemli ölçüde etkilenir (Rajs vd., 2022). Monofloral arı polenine odaklanan çalışmalarda, tek bir taksona ait %80’den fazla polen tanesi içeren örneklerin monofloral olarak sınıflandırıldığı tespit edilmiştir.

Örneğin, araştırmalar Türkiye de dahil olmak üzere çeşitli bölgelerden bazı arı poleni örneklerinin belirli bitki türlerinin baskınlığını sergilediğini ve monoflorallığını doğruladığını göstermiştir (Çobanoğlu, 2024). Palinolojik doğrulama arı poleninin sadece botanik kaynağı doğrulamakla kalmaz, aynı zamanda polenle ilişkili beslenme iddialarının güvenilirliğini de arttırır (Rajs vd., 2022).

Dimou vd. (2014), Yunanistan'dan 2009-2012 yılları arasında topladıkları arı poleni örneklerinde yaptıkları polen analizleri sonucunda, örneklerin yarısından fazlasında *Papaver rhoeas* bitkisine ait polen tanelerini belirlemişlerdir ve çalışmada arıların polen toplamada *Papaver* cinsini tercih ettiklerini bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda, *Papaver* cinsine ait *Papaver somniferum* taksonunun da arılar tarafından tercih edildiği belirlenmiştir.

Özkök ve Sorkun (2016), haşhaş bitkileri ile bal arıları arasındaki ilişkiyi araştırmak için, Afyonkarahisar'daki haşhaş tarlalarının yakınındaki arılıklardan bal ve arı poleni örnekleri toplanmışlardır. Çalışmada, melissopalınolojik analiz, polen morfolojisi analizi yapılmıştır. Ayrıca, haşhaş çiçeklerinin açmasından önce ve sonra bal örnekleri incelenmiş ve bal arılarının haşhaş çiçeklerine eğilimi belirlenmiştir. Bizim çalışmamıza benzer Haşhaş çiçeklerinden elde edilen polen tanelerinin trikolpat, şekil olarak oblat sferoid ve yüzey süslemeleri açısından mikroekinat olduğu tespit edilmiştir. *Papaver somniferum* bitkisine ait polenler morfolojik değerlendirmeler sonucunda, monad, mikroekinat (skabrat), trikolpat, isopolar, oblat sferoidaldir. Özkök ve Sorkun (2016) tarafından P/E oranı =0,95 bulunmuş, bu çalışmada ise bu oran $P/E = 0,93 \pm 0,1$ olarak belirlenmiştir. Özkök ve Sorkun (2016) tarafından poler eksen 27,78-28,76, ekvatorial eksen 29,04-30,28, AMB çapı 29,02-29,98 belirlenmiş, bizim çalışmamızda bu değerler polar eksen $26,99 \pm 0,98$, ekvatorial eksen $28,89 \pm 0,83$, AMB çapı $28,24 \pm 1,14$ bulunmuştur. *Papaver somniferum* bitki polenlerinin arılar tarafından tercihi, %90,3-98,6 aralığında değişmektedir.

Adamchuck vd. (2018), 2016 yılında Kiev'den topladıkları monofloral *Papaver rhoeas* (gelincik) bitkisi'ne ait yaptıkları palinolojik doğrulamada, monofloral arı polenlerinin %85 ile 91 oranında sklık *Papaver rhoeas* bitkisine ait olduğu belirlenmiş, polifloral arı poleninde ise, %38 oranında *Papaver rhoeas* bitkisine ait polenlerin tanelerinin

belirlemiştir. *Papaver somniferum* tarlalarında yer alan arılıklardan toplanan *Papaver somniferum* arı polenlerinde *Papaver somniferum* bitkisine ait polen tanelerinin bulunma sıklığı %90,3-98,6 aralığında saptanmıştır.

Çobanoğlu (2024), Türkiye'nin farklı bölgelerinden topladığı 11 farklı monofloral arı poleni örneğinin doğrulamasını mikroskopik olarak gerçekleştirmiş, örneklerden beş tanesi monofloral (*Cistus* sp., *Eleagnus* sp., *Cyanus* sp., *Papaver somniferum*), üç tanesi bifloral, üç tanesi de polifloral olarak belirlemiştir. Afyonkarahisar'da farklı arılıklardan toplanan 2 adet arı poleni örneğinin sırası ile %80,2 ve %81 bulunma sıklığı ile monofloral *Papaver somniferum* arı poleni olduğunu belirlemiştir. Bizim çalışmamızda bu değer %90,3-98,6 aralığında olup, bu değerlerden daha yüksek bulunmuştur.

Arı polenin protein içeriği, arı kolonilerinin sağlığını ve gelişimini doğrudan etkileyen besin değerini ve kalitesini belirlemede kritik bir faktördür. Genel olarak, arı poleni protein içeriğine göre üç kategoride sınıflandırılır: mükemmel (>%25), ortalama (%20-25) ve zayıf (<%20) (Hsu vd., 2021). Bu sınıflandırma, özellikle kıtlık dönemlerinde arıları beslemek için uygun polen kaynaklarının seçilmesine yardımcı olduğundan, arıcılar ve araştırmacılar için çok önemlidir. Bu sınıflandırmaya göre, bizim çalışmamızda yer alan *Papaver somniferum* bitkisine ait arı polenlerinin % protein miktarı %20'den düşük olduğu için zayıf bulunmuştur. Ancak, literatürde *Papaver somniferum* arı polenin besleyici yönü ile arıları beslenmesine katkısının çok olduğu ile ilgili çalışmalar mevcuttur.

Araştırmalar, arı polenin protein içeriğinin botanik kökenine bağlı olarak önemli ölçüde değişebileceğini göstermektedir. Özkök ve Sorkun (2016), *Papaver somniferum* bitkisine ait arı polenlerinin protein içeriği %36,82-40,86 arasında bulmuştur, bu değer bizim çalışmamızda *Papaver somniferum* arı poleni için saptamış olduğumuz değerden daha yüksektir. Aradaki bu farklılığın, iklim, yıl ve üretim koşulları arasındaki farklılıktan olabileceği düşünülmüştür.

Castiglioni vd. (2019), *Papaver* cinsine ait iki adet *Papaver rhoeas* (gelincik) bitkisine ait arı polenin protein içeriğinin %23,8-24,7 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Bu çalışmaya göre ise *Papaver somniferum* arı polenlerinin protein içeriğinin 11,4-13,4 g/100g arasında değiştiği belirlenmiştir.

Tayvan'daki başlıca çiçek kaynaklarından 11 farklı arı poleni örneğinin analiz edildiği bir çalışmada, protein içeriğinin %15,9 ila %32,2 arasında değiştiği ve ortalama %24,4 olduğu bildirilmiştir (Hsu vd., 2021).

Mayda vd. (2023), aynı arı kovanından alınan arı ekmeği ve arı polenin, bitki kaynaklarını, yağ asidi bileşimini, toplam fenolik ve flavonoid içeriğini, antioksidan kapasitesi ve element içeriğini çalışmışlardır. Çalışmada örneklerin protein içeriği $17,6 \pm 0,1$ - $22,2 \pm 0,15$ g/100g arasında değişmektedir. Bu değer de, bu çalışmada yer alan *Papaver somniferum* arı polenlerinin protein içeriğinde yüksektir.

Kolaylı vd. (2023), Türkiye'nin farklı yerinden 11 farklı arı poleni toplamışlardır. Arı polenlerinin mikroskopik analizleri sonucunda, beş örnek polifloral, altı örnek ise monofloral olarak tespit edilmiştir. Çalışmada, arı poleni örneklerinin, protein içeriği $18,61 \pm 0,01$ - $26,49 \pm 0,05$ g/100g olarak bulunmuştur. En yüksek protein içeriği polifloral arı poleni içeriğinde belirlenmiştir. Bu çalışmada, % protein içeriği yüksek olan arı polenin, *Papaver somniferum* bitkisine ait polen tanlarının bulunma oranı %96,3'tür.

Çobanoğlu (2024), Mersin İli'nden topladığı sekiz polifloral arı poleni örneğinin protein miktarının 23.1 ± 1.23 – 28.1 ± 1.49 g/100g arasında değiştiğini belirlemiştir. Bu değer bu çalışmada saptanan %protein içeriğinden daha yüksektir.

Yaygın olarak afyon haşhaşı olarak bilinen *Papaver somniferum*, tıpta kullanılan alkaloidleri ve antioksidan özellikleriyle dikkat çeken poleni ile önemlidir. Son zamanlarda yapılan çalışmalar, *P. somniferum* arı polenin hem arılarda hem de insanlarda oksidatif stresi azaltmada önemli bir rol oynayabilecek doğal antioksidan kaynağı olarak potansiyelini vurgulamıştır.

Aydın vd. (2016), Antalya Merkez ve çevre ilçelerinden toplanan taze arı polenlerine farklı kurutma yöntemleri uygulayarak, arı poleni örneklerinin toplam fenolik madde miktarının 4,27-8,44 mg GAE/ g, olduğunu belirlemişlerdir. Bizim çalışmamızda, arı poleni örnekleri ekstraktları hazırlanmadan önce, 37 °C’de 48-72 saat arası kurutulmuştur. Örneklerin toplam fenolik madde miktarı 7,95 ile 16,84 arasında değişmektedir.

Alimoğlu vd. (2021), Türkiye’nin Karadeniz Bölgesi’nden topladıkları 11 monofloral ve polifloral arı poleni örneğinin etanol: distile su (7:3) ile hazırladıkları ekstraktlarının, TFM ve DPPH• değerlerini sırası ile $15,73 \pm 0,95$ - $26,92 \pm 0,32$ mg GAE/g ekstrakt ve $4,26 \pm 0,62$ - $22,93 \pm 0,87$ mgTE/g ekstrakt olarak belirlemiştir. En yüksek TFM içeriği, monofloral *Salix* sp. arı polenine aitken, en yüksek DPPH• ise polifloral arı poleninde saptanmıştır. Bizim çalışmamızda, toplam fenolik madde miktarı en yüksek olan örneğin, Denizli İli’nden toplanana arı poleni örneğine ait olduğu, en yüksek DPPH değerin ise Afyonkarahisar’un Şuhut İlçe’sinden toplanan arı poleni örneğinde saptandığı belirlenmiştir.

Gerçek vd. (2021), Bayburt İli’nden topladıkları polifloral arı poleni örneğinin %95 etanol (1,5:10) ile hazırladıkları polen ekstraktının toplam fenolik madde miktarını, $173,52 \pm 1,87$ mg GAE/g olarak belirlemişlerdir. Bu değer bizim çalışmamızda *Papaver somniferum* arı poleni için bulunan değerden çok daha yüksektir.

Mărgăoan vd. (2021), Romanya ve Türkiye’nin Marmara ve Karadeniz Bölgesi’nden topladıkları arı poleni örneklerinin metanol ile hazırladıkları ekstraktların antioksidan aktivitelerini analiz etmişlerdir. Örneklerin toplam fenolik madde içeriğinin 16,40-41,7 mg GAE/g olarak belirlemişlerdir. *Papaver somniferum* arı polenlerinin toplam fenolik madde içeriği en yüksek $16,84 \pm 2,24$ mg GAE/g olarak bulunmuştur. DPPH’nin ise 2,93-9,64 mmol TE/g arasında değiştiği belirlenmiştir.

Temizer vd. (2021), Erzurum, Giresun, Bingöl ve Fethiye’den topladıkları 10 adet arı poleninin palinolojik analizleri sonucunda, bir adet monofloral, dokuz adet polifloral arı poleninin toplam fenolik madde miktarının 271,42-601,85 mg GAE/100g, DPPH miktarını 22,19-23,78 µg/mL, ABTS miktarını 6,5-78,40 µg/mL olarak belirlemişlerdir. Arı polenlerinin toplam fenolik madde miktarı, *Papaver somniferum* arı polenlerinde daha düşüktür.

Çobanoğlu vd. (2023), Bingöl’den topladıkları iki monofloral *Verbascum* sp., altı polifloral arı poleni örneklerinde yaptıkları antioksidan aktivite çalışmalarında arı poleni örneklerinin toplam fenolik madde miktarının 386,59-743,73 mgGAE/100 g arasında değiştiğini, DPPH ve ABTS sonuçlarına göre de arı poleni örneklerinin yüksek antioksidan aktivite gösterdiğini bildirmişlerdir. *Papaver somniferum* arı poleni örneklerinin toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktiviteleri yüksektir.

Saroğlu vd. (2023), Bayburt’un Merkez, Aydıntepe ve Demirözü ilçelerinden üçer adet arı poleni örneği toplamışlar, arı polenlerinin total fenolik madde miktarını 547,64 ve 769,4 mg GAE/100 g olarak bulmuşlardır. Bu değerler, *Papaver somniferum* arı poleni örneklerinin toplam fenolik madde miktarı değerlerinden genel olarak daha düşüktür.

Mutlu ve Erbaş (2023), Türkiye’nin yedi farklı coğrafik bölgesinden toplanan 50 farklı monofloral ve polifloral arı poleni örneklerinin toplam fenolik madde içeriğini 338,15 ile 2857,77 mg GAE/100 g arasında değiştiğini ortaya koymuştur. Bizim çalışmamızda *Papaver somniferum* arı polenlerinin toplam fenolik madde değerleri bu değerler arasında bulunmuştur.

Sen vd. (2024), Türkiye ve Slovenya’dan topladıkları, *Castanea* sp., *Salix* sp. ve *Quercus* sp.’nin arı poleni örneklerinin antioksidan aktivitelerini, DPPH, FRAP, ABTS ve CUPRAC testleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Yapılan analizlere göre en yüksek DPPH aktivitesi $46,37 \pm 0,55$ mg TE/g ekstarkt *Castanea sativa* arı poleninde, en yüksek ABTS aktivitesi $154,65 \pm 2,06$ mg TE/g ekstrakt yine *Castanea sativa* arı poleninde bulunmuştur.

En düşük DPPH ve ABTS aktivitesi ise sırası ile $8,88 \pm 0,60$ mg TE/g ve $47,66 \pm 1,56$ mg TE/g olarak *Salix* sp. arı poleninde bulunmuştur. Bizim çalışmamızda en yüksek DPPH ve ABTS aktivitesi sırası ile 13,38; 41,97 mg TE/g olarak bulunmuş, en düşük DPPH ve ABTS değerleri ise sırası ile 10,32-24,48 aralığında değişmektedir.

Kostic vd. (2023), Sırbistan Belgrad'da üretilen *Papaver rhoeas* (gelincik) arı poleninin antioksidan aktivitesini incelemiş, arı poleninin %80 metanol ile hazırlanan ekstraktının toplam fenolik madde miktarını 11,6 mg/g GAE, DPPH • $16,71 \pm 0,87$ μ mol/g TE olarak saptamıştır. Bu değerler, *Papaver somniferum* için bulunan değerler ile benzemektedir.

Végh vd. (2023), Orta ve Doğu Avrupa kökenli farklı botanik kaynaklardan elde edilen monofloral ve polifloral arı poleni örneklerini antioksidan aktivite açısından kıyaslamıştır. Örneklerin, toplam fenolik içerik değerleri 9,41-27,49 mg GAE/g arasında değişmektedir. Çalışmada, monofloral *Papaver rhoeas* arı poleni örneğinin toplam fenolik içeriği $19,61 \pm 0,67$ mg GAE/ g, DPPH antioksidan aktivite $8,87 \pm 0,52$ mg TE/ g olarak bulunmuştur. Bu değer, bizim çalışmamızdaki değerler ile benzemektedir.

Çobanoğlu (2024), 11 monofloral arı poleni ile yaptığı çalışmada, monofloral iki adet *Papaver somniferum* arı poleninin %70'lik etanol ile hazırlanan ekstraktlarının toplam fenolik bileşik değerlerini $9,3 \pm 0,13$ ve $11 \pm 0,21$ olarak belirlemiştir. Bizim değerlerimiz ile *Papaver somniferum* arı polenlerinin değerleri uyuşmaktadır. *Papaver somniferum* arı poleni örneklerinin DPPH ve ABTS değerleri ise sırası ile $37,65 \pm 2,48$, $30,01 \pm 0,86$; $121,1 \pm 0,94$, $112,3 \pm 0,88$ μ mol TE/ g olarak bulunmuştur.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Afyonkarahisar, Denizli, Konya ve Kütahya illerinden toplanan *Papaver somniferum* arı poleni örneklerinin botanik kaynağı doğrulanmış ve besin bileşimi ile antioksidan kapasitesi belirlenmiştir. Analizler sonucunda, örneklerin hepsinin monofloral olduğu ve yüksek protein içeriğine (11,4-13,4 g/100 g) sahip olduğu saptanmıştır. Ayrıca, toplam fenolik madde miktarı (7,95-16,84 mg GAE/g) ve antioksidan aktivitelerinin (DPPH: 10,32-13,38 mgTE/g, ABTS: 24,48-41,97 mgTE/g) dikkate değer seviyelerde olduğu belirlenmiştir. Bu veriler, *Papaver somniferum* arı polenin fonksiyonel gıda olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir.

Türkiye’de monofloral arı polenleri üzerine yapılan çalışmalar sınırlı olup, bu alandaki bilimsel araştırmaların artırılması gerekmektedir. Özellikle:

Papaver somniferum arı polenin biyoyararlanımı ve sağlık üzerindeki etkilerinin detaylı olarak incelenmesi,

Bölgesel farklılıkların polen bileşimi ve antioksidan kapasite üzerindeki etkilerinin araştırılması,

Üretim ve standardizasyon çalışmalarının desteklenmesi ile kalite kontrol süreçlerinin geliştirilmesi,

Fonksiyonel gıda ve takviye edici gıda olarak kullanımına yönelik klinik çalışmaların gerçekleştirilmesi önerilmektedir.

Bu tür araştırmalar, *Papaver somniferum* arı polenin insan sağlığına katkılarının daha iyi anlaşılmasını sağlayacak ve ekonomik değeri yüksek bir ürün olarak değerlendirilmesine katkıda bulunacaktır.

KAYNAKLAR

Adamchuk, L. O., Ivanišová, E., Akulonok, O. I., Novytska, A. T. and Brindza, J. (2018). Papaver rhoeas l. Bee pollen. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*, 289, 120-132.

Aghaali, Z., Naghavi, M. R. and Zargar, M. (2024). Collaboration of hairy root culture and scale-up strategies for enhancing the biosynthesis of medicinal and defensive alkaloids in Papaver sp. *Current Plant Biology*, 100381.

Alimoglu, G., Guzelmeric, E., Yuksel, P. I., Celik, C., Deniz, I. and Yesilada, E. (2021). Monofloral and polyfloral bee pollens: Comparative evaluation of their phenolics and bioactivity profiles. *Lwt*, 142, 110973.

Alok, S., Jain, S. K., Verma, A., Kumar, M., Mahor, A. and Sabharwal, M. (2014). Herbal antioxidant in clinical practice: A review. *Asian Pacific journal of tropical biomedicine*, 4(1), 78-84.

Aydın, G. (2016). Farklı kurutma yöntemleri ve farklı özütleme çözümlerinin arı polenin antioksidan kapasitesi ve fenolik içeriği üzerine etkisi, Yüksek lisans tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Aylanc, V., Falcão, S. I., Ertosun, S. and Vilas-Boas, M. (2021). From the hive to the table: Nutrition value, digestibility and bioavailability of the dietary phytochemicals present in the bee pollen and bee bread. *Trends in Food Science & Technology*, 109, 464-481.

Bakour, M., Laaroussi, H., Ousaid, D., Menyiy, N. E., Hano, C. and Lyoussi, B. (2023). Bee pollen as functional food: insights into its composition and therapeutic properties. *Antioxidants*, 12(3), 557.

Baky, M. H., Abouelela, M. B., Wang, K. and Farag, M. A. (2023). Bee pollen and bread as a super-food: a comparative review of their metabolome composition and quality assessment in the context of best recovery conditions. *Molecules*, 28(2), 715.

Baros, S., Karsayová, M., Jomová, K., Gáspár, A. and Valko, M. (2012). Free radical scavenging capacity of Papaver somniferum L. and determination of pharmacologically active alkaloids using capillary electrophoresis. *The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 1, 725.

Barth, O. M., Freitas, A. S., Oliveira, É. S., Silva, R. A., Maester, F. M., Andrella, R. R. and Cardozo, G. M. (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.

Bay, V., Topal, E., Çakıcı, N., Yıldızdal, İ. and Tosunoglu, A. (2021). Palynological analyses, chemical and mineral composition of some honeybee pollen pellets. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 21(2), 187-197.

Bi, Y. X., Zielinska, S., Ni, J. B., Li, X. X., Xue, X. F., Tian, W. L., ... and Fang, X. M. (2022). Effects of hot-air drying temperature on drying characteristics and color deterioration of rape bee pollen. *Food Chemistry*: X, 16, 100464.

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

Brawn, C. A. (1960). *Palynological Techniques: Baton Rouge, La.*, p:188.

Butnariu, M., Quispe, C., Herrera-Bravo, J., Pentea, M., Sarac, I., Küşümler, A. S. and Cho, W. C. (2022). Papaver plants: current insights on phytochemical and nutritional composition along with biotechnological applications. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2022(1), 2041769.

Campos, M. G., Bogdanov, S., de Almeida-Muradian, L. B., Szczesna, T., Mancebo, Y., Frigerio, C. and Ferreira, F. (2008). Pollen composition and standardisation of analytical methods. *Journal of Apicultural Research*, 47(2), 154-161.

Chase, M. W., Christenhusz, M. J., Fay, M. F., Byng, J. W., Judd, W. S., ... and Stevens, P. F. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical journal of the Linnean Society*, 181(1), 1-20.

Christenhusz, M. J., Fay, M. F. and Chase, M. W. (2020). Plants of the world: an illustrated encyclopedia of vascular plants. *University of Chicago Press*.

Castiglioni, S., Astolfi, P., Conti, C., Monaci, E., Stefano, M. and Carloni, P. (2019). Morphological, physicochemical and FTIR spectroscopic properties of bee pollen loads from different botanical origin. *Molecules*, 24(21), 3974.

Çobanoğlu, D. N. (2024). Palynological, Protein and Phenolic Profiling of Bee Pollen from Mersin: An Investigation. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 8(2), 461-473.

Çobanoğlu, D. N., Kizilpınar Temizer, İ., Candan, E. D., Yolcu, U. and Güder, A. (2023). Evaluation of the nutritional value of bee pollen by palynological, antioxidant, antimicrobial and elemental characteristics. *European Food Research and Technology*, 249(2), 307-325.

Çobanoğlu, D. N. (2024). Assessing monofloral bee pollens from Türkiye: Palynological verification, phenolic profile and antioxidant activity. *Journal of Food Science*, 89(3), 1711-1726.

Denisow, B. and Denisow-Pietrzyk, M. (2016). Biological and therapeutic properties of bee pollen: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(13), 4303-4309.

Dimou, M., Tananaki, C., Liolios, V. and Thrasyvoulou, A. (2014). Pollen foraging by honey bees (*Apis mellifera* L.) in Greece: botanical and geographical origin. *Journal of Apicultural Science*, 58(2), 11-23.

Dittbrenner, A., Mock, H. P., Börner, A. and Lohwasser, U. (2012). Variability of alkaloid content in *Papaver somniferum* L. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 82(2), 103-107.

Dolezal, A. G. and Toth, A. L. (2018). Feedbacks between nutrition and disease in honey bee health. *Current opinion in insect science*, 26, 114-119.

Ecem Bayram, N. (2021). Vitamin, mineral, polyphenol, amino acid profile of bee pollen from *Rhododendron ponticum* (source of “mad honey”): nutritional and palynological approach. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(3), 2659-2666.

Egan, P. (2011). *Papaveraceae. Royal Botanic Garden Edinburgh.*

El Ghouizi, A., Bakour, M., Laaroussi, H., Ousaaïd, D., El Menyiy, N., Hano, C. and Lyoussi, B. (2023). Bee pollen as functional food: Insights into its composition and therapeutic properties. *Antioxidants*, 12(3), 557.

Estevinho, L., Rodrigues, S., Pereira, A. and Feás, X. (2011). Portuguese bee pollen: palynological study, nutritional and microbiological evaluation. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(2), 429-435.

Gardana, C., Del Bo, C., Quicazán, M. C., Correa, A. R. and Simonetti, P. (2018). Nutrients, phytochemicals and botanical origin of commercial bee pollen from different geographical areas. *Journal of Food Composition and Analysis*, 73, 29-38.

Gerçek, Y. C., Celik, S. and Bayram, S. (2021). Screening of plant pollen sources, polyphenolic compounds, fatty acids and antioxidant/antimicrobial activity from bee pollen. *Molecules*, 27(1), 117.

Greenthal, E., Lurie, P. and Doyon, S. (2021). Opioid exposure associated with poppy consumption reported to poison control centers and the u.s. food and drug administration. *Clinical Toxicology*, 59(8), 746-755.

Guner A, Aslan S, Ekim T, Vural M and Babac M T (2012). Turkey Plant List (Vascular Plants). *Nezahat Gokyigit Botanical Garden and Flora Research Association Publication*. ISBN 978-605-60425-7-7, İstanbul

Hsu, P., Wu, T., Huang, M., Wang, D. and Wu, M. (2021). Nutritive value of 11 bee pollen samples from major floral sources in taiwan. *Foods*, 10(9), 2229.

Isik, A., Özdemir, M. and Doymaz, İ. (2019). Effect of hot air drying on quality characteristics and physicochemical properties of bee pollen. *Food Science and Technology*, 39(1), 224-231.

Jeannerod, L., Carlier, A., Schatz, B., Daise, C., Richel, A., Agnan, Y., ... and Jacquemart, A. (2022). Some bee-pollinated plants provide nutritionally incomplete pollen amino acid resources to their pollinators. *Plos One*, 17(8), e0269992.

Jafaar, H., Isbilen, O., Volkan, E. and Sarıyar, G. (2021). Alkaloid profiling and antimicrobial activities of papaver glaucum and p. decaisnei. *BMC Research Notes*, 14(1).

Kayacan, S., Sagdic, O. and Doymaz, I. (2018). Effects of hot-air and vacuum drying on drying kinetics, bioactive compounds and color of bee pollen. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12, 1274-1283.,

Kıvanç, M., Yapıcı, E. (2015). Kefir as a Probiotic Dairy Beverage: Determination Lactic Acid Bacteria and Yeast. *ETP International Journal of Food Engineering*, 1(1), 55–60.

Kizilpınar Temizer, I., Guder, A., Candan, E. D. and Yolcu, U. (2022). Antioxidant properties, element contents and antimicrobial activities of bee pollen collected by *Apis mellifera* L. in Türkiye. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 20(4), e0506-e0506.

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

Kolaylı, S., Birinci, C., Kanbur, E. D., Ucurum, O., Kara, Y. and Takma, C. (2024). Comparison of biochemical and nutritional properties of bee pollen samples according to botanical differences. *European Food Research and Technology*, 250(3), 799-810.

Kostić, A. Ž., Milinčić, D. D., Špirović Trifunović, B., Nedić, N., Gašić, U. M., Tešić, Ž. L., ... and Pešić, M. B. (2023). Monofloral corn poppy bee-collected pollen—a detailed insight into its phytochemical composition and antioxidant properties. *Antioxidants*, 12(7), 1424.

Kundráťová, K., Bartas, M., Pečínka, P., Hejna, O., Rychlá, A., Čurn, V., ... and Červeň, J. (2021). Transcriptomic and proteomic analysis of drought stress response in opium poppy plants during the first week of germination. *Plants*, 10(9), 1878.

Labanca, F., Ovesna, J. and Milella, L. (2018). *Papaver somniferum* L. taxonomy, uses and new insight in poppy alkaloid pathways. *Phytochemistry reviews*, 17, 853-871.

Li, F., Guo, S., Zhang, S., Peng, S., Cao, W., Ho, C., ...and Bai, N. (2019). Bioactive constituents of *f. esculentum* bee pollen and quantitative analysis of samples collected from seven areas by hplc. *Molecules*, 24(15), 2705.

Lu, P., Takiguchi, S., Honda, Y., Lu, Y., Mitsui, T., Kato, S., ... and Nagata, K. (2022). NMR and HPLC profiling of bee pollen products from different countries. *Food Chemistry: Molecular Sciences*, 5, 100119.

Luo, X., Zhou, D., Yang, G., Xu, J., Luo, Y., Li, R. and Wang, S. (2024). Development of radio frequency drying protocols for preserving the color and fragrance of lotus bee pollen. *Food Control*, 166, 110696.

Manju, V., Revathi R, Murugesan M. (2011). In vitro Antioxidant, Antimicrobial, Anti-inflammatory, Anthelmintic Activity and Phytochemical Analysis of Indian Medicinal Spices. *Research Journal of Pharmacy and Technology* 4(4), 596-99

Mayda, N., Özkök, A., Ecem Bayram, N., Gerçek, Y. C. and Sorkun, K. (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.

Mohsin, H. F., Wahab, I. A., Nasir, N. I. M., Zulkefli, N. H. and Nasir, N. I. (2012). The chemical investigation of papaver seeds. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 2(4), 309.

Mărgăoan, R., Özkök, A., Keskin, Ş., Mayda, N., Urcan, A. C. and Cornea Cipcigan, M. (2021). Bee collected pollen as a value-added product rich in bioactive compounds and unsaturated fatty acids: A comparative study from Turkey and Romania. *Lwt*, 149, 111925.

Mutlu, C. and Erbas, M. (2023). Turkish bee pollen: Composition, regional discrimination and polyphenol bioaccessibility. *Food Bioscience*, 53, 102805.

Mutlu, C., Candal-Uslu, C., Özkök, A., Koç, A., Özhanlı, H., Akdeniz, G., ... and Erbaş, M. (2024). Comprehensive analysis of botanical origin and amino acid composition of bee pollen samples from various regions of Turkey. *Journal of Apicultural Research*, 1-9.

Nascimento, A. M. C. B. and Luz, G. E. (2018). Bee pollen properties: uses and potential pharmacological applications-a review. *Journal of Analytical and Amp; Pharmaceutical Research*, 7(5).

Ngernsaengsaruy, C., Leksungnoen, N., Chanton, P., Andriyas, T., Thaweekun, P., Rueansri, S., ... and Hauyluek, W. (2023). Morphology, taxonomy, anatomy and palynology of the opium poppy (*Papaver somniferum* L.) cultivation in Northern Thailand. *Plants*, 12(11), 2105.

Nicolson, S. W. (2011). Bee food: the chemistry and nutritional value of nectar, pollen and mixtures of the two. *African Zoology*, 46(2), 197-204.

Plants of the World Online . Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Available Accessed on 15 March 2023 <http://www.plantsoftheworldonline.org> .

Prđun, S., Svečnjak, L., Valentić, M., Marijanović, Z. and Jerković, I. (2021). Characterization of bee pollen: physico-chemical properties, headspace composition and ftir spectral profiles. *Foods*, 10(9), 2103.

Oroian, M., Dranca, F. and Ursachi, F. (2022). Characterization of romanian bee pollen—an important nutritional source. *Foods*, 11(17), 2633.

Qian, W. L., Khan, Z., Watson, D. G. and Fearnley, J. (2008). Analysis of sugars in bee pollen and propolis by ligand exchange chromatography in combination with pulsed amperometric detection and mass spectrometry. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21(1), 78-83.

Özkök, A., Çakıroğulları, G. Ç., Sorkun, K., Yağlı, H. G., Alsan, İ. and Bektaş, B. (2018). Dioxin analysis of bee pollen pellets collected by *Apis Mellifera* L. rural area of Turkey. *J Apic Sci. Journal of Apicultural Science*, 62, 79-88

Rajs, B. B., Primorac, L., Gal, K., Bubalo, D., Prđun, S., Flanjak, I., ... and Strossmayer, J. J. (2022). Influence of botanical origin on phenolic content and antioxidant capacity of monofloral bee pollen. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 21(2), 213-222.

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice Evans, C. (1999). “Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay”. *Free Radical Biology And Medicine*, 26(9-10), 1231-1237.

Rodríguez Flores, M. S., Escuredo, O., Seijo, M. C., Rojo, S., Vilas Boas, M. and Falcão, S. I. (2023). Phenolic profile of castanea bee pollen from the northwest of the iberian peninsula. *Separations*, 10(4), 270.

Sen, N. B., Vovk, I., Kirmızibekmez, H. and Guzelmeric, E. (2024). Phytochemical and Bioactivity Evaluation of Bee Pollen and Androecia of Castanea, Salix and Quercus Species. *Antioxidants*, 14(1), 40.

Sharopov, F., Valiev, A., Gulmurodov, I., Sobeh, M., Satyal, P. and Wink, M. (2018). Alkaloid content, antioxidant and cytotoxic activities of various parts of *Papaver somniferum*. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 52, 459-463.

Saroğlu, Ö., Ecem Bayram, N. and Özçelik, B. (2023). Comparison of bioactive constituents by HPLC–DAD–ESI-MS and UFLC and in vitro antioxidant activities of blossom honey, bee pollen and propolis. *European Food Research and Technology*, 249(12), 3085-3096.

Silva, G., Natividade, T., Câmara, C., Silva, E., Santos, F. and Silva, T. (2014). Identification of sugar, amino acids and minerals from the pollen of janda and amp;#237;ra stingless bees (and amp;lt;I and amp;gt;melipona subnitidaandamp;lt;/iandamp;gt;). *Food and Nutrition Sciences*, 05(11), 1015-1021.

Sorkun, K. ve İnceoğlu, Ö. (1984). İç Anadolu bölgesi ballarında polen analizi, *Doğa bilim Dergisi*, A2,8, 2, 222-228.

Şahin, S. and Karkar, B. (2019). The antioxidant properties of the chestnut bee pollen extract and its preventive action against oxidatively induced damage in dna bases. *Journal of Food Biochemistry*, 43(7).

Slinkard, K. and Singleton, V. L. (1977). "Total Phenol Analysis: Automation and Comparison with Manual Methods". *American Journal of Enology and Viticulture*, 28(1), 49-55.

Tan, A. O. (2008). Food and Morality: The Poppy, Potent yet Frail, Proceedings of the Oxford Symposium on Food and Cookery 2007, Devon, Prospects Books, 20 Aug 2008 pp. 279-287

Kizilpinar Temizer, İ. (2023). Diversity in bee pollen from three phytogeographical regions in Turkey. *Grana*, 62(5-6), 331-341.

Thakur, M. and Nanda, V. (2020). Composition and functionality of bee pollen: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 98, 82-106.

Tutun, H., Kaya, M. M., Usluer, M. S. and Kahraman, H. A. (2021). Bee pollen: its antioxidant activity. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 21(1), 119-131.

Tüylü, A. Ö. and Sorkun, K. (2007). The investigation of morphologic analysis of pollen grains which are economically important and collected by *Apis mellifera* L. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 35(1), 31-38.

Wang, Q., Wang, C., Wu, H., Zhao, C., Teng, G., Yan, Y., ... and Zhu, H. (2022). A two-stage low-altitude remote sensing papaver somniferum image detection system based on yolov5s+densenet121. *Remote Sensing*, 14(8), 1834.

Weinman, L. (2023). Individual bee foragers are less-efficient transporters of pollen for plants from which they collect the most pollen in their scopae. *American Journal of Botany*, 110(6).

Wijekoon, C. P. and Facchini, P. J. (2012). Systematic knockdown of morphine pathway enzymes in opium poppy using virus-induced gene silencing. *The Plant Journal*, 69(6), 1052-1063.

Wink, M. and Roberts, M. F. (Eds.). (1998). Alkaloids: biochemistry, ecology and medicinal applications. Plenum Press.

Végh, R., Csóka, M., Sörös, C. and Sipos, L. (2021). Food safety hazards of bee pollen—A review. *Trends in Food Science and Technology*, 114, 490-509.

Végh, R., Sipiczki, G. and Csóka, M. (2023). Investigating the Antioxidant and Color Properties of Bee Pollens of Various Plant Sources. *Chemistry and Biodiversity*, 20(7), e202300126.

Yang, K., Wu, D., Ye, X., Liu, D., Chen, S. and Sun, P. (2013). Characterization of chemical composition of bee pollen in china. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(3), 708-718. <https://doi.org/10.1021/jf304056b>

Yazici, L. (2022). Influence of different sowing times on yield and biochemical characteristics of different opium poppy (*Papaver somniferum* L.) genotypes. *Journal of King Saud University-Science*, 34(8), 102337.

Yazici, L. and Yılmaz, G. (2021). Investigation of alkaloids in opium poppy (*Papaver somniferum* L.) varieties and hybrids. *Journal of Agricultural Sciences*, 27(1), 62-68.

Yazıcı, L and Yılmaz, G. (2017). Haşhaş (*Papaver somniferum* L.) Yarım Diallel Melez Kombinasyonlarında Melezleme Başarısı ve Melez Tohum Verimlerinin Belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26, 155-160.

Zhang, H., Lu, Q. and Liu, R. (2022). Widely targeted metabolomics analysis reveals the effect of fermentation on the chemical composition of bee pollen. *Food Chemistry*, 375, 131908.

Zuluaga Domínguez, C., Serrato Bermudez, J. and Quicazán, M. (2018). Influence of drying-related operations on microbiological, structural and physicochemical aspects for processing of bee-pollen. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 11(2), 57-64.