

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

**FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİ VE FARKLI ÖZÜTLEME  
ÇÖZGENLERİNİN ARI POLENİNİN ANTIOKSİDAN  
KAPASİTESİ VE FENOLİK İÇERİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ**

**GÜLŞAH AYDIN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ORDU 2016**

## TEZ ONAY

Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Gülşah AYDIN tarafından hazırlanan ve Yrd. Doç. Dr. Bekir Gökçen MAZI danışmanlığında yürütülen “Farklı Kurutma Yöntemleri ve Farklı Özütleme Çözgenlerinin Arı Poleninin Antioksidan Kapasitesi ve Fenolik İçeriği Üzerine Etkisi” adlı bu tez, jürimiz tarafından 01/09/2016 tarihinde oy birliği ile Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Bekir Gökçen MAZI

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Bekir Gökçen MAZI  
: Gıda Mühendisliği,  
Ordu Üniversitesi

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Erkan KARACABEY  
: Gıda Mühendisliği,  
Süleyman Demirel Üniversitesi

İmza :

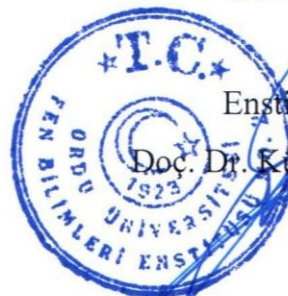
Üye : Yrd. Doç. Dr. Hasan TÜRE  
: Gıda Mühendisliği,  
Ordu Üniversitesi

İmza :

ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun..08./09/2016 tarih ve ..2016/4!!...sayılı kararı ile onaylanmıştır.

09./09/2016..



Enstitü Müdürü

Doç. Dr. Korkut KORKMAZ

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.



Gülşah AYDIN

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

## ÖZET

### FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİ VE FARKLI ÖZÜTLEME ÇÖZGENLERİNİN ARI POLENİNİN ANTIOKSİDAN KAPASİTESİ VE FENOLİK İÇERİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ

**Gülşah AYDIN**

Ordu Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 2016  
Yüksek Lisans Tezi, 77s.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Bekir Gökçen MAZI

Bu çalışmada farklı kurutma yöntemlerinin arı polenin antioksidan kapasitesi ve fenolik içeriği üzerine etkisi incelenmiştir. Araştırmada kullanılan polen Antalya Merkez ve çevre ilçelerinden toplanan polifloral arı polenidir. Arı polenin kurutulmasında tepsili kurutucu, vakum etüv ve liyofilizatör kullanılmıştır. Taze arı poleni ve kurutulmuş arı poleni örneklerinin nem, protein, yağ, C vitamini içerikleri, pH ve fenolik bileşen profili belirlenmiştir. Arı polenin toplam fenolik ve antioksidan kapasitesinin belirlenmesinde kullanılan özütleme çözümlerinin (metanol, etanol, aseton ve su) etkisi de araştırılmıştır. Taze ve kurutulmuş arı poleni ekstraktlarının antioksidan kapasitesi (DPPH<sup>+</sup> radikalini süpürme aktivitesi (DPPH), Demir (III) indirgeme antioksidan kapasitesi (FRAP)) ve toplam fenolik madde içeriği (TFM) belirlenmiştir.

Arı polenleri kurutulduğu zaman C vitamini miktarlarında düşüş gözlenmiş ve en az C vitamini miktarı vakum etüvde kurutulmuş arı polenlerinde  $248.392 \pm 4.021$  mg/kg kuru polen olarak bulunmuştur. Kurutulmuş arı poleni metanolik ekstraktlarının 4.27 ila 8.44 mg GAE/g kuru polen aralığında toplam fenolik maddeye ve 74.04 ila 94.77 TEAC/g kuru polen aralığında antioksidan kapasiteye sahip olduğu tespit edilmiştir. DPPH<sup>+</sup> analizlerinde ise en yüksek aktivite etanol çözgeni kullanılan arı poleni ekstraktlarında gözlenmiş ve sonuçlar IC<sub>50</sub> değeri olarak 2.64-3.06 mg/ml aralığında bulunmuştur. FRAP analizlerinde metanol çözgeniyle hazırlanan ekstraktlarının, DPPH analizlerinde ise etanol çözgeniyle hazırlanan ekstraktların daha yüksek aktivite gösterdiği sonucuna varılmıştır. Taze ve kurutulmuş arı polenlerindeki fenolik bileşen miktarının gallik asit ve klorojenik asit cinsinden sırasıyla 12.22-14.11 mg GAE/g kuru polen ve 25.87-29.83 mg KAE/g kuru polen aralığında olduğu tespit edilmiştir. Taze ve kurutulmuş örneklerin fenolik bileşen miktarları arasında önemli bir farkın bulunmadığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Polen, kurutma, özütleme, antioksidan kapasite, fenolik bileşen

## ABSTRACT

### EFFECT OF DIFFERENT DRYING METHODS AND DIFFERENT EXTRACTION SOLVENTS ON ANTIOXIDANT ACTIVITY AND PHENOLIC CONTENT OF BEE POLLEN

Gülşah AYDIN

University of Ordu  
Institute for Graduate Studies in Science and Technology  
Department of Food Engineering, 2016  
MSc. Thesis, 77p.

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Bekir Gökçen MAZI

In this study, effect of drying methods on antioxidant capacity and phenolic content of bee-pollen were investigated. Pollen used in this research was polyfloral bee pollen collected from center and nearby cities of Antalya. Tray dryer, vacuum oven and freeze dryer were used for drying of bee pollen. Moisture, protein, fat, vitamin C contents, pH and phenolic compound profiles of fresh and dried bee pollen samples were determined. Effects of extraction solvents (methanol, ethanol, acetone and water) on the total phenolic content and antioxidant capacity of dried bee pollen were also investigated. Antioxidant capacity (DPPH<sup>+</sup> radical scavenging activity (DPPH), ferric reducing antioxidant power (FRAP)) and total phenolic content of the extracts of fresh and dried bee pollen samples were determined.

A decrease was observed in vitamin C content of bee pollen when it is dried and the lowest vitamin C content was found in bee pollen dried in vacuum oven as  $248.392 \pm 4.021$  mg/kg dried pollen. It was determined that methanolic extract of dried bee pollens have total phenolic content (TFC) ranging from 4.27 to 8.44 mg GAE/g dry pollen and antioxidant capacity ranging from 74.04 to 94.77 TEAC/g dried pollen. In DPPH<sup>+</sup> assay, the highest antioxidant activity with IC<sub>50</sub> value ranging from 2.64 to 3.06 mg/ml was observed in bee pollen extracts obtained by using ethanol as solvent. It was concluded that extracts obtained by using methanol as solvent showed higher activity in FRAP analysis while extracts obtained by using ethanol as solvent showed higher activity in DPPH analysis. It was determined that amount of phenolic compounds in fresh and dried bee pollen samples ranged between 12.22 and 14.11 mg GAE/g dried pollen in terms of gallic acid and between 25.87 and 29.83 mg CAE/g dried pollen in terms of chlorogenic acid. It was seen that, there was not significant difference between amount of phenolic compounds of fresh and dried bee pollen samples. It was seen that, there was not significant difference between amount of phenolic compounds of fresh and dried bee pollen samples.

**Keywords:** Pollen, drying, extraction, antioxidant capacity, phenolic content

## TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesi, çalışmalarımın yürütülmesi ve yazımı esnasında hem çalışmalarından hem de bilgilerinden faydalandığım, yüksek lisans tezimin her aşamasında yardım ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Bekir Gökçen MAZI'ya en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, desteğini esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Işıl BARUTÇU MAZI'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Laboratuar çalışmalarında imkan dahilinde bana yardım ve desteklerinden dolayı Ordu Arıcılık Araştırma Enstitüsü Müdürü Sayın Feyzullah KONAK ve Müdür Yardımcısı Sayın Mehmet YILMAZ'a, Gıda Teknolojisi ve Apiterapi Bölüm Başkanı Sayın Gıda Yüksek Mühendisi Fazıl GÜNEY'e, bu süre içerisinde bilgilerini ve tecrübelerini benimle paylaşan Gıda Yüksek Mühendisi Neslihan ÇAKICI'ya, Gıda Yüksek Mühendisi Nurten TÜRKARSLAN'a ve Gıda Mühendisi Serdar MEHMETOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim.

Analiz aşamasındaki her türlü yardımları ve destekleri için Elvin YOLDAŞ, Berna GÜNAY ve tüm Ordu Arıcılık Araştırma Enstitüsü laboratuar çalışanlarına teşekkür ederim.

Laboratuar çalışmaları esnasındaki yardımları ve desteği için Yeliz KANAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca her anımda yanımda hissettiğim babam Tahsin AYDIN'a, maddi ve manevi destekleriyle her zaman destek olan annem Gülizar AYDIN ve abim Soner AYDIN olmak üzere tüm aileme, bana gösterdikleri sevgi, sabır ve güven için sonsuz minnetlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa</u></b>
<b>TEZ BİLDİRİMİ</b> .....	I
<b>ÖZET</b> .....	II
<b>ABSTRACT</b> .....	III
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	IV
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	V
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	VIII
<b>ÇİZELGELER LİSTESİ</b> .....	IX
<b>SİMGELER ve KISALTMALAR</b> .....	X
<b>EK LİSTESİ</b> .....	XI
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR</b> .....	8
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM</b> .....	13
3.1. Materyal.....	13
3.2. Yöntem.....	13
3.2.1. Arı Poleninin Kurutulması.....	13
3.2.1.1. Tepsili Kurutucuda Kurutma İşlemi.....	13
3.2.1.2. Vakum Etüvde Kurutma İşlemi.....	13
3.2.1.3. Dondurarak Kurutucuda Kurutma İşlemi.....	13
3.2.2. Arı Poleninde Yapılan Analiz.....	14
3.2.2.1. Nem.....	14
3.2.2.2. pH.....	14
3.2.2.3. Protein Tayini.....	14
3.2.2.4. Yağ Tayini.....	14
3.2.2.5. C Vitamini Tayini.....	15
3.2.3. Arı Poleninde Antioksidan Aktivite Tayinleri.....	15

3.2.3.1.	Demir (III) İndirgeme Antioksidan Kapasitesi (FRAP) Tayini.....	15
3.2.3.2.	DPPH <sup>+</sup> Radikali Temizleme Aktivitesi.....	16
3.2.3.3.	Toplam Fenolik Madde Tayini.....	16
3.2.4.	Arı Poleninin Fenolik İçeriğinin Belirlenmesi.....	17
3.2.5.	İstatistiksel Analizler.....	17
<b>4.</b>	<b>BULGULAR ve TARTIŞMA.....</b>	<b>19</b>
4.1.	Kimyasal Analizler.....	19
4.1.1.	Nem.....	19
4.1.2.	pH.....	20
4.1.3.	Protein Tayini.....	20
4.1.4.	Yağ Tayini.....	21
4.1.5.	C Vitamini Tayini.....	22
4.2.	Antioksidan Aktivite Tayinleri.....	23
4.2.1.	Demir (III) İndirgeme Antioksidan Kapasitesi (FRAP) Tayini.....	23
4.2.1.1.	Taze Arı Poleninin Demir (III) İndirgeme Antioksidan Kapasitesi (FRAP) Tayini.....	23
4.2.1.2.	Tepsili Kurutucuda Kurutulan Arı Poleninin Demir (III) İndirgeme Antioksidan Kapasitesi (FRAP) Tayini.....	25
4.2.1.3.	Vakum Etüvde Kurutulan Arı Poleninin Demir (III) İndirgeme Antioksidan Kapasitesi (FRAP) Tayini.....	26
4.2.1.4.	Liyofilizatörde Kurutulan Arı Poleninin Demir (III) İndirgeme Antioksidan Kapasitesi (FRAP) Tayini.....	28
4.2.2.	DPPH <sup>+</sup> Radikali Temizleme Aktivitesi.....	30
4.2.2.1.	Taze Arı Poleninin DPPH <sup>+</sup> Radikali Temizleme Aktivitesi.....	30
4.2.2.2.	Tepsili Kurutucuda Kurutulan Arı Poleninin DPPH <sup>+</sup> Radikali Temizleme Aktivitesi.....	32
4.2.2.3.	Vakum Etüvde Kurutulan Arı Poleninin DPPH <sup>+</sup> Radikali Temizleme Aktivitesi.....	34



4.2.2.4.	Liyofilizatörde Kurutulan Arı Poleninin DPPH <sup>+</sup> Radikali Temizleme Aktivitesi.....	35
4.2.3.	Toplam Fenolik Madde Miktarları.....	37
4.2.3.1.	Taze Arı Poleninin Toplam Fenolik Madde Miktarı.....	37
4.2.3.2.	Tepsili Kurutucuda Kurutulan Arı Poleninin Toplam Fenolik Madde Miktarı.....	39
4.2.3.3.	Vakum Etüvde Kurutulan Arı Poleninin Toplam Fenolik Madde Miktarı.....	40
4.2.3.4.	Liyofilizatörde Kurutulan Arı Poleninin Toplam Fenolik Madde Miktarı.....	42
4.3.	Arı Poleninin Fenolik İçeriği.....	43
<b>5.</b>	<b>SONUÇ ve ÖNERİLER.....</b>	<b>46</b>
<b>6.</b>	<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>48</b>
	EKLER.....	54
	ÖZGEÇMİŞ.....	77

## ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Şekil No</u>		<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1.	Askorbik asidin oksidasyon reaksiyonu.....	4
Şekil 1.2.	Fenolik asit grupları ve bu gruptaki başlıca bileşikler.....	5
Şekil 1.3.	Flavonoid grupları ve bu gruptaki başlıca bileşikler.....	6
Şekil 4.1.	Taze arı polenin FRAP tayini için Trolox® ile oluşturulan çalışma grafiği.....	24
Şekil 4.2.	Tepsili kurutucuda kurutulan arı polenin FRAP tayini için Trolox® ile oluşturulan çalışma grafiği.....	25
Şekil 4.3.	Vakum etüvde kurutulan arı polenin FRAP tayini için Trolox® ile oluşturulan çalışma grafiği.....	27
Şekil 4.4.	Liyofilizatörde kurutulan arı polenin FRAP tayini için Trolox® ile oluşturulan çalışma grafiği.....	28
Şekil 4.5.	Taze arı polenin DPPH <sup>+</sup> tayini için Trolox® ile oluşturulan çalışma grafiği.....	31
Şekil 4.6.	Tepsili kurutucuda kurutulan arı polenin DPPH <sup>+</sup> tayini için Trolox® ile oluşturulan çalışma grafiği.....	33
Şekil 4.7.	Vakum etüvde kurutulan arı polenin DPPH <sup>+</sup> tayini için Trolox® ile oluşturulan çalışma grafiği.....	34
Şekil 4.8.	Liyofilizatörde kurutulan arı polenin DPPH <sup>+</sup> tayini için Trolox® ile oluşturulan çalışma grafiği.....	35
Şekil 4.9.	Taze arı poleni için hazırlanan gallik asit standart grafiği.....	38
Şekil 4.10.	Tepsili kurutucuda kurutulan arı poleni için hazırlanan gallik asit standart grafiği.....	39
Şekil 4.11.	Vakum etüvde kurutulan arı poleni için hazırlanan gallik asit standart grafiği.....	41
Şekil 4.12.	Liyofilizasyonla kurutulan arı poleni için hazırlanan gallik asit standart grafiği.....	42
Şekil 4.13.	Alana göre gallik asit miktarı grafiği.....	43
Şekil 4.14.	Alana göre klorojenik asit miktarı grafiği.....	44

## ÇİZELGELER LİSTESİ

<u>Çizelge No</u>		<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1.	HPLC analizinde kullanılan gradiyent program.....	17
Çizelge 4.1.	Arı polenin nem değerleri.....	19
Çizelge 4.2.	Arı polenlerinin pH ölçümlerine ait değerler.....	20
Çizelge 4.3.	Arı polenlerinin yapısındaki protein miktarı.....	21
Çizelge 4.4.	Arı polenlerinin yapısındaki yağ miktarı.....	22
Çizelge 4.5.	Arı polenlerinin içeriğindeki C vitamini değerleri.....	22
Çizelge 4.6.	Taze arı polenin TEAC/g değerleri.....	24
Çizelge 4.7.	Tepsili kurutucuda kurutulan arı polenlerinin TEAC/g değerleri.....	26
Çizelge 4.8.	Vakum etüvde kurutulan arı polenlerinin TEAC/g değerleri.....	27
Çizelge 4.9.	Liyofilizatörde kurutulmuş arı polenlerinin TEAC/g değerleri.....	29
Çizelge 4.10.	Taze arı polenlerinin IC <sub>50</sub> değerleri.....	31
Çizelge 4.11.	Tepsili kurutucuda kurutulmuş arı polenlerinin IC <sub>50</sub> değerleri.....	33
Çizelge 4.12.	Vakum etüvde kurutulmuş arı polenlerinin IC <sub>50</sub> değerleri.....	35
Çizelge 4.13.	Liyofilizatörde kurutulmuş arı polenlerinin IC <sub>50</sub> değerleri.....	36
Çizelge 4.14.	Taze arı polenin toplam fenolik maddemiktarları.....	38
Çizelge 4.15.	Tepsili kurutucuda kurutulmuş arı polenin toplam fenolik madde miktarları.....	40
Çizelge 4.16.	Vakum etüvde kurutulmuş arı polenin toplam fenolik madde miktarları.....	41
Çizelge 4.17.	Liyofilizatörde kurutulmuş arı polenin toplam fenolik madde miktarları.....	42
Çizelge 4.18.	Kurutma yöntemlerine göre fenolik bileşenlerin miktarları.....	44

## SİMGELER ve KISALTMALAR

<b>ABTS</b>	:	2, 2-azinobis (3-etilbenzotiazolin-sülfonik asit)
<b>APCI/MS</b>	:	Atmosferik Basınç Kimyasal İyonizasyon / Kütle Spektrometresi
<b>BHA</b>	:	Bütillendirilmiş hidroksianisol
<b>BHT</b>	:	Bütillendirilmiş hidroksitoluen
<b>CUPRAC</b>	:	Bakır (II) İyonu İndirgeyici Antioksidan Kapasite
<b>DPPH</b>	:	2, 2-difenil-1-pikrilhidrazil
<b>ED<sub>50</sub></b>	:	Ortamdaki DPPH <sup>+</sup> 'ın %50'sini inhibe eden konsantrasyon
<b>ESR</b>	:	Elektron Spin Rezonans Spektroskopisi
<b>FRAP</b>	:	Demir (III) İndirgeme Antioksidan Kapasitesi
<b>g</b>	:	Gram
<b>GAE</b>	:	Gallik Asit Eşdeğeri
<b>HPLC</b>	:	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
<b>IC<sub>50</sub></b>	:	%50 İnhibisyon Değeri
<b>mg</b>	:	Miligram
<b>mM</b>	:	Milimol
<b>ml</b>	:	Mililitre
<b>nm</b>	:	Nanometre
<b>ORAC</b>	:	Oksijen Radikal Absorbans Kapasitesi
<b>PG</b>	:	Propil Gallat
<b>SC<sub>50</sub></b>	:	DPPH <sup>+</sup> radikali süpürme aktivitesi değeri
<b>TEAC</b>	:	Trolox <sup>®</sup> eşdeğeri antioksidan kapasite
<b>TEAP</b>	:	Trolox <sup>®</sup> eşdeğeri antioksidan güç
<b>TFM</b>	:	Toplam fenolik madde
<b>Trolox<sup>®</sup></b>	:	6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit
<b>µl</b>	:	Mikrolitre

## EK LİSTESİ

<b><u>EK No</u></b>		<b><u>Sayfa</u></b>
<b>EK 1.</b>	Farklı kurutma işlemleri uygulanmış arı polenlerinde nem analizi sonuçlarına ait ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi tabloları.....	54
<b>EK 2.</b>	Farklı kurutma işlemleri uygulanmış arı polenlerinde pH analizi sonuçlarına ait ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi tabloları.....	55
<b>EK 3.</b>	Farklı kurutma işlemleri uygulanmış arı polenlerinde protein analizi sonuçlarına ait ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi tabloları.....	56
<b>EK 4.</b>	Farklı kurutma işlemleri uygulanmış arı polenlerinde yağ analizi sonuçlarına ait ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi tabloları.....	57
<b>EK 5.</b>	Farklı kurutma işlemleri uygulanmış arı polenlerinde vitamin C sonuçlarına ait ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi tabloları.....	58
<b>EK 6.</b>	Farklı kurutma işlemleri uygulanmış arı polenlerinde toplam fenolik madde miktarı analizi sonuçlarına ait ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi tabloları.....	59
<b>EK 7.</b>	Farklı kurutma işlemleri uygulanmış arı polenlerinde DPPH <sup>+</sup> radikalini temizleme aktivitesi analizi sonuçlarına ait çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	64
<b>EK 8.</b>	Farklı kurutma işlemleri uygulanmış arı polenlerinde Demir (III) indirgeme antioksidan kapasitesi (FRAP) analizi sonuçlarına ait çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	69
<b>EK 9.</b>	Taze polen ve farklı kurutma yöntemleriyle kurutulan arı polenlerinin fenolik bileşenlerinin gallik asit eşdeğeri cinsinden sonuçlarına ait ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi tabloları.....	74
<b>EK 10.</b>	Taze polen ve farklı kurutma yöntemleriyle kurutulan arı polenlerinin fenolik bileşenlerinin klorojenik asit eşdeğeri cinsinden sonuçlarına ait ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi tabloları.....	75
<b>EK 11.</b>	Taze arı polenin HPLC kromatogramı.....	76
<b>EK 12.</b>	Tepsili kurutucuda kurutulmuş arı polenin HPLC kromatogramı.....	76
<b>EK 13.</b>	Vakum etüvde kurutulmuş arı polenin HPLC kromatogramı.....	76
<b>EK 14.</b>	Liyofilizatörde kurutulmuş arı polenin HPLC kromatogramı.....	76

## 1. GİRİŞ

Arı poleni; bal arıları (*Apis Mellifera*) tarafından toplanarak elde edilen bir arı kovanı ürünüdür (Mărgăoan ve ark., 2010). Arı poleni, bal arılarının yaşamları için ve yavrularının beslenmeleri için gerekli olan proteini karşılamakla beraber insan beslenmesinde de kansızlığı azaltıcı, büyümeyi hızlandırıcı, metabolizma etkinliklerini düzenleyici ve yorgunluğu giderici gibi birçok etkiye sahiptir. Arı polenin besinsel bileşiminde bulunan; A, B kompleks, C ve E vitaminleri, K, Na, Ca, Mg, S, Si, Cu, I, Fe, Mn, Ni, Cl, P, Ti, B, Zn minerallerinden çoğu insanlar için elzemdir (Korkmaz, 2015). Karbonhidratlar, proteinler, amino asitler, lipidler, vitaminler, mineraller ve iz elementleri zengin olarak içerdiğinden bir gıda takviyesi olarak kullanılır (Isidorov ve ark., 2009).

Arı poleni rengi, şekli ve içeriği bitki türlerine, toplandığı bölgenin coğrafik özelliklerine ve üretim tekniklerine bağlı olarak değişmektedir. Genel ortalama olarak polenin kimyasal kompozisyonu; % 35 karbonhidrat, % 20 protein, % 20 su, % 5 lipid, % 20 civarında diğer maddeler içermektedir. Diğer maddeler içeriği ise demir, fosfor, kalsiyum, bakır, niasin, folik asit, C vitamini, karotenler ve riboflavinden oluşur.

İnsanlar arı polenlerini, yüzyıllardır çok farklı yöntemlerle toplamışlardır. Bu yöntemler; polenli petekleri kovandan ayrılması ve depolanması, eski peteklerin içerisinde bulunan polenlerin (arı ekmeği) çıkartılması veya çiçeklere hafif dokunuşlarla polenlerin silkelmesini sağlayarak kağıt üzerinde toplanması gibi uygulamalardır (Tutkun, 2011). Polenin kovan içerisinde biriktirilmesi ise, işçi arının arka ayaklarındaki poleni, kovan girişine ve kovan gövdeleri arasında yerleştirilen değişik şekillerde uygulanan, yuvarlak şekilde delikli ızgara sistemli tuzaklarda düşürmesiyle gerçekleştirilir.

Taze arı polenlerinin birkaç hafta boyunca oda sıcaklığında depolandığında herhangi bir işleme tabii tutulmasa da besinsel değerlerini kaybettiği görülmüştür (Tutkun, 2011). Arı polenlerinin uygun olmayan koşullarda uzun süre depolanması, arı poleni içerisindeki amino asitlerin yok olmasına neden olmaktadır (Dietz, 1984). Arı polenlerinin besin içeriği ve tazeliğinin korunabilmesi için, mikrobiyal faaliyetlerin önlenmesi, ürünün muhafazasını kolaylaştırmak ve raf ömrünün uzatılabilmesi için arı poleni kurutularak nem içeriği düşürülebilmektedir. Geleneksel yöntemlere göre daha

ılımlı koşullarda ve daha kısa sürelerde gerçekleştirilen kurutma yöntemlerinin kullanımıyla arı poleni biyoaktif bileşenlerinin daha az göreceği açıktır.

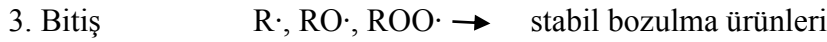
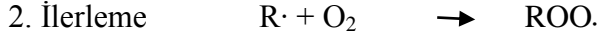
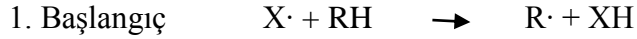
Kurutma yöntemleri güneşte kurutma, yapay kurutma ve liyofilizasyon (dondurarak kurutma) şekillerinde uygulanmaktadır. Güneşte kurutma, güneş enerjisinden yararlanılarak gerçekleştirilir ancak ürün, toz, toprak, yağmur ve böcek gibi çeşitli etkenlerden olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu zararları en aza indirmek için çeşitli önlemler alınmaktadır.

Suni kurutma, ürünün kurutulması için gerekli olan hava sıcaklığının ürünün özelliklerine göre ayarlanarak gerçekleştirilen kurutma yöntemidir. İstenilen su içeriğine ve kurutma süresine bağlı olarak hava sıcaklığı ayarlanmaktadır. Yapay kurutma işlemlerinde, püskürtmeli kurutucu, vakumlu kurutucu, köpük kurutucu, tünel tipi kurutucu, akışkan yatak kurutucu, tamburlu kurutucu ve liyofilizatör gibi araçlar kullanılmaktadır.

Dondurarak kurutma (liyofilizasyon), dondurulmuş maddedeki su taneciklerinin maddeden süblimasyon yoluyla çıkarılmasıyla maddenin kurutulması, yani madde içerisindeki suyun katı halden doğrudan gaz haline geçirilmesi işlemidir. Liyofilizasyon dondurma evresi, birincil kurutma ve desorpsiyon evrelerinden meydana gelmektedir. Bu yöntemde kurutulan ürünün, duyuşal özellikleri ve besin değeri diğer yöntemlere göre daha uygundur. Bu yöntemin yatırım masrafı yüksektir ancak kurutulmuş gıdanın yapısını bozmamaktadır ve hem kurutma hem de koruma yöntemi olarak kullanılabilir (Anonim, 2016)

Gıdaların içerisindeki bileşenler ile havadaki oksijen arasında ortaya çıkan bazı tepkimeler gözlenir. Bu tepkimelere “otooksidasyon” adı verilir. Meydana gelen oksidasyon tepkimelerinin bazıları gıdalarda istenirken bazıları ise vitamin kayıpları, değişimler ve bozulmalara yol açtığı için önlenmeye çalışılmaktadır. İstenmeyen tepkimeleri engellemek veya gıdadaki oksijeni uzaklaştırabilmek amacıyla gıdalara antioksidanlar katılır. Antioksidanlar oksidasyonu ancak belirli bir süreyle durdurabilirler.

Yağların otooksidasyonu bir zincir tepkimesi şeklinde gerçekleşir:



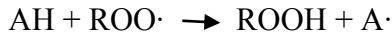
RH : yağ asidi esterleri

R· : yağ asidi serbest radikalleri

ROO· : peroksit yapısındaki serbest radikaller

ROOH : yağ asidi hidroperoksitleri

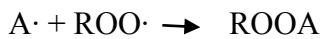
Antioksidanlar ise ikinci aşamadaki serbest radikale oksijen atomu vererek tepkimeyi durdururlar.



AH : antioksidan

A· : antioksidan radikali

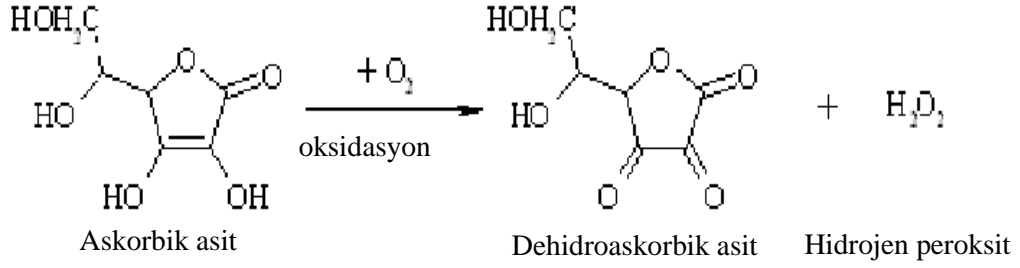
Son aşamada serbest hale gelen antioksidan radikalleri, kendi aralarında veya peroksit yapısındaki serbest radikallerle tepkimeye girmektedirler.



Antioksidanlar doğal antioksidanlar (tokoferoller, askorbik asit, nordihidroguayenet asidi, proteinler) ve yapay antioksidanlar (BHA, BHT, PG) olarak ikiye ayrılmaktadır. Doğal antioksidanlar ise enzimatik etki gösteren ve enzimatik etki göstermeyen



antioksidanlar olarak ikiye ayrılırlar. E vitamini, askorbik asit ve flavonoidler doğal antioksidan olup, enzimatik olmayan antioksidanlar grubunda yer alırken, BHT, BHA ve Trolox yapay antioksidanlar bilinmektedir. Tokoferoller (vitamin E) süperoksit, hidroksi radikallerini indirgerken, askorbik asit (vitamin C) ise hidroksil radikal gidericidir ve tokoferolu indirgemektedir. Askorbik asit, gıdalardaki serbest oksijeni alır ve bir H iyonu vererek serbest radikal zincirini inhibe eder.



**Şekil 1. 1.** Askorbik asidin oksidasyon reaksiyonu

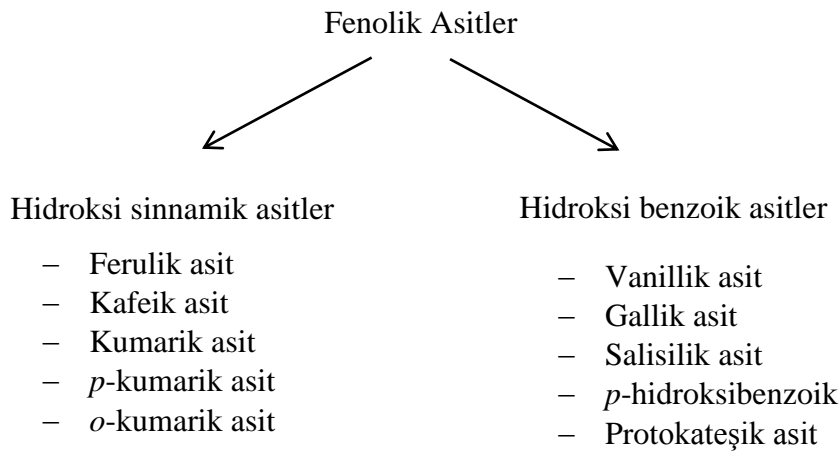
Antioksidanlar etkilerini çeşitli mekanizmalarla göstermektedirler. Bu mekanizmalar; Radikal metabolit üretiminin önlenmesi, üretilmiş radikallerin temizlenmesi, hücre deformasyonunun onarılması, sekonder radikal üreten zincir reaksiyonlarının durdurulması ve endojen antioksidan kapasitelerinin artırılması şeklindedir (Ulusoy, 2010). Askorbik asit, vitamin E ve flavonoidler, üretilmiş radikallerin temizlenmesi yani giderici etki gösteren mekanizma içerisinde, serbest radikallerle birleşip onlara bir hidrojen vererek aktivitelerini durduran bileşiklerdir.

Antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi için ise birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler hidrojen atom transferine ve elektron transferine bağlı olarak gerçekleştirilmektedir. Hidrojen atomu transferlerine dayanan metotta; oksijen radikali absorbans kapasitesi, toplam oksidan yakalama aktivitesi ve düşük yoğunluklu lipoprotein oksidasyonu gibi yöntemler bulunmaktadır (Oğraşıcı, 2010). Elektron transferine dayalı yöntemler arasında ise; Demir (III) indirgeyici antioksidan güç (FRAP), Trolox eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAC) ve DPPH<sup>+</sup> radikali yakalama kapasitesi gibi yöntemler bulunmaktadır (Prior ve ark., 2005).

Arı polenin antioksidan kapasitesi bulunduğu yöreye bağlı değişmekle beraber genel olarak antioksidan kapasitesi yüksek doğal bir üründür. Antioksidan kapasitesi tayin

yöntemleri (FRAP, DPPH, Toplam fenolik madde) ile arı poleni içerisindeki antioksidan madde kapasitesi tespit edilebilmektedir.

Fenolik bileşikler bitkilerin temel bileşenlerindedir, bitkilerin ve onlardan türetilen ürünlerinin besinsel ve organoleptik özelliklerinde önemli rol oynarlar (Fabre ve ark., 2001; Borbalán ve ark., 2003; Fang ve ark., 2007). Fenolik bileşikler veya polifenoller bitki aleminde en fazla bulunan yapılardandır ve 8000'den fazla fenolik yapının bulunduğu belirtilmiştir (Pietta ve Gardana, 2003). Fenolik bileşikler, fenolik asitler ve flavonoidler olmak üzere ikiye ayrılır. Fenolik asitler, hidroksi sinnamik ve hidroksi benzoik asitleri içeren iki gruptan oluşmaktadır. Fenolik bileşikler yapısal olarak, bir aromatik halka ve buna bağlı olarak fonksiyonel türevleri de dahil bir veya daha fazla hidroksil gruplarını içeren maddelerdir ve basit fenolik moleküllerden yüksek polimerize bileşiklere sınıflandırılmaktadır (Ulusoy, 2010). Hidroksi sinnamik asitlerin yapısına C6-C3 iskeletine dayanırken, hidroksi benzoik asitler ise C6-C1 iskeletine dayanmaktadır. Hidroksi sinnamik asitlerin başlıca örnekleri, kumarik asit, kafeik asit ve ferulik asittir (Karadeniz ve Ekşi, 2002). Kafeik asit esterleri örneğin; klorojenik asit, yüksek antioksidan aktiviteye sahip bitki kaynaklı fenolik asitlerdir. Hidroksi benzoik asitlerin başlıcaları ise, salisilik asit (2-hidroksibenzoik asit), *p*-hidroksibenzoik asit (4-hidroksibenzoik asit), gallik asit (3-4-5-trihidroksibenzoik asit), protokateşik asit (3,4-dihidroksibenzoik asit) ve vanilik asit (3-metoksi-4-hidroksibenzoik asit)'tir.



**Şekil 1. 2.** Fenolik asit grupları ve bu gruptaki başlıca bileşikler

Polende polifenolik maddelerin yanı sıra baskın olarak flavonoidler bulunur (Villanueva ve ark., 2002). Flavonoidler ise önemli antioksidan aktiviteye ve metallere şelat

oluşturma özelliğine sahiptirler (Heim ve ark., 2002). Gıdalaradaki serbest radikallerle reaksiyona girerek onları etkisiz hale getirirler ve C6-C3-C6 iskeletine dayanırlar. Flavonidler bitkisel gıdalarda yaygın olarak bulunurlar ve kimyasal yapılarına bağlı olarak altı gruba ayrılırlar. Bu gruplar; flavanonlar, flavonlar, flavonoller, flavoneller, izoflavonlar ve antosiyaninlerdir. Flavonoidlerin bitkilerdeki en önemli bileşiği kuersetin'dir. Flavonoidlerin başlıca örnekleri; isokuersetin, kaempferol, rutin, naringenin, genistein, luteolin, pinosembrin ve kateşin'dir.

Antosiyanidinler	Flavonlar	İzoflavonlar	Flavonoller	Flavanoller	Flavanonlar
Siyanidin	Apigenin	Daidzein	Hiperosid	Kateşin	Diydmin
Malvidin	Diosmin	Genistein	Astralagin	Gallokateşin	Naringenin
Petunidin	Luteolin	Daidzm	Mirisetin	Epikateşin	Ponsirin
Delfiinidin	Riyofilin	Siyertim	Kuersitrin	Epikateşin-3-gallat	Hesperidin
Peonidin	Genkwain	Glisitein	Rutin		Eriositrin

**şekil 1. 3.**Flavonoid grupları ve bu gruptaki başlıca bileşikler

Arı polenlerinin fenolik bileşiklerinin belirlenmesinde yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) kullanılmaktadır. Çözünebilir fenolik asitler daha çok metanol, aseton, su veya bunların belli oranlarda ve sıcaklıklardaki karışımlarından oluşan çözenler ile ekstrakte edilmektedir (Tuncel ve ark., 2010).

Yüksek basınçlı sıvı kromatografisi, benzer polarlıkta organik bileşiklerin ayrılması için çok iyi bir yöntemdir (Erdik, 1993). Doğru kolon seğimi yapıldığında tüm kromatografik teknikler uygulanabildiği gibi, analiz sonuçlarının tekrar edilebilirliği de oldukça yüksektir. Ancak kullanılan çözücülerin maliyetleri fazladır.

Yüksek basınçlı sıvı kromatografisi; mobil faz rezervuarı, pompa sistemi, enjeksiyon bloku, kolon, dedektör-yazıcı ve bir fraksiyon toplama ünitesinden oluşmaktadır. HPLC dedektörlerini sınıflandırmak gerekirse, spektrofotometrik dedektörler, floresans dedektörler, refraktif dedektörler ve diğer dedektörler olarak sınıflandırılmaktadır.

HPLC analizlerinde katı veya sıvı olan örnek uygun solvent çözücülerle ekstrakte edildikten sonra, kolona verilir ve mobil faz yardımıyla bileşenlerine ayrılmaktadır.

Geleneksel yöntemlere göre daha ılımlı koşullarda ve daha kısa sürelerde gerçekleştirilen kurutma yöntemlerinin kullanımıyla arı polenindeki biyoaktif bileşenlerin daha az zarar göreceği açıktır. Bu çalışmada ise, farklı kurutma yöntemlerinin belirlenen biyoaktif bileşenler üzerine olan etkisi incelenecektir. Arı polenin antioksidan aktivitesinin belirlenmesinde FRAP, TEAC ve DPPH yöntemleri ve fenolik bileşiklerin belirlenmesinde ise yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) kullanılacaktır. Yaş arı polenin farklı kurutma teknikleri kullanılarak kurutulmasıyla (geleneksel kurutma, vakum etüv, dondurarak kurutma), farklı çözücülerle (metanol, etanol, aseton, su) antioksidan kapasitesi ve fenolik maddelerin belirlenmesi gerçekleştirilecektir.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

LeBlanc ve ark., (2009), yapmış oldukları çalışmada Sonoran Çölü çevresinden toplanan 6 farklı arı polenin antioksidan aktivitesi incelenmiş ve toplam polifenol içeriğiyle antioksidan aktivite arasında korelasyon olduğu bulunmuştur. Polenler 8 farklı çözücüyle çözülerek hangi çözücülerde antioksidan aktivitenin daha iyi olduğu tespit edilmek istenmiştir. Kullanılan 8 farklı çözücü; su, etanol, metanol, propanol, 2-propanol, aseton, dimetilformamid, asetonitridir. FRAP ve DPPH testinde en yüksek aktiviteyi metanollü ve dimetilformamidli ekstraktların gösterdiği bulunmuştur. Ayrıca metanollü ekstraktların DPPH aktivitesi ED<sub>50</sub> olarak (ED<sub>50</sub>=SC<sub>50</sub>) hesaplanmış ve 0.010-15 mg/mL olduğu bildirilmiştir. Metanollü ekstraktların kullanılmasıyla yapılan toplam polifenol tayininde gallik asit cinsinden toplam polifenol içeriği 15.91-34.85 mg/g olduğu belirlenmiştir. Testler sonucunda en yüksek antioksidan aktiviteyi gösteren polenlerin yüksek polifenol içeriğine sahip olan polenler olduğu saptanmıştır.

Mărghitaş ve ark., (2009), Romanya'da belirli floral bölgelerden toplanmış bal arısı polenlerinin metanollü ekstraktlarının antioksidan kapasitesi incelenmiştir. Toplam polifenol tayini; Gallik asit standardı kullanarak yapılan tayinde polenlerin 4.4-16.4 mg GAE/g toplam polifenol içerdiği, antioksidan kapasite, FeSO<sub>4</sub>'ün standart olarak kullanıldığı FRAP testinde polenlerin 0.255-5.355 mmol Fe<sup>+2</sup>/g FRAP değerine sahip oldukları bulunmuştur. DPPH testinde ise Trolox<sup>®</sup> standart olarak kullanıp sonuçlar Trolox<sup>®</sup> eşdeğeri antioksidan kapasite olarak 0.274-2.814 mmol TR/g olarak hesaplanmıştır.

Kao ve ark., (2011), Tayvan'da en fazla toplanan polen olan çay poleni üzerine yapmış oldukları çalışmada sulu ekstraksiyon ve etanol ekstraksiyonlarıyla elde edilen çay polenlerinin fenolik bileşenleri ve antioksidan aktiviteleri incelenmiştir. Dokuz fenolik bileşik; gallik asit, kateşin asit, metilgalat, kafeik asit, *p*-kumarik asit, ferulik asit, rutin, myricetin, klorojenik asit tanımlanıp hesaplanmıştır. Farklı ekstraksiyon yöntemlerinde antioksidan aktivitesi farklılık göstermiş, toplam fenolik madde miktarlarısoğuk sulu ekstraksiyonda 30.80 ± 0.24, sıcak sulu ekstraksiyonda 30.20 ± 0.14, % 50'lik etanol ekstraktında 56.33 ± 0.30, % 95'lik etanol ekstraktında ise 61.21 ± 0.28 mg/g olarak

tespit edilmiştir. Bu sonuçların doğrultusunda çay poleninın günlük alımlarda iyi bir antioksidan kaynağı olduğu belirtilmiştir.

Šarić ve ark., (2009), *Cystusincanus* (Laden) 'ce zengin Hırvatistan arı poleninın fenolik bileşiklerinin incelenmesi ile ilgili bir araştırmada, fraksiyon toplayıcıya sahip UV dedektörlü HPLC kullanılmıştır. Mevcut fenolik bileşik tayininde *Cystusincanus* poleninın hidrolize olan ve hidrolize olmayan ekstraktları hazırlanmıştır. Belirlenen 13 fenolik bileşimin 6 tanesinin hidrolize olup olmadığı tespit edilememiştir (myricetin, luteolin, daidzein, genistein, naringenin, ve taxifolin). Isorhamnetin ve quercetin konsantrasyonları sadece hidrolize olan ekstraktlarda gözlenmiştir. Kafeik asit ve kaempferol konsantrasyonları, hem hidrolize ekstraktlarda hemde hidrolize olmayan ekstraktlarda gözlenmiştir. Krisin ve pinocembrin konsantrasyonlarının ise hidrolize olmayan ekstraktlarda çok daha yüksek olduğu değeri gözlenmiştir.

Huanhuan ve ark., (2015), yapmış oldukları çalışmada 4 farklı ekstraksiyon metodu kullanılarak kolza arı polenindeki flavonoid ve aglikonların HPLC-DAD ve APCI/MS ile tanımlama ve sınıflandırılması yapılmıştır. Ekstraksiyon metotları olarak; mikrodalga destekli ekstraksiyon, soxhlet ekstraksiyon, soğuk su ile ekstraksiyon ve sıcak akışta ekstraksiyon kullanılmıştır. Fenolik bileşiklerden rutin, quersetin, kaempferol ve isorhamnetin standartları kullanılmış, Kolza arı poleninın ekstraktından elde edilen aralıklarda rutin ve isorhamnetin flavonoidleri tespit edilememiştir. Mikrodalga destekli ekstraksiyon, soxhlet ekstraksiyon, soğuk su ile ekstraksiyon ve sıcak akışta ekstraksiyonda quersetin flavonoidinin içeriği sırasıyla  $1.37 \pm 0.059$ ,  $1.09 \pm 0.031$ ,  $0.97 \pm 0.043$ ,  $1.36 \pm 0.061$  mg/g hesaplanmıştır. Kaempferol flavonoidinin içeriği ise sırasıyla,  $23.44 \pm 0.544$ ,  $19.27 \pm 0.911$ ,  $20.77 \pm 0.406$ ,  $13.33 \pm 0.847$  mg/g hesaplanmıştır.

Ulusoy, (2010), Anzer balı ve poleninın yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) ile fenolik bileşimi ve antioksidan aktivitelerini belirlemiştir. Kullanılan fenolik standartlar; gallik asit, protokatekuik asit, *p*-hidroksibenzoik asit, kateşin, klorojenik asit, vanillik asit, kafeik asit, şiringik asit, epikateşin, *p*-kumarik asit, ferrulik asit, benzoik asit, rutin, *o*-kumarik asit, *2-4-cis,trans*-absisik, *trans*-sinnamik asit ve kuersetindir. Yapılan çalışmalar sonucunda Anzer balları ve anzer polenlerinin toplam

fenolik madde miktarları sırasıyla 4.26-10.61 mg GAE/g bal, 44.07-124.20 mg GAE/g polen olduğu tayin edilmiştir. Antioksidan aktivite tayini için FRAP analizi, Bakır (II) indirgeyici antioksidan kapasitesi (CUPRAC) ve DPPH<sup>+</sup> analizi yapılmış, bu yöntemlerle elde edilen sonuçlar arasında yüksek korelasyonlar görülmüştür. Ayrıca anzer ballarının yüksek oranda rutin ve *cis,trans*-absisik asit içerdiği ve balların tümünün *p*-hidroksibenzoik asit, vanillik asit, kafeik asit, şiringik asit, *p*-kumarik asit, ferulik asit, benzoik asit, rutin ve *cis,trans*-absisik asit içerdiği belirlenmiştir. Anzer polenlerinin ise yüksek oranda kuersetin ve rutin içerdiği ve polenlerinin hepsinin farklı miktarlarda *p*-OH benzoik asit, vanillik asit, kafeik asit, şiringik asit, *p*-kumarik asit, ferulik asit, rutin ve *cis-trans*-absisik asit içerdiği belirlenmiştir. Anzer balı ve polenin fenolik bileşim yönünden paralellik gösterdiği gözlenmiştir.

Tabart ve ark., (2008), tarafından yapılan bu çalışmada çeşitli testlerle ölçülmüş standart bileşenlerin (fenolik bileşikler, askorbik asit, glutatyon), antioksidan aktiviteleri karşılaştırmıştır. Uygulanan teknik analizler arasında bir ayırım oluşturabilmek için kullanılacak olan beş farklı metod TEAC, DPPH, kırmızı kan hücresi analizi, oksijen radikali yakalama kapasitesi (ORAC) ve Elektron Spin Rezonans Spektroskopisi (ESR) olarak seçilmiştir. Kullanılan metoda göre çoğu bileşen serbest radikal temizleme aktivitesinde önemli farklılıklar göstermiştir. Test edilen 25 bileşikten myricetin ve gallokateşin gibi sadece birkaç bileşik çeşitli testlerde kıyaslanabilir aktiviteler göstermiştir. Antioksidan kapasitesi hesaplamalarında, DPPH, ORAC, hemoliz direnci ve ESR analizleri kullanılarak elde edilen değerlerin ağırlıklı ortalamasının kullanılması önerilmiştir.

Freire ve ark., (2012), yapmış oldukları çalışmada Canavieiras şehrinden 9 aylık süreçte toplanan 25 adet arı poleni örneğinin polen analiziyle orjinini, fenolik ve flavanoid içeriğini ve antioksidan özelliklerini belirlenmiştir. Analiz edilen 25 örneğin, sadece 2 adeti heterofloral olarak bulunmuştur. Analiz edilen örneklerin tespit edilen baskın polenleri; *Cecropia*, *Eucalyptus*, *Mimosa pudica*, *Eupatorium* ve *Scoparia* oluşturmaktadır. Etil asetat fraksiyonları HPLC-DAD'da analiz edilmiştir. Isoquercetin, myricetin, tricetin, quercetin, luteolin, selagin, kaempferol ve isorhamnetin saptanmıştır. 22 örnekte bulunan flavonoid izole edilmiş ve isorhamnetin-3-*O*- $\beta$ -neohesperidoside olarak tanımlanmıştır. Toplam fenolik içeriği

41.5-213.2 mg GAE/g aralığındaki Folin-Ciocalteu ayracı kullanılarak belirlenmiştir. DPPH ve ABTS kaynaklı antioksidan aktiviteleri ve Fe<sup>+2</sup> iyon şelat aktivitesi tüm ekstraktlarda gözlenmiş ve toplam fenolik içeriğiyle ilişkilendirilmiştir.

Arruda ve ark., (2013), Sao Paulo bölgesinden elde edilen kurutulmuş arı poleni örneklerinin kapsadığı B kompleks vitaminleri, fizikokimyasal kompozisyonları ve botanik orijinleri araştırılmıştır. Ayrıca polen tiplerinin yaklaşık kompozisyon ve vitamin bileşikleri üzerine olası etkisi doğrulanmıştır. Vitaminler, eş zamanlı ekstraksiyondan sonra, floresans dedektörle HPLC'de hesaplanmıştır. Analiz edilen örneklerde sonuçları B kompleks vitaminlerinde büyük bir konsantrasyon farkı göstermiştir. Kuru bazın varyasyonları: Vitamin B<sub>1</sub> 0.59-1.09 mg/100 g; Vitamin B<sub>2</sub> 1.73-2.56 mg/100 g; Niyasin 6.43-15.34 mg/100 g; Vitamin B<sub>6</sub> 0.33-0.68 mg/100 g bulunmuştur. Tüm örneklerde B<sub>2</sub> vitamini kaynağı olarak değerlendirilmiştir. Besin bileşimi sonuçları; nem 3.47 ± % 0.30, kül 2.98 ± % 18, yağlar 5.39 ± % 60, protein 23.38 ± % 1.24 şeklinde belirlenmiştir.

Morais ve ark., (2011), beş Portekiz ulusal parkından [Parque Nacional Peneda Gerês (PNPG); Parque Natural do Montesinho (PNM); Parque Natural do Alvão (PNA); Parque Natural da Serra da Estrela (PNSE) ve Parque Natural do Douro Internacional (PNDI)] toplanan arı polenlerinin polinolojik orijin, fenolik içeriği, antioksidan ve antimikrobiyal özelliklerini belirlemiştir. Polen karışımında 8 bitki familyası bulunmuştur: *Rosaceae*, *Cistaceae*, *Boraginaceae*, *Asteraceae*, *Fagaceae*, *Ericaceae*, *Myrtaceae* ve *Fabaceae*. Sırasıyla PNM ve PNDI'dan toplanan polenlerde bulunan toplam fenolik bileşik içeriği Folin-Ciocalteu metoduyla 10.5-16.8 mg GAE/g aralığında belirlenmiştir. Ölçülen serbest radikal temizleme aktivitesinde, PNDI parkından toplanan polenlerde en iyi aktivite, EC<sub>50</sub> değeri 2.24 olarak hesaplanmıştır. β-karoten ağartma analizinden elde edilen sonuçlar DPPH metodundaki sonuçları doğrulamıştır.

Feás ve ark., (2012), Portekizdeki Douro International Natural Parktan hasat edilmiş arı poleninden 22 örnekle çalışılmıştır. Arı poleni örneklerinin dokuz adet botanik familya içerdiği tespit edilmiştir. Su aktivitesi ve pH sırasıyla 0.21-0.37 ve 4.3-5.2 aralıklarında bulunmuştur. Arı polenlerinin ortalama olarak, % 67.7 karbonhidrat, % 21.8 ham



protein, % 5.2 katı yağ ve % 2.9 kül içerdığı su aktivitesi ve pH değerlerinin ise sırasıyla 0.21-0.37 ve 4.3-5.2 aralığında olduğu belirlenmiştir. Enerji içeriği 396.4-411.1 kcal/100 g aralığında ölçülmüştür. Tespit edilen başlıca yağ asitleri, linolenik asit, linoleik asit, palmitik asit ve oleik asittir. Arı polenlerinin fenolik ve flavonoid içeriğinin sırasıyla 12.9-19.8 mg GAE/g ve 4.5-7.1 mg kateşin/g aralığında olduğu belirlenmiştir. Serbest radikal süpürme aktivitesi ve  $\beta$ -karoten ağartma analizleri (EC<sub>50</sub>) sırasıyla,  $3.0 \pm 0.7$  mg/ml ve  $4.6 \pm 0.9$  mg/ml bulunmuştur.

Žilić ve ark., (2014), mısır genotiplerinden bitki polenlerinin besin kompozisyonu, fenolik profilleri ve antioksidan kapasiteleri değerlendirilmiştir. Ayrıca, 4°C'de 7 gün saklanıp, 40°C'de 6 saat kurutulan ve 12 saat 60°C'ye maruz bırakılan polen örneklerinde antioksidan kapasitesi, melanoidlerin esmerleşmesi ve dalga boyu spektrosu araştırılmıştır. Toplam fenolik ve flavonoid içeriğinin en yüksek olduğu tatlı mısır poleninin en yüksek antioksidan kapasitesine de (104.38 mmol Trolox eq/kg) sahip olduğu belirlenmiştir. Tüm polen örneklerinde Quercetinen çok bulunan flavonoiddir. Bitkisel mısır poleni, işlevsel bir gıda katkısı olarak diyetle de kullanılabilirdiği belirtilmiştir. Ancak polen Maillard reaksiyonlarına ve fenolik oksidasyonuna duyarlılığı olduğu görülmüştür.

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

Nisan ayında Antalya Merkez ve çevre ilçelerinden toplanan taze polenler kilitli poşetlere 200-250 gram aralığında tartılarak (Shimadzu, ATX224, Filipinler), analiz yapılncaya kadar -18°C’de derin dondurucuda muhafaza edilmiştir.

#### **3.2. Yöntem**

##### **3.2.1. Arı Poleninin Kurutulması**

Kovanlardan toplanan taze arı polenlerinin kurutulmasında Ordu Arıcılık Enstitüsünde kullanılan tepsili kurutucuya ek olarak vakum etüv ve dondurarak kurutucu kullanılmıştır. Arjantin ve Brezilya gibi bazı ülkelerde kurutulmuş arı polenlerinin taşıyacağı maksimum nem miktarı sırasıyla % 8 ve % 4 olarak sınırlandırılırken ülkemizde bu konuda çıkartılmış polen tebliğe göre kurutulmuş polenin nem miktarı % 10’dan fazla olmamalıdır (Melo ve Almeida-Muradian, 2011; Anonim, 2006).

##### **3.2.1.1. Tepsili Kurutucuda Kurutma İşlemi**

Taze arı polenlerinin kurutma işlemi Ordu Arıcılık Araştırma Enstitüsü atölyesinde yapılmış olan tepsili kurutucuda 35°C de gerçekleştirilmiştir.

##### **3.2.1.2. Vakum Etüvde Kurutma İşlemi**

Arı polenlerinin kurutma işlemi, 35°C'de 100 mbar basınç altında Memmert VO200 (Germany) marka-model vakum etüvde yapılmıştır.

##### **3.2.1.3. Dondurarak Kurutucuda Kurutma işlemi**

Taze arı poleninin kurutma işlemi -50°C'de 0.1 mbar basınç altında Labconco Freezone 2.5 (U.S.) marka-model liyofilizatörde gerçekleştirilmiştir.

### **3.2.2. Arı Poleninde Yapılan Analiz**

#### **3.2.2.1. Nem**

Nem analizi için 10 gram polen, darası önceden alınmış kaplara tartıldı. Etüvde (Binder, Almanya) 105°C'de sabit tartıma gelene kadar bekletildi ve tartım işlemi tekrarlandı (Anonim, 2011).

#### **3.2.2.2. pH**

10 gram arı poleni 90 ml saf su içinde çözüldürüldükten sonra önceden kalibre edilmiş pH metre (Istek, 2401, Korea) kullanılarak pH ölçümü yapılmıştır (Yetim ve Kesmen, 2008).

#### **3.2.2.3. Protein Tayini**

Arı polenlerinin toplam protein miktarının belirlenmesinde A.O.A.C. (2000) tarafından önerilen 955.04. no'lu Kjeldahl yöntemi uygulanmıştır. Bu amaçla sabit tartıma gelinceye kadar kurutulan polen örneklerinden birer gram tartılarak yakma ünitesinde (Velp Scientifica, DK 20) yakma işlemine tabi tutulmuştur. Yakma işlemi için 150°C'de 15 dakika, 250°C'de 20 dakika 270°C'de 30 dakika ve 420°C'de 40 dakika olacak şekilde kademeli bir yakma programı uygulanmıştır. Yakma işlemi tamamlandıktan sonra soğutulan örnekler distilasyon cihazında (Velp Scientifica, UDK 149) 2.5 dakika distilasyon işlemine ve takiben 0.2 N HCl ile titrasyon işlemine tabi tutulmuştur. Sonuçlar % Azot olarak hesaplanmış ve % protein miktarının belirlenmesinde 6.25 protein faktörü kullanılmıştır (Almedia-Muradian ve ark., 2005).

#### **3.2.2.4. Yağ Tayini**

Polen örneklerinin yağ içeriği soxhlet ekstraksiyon metodu ile saptanmıştır. Analizde solvent olarak n-hekzan kullanılmıştır. Soxhlet ekstraksiyon işlemi Velp Scientifica marka SER 148 model solvent ekstraktör cihazı (Usmate, Italy) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Örneklerdeki yüzde ham yağ oranının belirlenmesinde A.O.A.C. (2000) tarafından önerilen 991.36. No'lu yöntem izlenmiştir.

### 3.2.2.5. C Vitamini Tayini

Polen örneklerinin C vitamini içeriğinin belirlenmesinde Reflectoquant RQfleks plus (Merck, Germany) reflektometre cihazı ve askorbik asit test kiti kullanılmıştır. Bu amaçla 0.5 g kurutulmuş arı poleni örneğine 5 ml % 1'lik okzalik asit çözeltisi eklenerek vortekslelendikten (Isolab, D2012 plus, Almanya) ve 10000 g'de 10 dakika santrifüj cihazında (İsolab, MX-3, Almanya) santrifüj edildikten sonra elde edilen sıvı kısımda askorbik asit test kiti kullanılarak C vitamini ölçüm işlemi gerçekleştirilmiştir (Anonim, 2015).

### 3.2.3. Arı Poleninde Antioksidan Aktivite Tayinleri

Antioksidan aktivite tayininde kullanmak amacıyla toplanan polenlerin 4 farklı çözen ile ekstraktları hazırlanmıştır. Bu çözenlerden saf su eldesinde Human marka Zeneer Power I model (Güney Kore) saf su cihazı kullanılmış, etanol ve metanol Merck (Almanya) firmasından, aseton ise Sigma-Aldrich (İsviçre) firmasından temin edilmiştir. Bu amaçla polen örneklerinden 1'er gram alınıp 9 ml çözendeki çözüldürüldükten sonra çalkalayıcıda (IKA, KS260 basic) 1 saat çalkalama işlemine tabi tutulmuştur. Hazırlanan ekstraktlar antioksidan aktivite tayininde kullanılmak üzere tüplerde +4°C buzdolabında 24 saat muhafaza edilmiştir. Hazırlanan polen ekstraktlarının konsantrasyonlarının ayarlanmasında ekstraksiyon işleminin gerçekleştirildiği çözenler kullanılmıştır (Lachman ve ark., 2010).

#### 3.2.3.1. Demir (III) İndirgeme Antioksidan Kapasitesi (FRAP) Tayini

Analizde  $Fe^{+3}$  kaynağı olarak  $FeCl_3$  kullanılmış ve polen ekstraktlarında bulunan antioksidan miktarlarıyla orantılı olarak ortaya çıkan yeşil renk spektrofotometrik olarak gözlenmiştir. Analizde kullanılmak üzere günlük olarak, pH'sı 6.6 olan sodyum fosfat tamponu (Merck, İndia), % 1'lik potasyum ferrosiyonat  $K_3[Fe(CN)_6]$  (Merck, Almanya), % 0.1 demir klorür ( $FeCl_3$ ) (Merck, Almanya), % 10'lük triklorasetik asit (TCA) (Sigma-Aldrich, Almanya) hazırlanmıştır. Polen ekstraktlarına konsantrasyonlarına bağlı olarak 1250 µl tamamlamak amacıyla sodyum fosfat tamponu ve 1250 µl potasyum ferrosiyonat eklenmiş daha sonra örnekler 50°C deki etüvde (Binder, ED 115, Almanya) 30 dakika bekletilmiştir. Etüvden çıkarılmış, üzerine 1250 µl TCA ve 250 µl demir klorür eklenmiş ve vortekslenmiş örneklerin

absorbansları köre karşı (içerisinde numune ve FeCl<sub>3</sub> bulunmayan) 700 nm dalga boyunda okunmuştur. Elde edilen sonuçlar, % 0.01'lik Trolox<sup>®</sup> (Sigma-Aldrich, İsviçre) stok çözeltisinden değişik konsantrasyonlarda hazırlanmış olan (80, 120, 160, 240) Trolox<sup>®</sup>'la, karşılaştırılmıştır. Trolox<sup>®</sup> eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAC) olarak hesaplanmıştır (Politeo ve ark., 2007).

### **3.2.3.2. DPPH<sup>+</sup> Radikali Temizleme Aktivitesi**

Polen ekstraktlarının konsantrasyonlarına bağlı olarak 3000 µl'e tamamlamak amacıyla etanol ilave edilmiştir. Analizde kullanılmak üzere günlük hazırlanmış olan DPPH çözeltisi (Sigma-Aldrich, Almanya) eklenmiş ve vortekslenmiştir. İçerisinde sadece 3 ml etanol ve 1 ml DPPH çözeltisi bulunan 3 tekrarlı kontrol tüpleri ve 3 ml etanol bulunan kör hazırlanmıştır. Örnekler, 30 dakika karanlık ortamda bekletilmiştir. Örneklerin absorbansları, 517 nm dalga boyunda köre karşı okunmuştur. Elde edilen sonuçlar, grafik haline getirilerek IC<sub>50</sub> değerleri mg/ml cinsinden hesaplanmıştır (Brand-Williams ve ark., 1995).

### **3.2.3.3. Toplam Fenolik Madde Tayini**

Analize başlamadan önce gallik asitin (Merck, Çin) 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100 µl' lik konsantrasyonları ve analizde kullanılmak için günlük olarak sodyum karbonat hazırlanmıştır. Hazırlanmış olan polen ekstraktlarına, konsantrasyonlarına göre 4600 µl'ye tamamlamak amacıyla saf su eklenmiştir. Örneklerle sırasıyla 0.1 ml Folin-Ciocalteu (Merck, Almanya) reaktifi ve 0.3 ml sodyum karbonat (Merck, Almanya) eklendikten sonra vortekslenmiştir. İki saat oda sıcaklığında bekletildikten sonra örneklerin absorbansları, spektrofotometrede (Thermo Electron, Helios) 765 nm dalga boyunda köre (içerisinde numune bulunmayan) karşı okunmuştur. Gallik asit konsantrasyonlarına karşılık gelen okuma değerleri bulunarak grafik çizilmiştir. Grafiğe ait regresyon eşitliği kullanılarak hazırlanan polenin toplam fenolik madde miktarları gallik asit eşdeğeri (GAE) cinsinden mg fenolik madde/g numune olarak hesaplanmıştır (Lachman ve ark., 2010).

### 3.2.4. Arı Poleninin Fenolik İçeriğinin Belirlenmesi

Arı poleni numunelerinin fenolik içeriğinin belirlenmesinde diyot array dedektör (DAD) ile donanımlı Shimadzu marka HPLC cihazı kullanılmıştır. Analiz edilecek örneklerden 3 g tartılıp 15 ml metanol içerisinde 20 dakika boyunca ultrasonik su banyosunda ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen karışım 0.45 µm'lik filtreden geçirilerek viallere aktarılmıştır. Analiz CTO-10Avp (250 x 4.60 mm, 5µ) C18 kolonunda 45°C de 0.8 ml/dk akış hızında gerçekleştirilmiştir. Taşıyıcı faz olarak (A) 0.25 µm'lik filtrelerden geçirilen ve ultrasonik su banyosunda degaz edilen % 3 asetik asitin ultra saf sudaki çözeltisi ve (B) metanol kullanılmıştır. Elüsyonda Çizelge 3.1'de verilen gradiyent programı takip edilmiştir. Analizde enjeksiyon hacmi 20 µL ve okuma yapılan dalga boyu 278 nm olarak belirlenmiştir (Karacabey ve Mazza, 2008).

**Çizelge 3. 1.** HPLC analizinde kullanılan gradiyent program

Zaman (dk.)	% A	% B	Akış Hızı (ml/dk.)
0	93	7	1.2
20	72	28	1.2
28	75	25	1.2
35	70	30	1.2
50	70	30	1.2
60	67	33	1.2
62	58	42	1.2
70	50	50	1.2
73	30	70	1.2
75	20	80	1.2
80	0	100	1.2
90	93	7	1.2

A: %3 Asetik asitli ultra saf su B: Metanol

### 3.2.5. İstatistiksel Analizler

Taze arı polenleri ve farklı kurutma yöntemleri (tepsili kurutucu, vakum etüv, liyofilizatör) uygulanmış arı polenlerinin, 4 farklı çözügen (metanol, etanol, aseton, su) ile hazırlanan ekstraktlarında yapılan analizler, 3 tekerrürlü ve 2 paralelli olarak yürütülmüştür.

Analizlerden elde edilen sonuçlarda Minitab 17 istatistik paket programı kullanılarak istatistiksel değerlendirme yapılmıştır. Tek yönlü ve iki yönlü varyans analiz tekniği (ANOVA) kullanılarak, grup ortalamaları arasındaki farklar tespit edilmiştir. Farklı ortalamaların belirlenmesi amacıyla, harfli gösterim şeklinde ifade edilen Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi yapılmıştır.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Kimyasal Analizler

#### 4.1.1. Nem

Uluslararası literatüre bakıldığında Brezilya ve Arjantin gibi bazı ülkelerde kurutulmuş arı polenlerinin taşıyacağı maksimum nem miktarı belirli değerlerle (sırasıyla % 4 ve % 8) sınırlandırılırken ülkemizde polen üzerine çıkartılan tebliğide kuru polenin nem içeriğinin kütlece % 10'dan fazla olmaması gerektiği belirtilmiştir (Melo ve Almeida-Muradian, 2011; Anonim, 2006). Yapmış olduğumuz bu çalışmada arı polenlerinin nem içeriği % 8'e ulaştığında kurutulma işlemi sonlandırılmıştır.

Kurutma işlemleri sonucunda elde edilen ve nem analizi için 105°C'de 24 saat boyunca bekletilen arı polenlerinin, yüzdelik nem değerleri [(ilk tartım-son tartım) / ilk tartım]\*100 formülasyonu ile hesaplanmıştır. Nem ölçümlerine ait değerler Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

**Çizelge 4. 1.** Arı poleninin nem değerleri

Kurutma Metotları	Kurutma Koşulları	Süre (saat)	Nem Değerleri (%)
Taze polen	-	-	22.19 ± 0.31
Tepsili Kurutucu	35°C / atmosferik basınç	6.0	3.04 ± 0.01
Vakumlu Etüv	35°C / 100 mbar	41.5	7.97 ± 0.01
Liyofilizatör	-50°C / 0,1 mbar	38.5	7.32 ± 0.04

Taze arı poleninin nem değeri % 22.19 iken, kurutulan polenlerin nem değerleri % 8 civarında istenildiği için aralıklarla nem düzeyleri kontrol edilerek kurutma işlemleri gerçekleştirilmiştir.



### 4.1.2. pH

Çözdürme işleminden sonra elde edilen arı poleni ekstraktlarının ölçülen pH değerleri Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

**Çizelge 4. 2.** Arı polenlerinin pH ölçümlerine ait değerler

<b>Kurutma Metotları</b>	<b>pH Değerleri</b>
Taze polen	3.98 ± 0.04 a
Tepsili Kurutucu	4.28 ± 0.00 b
Vakumlu Etüv	4.21 ± 0.00 b
Liyofilizatör	4.21 ± 0.00 b

Arı polenlerine kurutma işlemleri uygulandığında pH değerlerinde artış gözlenmiştir. Taze arı poleni ve farklı kurutma yöntemleri uygulanan arı polenlerinin pH değerleri arasındaki farklılığın istatistik olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Tepsili kurutucuda kurutulan arı polenin pH değerinin, diğer kurutma yöntemleri uygulanan arı polenlerinin pH değerlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür (EK 2).

Literatüre bakıldığında arı polenin pH değerinin polenin elde edildiği coğrafi bölgeye ve bitki örtüsüne bağlı olarak değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Herbert ve ark., (1978), tarafından yapılan çalışmada Amerika’nın Maryland eyaletinden elde edilen polenlerin pH’sı ise 4.8 olarak tespit edilmiştir. Yapmış olduğumuz bu çalışmada ise taze arı polenin pH değeri 4.00 olarak ölçülmüştür.

### 4.1.3. Protein Tayini

Taze polen ve kurutulmuş polen örnekleri sabit tartıma kadar kurutulduktan sonra her bir örnekten 1 gram tartılarak protein analizi gerçekleştirilmiştir. Tüm örnekler sırasıyla yakma ve distilasyon işlemine tabi tutulmuştur. Sonuçlar kuru madde miktarı üzerinden hesaplanmıştır. Taze ve kurutulmuş polen örneklerinin içerdiği protein miktarını gösteren tablo Çizelge 4.3’de görülmektedir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda

farklı kurutma işlemleri uygulanan arı polenlerinin protein miktarları arasındaki farklılıkların önemli düzeyde olmadığı tespit edilmiştir. (EK 3).

**Çizelge 4. 3.** Arı polenlerinin yapısındaki protein miktarı

<b>Kurutma Metotları</b>	<b>Protein Miktarları (%)</b>
Taze polen	15.689 ± 0.810 a
Tepsili Kurutucu	15.058 ± 2.949 a
Vakumlu Etüv	16.509 ± 1.628 a
Liyofilizatör	16.625 ± 0.800 a

Arı polenin protein içeriğinin belirlendiği farklı çalışmalarda elde edildiği coğrafi bölgeye bağlı olarak protein miktarının % 7 ila % 40 aralığında değiştiği görülmektedir. Kostić ve ark., (2015), yapmış oldukları çalışmada polen örneklerinin protein içeriğinin % 14.81-27.25 aralığında değiştiğini tespit etmiştir. Forcone ve ark., (2011), tarafından Arjantin Santo-Cruz bölgesinin kuzeybatısında bulunan 15 farklı alandan toplanan polen örneklerinin protein miktarları % 13.25-24.43 olarak tespit edilmiştir. Yapmış olduğumuz bu çalışmada tüm polen örneklerinin protein miktarının yaklaşık % 16 civarında olduğu ve uygulanan kurutma yöntemlerinin arı polenin protein içeriğinde önemli bir değişime neden olmadığı tespit edilmiştir.

#### **4.1.4. Yağ Tayini**

Kurutma işlemleri sonucunda elde edilen arı polenleri, filtre kağıtları içerisine tartıldıktan sonra Soxhlet cihazına yerleştirilmiştir. Yağ tayini sonucunda, filtre kağıtları etüvde 50°C’de kurutulmuştur. Son tartım yapıldıktan sonra yüzdelik yağ değerleri kuru madde üzerinden hesaplanmıştır. Taze arı poleni ve farklı yöntemlerle kurutulmuş arı polenlerinin yağ içeriği arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığı (EK 4) ve örneklerin yağ içeriğinin % 4.028 ila % 4.502 arasında değiştiği Çizelge 4.4.’te görülmektedir.

**Çizelge 4. 4.** Arı polenlerinin yapısındaki yağ miktarı

<b>Kurutma Metotları</b>	<b>Yağ Miktarları (%)</b>
Taze polen	4.134 ± 0.022 a
Tepsili Kurutucu	4.502 ± 0.523 a
Vakumlu Etüv	4.028 ± 0.019 a
Liyofilizatör	4.482 ± 0.223 a

Arının poleni topladığı bitki veya bitkilere bağlı olarak arı poleninin yağ içeriği değişkenlik göstermektedir. Martins ve ark., (2011), tarafından Brezilya'dan toplanan polenlerin yağ miktarı 4.01-13.31 g/100 g olarak tespit edilmiştir. Sattler ve ark., (2015), Brezilya'nın güneyinden toplanan polenlerde yapılan yağ tayininde ise yağ miktarını % 3.4 olarak belirlemiştir.

#### **4.1.5. C Vitamini Tayini**

Çözdürme işleminden sonra elde edilen arı poleni ekstraktlarının C vitamini sonuçları mg/kg olarak Çizelge 4. 5'de gösterilmiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre istatistiksel olarak uygulanan kurutma teknikleri arasında farklılıklar olduğu ve kurutulmuş polen örneklerinin C vitamini içeriğinin yaş polene kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir (EK 5.). Taze polen ve tepsili kurutucuyla kurutulmuş polen örneklerinin C vitamini içeriği arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

**Çizelge 4. 5.** Arı polenlerinin içeriğindeki C vitamini değerleri

<b>Kurutma Metotları</b>	<b>C vitamini Değerleri (mg/kg kuru polen)</b>
Taze polen	450.505 ± 4.231 a
Tepsili Kurutucu	440.598 ± 5.387 a
Vakumlu Etüv	248.392 ± 4.021 b
Liyofilizatör	317.247 ± 4.545 c

Arı polenlerinin C vitamini içeriği kovanın bulunduğu coğrafi bölgeye ve o bölgedeki bitki florasına bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. Almeida-Muradian ve ark., (2005), yapış olduğu çalışmada kullandıkları polen örneklerinde C vitamini analizi yapmış ancak herhangi bir değer tespit edememiştir. Sattler ve ark., (2015), tarafından yapılan çalışmada Brezilya'dan elde edilen polenlerin C vitamini içeriğinin % 262.3 olduğu belirlenmiştir. Oliveria ve ark., (2009), yapmış oldukları çalışmada polenin C vitamini içeriğini 274-559 µg/g olarak tespit edilmiştir.

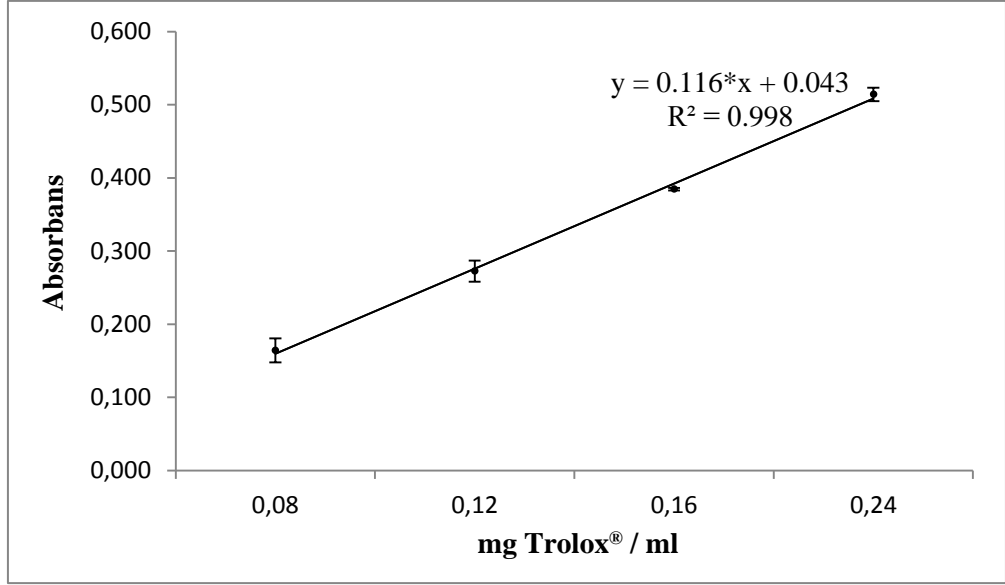
## **4.2. Antioksidan Aktivite Tayinleri**

### **4.2.1. Demir (III) İndirgeme Antioksidan Kapasitesi (FRAP) Tayini**

Demir (III) indirgeme kuvveti analizinde, arı poleni numunelerinde kalibrasyon amacıyla değişen konsantrasyonda Trolox<sup>®</sup> kullanılarak çalışma grafiği oluşturulmuştur. Bu grafikten elde edilen denklem aracılığıyla mg Trolox<sup>®</sup>/g kuru polen cinsinden sonuçlar hesaplanmış ve bu sonuçlar Trolox<sup>®</sup> eşdeğeri antioksidan kapasitesi (TEAC) olarak belirtilmiştir. Numunelerde 3 paralel şeklinde çalışılmış, grafikte verilen absorbans değerleri bu çalışmaların ortalamasıdır. Fe<sup>+3</sup> indirgeme kuvveti TEAC değeriyle doğru orantılı olarak artmaktadır.

#### **4.2.1.1. Taze Arı Poleninin Demir (III) İndirgeme Antioksidan Kapasitesi (FRAP) Tayini**

Taze arı poleninde Demir (III) indirgeme antioksidan kapasitesi tayininde her bir çözgen için 2 paralel oluşturulmuş, her numune için ise 3 paralel oluşturulmuştur. Sonuçlar konsantrasyonların ortalaması olarak alınmıştır. Spektrofotometrede okunan absorbans değerlerine göre oluşturulan Trolox<sup>®</sup> çalışma grafiği Şekil 4.1'de gösterilmiş, eğilim çizgisinden elde edilen denklem ( $y=0.116*x + 0.043$ ) ile sonuçlara ulaşılmıştır ve sonuçlar gram kuru örnek başına Trolox<sup>®</sup> eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAC/g) olarak ifade edilmiştir. Taze arı poleninin farklı çözgenlerle hazırlanan ekstraktlarıyla yapılan Demir (III) indirgeme antioksidan kapasitesi (FRAP) tayininin sonuçları Çizelge 4. 6'de verilmiştir.



**Şekil 4. 1.** Taze arı polenin FRAP tayini için Trolox® ile oluşturulan çalışma grafiği

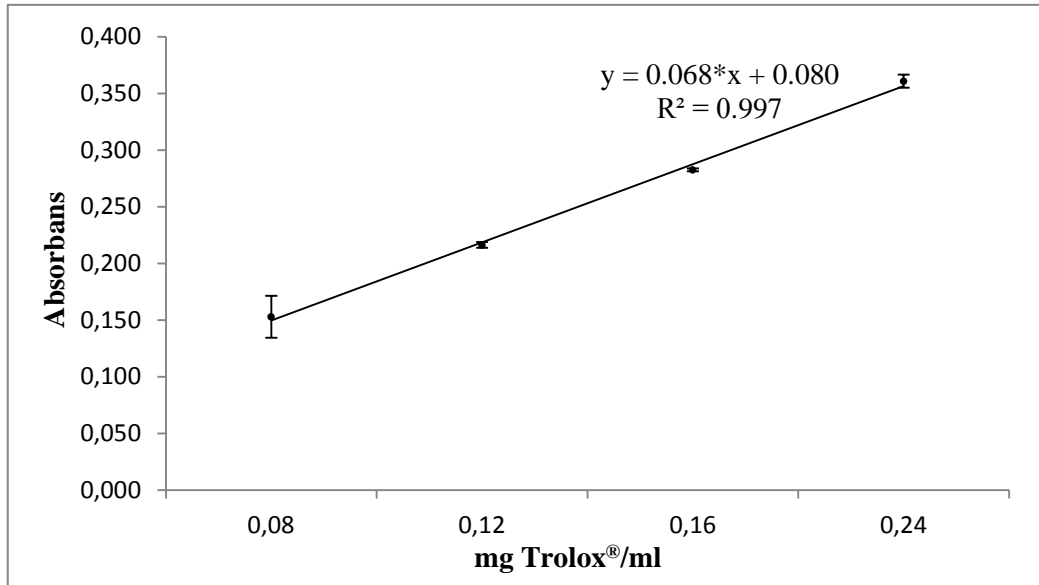
**Çizelge 4. 6.** Taze arı polenin TEAC/g değerleri

Çözgenler	FRAP Tayin Sonuçları (TEAC/g kuru polen)
Metanol	79.656 ± 3.003 a
Etanol	18.801 ± 0.237 b
Aseton	18.729 ± 0.000 b
Su	23.252 ± 0.084 b

Analiz sonuçları göstermiştir ki taze arı polenindeki Demir (III) indirgeme antioksidan kapasitesinin en yüksek sonuçlarını metanol ile ekstrakte edilen arı poleni vermiştir. Farklı çözümlere göre FRAP tayin sonuçları sıralaması metanol > su > etanol > aseton şeklinde gözlenmiştir. Farklı çözümlerle ekstrakte edilmiş taze arı polenlerinin Demir (III) indirgeme antioksidan kapasitesi (FRAP) analizinin sonuçları arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0.05$ ). Cheng ve ark., (2013), tarafından yapılan çalışmada *C.pinnatifida* poleninde FRAP analizi sonuçları  $42.13 \pm 1.14 \mu\text{mol Trolox}^{\text{®}}$  eşdeğeri/g olarak bulunmuştur.

#### 4.2.1.2. Tepsili Kurutucuda Kurutulan Arı Poleninin Demir (III) İndirgeme Antioksidan Kapasitesi (FRAP) Tayini

Çalışmada her bir çözügen (metanol, etanol, su, aseton) için 2 paralel oluşturulmuş, kurutulmuş arı poleninden hazırlanan ekstraktlarla, değişen konsantrasyonlarda 3 paralel çalışılmıştır. Sonuçlar konsantrasyonların ortalaması olarak alınmıştır. Okunan absorbans değerlerine göre oluşturulan Trolox® çalışma grafiği Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Eğilim çizgisinden elde edilen denklem ( $y=0.068*x + 0.080$ ) ile sonuçlara ulaşılmıştır ve sonuçlar g kuru örnek başına Trolox® eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAC/g) olarak ifade edilmiştir.



Şekil 4. 2. Tepsili kurutucuda kurutulmuş arı poleninin FRAP tayini için Trolox® ile oluşturulan çalışma grafiği

Tepsili kurutucuda kurutulmuş arı poleninin farklı çözügenlerle hazırlanan ekstraktlarıyla yapılan Demir (III) indirgeme antioksidan kapasitesi (FRAP) tayininin sonuçları Çizelge 4. 7’de verilmiştir. Tepsili kurutucuda kurutulmuş bir gram polendeki Trolox® eşdeğeri antioksidan kapasitenin en yüksek görüldüğü çözügen, taze arı poleninde de görüldüğü gibi metanoldür. Çözügenlerin FRAP tayin sonuçları sıralaması ise metanol > su > aseton > etanol şeklindedir.

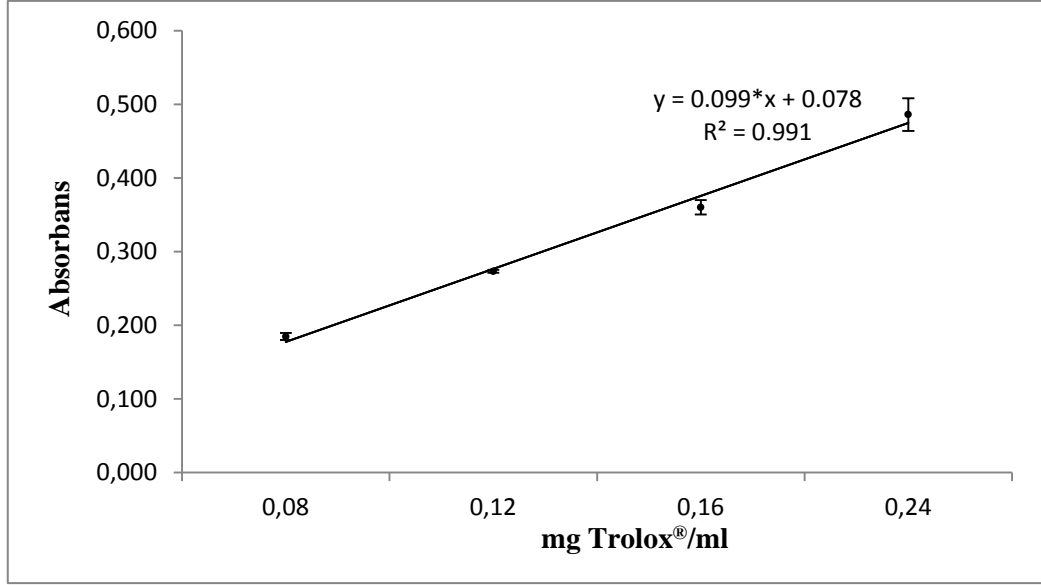
**Çizelge 4. 7.** Tepsili kurutucuda kurutulmuş arı polenlerinin TEAC/g değerleri

<b>Çözgenler</b>	<b>FRAP Tayin Sonuçları (TEAC/g kuru polen)</b>
Metanol	74.036 ± 2.783 a
Etanol	14.442 ± 0.095 b
Aseton	18.738 ± 3.712 b
Su	23.708 ± 2.003 b

Tepsili kurutucuda kurutulmuş arı polenlerinin farklı çözümler kullanılarak hazırlanan ekstraktlarının Demir (III) indirgeme antioksidan kapasitesi analizi sonuçları arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0.05$ ). FRAP analizinde en yüksek sonucu metanol çözümlüyle hazırlanan ekstraktın vermiş olduğu ve diğer çözümlerle hazırlanan ekstraktların sonuçlarında benzerlikler olduğu görülmektedir.

#### **4.2.1.3. Vakum Etüvde Kurutulmuş Arı Poleninin Demir (III) İndirgeme Antioksidan Kapasitesi (FRAP) Tayini**

Vakum etüvde kurutulmuş arı poleninin farklı çözümlerle hazırlanan ekstraktlarıyla Demir (III) indirgeme antioksidan kapasitesi (FRAP) tayini yapılmıştır. Absorbans değerlerine göre çizilen Trolox<sup>®</sup> çalışma grafiğinden (Şekil 4.3) elde edilen denklem ( $y = 0.099x + 0.078$ ) ile sonuçlar 1 gram kuru polendeki Trolox<sup>®</sup> eşdeğeri antioksidan kapasitesi (TEAC/g) olarak hesaplanmıştır. Vakum etüvde kurutulmuş ve farklı çözümlerle ekstrakte edilen arı polenlerinin FRAP tayini sonuçları ise Çizelge 4.8'de görülmektedir.



Şekil 4. 3. Vakum etüvde kurutulmuş arı poleninin FRAP tayini için Trolox® ile oluşturulan çalışma grafiği

Çizelge 4. 8. Vakum etüvde kurutulmuş arı polenlerinin TEAC/g değerleri

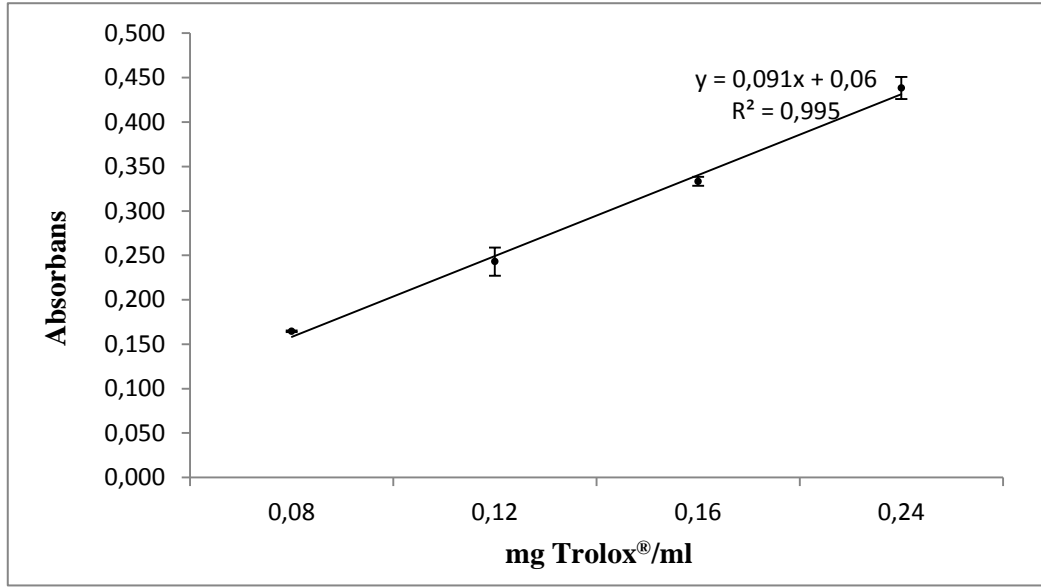
Çözgenler	FRAP Tayin Sonuçları (TEAC/g kuru polen)
Metanol	95.256 ± 0.476 a
Etanol	24.351 ± 0.022 c
Aseton	17.192 ± 0.771 d
Su	30.556 ± 0.302 b

Vakum etüvde kurutulmuş arı polenlerinin farklı çözümlerle hazırlanan ekstraktlarının FRAP analizi sonuçları arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0.05$ ). Vakum etüvde kurutulmuş arı polenlerinin FRAP tayini sonuçlarına göre en yüksek Demir indirgeme antioksidan kapasitesini metanol çözümlü ekstrakte edilen arı poleni göstermiştir. Çözümlere göre sıralama ise metanol > su > etanol > aseton şeklindedir (Çizelge 4.8).



#### 4.2.1.4. Liyofilizatörde Kurutulan Arı Poleninin Demir (III) İndirgeme Antioksidan Kapasitesi (FRAP) Tayini

Spektrofotometrede okunan absorbans değerlerine göre oluşturulan Trolox® çalışma grafiği Şekil 4.4’de gösterilmiş, eğilim çizgisinden elde edilen denklem ( $y=0.091*x + 0.068$ ) ile sonuçlara ulaşılmıştır ve sonuçlar g kuru örnek başına Trolox® eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAC/g) olarak ifade edilmiştir.



Şekil 4. 4. Liyofilizatörde kurutulmuş arı poleninin FRAP tayini için Trolox® ile oluşturulan çalışma grafiği

Çalışmada her bir çözen (metanol, etanol, su, aseton) için 2 paralel oluşturulmuş, kurutulmuş arı poleninden hazırlanan ekstraktlarla, değişen konsantrasyonlarda 3 paralel çalışılmıştır. Farklı çözenlerle ekstrakte edilen liyofilizatörde kurutulmuş arı polenlerinin FRAP tayini sonuçları ise Çizelge 4.9’da görülmektedir.

**Çizelge 4. 9.** Liyofilizatörde kurutulmuş arı polenlerinin TEAC/g değerleri

<b>Çözgenler</b>	<b>FRAP Tayin Sonuçları (TEAC/g kuru polen)</b>
Metanol	77.324 ± 0.502 a
Etanol	18.918 ± 0.191 c
Aseton	14.579 ± 0.091 d
Su	23.097 ± 0.124 b

Bir gram kuru polendeki Trolox<sup>®</sup> eşdeğeri antioksidan kapasitenin en yüksek olduğu çözgen metanol olarak bulunmuştur. FRAP tayin sonuçlarına göre sıralama ise metanol > su > etanol > aseton şeklinde gözlenmiştir.

Liyofilizatörde kurutulmuş arı polenin farklı çözgenlerle ekstraktlarının FRAP analizi sonuçları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).

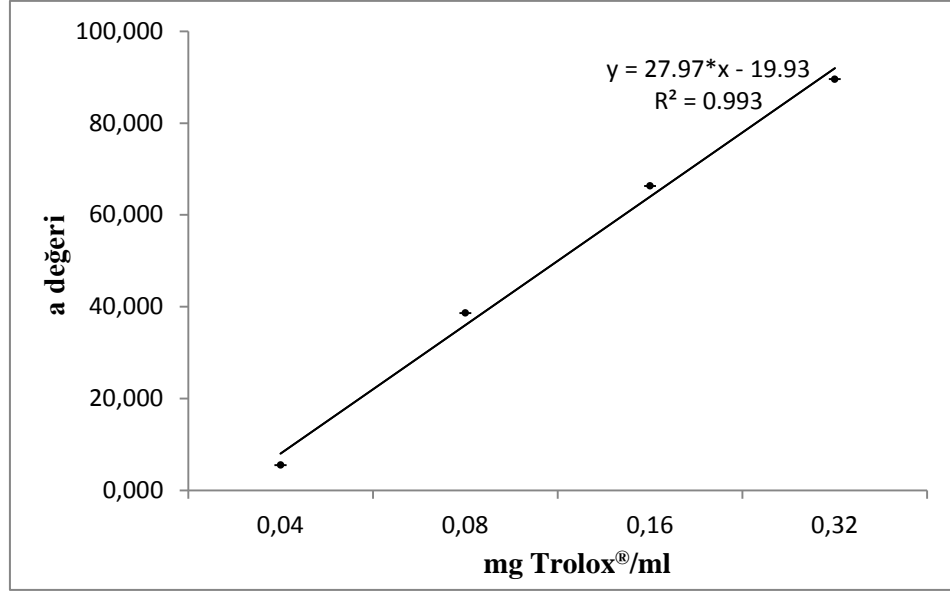
Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulmuş ve farklı çözgenlerle ekstrakte edilmiş arı polenlerinde Demir (III) indirgeme kapasitesi analizi sonuçları arasında farklılıklar görülmüştür (EK 8.A). Metanol çözgeniyle ekstrakte edilmiş olan arı polenlerinden, FRAP analizindeki en yüksek sonuç vakum etüvde kurutulan arı poleninde gözlenmiştir (EK 8.B). Etanol çözgeniyle ekstrakte edilen arı polenlerinde taze arı poleni ve liyofilizatörde kurutulmuş arı polenlerinin FRAP tayini sonuçları arasında benzerlikler olduğu tespit edilmiştir (EK 8.C). Taze arı poleni ve farklı yöntemlerle kurutulmuş arı polenlerinin aseton çözgeniyle hazırlanan ekstraktlarının FRAP analizi sonuçları arasında önemli farklılıkların olmadığı gözlenmiştir (EK 8.D). Farklı yöntemlerle kurutulan arı polenlerinin arasında ise, liyofilizatörde kurutulan arı polenlerinin aseton çözgeniyle hazırlanmış olan ekstraktın FRAP analiz sonucu daha düşük olarak bulunmuştur. Su çözgeniyle ekstrakte edilmiş arı polenlerinin FRAP analizi sonuçları kurutma yöntemleri arasında benzerlikler gösterirken, en yüksek sonuç vakum etüvde kurutulan arı poleninde görülmüştür (EK 8.E).

#### **4.2.2. DPPH<sup>+</sup> Radikali Temizleme Aktivitesi**

Kontrol numuneleri 3 paralel olarak hazırlanıp, okunan değerlerin ortalaması alınmıştır. Numuneler de 3 paralel çalışılmış, bu paralellerin spektrofotometrede okunmasıyla elde edilen absorbans değerlerinin ortalaması alınmıştır. Farklı hacimlerde alınan Trolox ile analiz başında tartılan Trolox miktarı (0.01 g) çarpılıp, numune konsantrasyonuna (10000 ppm) bölünmüştür. Ortalamalarından numunelerin absorbans ortalamaları çıkarıldıktan sonra tekrar kontrol değerine bölünerek 100 ile çarpılmış ve a değeri bulunmuştur (a:  $[(\text{Kontrol-Absorbans Değeri})/\text{Kontrol}]*100$ ). Konsantrasyonlara bağlı olarak elde edilen mg Trolox<sup>®</sup>/ml ile a değerlerinden grafik oluşturulmuştur. Bu grafiklerden elde edilen denklemler ile sonuçlar IC<sub>50</sub> (mg/ml) değeri olarak hesaplanmıştır.

##### **4.2.2.1. Taze Arı Poleninin DPPH<sup>+</sup> Radikali Temizleme Aktivitesi**

Değişen konsantrasyonlardaki Trolox<sup>®</sup>'un absorbans ve konsantrasyon değerleriyle çalışma grafiği oluşturulmuştur (Şekil 4.5). Her bir çözgen için 2 paralel, her bir numune içinse 3 paralel şeklinde hazırlanmıştır. Numunelerin absorbans değerlerinin ortalamaları ve a değerleri ile her bir çözgen için grafikler oluşturulmuş, bu grafiklerden elde edilen denklemler ile IC<sub>50</sub> değeri tespit edilmiştir (Çizelge 4.10). İki paralel olan çözgenler için sonuçlar IC<sub>50</sub> (mg/ml) değerlerinin ortalaması olarak alınmıştır. Grafikten elde edilen denklem ile taze arı polenin DPPH<sup>+</sup> tayini Trolox<sup>®</sup> IC<sub>50</sub> değeri 2.500 mg/ml olarak bulunmuştur.



**Şekil 4. 5.** Taze arı polenin DPPH<sup>+</sup> tayini için Trolox<sup>®</sup> ile oluşturulan çalışma grafiği

DPPH<sup>+</sup> tayini için oluşturulan çalışma grafiğinden hesaplanan IC<sub>50</sub> değerleri ne kadar düşük olursa, antioksidan aktivitesi de o kadar fazla olduğu bilinmektedir (Güven, 2010; Doğmuş ve Durucasu, 2013). IC<sub>50</sub> değerlerine göre sıralama su > aseton > metanol > etanol şeklindedir (Çizelge 4.10). Taze arı poleninde farklı çözümlerin aktivitelerine göre sıralaması etanol > metanol > aseton > su şeklindedir.

Su çözümlüyle hazırlanan taze arı poleni ekstraktının DPPH<sup>+</sup> analizi sonucunun daha yüksek olduğu ve diğer çözümlerle hazırlanan ekstraktların analiz sonuçları arasında benzerlikler olduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 4. 10.** Taze arı polenlerinin IC<sub>50</sub> değerleri

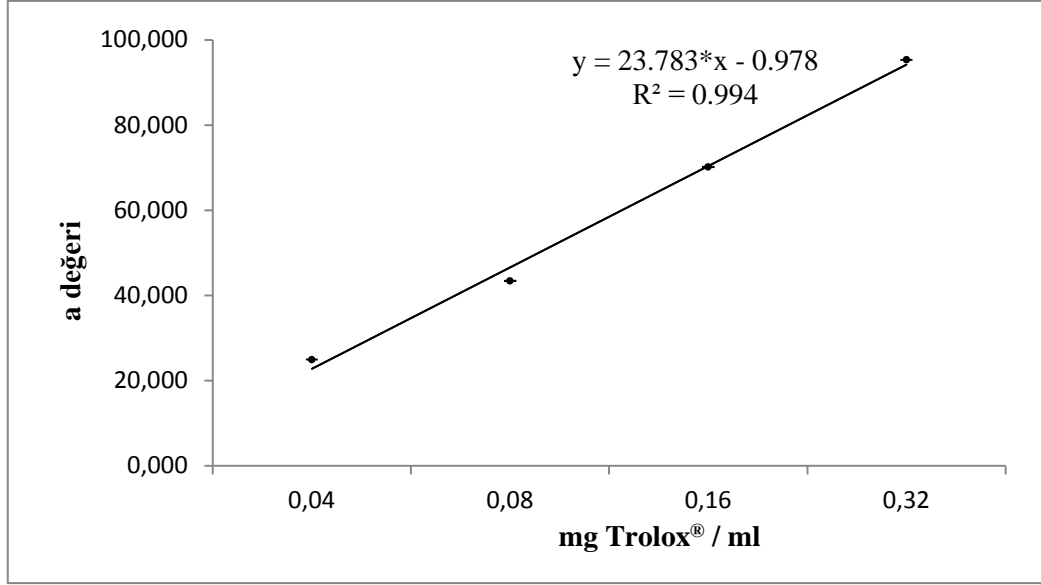
Çözümler	DPPH Tayin Sonuçları (IC <sub>50</sub> ) (mg/ml)
Metanol	4.319 ± 0.042 b
Etanol	3.068 ± 0.055 b
Aseton	4.467 ± 0.115 b
Su	7.932 ± 1.017 a

Mărghitaş ve ark., (2009), Romanya'nın belirli bölgelerinden toplanan arı polenleri ile yapılmış oldukları çalışmada Trolox<sup>®</sup> eşdeğeri antioksidan kapasitesini 0.274-2.814 mmol Trolox<sup>®</sup>/g olarak belirlemiştir. Khider ve ark., (2013), yaptıkları çalışmada mısır polenlerinin metanol ekstraktlarında IC<sub>50</sub> değerini 0.8 µg/ml olarak tespit edilmiştir.

#### **4.2.2.2. Tepsili Kurutucuda Kurutulan Arı Poleninin DPPH<sup>+</sup> Radikali Temizleme Aktivitesi**

Tepsili kurutucuda istenilen düzeyde kurutulan arı poleni numuneleri analiz için kullanılmıştır. Trolox<sup>®</sup>'un değişen konsantrasyonlardaki absorbans değerleri ölçülerek, standart çalışma grafiği oluşturulmuştur (Şekil 4.6). Her bir çözgen için 2 paralel, her bir numune için 3 paralel çalışılmıştır. Konsantrasyonlarda ölçülen absorbans değerlerinin ortalamaları ve hesaplanan a değerleri ile grafikler oluşturularak, bu grafiklerden elde edilen denklemler ile IC<sub>50</sub> değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.11). Grafikten elde edilen denklem ile tepsili kurutucuda kurutulan arı polenin DPPH<sup>+</sup> tayini için yapılan Trolox<sup>®</sup> IC<sub>50</sub> değeri 2.143 mg/ml olarak bulunmuştur.

Elde edilen sonuçlara bakıldığında tepsili kurutucuda kurutulan arı polenin DPPH<sup>+</sup> radikalini temizleme aktivitesinde IC<sub>50</sub> değeri en düşük olan etanol çözgeniyle ekstrakte edilen polenin, daha yüksek antioksidan aktivitesi gösterdiği gözlenmiştir. IC<sub>50</sub> değerlerine göre sıralama su > metanol > aseton > etanol şeklindedir (Çizelge 4.11). IC<sub>50</sub> değeri ne kadar küçükse, DPPH<sup>+</sup> aktivitesi o kadar yüksek olduğuna göre, farklı çözgenlerle ekstrakte edilen arı polenlerinin gösterdikleri aktivitelerine göre sıralaması ise etanol >aseton > metanol > su şeklindedir.



Şekil 4. 6. Tepsili kurutucuda kurutulmuş arı polenin DPPH<sup>+</sup> tayini için Trolox<sup>®</sup> ile oluşturulan çalışma grafiği

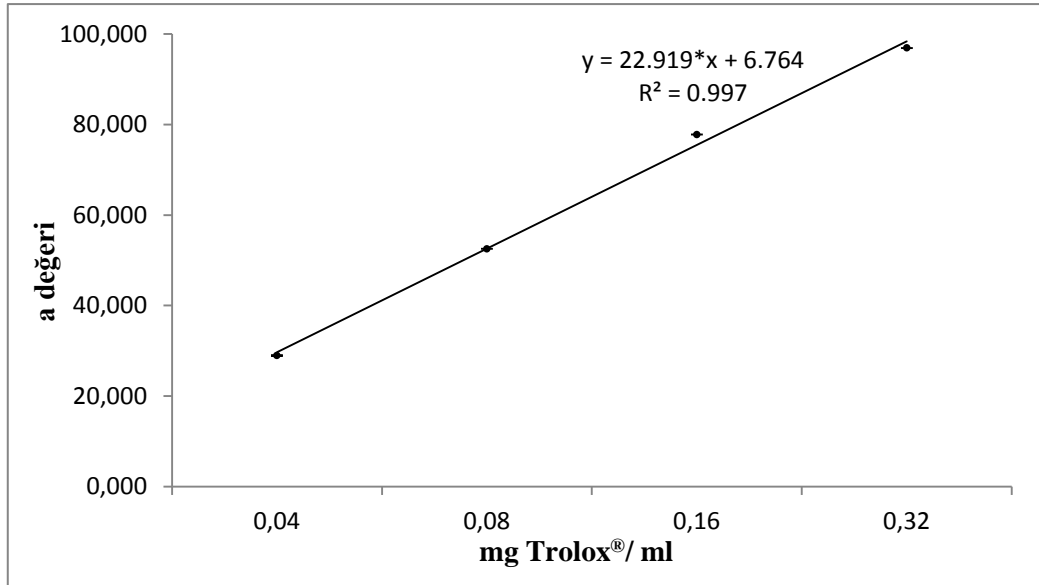
Çizelge 4. 11. Tepsili kurutucuda kurutulmuş arı polenlerinin IC<sub>50</sub> değerleri

Çözgenler	DPPH Tayin Sonuçları (IC <sub>50</sub> ) (mg/ml)
Metanol	8.281 ± 1.105 a
Etanol	2.766 ± 0.111 b
Aseton	4.196 ± 0.079 b
Su	10.307 ± 0.227 a

Tepsili kurutucuda kurutulmuş arı polenlerinin farklı çözümlerle hazırlanan ekstraktlarıyla yapılan DPPH<sup>+</sup> analizinin sonuçları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür (p<0.05).

#### 4.2.2.3. Vakum Etüvde Kurutulan Arı Poleninin DPPH<sup>+</sup> Radikali Temizleme Aktivitesi

Vakum etüvde kurutulan arı poleni numuneleri analiz için uygun çözümlerle hazırlanmıştır. Trolox<sup>®</sup>'un değişen konsantrasyonlardaki absorpsiyon değerleri ölçülerek, standart çalışma grafiği oluşturulmuştur (Şekil 4.7). Her bir çözümler için 2 paralel, her bir numune için 3 paralel çalışılmıştır. Belirli konsantrasyonlarda ölçülen absorpsiyon değerlerinin ortalamaları ve hesaplanan a değerleri ile grafikler oluşturularak, bu grafiklerden elde edilen denklemler ile IC<sub>50</sub> değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.12). Grafikten elde edilen denklem ile vakum etüvde kurutulan arı polenin DPPH<sup>+</sup> tayini için Trolox<sup>®</sup> IC<sub>50</sub> değeri 1.886 mg/ml olarak bulunmuştur.



Şekil 4. 7. Vakum etüvde kurutulan arı polenin DPPH<sup>+</sup> tayini için Trolox<sup>®</sup> ile oluşturulan çalışma grafiği

Vakum etüvde kurutulan arı polenlerinin farklı çözümlerle hazırlanan ekstraktlarında yapılan DPPH<sup>+</sup> tayininde, sonuçlar IC<sub>50</sub> değeri şeklinde hesaplanmıştır. IC<sub>50</sub> değerlerine göre sıralama aseton > su > metanol > etanol şeklindedir. IC<sub>50</sub> değeri ne kadar küçükse, DPPH<sup>+</sup> aktivitesi o kadar yüksek olduğuna göre, vakum etüvde kurutulan arı polenlerinin çözümlerle hazırlanan ekstraktlarının aktivitelerine göre sıralaması etanol > metanol > su > aseton şeklindedir. Vakum etüvde kurutulmuş ve farklı

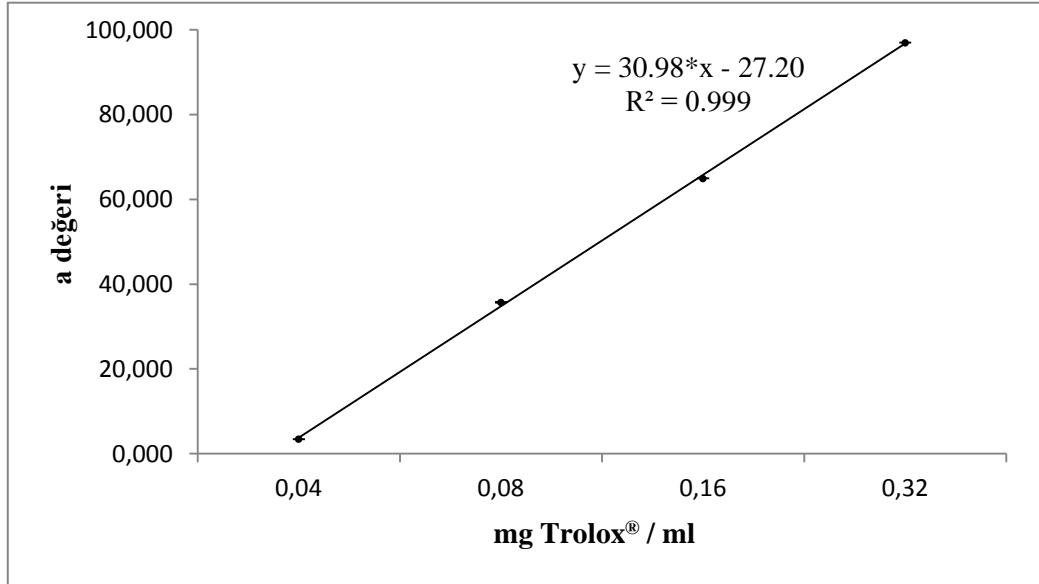
çözgenlerle ekstrakte edilmiş arı polenlerinin DPPH<sup>+</sup> analizi sonuçları arasındaki benzerlikler görülmüştür.

**Çizelge 4. 12.** Vakum etüvde kurutulmuş arı polenlerinin IC<sub>50</sub> değerleri

Çözgenler	DPPH Tayin Sonuçları (IC <sub>50</sub> ) (mg/ml)
Metanol	3.321 ± 0.107 c
Etanol	2.645 ± 0.193 c
Aseton	7.792 ± 0.271 a
Su	5.444 ± 0.046 b

#### 4.2.2.4. Liyofilizatörde Kurutulan Arı Poleninin DPPH<sup>+</sup> Radikali Temizleme Aktivitesi

Liyofilizatörde istenilen düzeyde kurutulduktan sonra arı polenlerinin numuneleri analiz için uygun çözümlerle hazırlanmıştır. Trolox<sup>®</sup>'un değişen konsantrasyonlardaki absorbans değerleri ölçülerek, standart çalışma grafiği oluşturulmuştur (Şekil 4.8).



**Şekil 4. 8.** Liyofilizatörde kurutulan arı poleninin DPPH<sup>+</sup> tayini için Trolox<sup>®</sup> ile oluşturulan çalışma grafiği



Her bir çözügen için 2 paralel, her bir numune için 3 paralel çalışılmıştır. Konsantrasyonlarda ölçülen absorpsiyon değerlerinin ortalamaları ve hesaplanan  $IC_{50}$  değerleri ile grafikler oluşturularak, bu grafiklerden elde edilen denklemler ile  $IC_{50}$  değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.13). Grafikten elde edilen denklem ile Trolox®  $IC_{50}$  değeri 2.491 mg/ml olarak bulunmuştur.

**Çizelge 4. 13.** Liyofilizatörde kurutulmuş arı polenlerinin  $IC_{50}$  değerleri

Çözügenler	DPPH Tayin Sonuçları ( $IC_{50}$ ) (mg/ml)
Metanol	$3.238 \pm 0.018$ b
Etanol	$2.697 \pm 0.047$ b
Aseton	$5.115 \pm 0.187$ a
Su	$5.575 \pm 0.034$ a

Liyofilizatörde kurutulmuş olan arı polenlerinin farklı çözügenlerle hazırlanan ekstraktlarındaki DPPH<sup>+</sup> aktivitesi hesaplanmıştır.  $IC_{50}$  değerlerine göre sıralama su > aseton > metanol > etanol şeklindedir. Çözügenlerin aktivitesinin sıralaması ise etanol > metanol > aseton > su şeklindedir. En düşük  $IC_{50}$  değerinin görüldüğü etanol çözügeninin, en yüksek aktiviteyi gösterdiği gözlenmiştir.

Liyofilizatörde kurutulmuş arı polenlerinin farklı çözügenlerle hazırlanmış olan ekstraktlarının DPPH<sup>+</sup> analizi sonuçlarındaki farklılıkların önemli olduğu tespit edilmiştir.

DPPH<sup>+</sup> radikalini temizleme aktivitesi analizinde taze arı poleni ve kurutma yöntemleri uygulanmış arı polenlerinin etanol çözügeni kullanılarak hazırlanan ekstraktlarının daha yüksek aktivite gösterdiği gözlenmiştir.

Kurutma yöntemleri ve çözügenlerin DPPH<sup>+</sup> analizi sonuçları arasındaki interaksyonun önemli olduğu görülmektedir (EK 7.A). Metanol çözügeniyle ekstraktı hazırlanan arı polenlerinin en yüksek DPPH<sup>+</sup> sonucunun liyofilizatörde kurutulmuş arı poleninde olduğu ve diğer kurutma yöntemlerinin uygulandığı arı polenlerinde DPPH<sup>+</sup> analizi sonuçlarının benzer olduğu görülmektedir (EK 7.B). Etanol çözügeniyle ekstrakte edilen

arı polenlerinde DPPH<sup>+</sup> analizi sonucu en yüksek vakum etüvde kurutulmuş arı polenlerinde görülmektedir (EK 7.C). Aseton çözügeniyle hazırlanan arı poleni ekstraktlarında en yüksek DPPH<sup>+</sup> analizi sonucu, tepsili kurutucuda kurutulmuş arı poleninde bulunmuştur (EK 7.D). Su çözügeniyle hazırlanmış arı polenlerinin arasında en yüksek DPPH<sup>+</sup> analizi sonucunun vakum etüvde kurutulmuş arı poleni ile yapılan analizde bulunduğu görülmektedir (EK 7.E).

#### **4.2.3. Toplam Fenolik Madde Miktarları**

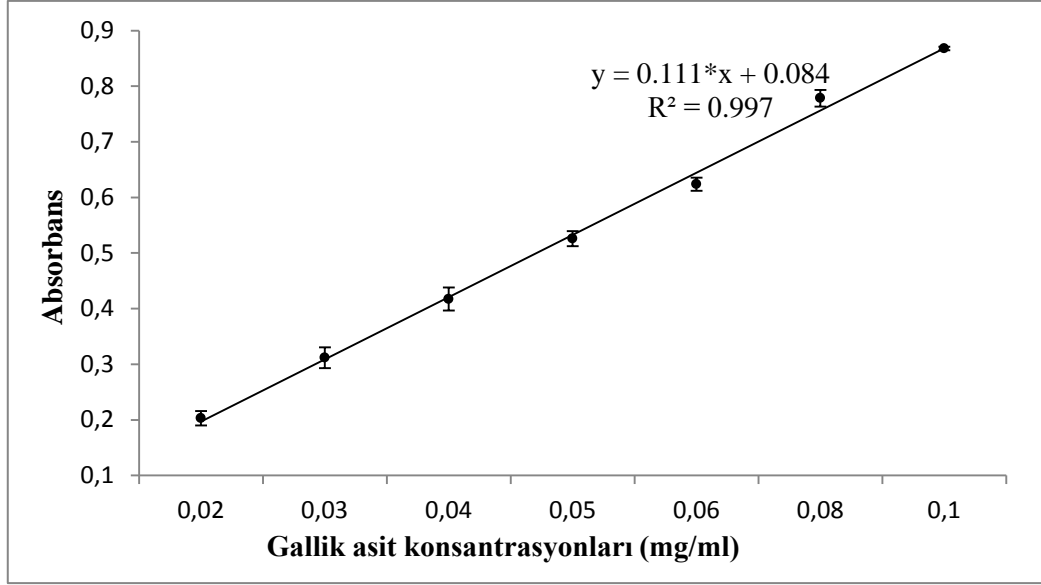
Gallik asit çözültisinin konsantrasyonları 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100 µl olarak hazırlanmış ve farklı kurutma metotları ve farklı çözügenlerle ekstrakte edilmiş arı polenlerinin toplam fenolik madde miktarı, bu konsantrasyonlara göre tespit edilmiştir. Spektrofotometrede okunan absorbans değerleri y- eksenine yazılırken, konsantrasyon değerleri ise x- eksenine yazılmıştır. Numuneler 3 paralel şekilde çalışılmıştır. Verilen absorbans değerleri bu çalışmaların ortalamasıdır. Elde edilen standart çalışma grafiğiyle absorbans ve konsantrasyonun doğru orantılı olduğu gözlenmiştir.

Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulmuş ve farklı çözügenlerle ekstrakte edilmiş arı polenlerinde toplam fenolik madde miktarı analizlerinin sonuçları arasındaki farklılığın önemli olduğu görülmektedir (EK 5.A).

##### **4.2.3.1. Taze Arı Poleninin Toplam Fenolik Madde Miktarı**

Gallik asit çözültisinin konsantrasyonları ile absorbans değeri arasındaki ilişkiyi ifade eden grafiğin denklemi  $y = 0.111*x + 0.084$  olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.9). Taze arı polenin farklı çözügenlerle oluşturulan ekstraktlarının içerdiği toplam fenolik madde miktarları Çizelge 4.14'de gösterilmiştir. Bu denklem aracılığıyla 1 g polenin içerdiği toplam fenolik madde miktarı mg cinsinden belirlenmiştir.

Toplam fenolik madde miktarlarının farklı çözügenlere sıralaması metanol > aseton > su > etanol şeklinde tayin edilmiştir. En yüksek toplam fenolik madde miktarı metanol çözügeni ile bulunmuştur. Bu sonuca bağlı olarak, taze arı poleninde toplam fenolik madde içeriği analizinde çözügen olarak metanolün kullanılmasının daha iyi sonuçlar vereceği görülmüştür. Etanol, aseton ve su çözügenlerinin sonuçları arasında benzerlikler görülmektedir.



Şekil 4. 9. Taze arı poleni için hazırlanan gallik asit standart grafiği

Çizelge 4. 14. Taze arı polenin toplam fenolik madde miktarları

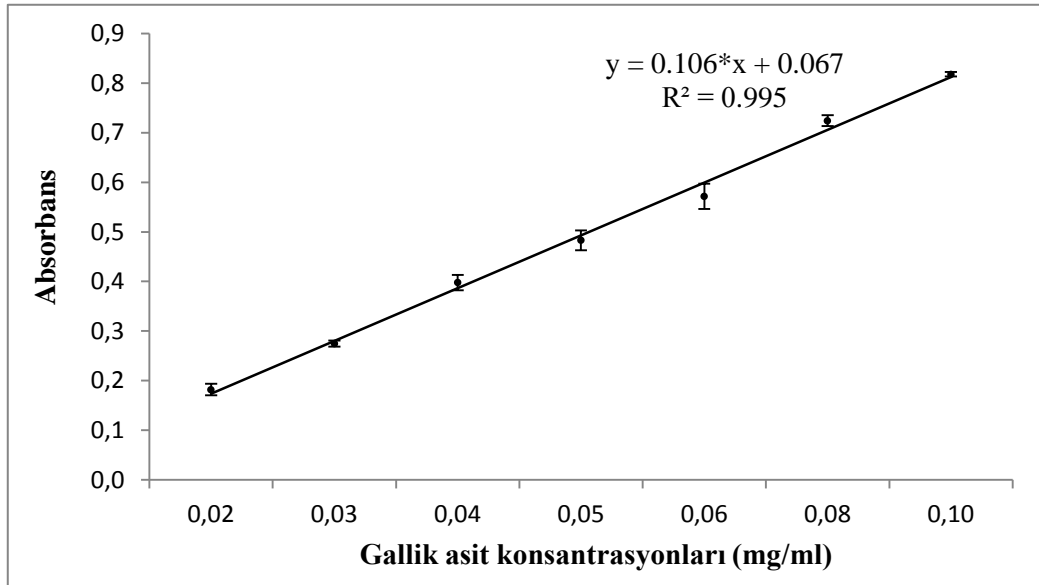
Çözgenler	Toplam Fenolik Madde Miktarı (mg fenolik madde/g kuru polen)
Metanol	8.441 ± 0.247 a
Etanol	2.731 ± 0.265 c
Aseton	3.992 ± 0.113 b
Su	2.920± 0.101 bc

Daoud ve ark., (2015), Tunus'un Kerkenna bölgesinden elde edilen polenlerin etanol ve aseton çözümleri kullanarak hazırlanan ekstraktlarında toplam fenolik madde miktarlarını sırasıyla 13.42 ± 0.95 mg GAE/g, 197.62 ± 7.41 mg GAE/g , Tozeur bölgesinden elde edilen polenlerin etanol ve aseton çözümleriyle hazırlanan ekstraktlarında toplam fenolik madde miktarlarını ise sırasıyla 211.11 ± 10.02 mg GAE/g, 213.36 ± 5.72 mg GAE/g olarak tespit etmişlerdir.

Sonoran ölu çevresinden toplanan arı polenleriyle yapılan bir çalışmada polenin 8 farklı çözücüyle (su, ethanol, methanol, propanol, 2-propanol, aseton, dimetilformamid, asetonitril) ekstrakte edildiğinde antioksidan aktivitesindeki değişime bakılmış ve metanollü ekstraktların en yüksek aktiviteyi gösterdiği tespit edilmiştir (Leblanc ve ark., 2009).

#### 4.2.3.2. Tepsili Kurutucuda Kurutulan Arı Poleninin Toplam Fenolik Madde Miktarı

Gallik asit çözeltisinin konsantrasyonları ile absorbands değerlerine göre çizilen grafiğin denklemi,  $y = 0.106*x + 0.067$  olarak belirlenmiştir (şekil 4.10). Tepsili kurutucuda kurutulan arı polenin farklı çözgenlerle oluşturulan ekstraktlarının içerdiği toplam fenolik madde miktarları izelge 4.15'de gösterilmiştir. Bu denklem aracılığıyla 1 g polenin içerdiği toplam fenolik madde miktarı mg cinsinden belirlenmiştir.



şekil 4. 10. Tepsili kurutucuda kurutulan arı poleni için hazırlanan gallik asit standart grafiği

**Çizelge 4. 15.** Tepsili kurutucuda kurutulmuş arı polenin toplam fenolik madde miktarları

<b>Çözgenler</b>	<b>Toplam Fenolik Madde Miktarı (mg fenolik madde/g kuru polen)</b>
Metanol	4.567 ± 0.005 a
Etanol	1.557 ± 0.038 c
Aseton	1.594 ± 0.025 c
Su	2.015 ± 0.023 b

Tepsili kurutucuda gerçekleştirilen kurutma işlemi neticesinde metanol çözgeniyle ekstrakte edilen arı polenlerinde toplam fenolik madde miktarının, taze polendeki toplam fenolik madde miktarına göre büyük ölçüde azaldığı ve taze polendeki gibi en iyi çözgenin metanol olduğu gözlenmiştir. Etanol ve aseton çözgenlerinden yakın değerlerde sonuçlar elde edilmiştir. Çözgenlerin toplam fenolik madde miktarlarına göre sıralaması

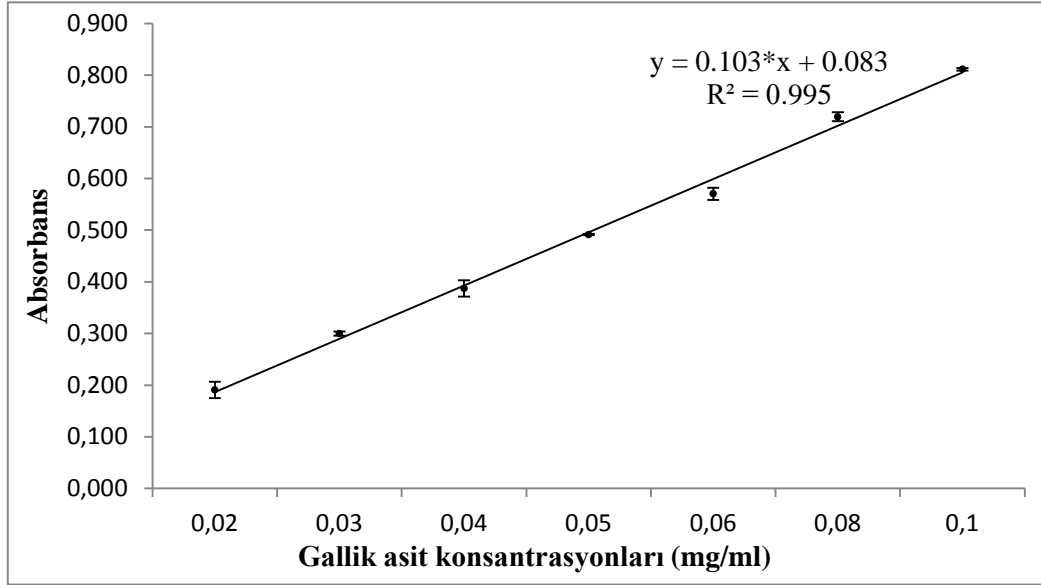
metanol > su > aseton > etanol şeklinde bulunmuştur. Bu sonuçlara bağlı olarak en iyi çözgenin metanol olduğu söylenebilmektedir.

#### **4.2.3.3. Vakum Etüvde Kurutulan Arı Poleninin Toplam Fenolik Madde Miktarı**

Vakum etüvde kurutulan arı polenlerinden hazırlanan ekstraktların toplam fenolik madde miktarlarının hesaplanması için, gallik asit çözeltisinin konsantrasyonlarına karşı absorbans değerleri ile grafik çizilmiştir ve bu grafikten elde edilen doğru denklemi;  $y = 0.103 \cdot x + 0.083$  olarak tayin edilmiştir (Şekil 4.11). Vakum etüvde kurutulan arı polenin farklı çözgenlerle oluşturulan ekstraktlarının içerdiği toplam fenolik madde miktarları Çizelge 4.16'da gösterilmiştir. Bu denklem aracılığıyla 1 g polenin içerdiği toplam fenolik madde miktarı mg cinsinden belirlenmiştir.

Vakum etüvde kurutulan arı polenlerinin 1 gramındaki toplam fenolik madde miktarları farklı çözgenler kullanılarak tayin edilmiştir. Toplam fenolik madde miktarları sonuçları çözgenlere göre sırasıyla metanol > aseton > su > etanol şeklinde bulunmuştur.

Vakum etüvde kurutulmuş arı polenlerinin toplam fenolik madde tayininde en iyi çözücü olarak metanol tespit edilmiştir.



Şekil 4. 11. Vakum etüvde kurutulmuş arı poleni için hazırlanan gallik asit standart grafiği

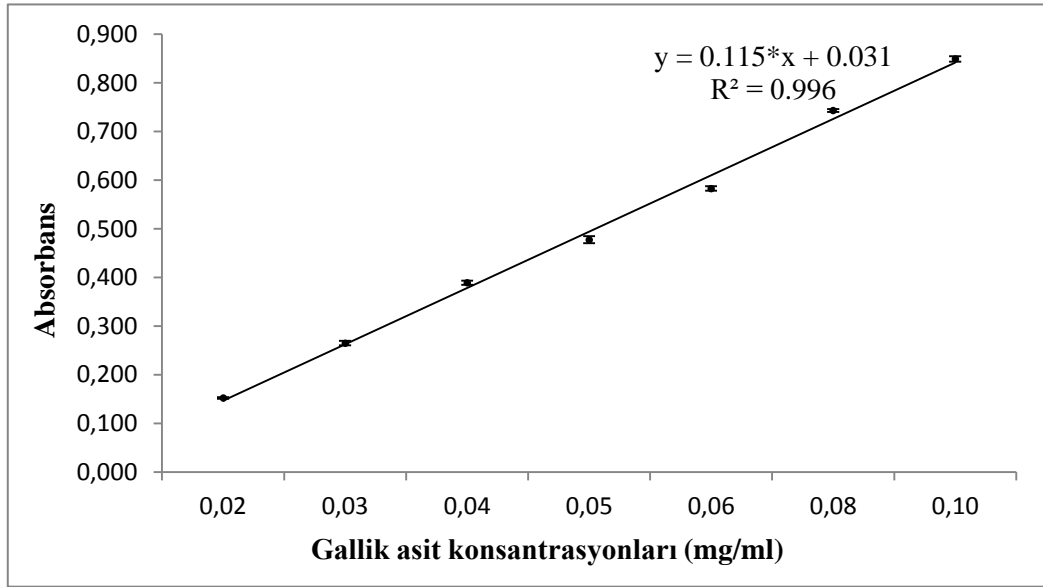
Çizelge 4. 16. Vakum etüvde kurutulmuş arı polenin toplam fenolik madde miktarları

Çözümler	Toplam Fenolik Madde Miktarı (mg fenolik madde/g kuru polen)
Metanol	7.210 ± 0.038 a
Etanol	2.362 ± 0.011 d
Aseton	3.164 ± 0.022 b
Su	2.652 ± 0.020 c

Farklı çözümlerle ekstrakte edilmiş arı polenlerinin toplam fenolik madde miktarı analizi sonuçları arasında önemli farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir.

#### 4.2.3.4. Liyofilizatörde Kurutulan Arı Poleninin Toplam Fenolik Madde Miktarı

Gallik asit çözeltisinin konsantrasyonlarına karşı absorbans değerleri ile çizilen grafiğin denklemi  $y = 0.115*x + 0.031$  olarak tayin edilmiştir (Şekil 4.12). Liyofilizatörde kurutulan arı polenin farklı çözgenlerle oluşturulan ekstraktlarının içerdiği toplam fenolik madde miktarları Çizelge 4.17'de gösterilmiştir. Bu denklem aracılığıyla 1 g polenin içerdiği toplam fenolik madde miktarı mg cinsinden belirlenmiştir.



Şekil 4. 12. Liyofilizasyonla kurutulan arı poleni için hazırlanan gallik asit standart grafiği

Çizelge 4. 17. Liyofilizatörde kurutulmuş arı polenin toplam fenolik madde miktarları

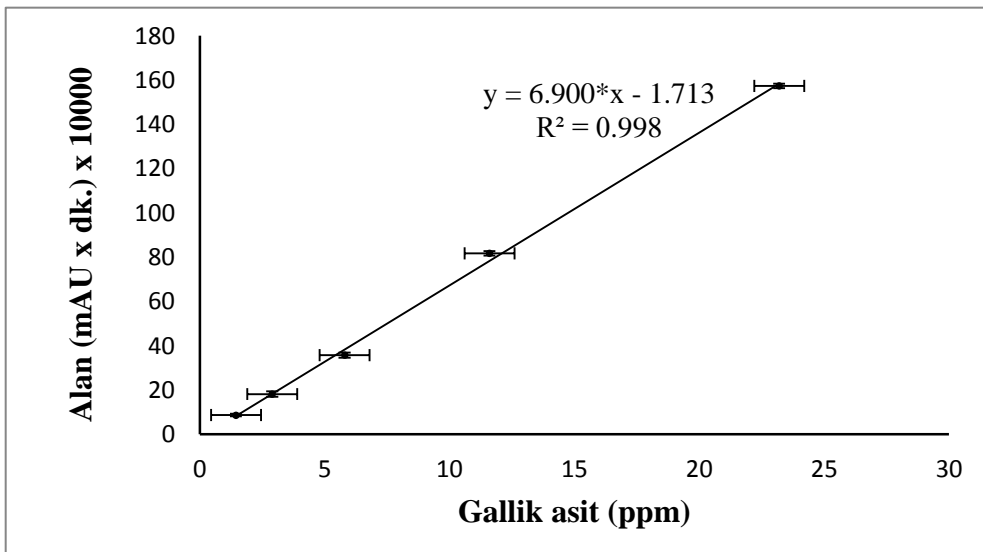
Çözgenler	Toplam Fenolik Madde Miktarı (mg fenolik madde/g kuru polen)
Metanol	4.272 ± 0.000 a
Etanol	1.691 ± 0.014 c
Aseton	2.476 ± 0.026 b
Su	1.770 ± 0.022 c

Toplam fenolik madde tayinlerinde liyofilizatörde kurutulmuş arı poleni ekstraktı için en iyi çözücünün metanol olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Liyofilizatörde kurutulmuş ve farklı çözücülerle ekstrakte edilmiş arı polenlerinin toplam fenolik madde miktarları arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0.05$ ). Çözücülere göre toplam fenolik madde miktarları sırasıyla metanol > aseton > su > etanol şeklinde tayin edilmiştir.

Kurutma yöntemleri ve çözücüler arasındaki interaksiyonun önemli olduğu görülmektedir (EK 6.A). Taze arı poleninde ve tüm kurutma yöntemleri içerisinde en yüksek sonuçları metanol çözücüsü göstermiştir (EK 6.B). Etanol çözücüsü ile hazırlanan arı poleni ekstraktının en yüksek toplam fenolik madde miktarı sonucunu taze arı poleninde vermiş olduğu gözlemlenmiştir (EK 6.C). Aseton çözücüsüyle ekstrakte edilen taze arı poleni ve kurutulmuş arı polenlerinin toplam fenolik madde miktarı sonuçları arasında farklılıklar olduğu görülmüştür (EK 6.D). Su çözücüsü ile ekstrakte edilmiş arı polenleri arasında en düşük sonucun liyofilizatörde kurutulmuş arı poleninde olduğu ve vakum etüvde kurutulmuş arı poleni ile taze arı polenin sonuçları arasında benzerlikler olduğu görülmüştür (EK 6.E).

#### 4.3. Arı Poleninin Fenolik İçeriği

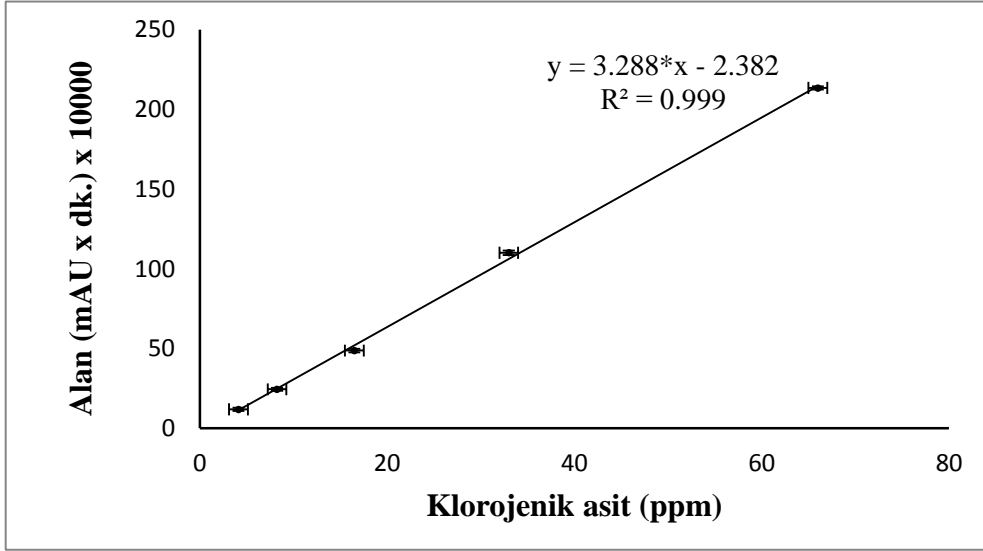
Gallik asit çözeltisinin konsantrasyonlarına karşı alan değerleri ile çizilen grafiğin denklemi ise,  $y = 6.900 \cdot x - 1.713$  olarak belirlenmiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4. 13. Alana göre gallik asit miktarı grafiği



Klorojenik asit çözeltilisinin konsantrasyonlarına karşı alan değerleri ile çizilen grafiğin denklemi,  $y = 3.288*x - 2.382$  olarak tayin edilmiştir (Şekil 4.14).



Şekil 4. 14. Alana göre klorojenik asit miktarı grafiği

Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan arı poleni ekstraktlarının fenolik içeriği, gallik asit ve klorojenik asit cinsinden Çizelge 4.18'de gösterilmiştir. Bu denklemlerin aracılığıyla 1 g kuru polenin içerdiği fenolik bileşen mg cinsinden belirlenmiştir. Taze arı poleni ve farklı kurutma yöntemleriyle kurutulmuş arı polenlerinin HPLC analizlerine ait kromatogramları EK14-EK17'de verilmiştir.

Çizelge 4. 18. Kurutma yöntemlerine göre Fenolik bileşenlerin miktarları

Kurutma Yöntemleri	Gallik asit eşdeğeri (mg GAE/g kuru polen)	Klorojenik asit eşdeğeri (mg KAE/ g kuru polen)
Taze Polen	12.671 ± 0.388 a	26.581 ± 0.815 a
Tepsili Kurutucu	14.117 ± 0.806 a	29.834 ± 1.692 a
Vakum Etüv	12.224 ± 0.418 a	25.874 ± 0.877 a
Liyofilizatör	12.696 ± 0.269 a	26.682 ± 0.564 a

Taze arı polenleri ve kurutma yöntemleri uygulanmış arı polenlerindeki gallik asit cinsinden fenolik bileşen miktarları 12.671-14.117 mg gallik asit/g kuru polen olarak bulunmuşken, klorojenik asit cinsinden fenolik bileşen miktarları 25.874-29.834 mg klorojenik asit/g kuru polen olarak tespit edilmiştir.

Fenolik bileşenlerin miktarı tayininde taze polen ve farklı kurutma yöntemleri uygulanan arı polenlerinin gallik asit eşdeğeri ve klorojenik asit eşdeğeri sonuçları arasında önemli farklılıkların olmadığı görülmüştür ( $p>0.05$ ). Tepsili kurutucuda kurutulan arı polenlerinin daha yüksek sonuçlar verdiği gözlemlenirken, en düşük değerler vakum etüvde kurutulan arı polenlerinde tespit edilmiştir.

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Taze arı polenleri ve farklı yöntemlerle kurutulmuş arı polenlerinin besinsel bileşimlerine bakıldığında, taze arı polenindeki protein miktarı ve farklı yöntemlerle kurutulmuş arı polenlerindeki protein miktarları arasında farklılıkların belirgin olmadığı, kurutma işleminin protein miktarını önemli bir düzeyde etkilemediği söylenebilmektedir. Benzer durum arı polenlerinin içerdiği yağ miktarı içinde söz konusudur.

Taze arı polenlerinin 1 kilogramındaki C vitamini miktarı, kurutma işlemleri uygulanan arı polenlerindeki C vitamini miktarına göre daha fazla bulunmuştur. Arı polenleri kurutulduğu zaman C vitamini miktarlarında düşüş gözlenmiş ve en az C vitamini miktarı vakum etüvde kurutulmuş arı polenlerinde bulunmuştur. Bilindiği gibi gıdalara uygulanan ısı işlemler sonucunda gıdalarda besin kayıpları meydana gelmektedir. Gıdalarda meydana gelen besin kayıplarının izlenmesinde Pişme Değeri (Cooked value) veya C değeri (C value) olarak ifade edilen ve C vitaminindeki kaybı belirten terim kullanılmaktadır. Uygulanan ısı işlemlerin gıdalar üzerinde meydana getirdiği değişimler sıcaklık, süre, basınç ve nem gibi parametrelerdeki değişime bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. Yaptığımız bu çalışmada istenilen nem değerine ulaşmaya kadar geçen süre kullanılan tekniğe bağlı olarak uzamaktadır. Kurutma süresindeki artışa bağlı olarak C vitamininde meydana gelen kayıpta artmaktadır. Kurutulmuş arı polenlerindeki C vitamini miktarı yüksekten düşüğe doğru Tepsili kurutucu, liyofilizatör, vakum etüv olarak sıralanmıştır.

Tüm arı polenlerinde (taze, tepsili kurutucuda kurutulmuş, vakum etüvde kurutulmuş, liyofilizatörde kurutulmuş) toplam fenolik maddenin en iyi ekstrakte edildiği çözgen metanol olarak tespit edilmiştir. Etanol, aseton ve su çözgenleriyle ekstraktları hazırlanan arı polenlerinin ise toplam fenolik madde miktarlarının birbirine yakın sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Metanol çözgeninin arı poleni içerisindeki tüm fenolik maddeleri etkin bir şekilde çözebilmesinden dolayı daha net sonuçların elde edildiği düşünülmektedir.

Farklı yöntemlerle kurutulan arı polenlerinde yapılan FRAP analizindeki en yüksek değerler, metanol çözgeniyle hazırlanan ekstraktlarda görülmüştür. Tüm kurutma

yöntemlerinde etanol ve aseton çözümleriyle hazırlanan arı poleni ekstraktlarının sonuçları arasında benzerlikler olduğu tespit edilmiştir. FRAP analizi için arı polenlerinde en iyi ekstrakte eden çözümlerin metanol olduğu görülmüş ve bu analiz için metanol çözümlünün kullanılması tavsiye edilmiştir.

Taze arı poleni ve farklı yöntemlerle kurutulmuş arı polenlerinde metanol ve su çözümleriyle hazırlanan ekstraktların DPPH<sup>+</sup> aktivitesi, diğer çözümlere göre düşük bulunmuştur. Taze, tepsili kurutucuda kurutulmuş, vakum etüvde kurutulmuş ve liyofilizatörde kurutulmuş arı polenlerinde en yüksek DPPH<sup>+</sup> aktivitesi etanol çözümleriyle hazırlanan ekstraktlarda bulunmuştur.

Toplam fenolik madde miktarı analizinde en yüksek sonuçlar taze arı poleni ekstraktlarından elde edilmiştir. Kurutulan arı polenlerinin fenolik madde miktarlarında azalmalar olduğu tespit edilmiştir. Antioksidan analizlerinden FRAP analizinde ise en yüksek sonuç vakum etüvde kurutulmuş arı polenlerinde bulunmuştur. DPPH<sup>+</sup> analizinde taze arı polenleri, tepsili kurutucuda kurutulmuş, vakum etüvde kurutulmuş ve liyofilizatörde kurutulmuş arı polenlerinin etanol çözümleriyle hazırlanan ekstraktlarının sonuçları hem en yüksek değerleri göstermiş hemde bu sonuçlar arasında benzerlikler görülmüştür.

Bir gram arı polenindeki fenolik içerik, mg gallik asit ve klorojenik asit eşdeğeri cinsinden en fazla tepsili kurutucuda kurutulmuş arı poleninde gözlenmiştir.

Araştırmaların sonucunda taze ve farklı kurutma yöntemleri uygulanan arı polenlerinde FRAP analizi ve toplam fenolik madde miktarı analizinde, arı poleni ekstraktlarının hazırlanmasında metanol çözümlünün kullanımının daha iyi sonuçlar verebileceği gözlenmiştir. DPPH<sup>+</sup> analizinde ise, etanol çözümleriyle hazırlanan ekstraktlar daha yüksek aktivite göstererek, bu analizlerde etanol çözümlünün kullanımının gerçekleştirilebileceğini göstermiştir.

Arı polenlerinin kurutma yöntemleriyle ve ekstraktları hazırlanırken kullanılan çözümlerle antioksidan aktiviteleri ve kapasiteleri değişse de, antioksidan aktivite açısından ve fenolik bileşikler bakımından zengin olan, doğal bir antioksidan kaynağıdır.

## 6. KAYNAKLAR

- Almeida-Muradian, L.B., Pamplona, L.C., Coimbra, S., Barth, O.M. 2005. Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pollen pellets. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18: 105-111.
- AOAC, 2000. Official methods of analysis, Official Method 991.36, Gairhersburg, MD.
- Anonim, 2006. Polen Standardı. TSE, TS 10255 (ICS 65.140), Ankara.
- Anonim, 2007. Yayçep (Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Yaygın Çiftçi Eğitim Projesi) Eğitim ve Yayın Serisi. Yayın Seri: 40/32, Ankara.
- Anonim, 2008. Yayçep (Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Yaygın Çiftçi Eğitim Projesi) Eğitim ve Yayın Serisi. Yayın Seri: 40/24, Ankara.
- Anonim, 2011a. Kimya Teknolojisi, Nem, Kül ve Elek Analizi, 2011. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara.
- Anonim, 2011b. Gıda Analiz ve Teknoloji Laboratuvarı-I Dersi Modül 9, 2011. Erciyes Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Kayseri.
- Anonim, 2015. [http://www.merckmillipore.com/TR/tr/products/analytcs-sample-prep/test-kits-and-photometric-methods/instrumental-test-systems-for-quantitative-analyses/reflectoquant-system/ILOb.qB.OjIAAAE\\_Jhh3.Lxj.nav](http://www.merckmillipore.com/TR/tr/products/analytcs-sample-prep/test-kits-and-photometric-methods/instrumental-test-systems-for-quantitative-analyses/reflectoquant-system/ILOb.qB.OjIAAAE_Jhh3.Lxj.nav) (Erişim tarihi: 08.08.2016).
- Anonim, 2016. <http://egematal.ege.edu.tr/files/pdf/Liyofilizator.pdf> (Erişim tarihi: 09.08.2016)
- Arruda, V.A.S., Pereira, A.A.S., Freitas, A.S., Barth, O.M, Almeida-Muradian, L.B. 2013. Dried bee pollen: B complex vitamins, physicochemical and botanical composition. *Journal of Food Composition and Analysis*, 29: 100-105.
- Aydın, G. 2013. Meyve ve sebzelerin kurutulması mikrobiyal floraları. Lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Samsun.
- Borbalán, Á.M.A., Zorro, L., Guillén, D.A., Barroso, C.G. 2003. Study of polyphenol content of red and White grape varieties by liquid chromaography- mass spectrometry and its relationship to antioxidant power. *Journal of Chromatography A*, 1012: 31-38.
- Boskou, D. 1996. *Olive Oil Chemistry and Technology*. AOCS Press, Champaign, Illinois, 161 pp.
- Brand-Williams, W., Culivier, M.E., Berset, C. 1995. Use of free radical method to evaluation of antioksidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28: 25-30.
- Bulduk, S. 2010. Gıda teknolojisi. Ankara, 84-86s.

- Cam, M., Hışıl, Y. 2003. Gıdalardaki flavonoidler ve önemleri. 3. Gıda Mühendisliği Kongresi, 2-4 Ekim 2003, Ankara.
- Can, Z., Yıldız, O., Şahin, H., Turumtay, E. A., Silici, S., Kolaylı, S. 2015. An investigation of Turkish honeys: Their physico-chemical properties, antioxidant capacities and phenolic profiles. *Food Chemistry*, 180: 133-141.
- Chew, K.K., Ng, S.Y., Thoo, Y.Y., Khoo, M.Z., Wan Aida, W.M., Ho, C.W. 2011. Effect of ethanol concentration, extraction time and extraction temperature on the recovery of phenolic compounds and antioxidant capacity of *Centella asiatica* extracts. *International Food Research Journal*, 18: 571-578.
- Cheng, N., Wang, Y., Gao, H., Yuan, J., Feng, F., Cao, W., Zheng, J. 2013. Protective effect of extract *Crataegus pinnatifida* pollen on DNA damage response to oxidative stress. *Food and Chemical Toxicology*, 59: 709-714.
- Daoud, A., Malika, D., Bakari, S., Hfaiedh, N., Mnafigui, K., Kadri, A., Gharsallah, N. 2015. Assessment of polyphenol composition, and antioxidant and antimicrobial properties of various extracts of Date Palm Pollen (DPP) from two Tunisian cultivars. *Arabian Journal of Chemistry*, Volume 2-9.
- Demirci, M. 2010. Gıda kimyası. Gıda Teknolojisi Derneği, Yayın No: 40, İstanbul, 227s.
- Dietz, A. 1984. Nutrition of the adult honey bee. *The Hive and Honey Bee* Dadant and Sons, hamilton IL, USA, 125-156 pp.
- Doğmuş, D., Durucasu, İ. 2013. Keten tohumu çeşitlerinin n-bütanol fraksiyonlarının fenolik bileşenlerinin antioksidan aktivitesi. *C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 9:47-56.
- Eruçar, S. 2006. Bazı bitkisel çayların fenolik madde profili ve antioksidan aktivitelerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Fabre, N., Rustan, I., Hoffmann, D.E., Quetin-Leclercq, J. 2001. Determination of flavone, flavonol and flavanone aglycones by negative ion liquid chromatography electrospray ion trap mass spectrometry. *Journal of The American Society for Mass Spectrometry*, 12: 707-715.
- Fang, Z., Zhang, M., Wang, L. 2007. HPLC-DAD-ESI-MS analysis of phenolic compounds in bayberries. *Food Chemistry*, 100: 845-852.
- Fatrcová-Šramková, K., Nôžková, J., Kačániová, M., Máriássyová, M., Rovná, K., Stričík, M. 2013. Antioxidant and antimicrobial properties of monofloral bee pollen. *Journal of Environmental Science and Health, Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 48:2, 133-138.

- Feás, X., Vázquez-Tato, M.P., Estevinho, L., Seijas, J.A., Iglesias, A. 2012. Organic bee pollen: Botanical origin, nutritional value, bioactive compounds, antioxidant activity and microbiological quality. *Molecules*, 17: 8359-8377.
- Forcone, A., Aloisi, P.V., Ruppel, S., Muñoz, M. 2011. Botanical composition and protein content of pollen collected by *Apis mellifera* L. in the North-west of Santa Cruz. *Grana*, 50:1, 30-39.
- Freire, K.R.L., Lins, A.C.S., Dórea, M.C., Santos, F.A.R., Camara, C.A., Silva, T.M.S. 2012. Palynological origin, phenolic content, and antioxidant properties of honeybee-collected pollen from Bahia, Brazil. *Molecules*, 17: 1652-1664.
- Güven, A. 2010. Mesir macununun antioksidan ve reolojik özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Heim, K.E., Tagliaferro, A.R., Bobilya, D.J. 2002. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 13: 572-584.
- Herbert, E.W., Shimanuki, H. 1978. Chemical composition and nutritive value of bee-collected and bee-stored pollen. *Apidologie*, 9(1): 33-40.
- Huanhuan, L., Wang, X., He, Y., Wang, H., Suo, Y. 2015. Identification and quantification of flavonoid aglycones in rape bee pollen from Qinghai-Tibetan Plateau by HPLC-DAD-APCI/MS. *Journal of Food Composition and Analysis*, 38: 49-54.
- Isidorov, V.A., Isidorova, A.G., Szczepaniak, L., Czyżewska, U. 2009. Gas chromatographic – mass spectrometric investigation of the chemical composition of beebread. *Food Chem.* 115: 1056-1063.
- Kabasakal, A. 2007. Kuşburnu bitkisinde spektrofotometrik yöntemle askorbik asit tayini. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, İstanbul.
- Kao, Y., Lu, M., Chen, C. 2011. Preliminary analyses of phenolic compounds and antioxidant activities in tea pollen extracts. *Journal of Food and Drug Analysis*, 19(4): 470-477.
- Karacabey, E., Mazza, G. 2008. Optimization of solid-liquid extraction of resveratrol and other phenolic compounds from milled grape canes (*Vitis vinifera*). *J. Agric. Food Chem.*, 56, 6318–6325.
- Karadeniz, F., Ekşi, A. 2002. Gıdalardaki başlıca fenolik bileşikler. *Dünya Gıda*, 1: 80-85.
- Khider, M., Elbanna, K., Mahmoud, A., Owayss, A. A. 2013. Egyptian honeybee pollen as antimicrobial, antioxidant agents, and dietary food supplements. *Food Science Biotechnol*, 22(5): 1-9.

- Korkmaz, A. 2015. Anlaşılabilir arıcılık. T.C. Kalkınma Bakanlığı, Doğu Karadeniz Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, Giresun, 258s.
- Kostić, A.Ž., Barać, M.B., Stanojević, S.P., Milojković-Opsenica, D.M., Tešić, Z.L., Šikoparija, B., Radišić, P., Prentović, M., Pešić, M.B. 2015. Physicochemical composition and techno-functional properties of bee pollen collected in Serbia. *Food Science and Technology*, 62: 2-301-309.
- Küplülü, Ö., Kahraman, S.D. 2011. Süzme ballarda muhafaza sıcaklığının hmf değeri ve diastaz aktivitesi üzerine etkisi. Ankara Üniversitesi, 10B3338011 nolu Proje Kesin Raporu, Ankara.
- Lachman, J., Orsák, M., Hejtmánková, A., Kovářová, E. 2010. Evaluation of antioxidant activity and total phenolics of selected Czech honeys. *LWT - Food Science and Technology*, 43: 52-58.
- Leblanc, B., Davis, O., Boue, S., DeLucca, A., Deeby, T. 2009. Antioxidant activity of Sonoran Desert bee pollen. *Food Chemistry*, 115: 1299-1305.
- Leja, M., Mareczek, A., Wyżgolik, G., Klepacz-Baniak, J., Czekońska, K. 2007. Antioxidative properties of bee pollen in selected plant species. *Food Chemistry*, 100(1): 237-240.
- Li, H.B., Wong, C.C., Cheng, K.W., Chen, F. 2008. Antioxidant properties in vitro and total phenolic contents in methanol extracts from medicinal plants. *LWT – Food Science and Technology*, 41: 385-390.
- Madhavi, D.L., Deshpande, S.S., Salunkhe, D.K. 1996. Food antioxidants: technological, toxicological and health perspectives. Marcel Dekker, New York.
- Mahapatra, A.K., Imre, L. 1990. Role of solar agricultural drying in developing countries. *Int. Journal of Ambient Energy*, 210 s.
- Martins, M.C.T., Morgano, M.A., Vicente, E., Baggio, S.R., Rodriguez-Amaya, D.B. 2011. Physicochemical composition of bee pollen from eleven Brazilian states. *Journal of Apicultural Science*, 55(2): 107-115.
- Mărgăoan, R., Mărghitaş, L.A., Dezmirean, D., Mihaş C.M., Bobiş, Otilia. 2010. Bee collected pollen – General Aspects and Chemical Composition, 67: 1-2.
- Mărghitaş, L.A., Stanciu, O.G., Dezmirean, D.S., Bobiş, O., Popescu, O., Bogdanov, S., Campos, M.G. 2009. *In vitro* antioxidant capacity of honeybee-collected pollen of selected floral origin harvested from Romania. *Food Chemistry*, 115: 878-883.
- Melo, I.L.P., Almeida-Muradian, L.B. 2011. Comparison of methodologies for moisture determination on dried bee pollen samples. *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas*, 31(1): 194-197.
- Miller, N. J., Rice-Evans, C. 1998. Spectrophotometric determination of antioxidant capacity. *Redox Report*, 2: 161.



- Morais, M., Moreira, L., Feás, X., Estevinho, L.M. 2011. Honeybee-collected pollen from five Portuguese Natural Parks: Palynological origin, phenolic content, antioxidant properties and antimicrobial activity. *Food and Chemical Toxicology*, 49: 1096-1101.
- Müller, J., Reisinger G., Kisgeci, J., Kotta, E., Tesic, M., Mühlbauer, W. 1989. Development of a greenhouse-type solar dryer for medicinal plants and herbs. *Solar and Wind technology*, Vol. 6, No. 5: 523-530.
- Nizamlioglu, N.M., Nas, S. 2010. Meyve ve sebzelerde bulunan fenolik bileşikler; yapıları ve önemleri. *Elektronic journal of Food Technologies*, Vol.5, No.1:30-35.
- Oğraşıcı, E. 2010. Ayva nektarında biyoaktif bileşenler ve antioksidan aktivitenin depolamada değişimi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Oliveira, K.C.L.S., Moriya, M., Azedo, R.A.B., Almeida-Muradian., L.B. 2009. Relation-ship between botanical origin and antioxidants vitamins of bee-collected pollen. *Química Nova*, 32(5): 1099-1102.
- Özenç, B. 2011. *Fumaria officinalis*'in antioksidan aktivitesinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Konya.
- Peterson, J., Dwyer, J., Bhagwat, S., Haytowitz, D., Holden, J., Eldridge, A., Beecher, H., Aladesanmi, J. 2005. Major flavonoids in dry tea. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18: 487-501.
- Pietta, P., Gardana, C. 2003. Flavonoids in Herbs, in flavonoids in health and disease 2nd Ed. Revised and expanded, eds. Rice-evans, C.A. & Packer, L., Marcel Dekker Inc., New York, 40-69.
- Politeo, O., Jukic, M., Milos, M. 2007. Chemical composition and antioxidant capacity of free volatile aglycones from basil (*Ocimum basilicum L.*) compared with its essential oil. *Food Chemistry*, 101: 379-385.
- Prior, R.L., Wu, X., Scaich, K. 2005. Standardized methods for the determination antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53:4290-4302.
- Saldamlı, İ. 2007. Gıda kimyası. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 549-551s.
- Sattler, J.A.G., Melo, I.L.P., Granato, D., Araújo, E., Freitas, A.S., Barth, O.M., Sattler, A., Almeida-Muradian, L.B. 2015. Impact of origin on bioactive compounds and nutritional composition of bee pollen from southern Brazil: A screening study. *Food Research International*, 77: 82-91.

- Šarić, A., Balog, T., Sobočanec, S., Kušić, B., Šverko, V., Rusak, G., Likić, S., Bubalo, D., Pinto, B., Reali, D., Marotti, T. 2009. Antioxidant effects of flavonoid from Croatian *Cystusincanus* L. rich bee pollen. *Food and Chemical Toxicology*, 47: 547-554.
- Tabart, J., Kevers, C., Pincemail, J., Defraigne, J., Dommes, J. 2008. Comparative antioxidant capacities of phenolic compounds measured by various tests. *Food Chemistry*, 113: 1226-1233.
- Tekeli, S.T. 1964. *Ziraat Sanatları*. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara, 406 s.
- Tuncel, N.B., Yılmaz, N. 2010. Kaz Dağları'nın toplanan bazı bitkilerin fenolik asit kompozisyonlarının yüksek performanslı sıvı kromatografisi ile belirlenmesi. *Akademik Gıda* 8(3): 18-23.
- Tutkun, E. 2011. *Arıcılık tekniği*. Ankara, 293-302s.
- Ulusoy, E. 2010. Anzer balı ve polenin yüksek performanslı sıvı kromatografisi ile fenolik bileşiminin belirlenmesi ve antioksidan özellikleri. Doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Trabzon.
- Villanueva, M.T.O., Marquina, A.D., Serrano, R.B., Abellan, G.B. 2002. The importance of bee-collected pollen in the diet: A study of its composition. *International Journal Of Food Sciences And Nutrition*, 53: 217-224.
- Yetim, H., Çam, M. 2009. *Enstrümental gıda analizleri*. Erciyes Üniversitesi Yayınları, No:175, Kayseri, 225-233s.
- Yetim, H., Kesmen, Z. 2008. *Gıda analizleri*. Erciyes Üniversitesi Ders Yayınları, Yayın No:163, Kayseri.
- Žilić, S., Vančetović, J., Janković, M., Maksimović, V. 2014. Chemical composition, bioactive compounds, antioxidant capacity and stability of floral maize (*Zea mays* L.) pollen. *Journal of Functional Foods*, 10: 65-74.

## EKLER

**EK 1.** Farklı kurutma işlemleri uygulanmış arı polenlerinde nem analizi sonuçlarına ait ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi tabloları

Faktör	Levels	Değerler
Uygulanan İşlem	4	Taze; Tepsili; Vakum etüv; Liyofilizatör

Varyasyon	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Uygulanan İşlem	3	416.462	138.821	5569.99	0.000
Hata	4	0.100	0.025		
Toplam	7	416.562			

### Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

Uygulanan İşlem	N	Ortalamalar ± Standart Sapma
Taze Polen	2	22.190 ± 0.311 a
Tepsili Kurutucu	2	3.041 ± 0.015 d
Vakum Etüv	2	7.970 ± 0.014 b
Liyofilizatör	2	7.325 ± 0.049 c

**EK 2.** Farklı kurutma işlemleri uygulanmış arı polenlerinde pH analizi sonuçlarına ait ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi tabloları

Faktör	Levels	Değerler
Uygulanan İşlem	4	Taze; Tepsili; Vakum etüv; Liyofilizatör

Varyasyon	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Uygulanan İşlem	3	0.103	0.034	69.95	0.001
Hata	4	0.001	0.000		
Toplam	7	0.105			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

Uygulanan İşlem	N	Ortalamalar ± Standart Sapma
Taze Polen	2	3.980 ± 0.042 a
Tepsili Kurutucu	2	4.280 ± 0.007 b
Vakum Etüv	2	4.212 ± 0.010 b
Liyofilizatör	2	4.212 ± 0.003 b

**EK 3.** Farklı kurutma işlemleri uygulanmış arı polenlerinde protein analizi sonuçlarına ait ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi tabloları

Faktör	Levels	Değerler
Uygulanan İşlem	4	Taze; Tepsili; Vakum etüv; Liyofilizatör

Varyasyon	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Uygulanan İşlem	3	2.959	0.986	0.34	0.798
Hata	4	11.536	2.884		
Toplam	7	14.495			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

Uygulanan İşlem	N	Ortalamalar ± Standart Sapma
Taze Polen	2	15.52 ± 0.39 a
Tepsili Kurutucu	2	15.06 ± 2.95 a
Vakum Etüv	2	16.51 ± 1.63 a
Liyofilizatör	2	16.16 ± 0.18 a

**EK 4.** Farklı kurutma işlemleri uygulanmış arı polenlerinde yağ analizi sonuçlarına ait ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi tabloları

Faktör	Levels	Değerler
Uygulanan İşlem	4	Taze; Tepsili; Vakum etüv; Liyofilizatör

Varyasyon	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Uygulanan İşlem	3	0.349	0.116	1.44	0.356
Hata	4	0.324	0.081		
Toplam	7	0.674			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

Uygulanan İşlem	N	Ortalamalar ± Standart Sapma
Taze Polen	2	4.134 ± 0.022 a
Tepsili Kurutucu	2	4.502 ± 0.523 a
Vakum Etüv	2	4.028 ± 0.019 a
Liyofilizatör	2	4.482 ± 0.223 a

**EK 5.** Farklı kurutma işlemleri uygulanmış arı polenlerinde vitamin C sonuçlarına ait ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi tabloları

Faktör	Levels	Değerler			
Uygulanan İşlem	4	Taze; Tepsili; Vakum etüv; Liyofilizatör			

Varyasyon	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Uygulanan İşlem	3	57802.9	19267.6	320.30	0.000
Hata	4	83.7	20.9		
Toplam	7	57886.6			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

Uygulanan İşlem	N	Ortalamalar ± Standart Sapma
Taze Polen	2	450.51 ± 4.23 a
Tepsili Kurutucu	2	440.60 ± 5.39 a
Vakum Etüv	2	248.39 ± 4.02 c
Liyofilizatör	2	317.25 ± 4.54 b

**EK 6.** Farklı kurutma işlemleri uygulanmış arı polenlerinde toplam fenolik madde miktarı analizi sonuçlarına ait ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi tabloları

**EK 6.A.** Farklı kurutma işlemleri uygulanmış ve farklı çözümlerle hazırlanmış arı polenlerinde toplam fenolik madde miktarı analizi sonuçlarına ait ANOVA tablosu

Faktör	Levels	Değerler
Uygulanan İşlem	4	Taze; Tepsili; Vakum etüv; Liyofilizatör
Çözgen	4	Metanol; Etanol; Aseton; Su

Varyasyon	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Uygulanan İşlem	3	24.745	8.248	408.52	0.000
Çözgen	3	84.807	28.269	1400.09	0.000
Uygulanan İşlem * Çözgen	9	9.858	1.095	54.25	0.000
Hata	16	0.323	0.020		
Toplam	31	119.733			



**EK 6.B.** Metanol çözügeniyle hazırlanmış, farklı kurutma işlemleri uygulanmış arı polenlerinin toplam fenolik madde analizi sonuçlarına ait ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi tabloları

Faktör	Levels	Değerler			
Uygulanan İşlem	4	Taze;	Tepsili;	Vakum	etüv;
		Liyofilizatör			
Varyasyon	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Uygulanan İşlem	3	24.800	8.266	263.40	0.000
Hata	4	0.125	0.031		
Toplam	7	24.925			

Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

Uygulanan İşlem	N	Ortalamalar ± Standart Sapma
Taze Polen	2	8.441 ± 0.350 a
Tepsili Kurutucu	2	4.566 ± 0.007 c
Vakum Etüv	2	7.209 ± 0.054 b
Liyofilizatör	2	4.272 ± 0.000 c

**EK 6.C.** Etanol çözgeniyle hazırlanmış, farklı kurutma işlemleri uygulanmış arı polenlerinin toplam fenolik madde analizi sonuçlarına ait ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi tabloları

Faktör	Levels	Değerler
Uygulanan İşlem	4	Taze; Tepsili; Vakum etüv; Liyofilizatör

Varyasyon	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Uygulanan İşlem	3	1.854	0.618	17.10	0.010
Hata	4	0.144	0.036		
Toplam	7	1.999			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

Uygulanan İşlem	N	Ortalamalar ± Standart Sapma
Taze Polen	2	2.731 ± 0.375 a
Tepsili Kurutucu	2	1.557 ± 0.054 c
Vakum Etüv	2	2.362 ± 0.015 ab
Liyofilizatör	2	1.690 ± 0.020 bc

**EK 6.D.** Aseton çözügeniyle hazırlanmış, farklı kurutma işlemleri uygulanmış arı polenlerinin toplam fenolik madde analizi sonuçlarına ait ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi tabloları

Faktör	Levels	Değerler
Uygulanan İşlem	4	Taze; Tepsili; Vakum etüv; Liyofilizatör

Varyasyon	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Uygulanan İşlem	3	6.219	2.073	281.72	0.000
Hata	4	0.029	0.007		
Toplam	7	6.249			

Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

Uygulanan İşlem	N	Ortalamalar ± Standart Sapma
Taze Polen	2	3.992 ± 0.161 a
Tepsili Kurutucu	2	1.594 ± 0.036 d
Vakum Etüv	2	3.164 ± 0.031 b
Liyofilizatör	2	2.476 ± 0.037 c

**EK 6.E.** Su çözgeniyle hazırlanmış, farklı kurutma işlemleri uygulanmış arı polenlerinin toplam fenolik madde analizi sonuçlarına ait ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi tabloları

Faktör	Levels	Değerler
Uygulanan İşlem	4	Taze; Tepsili; Vakum etüv; Liyofilizatör

Varyasyon	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Uygulanan İşlem	3	1.728	0.576	98.16	0.000
Hata	4	0.023	0.005		
Toplam	7	1.751			

Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

Uygulanan İşlem	N	Ortalamalar ± Standart Sapma
Taze Polen	2	2.920 ± 0.144 a
Tepsili Kurutucu	2	2.015 ± 0.032 b
Vakum Etüv	2	2.652 ± 0.029 a
Liyofilizatör	2	1.770 ± 0.031 b

**EK 7.** Farklı kurutma işlemleri uygulanmış arı polenlerinde DPPH<sup>+</sup> radikalini temizleme aktivitesi analizi sonuçlarına ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

**EK 7.A.** Farklı kurutma işlemleri uygulanmış ve farklı çözümlerle hazırlanmış arı polenlerinde DPPH<sup>+</sup> radikalini temizleme aktivitesi analizi sonuçlarına ait ANOVA tablosu

Faktör	Levels	Değerler
Uygulanan İşlem	4	Taze; Tepsili; Vakum ettüv; Liyofilizatör
Çözgen	4	Metanol; Etanol; Aseton; Su

Varyasyon	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Uygulanan İşlem	3	21.252	7.084	22.60	0.000
Çözgen	3	70.393	23.464	74.85	0.000
Uygulanan İşlem * Çözgen	9	73.679	8.186	26.12	0.000
Hata	16	5.016	0.313		
Toplam	31	170.340			

**EK 7.B.** Metanol çözücüyle hazırlanmış, farklı kurutma işlemleri uygulanmış arı polenlerinin DPPH<sup>+</sup> radikalini temizleme aktivitesi analizi sonuçlarına ait ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi tabloları

Faktör	Levels	Değerler
Uygulanan İşlem	4	Taze; Tepsili; Vakum etüv; Liyofilizatör

Varyasyon	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Uygulanan İşlem	3	33.942	11.314	18.33	0.008
Hata	4	2.469	0.617		
Toplam	7	36.411			

Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

Uygulanan İşlem	N	Ortalamalar ± Standart Sapma
Taze Polen	2	4.31 ± 0.05 a
Tepsili Kurutucu	2	8.28 ± 1.56 b
Vakum Etüv	2	3.32 ± 0.15 a
Liyofilizatör	2	3.23 ± 0.02 a

**EK 7.C.** Etanol çözgeniyle hazırlanmış, farklı kurutma işlemleri uygulanmış arı polenlerinin DPPH<sup>+</sup> radikalini temizleme aktivitesi analizi sonuçlarına ait ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi tabloları

Faktör	Levels	Değerler
Uygulanan İşlem	4	Taze; Tepsili; Vakum etüv; Liyofilizatör

Varyasyon	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Uygulanan İşlem	3	0.214	0.071	2.60	0.189
Hata	4	0.109	0.027		
Toplam	7	0.323			

Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

Uygulanan İşlem	N	Ortalamalar ± Standart Sapma
Taze Polen	2	3.067 ± 0.078 a
Tepsili Kurutucu	2	2.766 ± 0.157 a
Vakum Etüv	2	2.645 ± 0.273 a
Liyofilizatör	2	2.698 ± 0.066 a

**EK 7.D.** Aseton çözügeniyle hazırlanmış, farklı kurutma işlemleri uygulanmış arı polenlerinin DPPH<sup>+</sup> radikalini temizleme aktivitesi analizi sonuçlarına ait ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi tabloları

Faktör	Levels	Değerler
Uygulanan İşlem	4	Taze; Tepsili; Vakum etüv; Liyofilizatör

Varyasyon	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Uygulanan İşlem	3	16.249	5.416	84.53	0.000
Hata	4	0.256	0.064		
Toplam	7	15.505			

Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

Uygulanan İşlem	N	Ortalamalar ± Standart Sapma
Taze Polen	2	4.467 ± 0.163 b
Tepsili Kurutucu	2	4.196 ± 0.111 b
Vakum Etüv	2	7.793 ± 0.384 a
Liyofilizatör	2	5.116 ± 0.264 b



**EK 7.E.** Su çözgeniyle hazırlanmış, farklı kurutma işlemleri uygulanmış arı polenlerinin DPPH<sup>+</sup> radikalini temizleme aktivitesi analizi sonuçlarına ait ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi tabloları

Faktör	Levels	Değerler
Uygulanan İşlem	4	Taze; Tepsili; Vakum etüv; Liyofilizatör

Varyasyon	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Uygulanan İşlem	3	31.706	10.568	19.39	0.008
Hata	4	2.180	0.545		
Toplam	7	33.887			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

Uygulanan İşlem	N	Ortalamalar ± Standart Sapma
Taze Polen	2	7.93 ± 1.44 ab
Tepsili Kurutucu	2	10.30 ± 0.32 a
Vakum Etüv	2	5.44 ± 0.06 b
Liyofilizatör	2	5.57 ± 0.04 b

**EK 8.** Farklı kurutma işlemleri uygulanmış arı polenlerinde Demir (III) indirgeme antioksidan kapasitesi (FRAP) analizi sonuçlarına ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

**EK 8.A.** Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulmuş ve farklı çözümlerle hazırlanmış arı polenlerinde Demir (III) indirgeme antioksidan kapasitesi analizi sonuçlarına ait ANOVA tablosu

Faktör	Levels	Değerler
Uygulanan İşlem	4	Taze; Tepsili; Vakum etüv; Liyofilizatör
Çözgen	4	Metanol; Etanol; Aseton; Su

Varyasyon	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Uygulanan İşlem	3	402.7	134.25	29.95	0.000
Çözgen	3	22532.2	7510.72	1675.63	0.000
Uygulanan İşlem * Çözgen	9	303.5	33.72	7.52	0.000
Hata	16	71.7	4.48		
Toplam	31	23310.1			

**EK 8.B.** Metanol çözgeniyle hazırlanmış, farklı kurutma işlemleri uygulanmış arı polenlerinin Demir (III) indirgeme antioksidan kapasitesi (FRAP) analizi sonuçlarına ait ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi tabloları

Faktör	Levels	Değerler
Uygulanan İşlem	4	Taze; Tepsili; Vakum etüv; Liyofilizatör

Varyasyon	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Uygulanan İşlem	3	506.14	168.713	19.57	0.007
Hata	4	34.49	8.622		
Toplam	7	540.63			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

Uygulanan İşlem	N	Ortalamalar ± Standart Sapma
Taze Polen	2	79.66 ± 4.25 a
Tepsili Kurutucu	2	74.04 ± 3.94 a
Vakum Etüv	2	94.77 ± 0.67 b
Liyofilizatör	2	77.30 ± 0.71 a

**EK 8.C.** Etanol çözgeniyle hazırlanmış, farklı kurutma işlemleri uygulanmış arı polenlerinin Demir (III) indirgeme antioksidan kapasitesi (FRAP) analizi sonuçlarına ait ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi tabloları

Faktör	Levels	Değerler
Uygulanan İşlem	4	Taze; Tepsili; Vakum etüv; Liyofilizatör

Varyasyon	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Uygulanan İşlem	3	98.779	32.926	642.67	0.000
Hata	4	0.204	0.051		
Toplam	7	98.984			

Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi

Uygulanan İşlem	N	Ortalamalar ± Standart Sapma
Taze Polen	2	18.800 ± 0.335 a
Tepsili Kurutucu	2	14.441 ± 0.135 b
Vakum Etüv	2	24.350 ± 0.031 c
Liyofilizatör	2	18.918 ± 0.271 a

**EK 8.D.** Aseton çözügeniyle hazırlanmış, farklı kurutma işlemleri uygulanmış arı polenlerinin Demir (III) indirgeme antioksidan kapasitesi (FRAP) analizi sonuçlarına ait ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi tabloları

Faktör	Levels	Değerler			
Uygulanan İşlem	4	Taze; Tepsili; Vakum etüv; Liyofilizatör			
Varyasyon	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Uygulanan İşlem	3	23.03	7.67	1.07	0.457
Hata	4	28.77	7.19		
Toplam	7	51.80			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

Uygulanan İşlem	N	Ortalamalar ± Standart Sapma
Taze Polen	2	18.72 ± 0.00 a
Tepsili Kurutucu	2	18.74 ± 5.25 a
Vakum Etüv	2	17.19 ± 1.09 a
Liyofilizatör	2	14.58 ± 0.12 a

**EK 8.E.** Su çözgeniyle hazırlanmış, farklı kurutma işlemleri uygulanmış arı polenlerinin Demir (III) indirgeme antioksidan kapasitesi (FRAP) analiz sonuçlarına ait ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi tabloları

Faktör	Levels	Değerler
Uygulanan İşlem	4	Taze; Tepsili; Vakum etüv; Liyofilizatör

Varyasyon	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Uygulanan İşlem	3	78.268	26.089	12.65	0.017
Hata	4	8.251	2.063		
Toplam	7	86.520			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

Uygulanan İşlem	N	Ortalamalar ± Standart Sapma
Taze Polen	2	23.251 ± 0.119 a
Tepsili Kurutucu	2	23.71 ± 2.83 a
Vakum Etüv	2	30.557 ± 0.427 b
Liyofilizatör	2	23.097 ± 0.175 a

**EK 9.** Taze polen ve farklı kurutma yöntemleriyle kurutulan arı polenlerinin fenolik bileşenlerinin gallik asit eşdeğeri cinsinden sonuçlarına ait ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi tabloları

Faktör	Levels	Değerler
Çözgen	4	Metanol; Etanol; Aseton; Su

Varyasyon	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Uygulanan İşlem	3	4.057	1.352	5.16	0.073
Hata	4	1.048	0.262		
Toplam	7	5.106			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

Uygulanan İşlem	N	Ortalamalar ± Standart Sapma
Taze polen	2	12.670 ± 0.388 a
Tepsili kurutucu	2	14.117 ± 0.806 a
Vakum etiv	2	12.224 ± 0.418 a
Liyofilizatör	2	12.696 ± 0.269 a

**EK 10.** Taze polen ve farklı kurutma yöntemleriyle kurutulan arı polenlerinin fenolik bileşenlerinin klorojenik asit eşdeğeri cinsinden sonuçlarına ait ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi tabloları

Faktör	Levels	Değerler
Çözgen	4	Metanol; Etanol; Aseton; Su

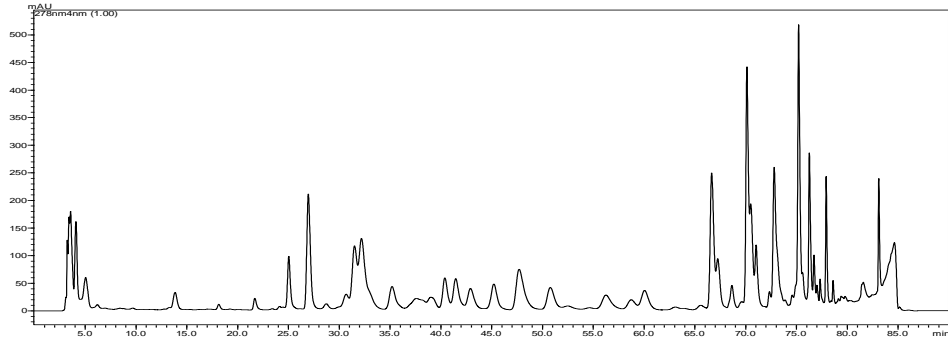
Varyasyon	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Uygulanan İşlem	3	17.676	5.892	5.10	0.075
Hata	4	4.620	1.155		
Toplam	7	22.296			

**Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi**

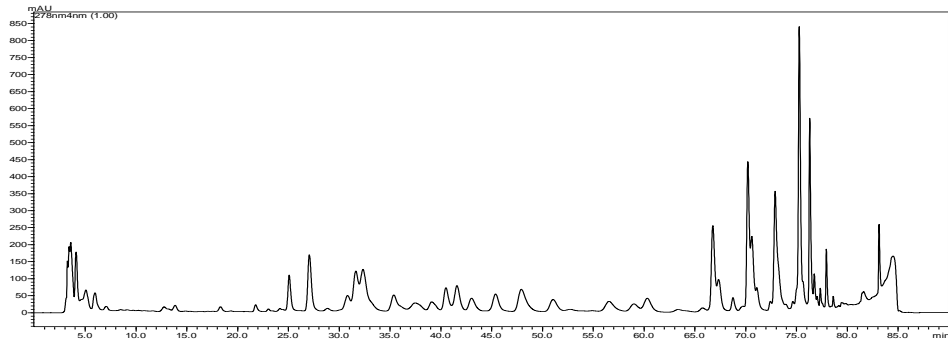
Uygulanan İşlem	N	Ortalamalar ± Standart Sapma
Taze polen	2	26.85 ± 0.81 a
Tepsili kurutucu	2	29.83 ± 1.69a
Vakum etüv	2	25.87 ± 0.87 a
Liyofilizatör	2	26.86 ± 0.56 a



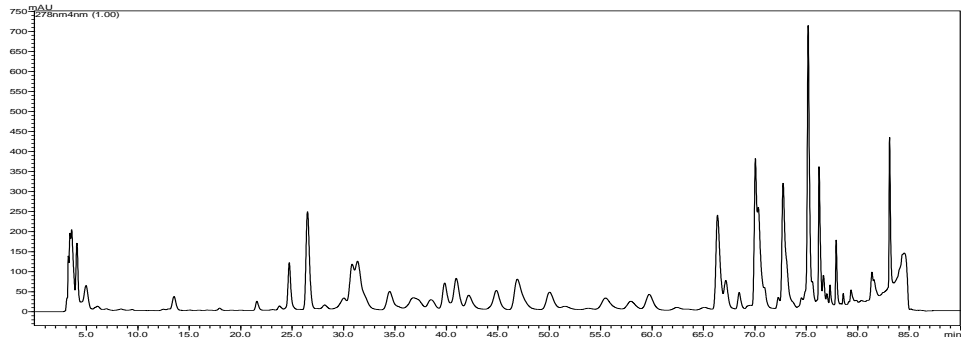
**EK 11.** Taze arı polenin HPLC kromatogramı



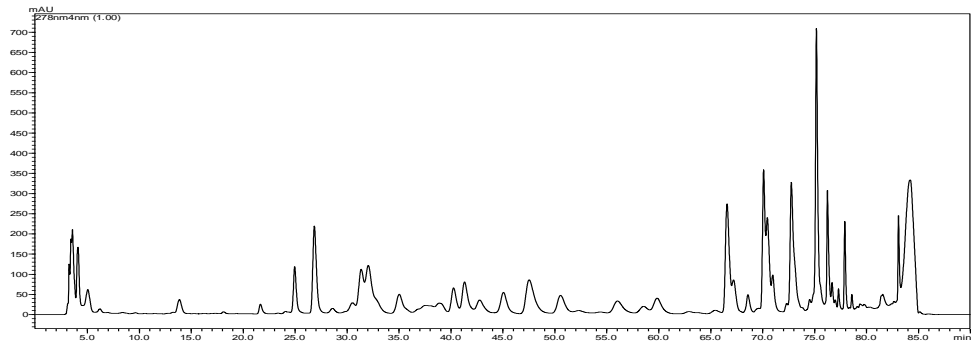
**EK 12.** Tepsili kurutucuda kurutulmuş arı polenin HPLC kromatogramı



**EK 13.** Vakum etüvde kurutulmuş arı polenin HPLC kromatogramı



**EK 14.** Liyofilizatörde kurutulmuş arı polenin HPLC kromatogramı



## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı** : Gülşah AYDIN  
**Doğum Yeri** : Ordu  
**Doğum Tarihi** : 15.10.1991  
**Yabancı Dil** : İngilizce  
**E-mail** : glshaydin@gmail.com  
**İletişim Bilgileri** : Ordu Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü

### Eğitim Bilgileri :

**Lisans** : **Ondokuz Mayıs Üniversitesi**  
09.2009 - 07.2014 Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği  
**Yüksek Lisans** : **Ordu Üniversitesi**  
02.2015 – 09.2016 Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği

### İş Denevimi :

<b>Görev</b>	<b>Görev Yeri</b>	<b>Yıl</b>
Gıda Mühendisi	Çelebioğlu Gıda	2015
İşkur Personeli	Ordu Arıcılık Araştırma Enstitüsü	2016