

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

**FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİNİN ARI POLENİNİN**  
**FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE ANTIOKSİDAN**  
**AKTİVİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ**

**YELİZ KANAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ORDU 2017**

## TEZ ONAY

Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Yeliz KANAR tarafından hazırlanan ve Yrd. Doç. Dr. Bekir Gökçen MAZI danışmanlığında yürütülen “Farklı Kurutma Yöntemlerinin Arı Poleninin Fizikokimyasal Özellikleri ve Antioksidan Aktivitesi Üzerine Etkisi” adlı bu tez, jürimiz tarafından 30/10/2017 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 Müh., Ordu Üniversitesi

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Duygu ALTIÖK  
Gıda Müh., Giresun Üniversitesi

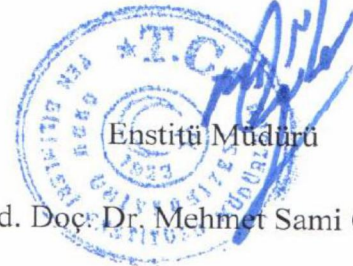
İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hasan TÜRE  
Deniz Bil.ve Tek.Müh., Ordu Üniversitesi

İmza :

ONAY:

30/10/2017 tarihinde enstitüye teslim edilen bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 07/12/2017 tarih ve 2017/548 sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Enstitü Müdürü

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Sami GÜLER

## 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.



İmza

Yeliz KANAR

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 YÖNTEMLERİNİN ARI POLENİNİN FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE ANTIOKSİDAN AKTİVİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

Yeliz KANAR

Ordu Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 2017  
Yüksek Lisans Tezi, 71s.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Bekir Gökçen MAZI

Bu araştırmanın amacı, farklı kurutma yöntemlerinin (liyofilizasyon, konvansiyonel sıcak hava kurutma, vakum destekli sıcak hava kurutma, mikrodalga kurutma ve vakumlu destekli mikrodalga kurutma) arı polenin fizikokimyasal özellikleri ve antioksidan aktiviteleri üzerine etkisinin belirlenmesidir. Bu çalışmada kullanılan polen Antalya ve çevre ilçelerinden toplanan polifloral arı polenidir. Arı poleni tüm kurutma yöntemleriyle nem içeriği %8 v/w in altına düşünceye kadar kurutulmuştur. Konvansiyonel sıcak hava kurutmanın kurutma sıcaklığı (35, 50 ve 65 ° C) ve vakum basınç seviyesinin (100, 300, 500 ve 1013mbar), vakum destekli mikrodalga kurutmanın güç seviyesi (300, 450, 600 ve 900W) ve vakum basınç seviyesinin (500, 675 ve 1013mbar) polenin kalitesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Taze arı polenin fizikokimyasal özellikleri kuru temelde; nem, su aktivitesi, antioksidan kapasite, diastaz aktivitesi, vitamin C, vitamin E, prolin, toplam fenolik madde ve HMF içeriği sırasıyla %16.617, 0.662, 10.292 mg TEAC/g polen, 93.93 DN, 452 ppm, 5.153 ppm, 2.224 g /100g polen, 14.418 mg/g polen ve 5.451 ppm olarak belirlenmiştir. Kurutulmuş arı polenin fizikokimyasal özelliklerinin; nem içeriğinin %6.398 ila %8.386 aralığında, su aktivitesi değerinin 0.197 ila 0.389 aralığında, antioksidan kapasite değerinin 2.636 ila 9.722 mg TEAC/g polen aralığında, diastaz aktivitesinin 22.53 ila 93.67 DN aralığında, vitamin C değerinin 175 ila 427 ppm aralığında, vitamin E değerinin 2.443 ila 3.115 ppm aralığında, prolin içeriğinin 1.904 ila 2.218 g /100g polen aralığında, toplam fenolik madde içeriğinin 8.810 ila 14.279 mg/g polen aralığında ve HMF içeriğinin 5.500 ila 15.176 ppm aralığında değiştiği belirlenmiştir. Mikrodalga güç düzeyindeki artışın, arı polenin HMF içeriğinde artışa neden olduğu ancak vakum basınç seviyelerinin HMF içeriğinde ve kuruma süresinde önemli bir etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Antioksidan kapasite, Diastaz aktivitesi, HMF, Kurutma, Polen

## ABSTRACT

### EFFECT OF DIFFERENT DRYING METHODS ON PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES AND ANTIOXIDANT ACTIVITIES OF BEE POLLEN

Yeliz KANAR

University of Ordu  
Institute for Graduate Studies in Science and Technology  
Department of Food Engineering, 2017  
MSc. Thesis, 71p.

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Bekir Gökçen MAZI

The aim of this study was to determine the effect of different drying methods (lyophilization, conventional hot air drying, vacuum assisted hot air drying, microwave drying and vacuum assisted microwave drying) on physicochemical properties and antioxidant activities of bee pollen. Pollen used in this research was polyfloral bee pollen collected from center and nearby cities of Antalya. Bee-pollens were dried with all drying methods until the residual moisture content dropped to below 8% v/w. The influence of the drying temperature (35, 50 and 65°C) and vacuum pressure level (100, 300, 500 and 1013mbar) of conventional hot air drying and the power level (300, 450, 600 and 900W) and vacuum pressure level (500, 675 and 1013mbar) of vacuum assisted microwave drying on bee-pollen quality was investigated. The physicochemical properties of fresh bee pollen; moisture, water activity, antioxidant capacity, diastase activity, vitamin C, vitamin E, prolin, total phenolic content and HMF content are 16.617%, 0.662, 10.292 mg TEAC/g pollen, 93.93 DN, 452 ppm, 5.153 ppm, 2.224 g /100g pollen, 14.418 mg/g pollen and 5.451 ppm, respectively. The physicochemical properties of dried bee pollen; moisture content ranged between 6.398% and 8.386%, water activity value ranged between 0.197 and 0.389, antioxidant capacity value ranged between 2.636 and 9.722 mg TEAC/g pollen, diastase activity ranged between 22.53 and 93.67 DN, vitamin C value ranged between 175 and 427 ppm, vitamin E value ranged between 2.443 and 3.115 ppm, prolin content ranged between 1.904 and 2.218 g /100g pollen, total phenolic content ranged between 8.810 and 14.279 mg/g pollen, HMF content ranged between 5.500 and 15.176 ppm. Increase of microwave power levels caused increase in HMF content of the bee-pollen. However the vacuum pressure levels did not significantly influence the HMF content and the drying time of the bee-pollen compared to the microwave power levels.

**Keywords:** Antioxidant capacity, Diastase activity, Drying, HMF, Pollen

## 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.

Laboratuvar çalışmalarımda imkan dahilinde bana yardım ve desteklerinden dolayı Sayın Yrd. Doç. Dr. Duygu ALTIÖK'a, 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 Laborant Tahsin DEMİR'e teşekkürü bir borç bilirim.

Laboratuvar çalışmaları esnasındaki yardımları ve desteği için Gülşah AYDIN'a ve Hüseyin Ümit UZUNÖMEROĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca maddi ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan aileme, bana gösterdikleri sevgi, sabır ve güven için sonsuz minnetlerimi sunarım.

Bu tez Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje No: BAP TF-1538).

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>TEZ BİLDİRİMİ</b> .....	II
<b>ÖZET</b> .....	III
<b>ABSTRACT</b> .....	IV
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	V
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	VI
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	IX
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	XI
<b>SİMGELER ve KISALTMALAR</b> .....	XII
<b>EK LİSTESİ</b> .....	XIII
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
1.1. Arı Poleni .....	1
1.1.1. Arı Poleninin Toplanması .....	1
1.1.2. Arı Poleninin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri .....	2
1.1.3. Arı Poleninin Fonksiyonel Özellikleri .....	4
1.1.4. Arı Poleni Standart ve Kalite .....	4
1.2. Kurutma .....	5
1.2.1. Kurutma Mekanizması .....	6
1.2.2. Gıda Kurutma Yöntemleri .....	6
1.2.3. Arı Poleninin Kurutulması .....	9
<b>2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR</b> .....	12
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM</b> .....	21
3.1. Materyal .....	21
3.1.1. Arı Poleni .....	21
3.1.2. Kimyasalar .....	21
3.2. Yöntem .....	21

3.2.1.	Arı Poleninin Kurutulması .....	21
3.2.1.1.	Dondurarak (Liyofilizatörde) Kurutma İşlemi .....	21
3.2.1.2.	Etüvde Kurutma İşlemi .....	22
3.2.1.3.	Vakumlu Etüvde Kurutma İşlemi .....	22
3.2.1.4.	Vakum Destekli Mikrodalgada Kurutma İşlemi .....	23
3.2.2.	Yapılan Analizler .....	23
3.2.2.1.	Nem Tayini .....	23
3.2.2.2.	Kül Tayini .....	23
3.2.2.3.	Protein Tayini .....	24
3.2.2.4.	Yağ Tayini .....	24
3.2.2.5.	Su Aktivitesi Tayini .....	24
3.2.2.6.	Toplam Fenolik Madde Miktarı Tayini .....	24
3.2.2.7.	Antioksidan Kapasite Tayini .....	24
3.2.2.8.	C Vitamini Tayini .....	25
3.2.2.9.	E Vitamini Tayini .....	25
3.2.2.10.	Prolin Tayini .....	25
3.2.2.11.	Diastaz Aktivitesi Tayini .....	26
3.2.2.12.	Hidroksimetilfurfural Tayini .....	27
3.2.2.13.	İstatistiksel Analizler .....	27
<b>4.</b>	<b>BULGULAR ve TARTIŞMA</b> .....	<b>28</b>
4.1.	Arı Poleninin Kimyasal Bileşimi .....	28
4.2.	Nem ve Su Aktivitesi Değerleri .....	28
4.3.	Toplam Fenolik Madde Miktarları .....	29
4.4.	Farklı Kurutma Yöntemlerinin Antioksidan Aktivite Üzerine Etkisi ....	32
4.5.	Farklı Kurutma Yöntemlerinin C Vitamini Üzerine Etkisi .....	35
4.6.	Farklı Kurutma Yöntemlerinin E Vitamini Üzerine Etkisi .....	38
4.7.	Farklı Kurutma Yöntemlerinin Prolin Üzerine Etkisi .....	40



4.8.	Farklı Kurutma Yöntemlerinin Diastaz Aktivitesi Üzerine Etkisi .....	42
4.9.	Farklı Kurutma Yöntemlerinin HMF Oluşumu Üzerine Etkisi .....	44
<b>5.</b>	<b>SONUÇ ve ÖNERİLER</b> .....	<b>47</b>
<b>6.</b>	<b>KAYNAKLAR</b> .....	<b>48</b>
EKLER	.....	51
ÖZGEÇMİŞ	.....	71

## ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Şekil No</u>		<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1.	Kurutma hızının krutma süresi ile değişimi .....	6
Şekil 3.1.	Liyofilizatör ve kurutma haznesi .....	21
Şekil 3.2.	Etüv .....	22
Şekil 3.3.	Vakum etüv .....	22
Şekil 3.4.	Vakum destekli mikrodalga kurutma sistemi .....	23
Şekil 4.1.	Taze arı poleni için hazırlanan gallik asit standart grafiği .....	30
Şekil 4.2.	Taze, liyofilizatör ve etüvde kurutulan arı polenlerinin toplam fenolik madde miktarları .....	31
Şekil 4.3.	Vakum etüvde kurutulan arı polenlerinin toplam fenolik madde miktarları .....	32
Şekil 4.4.	Mikrodalga'da kurutulan arı polenlerinin toplam fenolik madde miktarları .....	32
Şekil 4.5.	Trolox standardı kalibrasyon eğrisi .....	33
Şekil 4.6.	Taze arı poleni DPPH+ analizi % inhibisyon eğrisi .....	33
Şekil 4.7.	Taze, liyofilizatör ve etüvde kurutulan arı polenlerinde C vitamini korunum yüzdeleri .....	36
Şekil 4.8.	Vakum e kurutulan arı polenlerinde C vitamini korunum yüzdeleri ..	37
Şekil 4.9.	Mikrodalga'da kurutulan arı polenlerinin C vitamini korunum yüzdeleri .....	38
Şekil 4.10.	Taze, liyofilizatör ve etüvde kurutulan arı polenlerinde E vitamini korunum yüzdeleri .....	39
Şekil 4.11.	Vakum etüvde kurutulan arı polenlerinde E vitamini korunum yüzdeleri .....	39
Şekil 4.12.	Mikrodalga'da kurutulan arı polenlerinin E vitamini korunum yüzdeleri .....	40
Şekil 4.13.	Taze, liyofilizatör ve etüvde kurutulan arı polenlerinin prolin miktarları .....	41

<b>Şekil 4.14.</b>	Vakum etüvde kurutulan arı polenlerinin prolin miktarları .....	41
<b>Şekil 4.15.</b>	Mikrodalga'da kurutulan arı polenlerinin prolin miktarları .....	42
<b>Şekil 4.16.</b>	Taze, liyofilizatör ve etüvde kurutulan arı polenlerinde diastaz aktivitesi korunumu .....	42
<b>Şekil 4.17.</b>	Vakum etüvde kurutulan arı polenlerinde diastaz aktivitesi korunumu .....	43
<b>Şekil 4.18.</b>	Mikrodalga'da kurutulan arı polenlerinin diastaz aktivitesinin korunum yüzdeleri .....	44
<b>Şekil 4.19.</b>	Taze, liyofilizatör ve etüvde kurutulan arı polenlerinin HMF miktarları .....	44
<b>Şekil 4.20.</b>	Vakum etüvde kurutulan arı polenlerinin HMF miktarları .....	45
<b>Şekil 4.21.</b>	Mikrodalga'da kurutulan arı polenlerinin HMF miktarları .....	46

## ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge No</u>		<u>Sayfa</u>
<b>Çizelge 1.1.</b>	Arı polenin ana bileşenleri .....	2
<b>Çizelge 1.2.</b>	Arı polenin vitamin bileşenleri .....	3
<b>Çizelge 1.3.</b>	Arı polenin mineral madde bileşenleri .....	3
<b>Çizelge 1.4.</b>	Polenin temel kimyasal bişeni için önerilen uluslararası standart ..	5
<b>Çizelge 4.1.</b>	Taze arı polenin kuru temelde kimyasal bileşimi .....	28
<b>Çizelge 4.2.</b>	Farklı kurutma teknikleri ile kurutulan polenlerin nem ve su aktivitesi .....	29
<b>Çizelge 4.3.</b>	Taze ve kurutulmuş arı polenin antioksidan kapasite ve IC <sub>50</sub> değerleri .....	35

## SİMGELER ve KISALTMALAR

DPPH	:	2, 2-difenil-1-pikrilhidrazil
ED <sub>50</sub>	:	Ortamdaki DPPH <sup>+</sup> 'ın %50'sini inhibe eden konsantrasyon
g	:	Gram
GAE	:	Gallik asit eşdeğeri
HPLC	:	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
IC <sub>50</sub>	:	%50 İnhibisyon değeri
KT	:	Kuru temelde, toplam kuru madde üzerinden
mg	:	Miligram
ml	:	Mililitre
TEAC	:	Trolox eşdeğeri antioksidan kapasite
TFM	:	Toplam fenolik madde
Trolox	:	6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit
µl	:	Mikrolitre

## EK LİSTESİ

<u>EK No</u>		<u>Sayfa</u>
<b>EK 1.</b>	Etüv ile kurutulan polene ait nem değerlerinin ANOVA test tabloları	51
<b>EK 2.</b>	Mikrodalga ile kurutulan polene ait nem değerlerinin ANOVA test tabloları .....	52
<b>EK 3.</b>	Etüv ile kurutulan polene ait su aktivitesi değerlerinin ANOVA test tabloları .....	53
<b>EK 4.</b>	Mikrodalga ile kurutulan polene ait su aktivitesi değerlerinin ANOVA test tabloları .....	54
<b>EK 5.</b>	Etüv ile kurutulan polene ait toplam fenolik madde değerlerinin ANOVA test tabloları .....	55
<b>EK 6.</b>	Mikrodalga ile kurutulan polene ait toplam fenolik madde değerlerinin ANOVA test tabloları .....	56
<b>EK 7.</b>	Etüv ile kurutulan polene ait IC <sub>50</sub> değerlerinin ANOVA test tabloları	57
<b>EK 8.</b>	Mikrodalga ile kurutulan polene ait IC <sub>50</sub> değerlerinin ANOVA test tabloları .....	58
<b>EK 9.</b>	Etüv ile kurutulan polene ait antioksidan kapasite değerlerinin ANOVA test tabloları .....	59
<b>EK 10.</b>	Mikrodalga ile kurutulan polene ait antioksidan kapasite değerlerinin ANOVA test tabloları .....	60
<b>EK 11.</b>	Etüv ile kurutulan polene ait C vitamini korunum yüzdeleri değerlerinin ANOVA test tabloları .....	61
<b>EK 12.</b>	Mikrodalga ile kurutulan polene ait C vitamini korunum yüzdeleri değerlerinin ANOVA test tabloları .....	62
<b>EK 13.</b>	Etüv ile kurutulan polene ait E vitamini korunum yüzdeleri değerlerinin ANOVA test tabloları .....	63
<b>EK 14.</b>	Mikrodalga ile kurutulan polene ait E vitamini korunum yüzdeleri değerlerinin ANOVA test tabloları .....	64
<b>EK 15.</b>	Etüv ile kurutulan polene ait prolin değerlerinin ANOVA test tabloları .....	65
<b>EK 16.</b>	Mikrodalga ile kurutulan polene ait prolin değerlerinin ANOVA test tabloları .....	66
<b>EK 17.</b>	Etüv ile kurutulan polene ait diastaz aktivitesi değerlerinin ANOVA test tabloları .....	67
<b>EK 18.</b>	Mikrodalga ile kurutulan polene ait diastaz aktivitesi değerlerinin ANOVA test tabloları .....	68
<b>EK 19.</b>	Etüv ile kurutulan polene ait HMF değerlerinin ANOVA test tabloları .....	69
<b>EK 20.</b>	Mikrodalga ile kurutulan polene ait HMF ait nem değerlerinin ANOVA test tabloları .....	70

## 1. GİRİŞ

### 1.1. Arı Polen

Bitkide tohumlar oluşmadan önce açan çiçeklerin orta kısmında stamenlerin (erkek üreme organları) başçık kısmında bitkinin tüm kalıtsal özelliklerini taşıyan küçük hücrelerden oluşan çiçek tozlarına “polen” denir (Çankaya ve Korkmaz, 2008).

Eski Mısır’da “hayat veren toz” olarak tanımlanan polen yüzyıllar boyunca arı ekmeği ismi ile anılmış, ‘polen’ (ince toz, un) kelimesi ilk kez 1686’da John Ray tarafından Bitki Tarihi Kitabında kullanılmış ve polen toplama mekanizması üzerine ilk çalışma 1873’te Meehan tarafından yapılmıştır (Bogdanov, 2012, 2015).

*Apis mellifera* L. olan bal arıları, ağızlarında salgıladıkları amilaz ve katalaz gibi farklı enzimlerden oluşan salgı vasıtasıyla bitkilerin stamen (erkek organ) kısımlarına dokunarak polen tanelerini toplamak için gövdelerini, polen sepetçiklerine polenleri sıkıştırmak için ise arka bacaklarını kullanmakta, poleni orta bacaklarındaki hücrelere yerleşen tüyler vasıtasıyla petek gözlerine bırakmaktadır (Çankaya ve Korkmaz, 2008; Bogdanov, 2012). Polen arıların büyüyüp gelişmelerini tamamlayabilmeleri ve salgı bezlerinin gelişmesi için gerekli olan başlıca protein kaynağıdır (Çankaya ve Korkmaz, 2008).

#### 1.1.1. Arı Poleninin Toplanması

Genellikle arı poleni kovan girişi üzerine yerleştirilen ızgaradan yapılmış polen tuzaklarıyla toplanır. Tuzakların boyutu, görünümü ve kovana kurulum metodu değişmektedir. Farklı tuzak tasarımları vardır fakat tümü kovana girerken geri dönen toplayıcı arılardan polen tanelerini temizleyen ızgaranın bazı tipinden oluşur. Izgara, kovan girişi önüne veya yatay olarak kuluçka yuvası girişi altına kurulur. Her biri özellikle belirli bir amaç için uyarlanabilen bazı özelliklere sahip yapılmıştır. Bütün tuzaklar, iki ana elemente sahiptir: ilki ızgara boyunca polen taşıyan arılar ayaklarından polen tanelerini ayırmak için sürüklenmeli ve ikinci olarak bu polenler kap içinde stoklanmalıdır. Arıların polen yükleri kovan girişinde başka bir yere ayrılmalı ve çekmece içine dökülmelidir (Bogdanov, 2012).

Tuzakta tutulan polen yüzdesi oldukça değişken olabilmektedir. Polen toplama miktarını polenin fazlalığı, büyüklüğü, hava koşulları, koloninin beslenme gereksinimi, arıların ortalama büyüklüğü ve arıların toplama davranışı etkileyebilir (Bogdanov, 2012).

### 1.1.2. Arı Poleninin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Eski Mısır'da "hayat veren toz" olarak tanımlanan, *Apis mellifera L.* olan bal arılarının çiçek polenleri, nektar ve tükürük salgı maddelerinin (katalaz ve amilaz gibi enzimleri içeren) (Bogdanov, 2012, 2015) aglütinasyonu sonucu oluşturdukları doğal bir üründür (Modro ve ark., 2009; Melo ve Almeida-Muradian, 2010; Pascoal ve ark., 2014). İnsan sağlığı açısından önemli maddeler bulunduran arı poleninin morfolojik ve kimyasal içeriği botanik, coğrafik orijine (Morais ve ark., 2011), iklimsel çevreye ve depolama yöntemlerine göre farklılıklar göstermektedir. Polen tanelerinin morfolojik özellikleri hem şekil (çoğunlukla küresel) (Barajas ve ark., 2012), boyut (minimum 6 µm'dan maksimum 300 µm'a kadar), apertür gibi hem de renk ve görünüm açısından farklılık sergilemektedir (Arruda ve ark., 2013). Polen pelletlerinin renkleri polenin botanik taksına (grup) ve kimyasal bileşimine bağlı olarak beyaz veya kremden koyu kahverengiye kadar değişen sarı, turuncu, kırmızı, yeşil ve gri tonları sergilemekte aynı zamanda çiçek anterlerindeki lipidik boyaları da içermektedir (Almeida-Muradian ve ark., 2005).

Polen içeriği verilirken birçok polen içeriğinin ortalamasından yararlanılarak, sonuçlar yaklaşık değerler olarak verilmektedir. Buna göre polenin yaklaşık %25'i en az 18 amino asit içeren proteindir (Çizelge 1.1) (Çankaya ve Korkmaz, 2008; Campos ve ark., 2010; Bogdanov, 2012, 2015).

**Çizelge 1.1.** Arı poleninin ana bileşenleri

Ana Bileşenler	g/100 g kuru polen
Proteinler	10 - 40
Yağlar	1 - 13
Karbonhidratlar	13 - 55
Besinsel lif, pectin	0.3 - 20
Kül	2 - 6
Diğerleri	2 - 5

Ek olarak çeşitli vitaminler (Çizelge 1.2), 28 farklı mineral (Çizelge 1.3), 11 enzim ya da koenzim, 14 yağ asidi, 11 karbonhidrat ve hormon içermekte olup kalorisi düşüktür.



Bal arılarının beslenmesi için çok önemli olan B vitaminlerince de (B1, B2, B3, B5, B6) zengin olduğu (Çizelge 1.3) ve aynı zamanda A,C ve E vitamini, karotenoidler, folik asit, rutin, biotin, HGH (insan büyüme hormonu) ve gonadotropin içerdiği de saptanmıştır.

**Çizelge 1.2.** Arı polenininin vitamin bileşenleri

<b>Vitaminler</b>	<b>ppm (mg/kg)</b>
β-Karoten (A Vitamini)	10-200
Tiamin (B1 Vitamini)	6 - 13
Riboflavin (B2 Vitamini)	6 - 20
Niasin (B3 Vitamini)	40 - 157
Pantotenik Asit (B5 Vitamini)	5 - 28
Pridoksin (B6 Vitamini)	2 - 9
Biotin (B7, H Vitamini)	0.3 - 0.7
Folik Asit (B9 Vitamini)	3 - 10
Askorbik Asit (C Vitamini)	70 - 560
Tokoferol (E Vitamini)	14 - 320

**Çizelge 1.3.** Arı polenininin mineral madde bileşenleri

<b>Mineraller</b>	<b>ppm (mg/kg)</b>
Potasyum	2000 - 5800
Magnezyum	200 - 3000
Kalsiyum	200 - 3000
Fosfor	800 - 6000
Demir	11 - 170
Çinko	30 - 250
Bakır	2 - 16
Manganez	20 - 110

### **1.1.3. Arı Poleninin Fonksiyonel Özellikleri**

Arı polenin geniş tedavi edici özellikleri; antioksidan (Negri ve ark., 2011), antimikrobiyal, mantar öldürücü, anti-radyasyon, hepatoprotektif, kemoprotektif ve/veya kimyasal yoldan önleyici, anti-enflamatuvar ve bağırsak fonksiyonlarını düzenleyici faaliyetleri mevcuttur (Melo ve Almeida-Muradian, 2010). Ek olarak, özellikle kardiyovasküler ve antibiyotik, antikanser, antidiyareik (Negri ve ark., 2011), sindirim sistemi, vücudun bağışıklık sistemini iyileştirmesi ve yaşlanmayı geciktirmek, prostat sorunları, arteroskleroz, gastroenterit, solunum yolu hastalıkları, alerjiye karşı faydalı etkilere sahip olduğu rapor edilmiştir (Melo ve Almeida-Muradian, 2010; Bogdanov, 2015).

### **1.1.4. Arı Poleni Standart ve Kalite**

Günümüzde tüketiciler gün geçtikçe doğal ürünlere yönelmektedir ve bu da bal, propolis, arı sütü ve arı poleni gibi doğal arı ürünlerine olan ilgiyi artırmaktadır (Morais ve ark., 2011). Mikrobiyolojik güven açısından hijyen temel kalite kriteridir. Polenin mikrobiyolojik kalitesinin kontrolü özellikle de patojen mikroorganizmalar ve mantarlar bulunduğu önemlidir. Işınlama, ozon uygulamaları veya kimyasal fumigantlar ile bakterileri yok etme gerekli değildir ve toksik atıklara yol açar (Bogdanov, 2015).

Arıcılıktan kontaminantlara kadar en az etki eden ürün olan arı poleni (Bogdanov, 2012, 2015) besleyici, tedavi edici özelliği ve aynı zamanda yüksek protein içeriğinden dolayı insan beslenmesi için önemli bir fonksiyonel gıda veya gıda takviyesi olarak kullanılmaktadır (Melo ve Almeida-Muradian, 2011; Boppré ve ark., 2008; Bobiş-Mărgăoan, 2014). FDA (United States Food and Drug Administration)'ya göre gıda takviyesi olarak görülmeyen (Almeida-Muradian ve ark., 2005) arı poleni genellikle küçük miktarlarda tüketildiği için Brezilya'dan başka İsviçre ve Arjantin gibi sadece birkaç ülke yasal olarak gıda takviyesi olarak tanımlanmış ve resmi kalite standartları ve limitleri oluşturmuştur (Campos ve ark., 2010; Negri ve ark., 2011).

Arı polenin uluslararası kimyasal standardı yoktur. Brezilya, Bulgaristan, Polonya ve İspanya ulusal standartlara sahiptir olsada arı polenin uluslararası kimyasal bir standardı yoktur. Bogdanov (2015) yapmış olduğu çalışmada polenin temel kimyasal bişeni için uluslararası bir standart önerisinde bulunmuştur (Çizelge 1.4).

**Çizelge 1.4.** Polenin temel kimyasal bileşeni için önerilen uluslararası standart

<b>Bileşen</b>	<b>Miktar (g/100g polen)</b>
Nem	$\leq 8$
Toplam protein ( $N \times 6.25$ )	$\geq 15$
Toplam Şeker	$\geq 40$
Yağ	$\geq 1.5$

## **1.2. Kurutma**

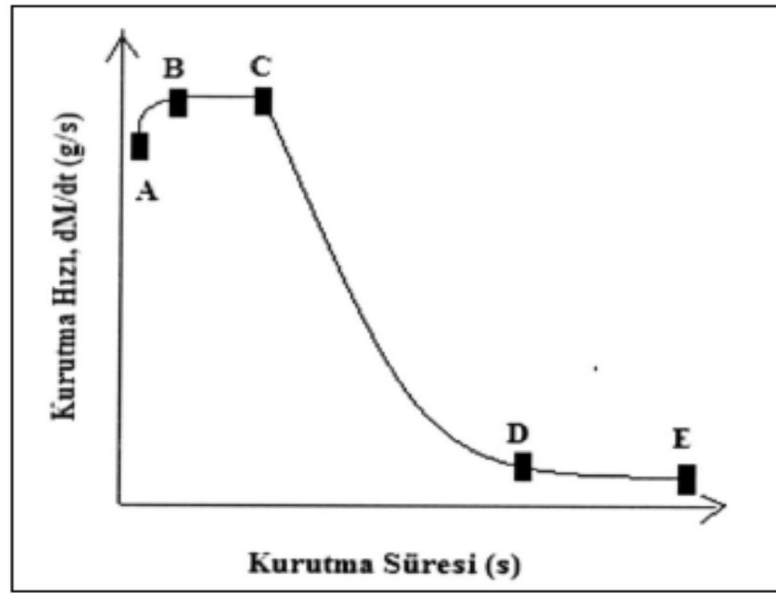
Endüstriyel bir proses olan kurutma işlemi gıda sanayinde ve farklı sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. En genel tanımı ile kurutma, gıdadan suyun uzaklaştırılmasıdır. Kurutma işleminin amacı ise, gıdanın içerdiği %80-90 oranındaki suyu %10-20 oranına düşürerek, ürünün raf ömrünü arttırmaktır. Kurutulmuş üründe mikrobiyolojik bozulma ve enzim aktivitesi en düşük seviyededir. Depolanması, sevkiyatı kolay ve daha az masraflı olmaktadır. Kurutma birçok yöntemden daha ucuz bir muhafaza yöntemi olup, daha az işçilik ve daha az ekipman gerektirmektedir. Ayrıca, diğer koruma yöntemleri uygulanmış gıdalara göre, besin öğeleri özellikle lif içeriği açısından daha zengin durumdadır (Erbay ve Küçüköner, 2008; Kutlu ve ark., 2015).

Kurutma yöntemleri başlıca üç farklı yöntemeye ayrılabilir:

- I. Konveksiyon kurutma (Sıcak hava ile kurutma); Bu tip kurutucularda gerekli olan ısı hava aracılığıyla ürün üzerine taşınarak gerekli kurutma sağlanır.
- II. Kondüksiyon kurutma: Kurutulacak olan ürün ısı üreten ısı kaynağına temas ettirilir böylece ürün bünyesindeki nemin buharlaşması için gerekli ısı, ısı kaynağından ürüne taşınır ve kurutma sağlanır.
- III. Elektromanyetik dalgalarla kurutma: Kurutulacak olan ürünün, bünyesindeki nemin atılması için gerekli olan ısı elektromanyetik radyasyon kullanılarak termal radyasyonlu kurutma sistemlerinde ise infrared lambalar, buhar ısıtım kaynakları ve elektrikle ısıtılmış yüzeyler tarafından sağlanarak kurutma gerçekleştirilir.

### 1.2.1. Kurutma Mekanizması

Gıda maddelerinde, ürünün nem içeriği kuruma süresi boyunca azalarak belli bir noktadan sonra sabitlenmektedir. Kurutma hızı ise ilk saatlerde çok yüksek iken, sürenin ilerlemesiyle azalmaktadır. Kurutma hızı, ürünün özellikleri, şekli, iriliği, kalınlığı, kurutma hava hızı, sıcaklığı ve nemi, kurutulacak olan ürünün miktarı gibi özelliklere bağlıdır. Kurutma sıcaklığının ve hava hızının artması, aynı zamanda kurutulacak gıdanın kalınlığının ve miktarının azalması, kurutma hızını arttırmaktadır (Kutlu ve ark., 2015).



Şekil 1.1. Kurutma hızının kurutma süresi ile değişimi

### 1.2.2. Gıda Kurutma Yöntemleri

Gıda endüstrisinde en çok kullanılan kurutma yöntemleri güneşte kurutma, dondurarak kurutma, tepsili kurutma, döner kurutucular, tünel kurutucular, sprey kurutucular, akışkan yatak kurutucular, vakum kurutma, mikrodalga ile kurutma ve radyo frekans kurutmadır. Bu yöntemler kısaca özetlenmiştir (Kutlu ve ark., 2015).

Bilinen en eski ve yaygın olarak kullanılan kurutma yöntemi güneşte kurutmadır. Güneşte kurutmanın en büyük avantajı düşük maliyetli olmasıdır. Dezavantajları ise, ürünlerin kurutulurken kontaminasyon başta olmak üzere birçok problem getirmesi, her yerde ve her zaman güneş ışıısından faydalanarak kurutma mümkün olmaması, ürünün böcek vb. dış etkiye maruz kalması, kurutmayla birlikte hafif bir fermantasyon

meydana gelebilme riski ve kalitenin olumsuz yönde etkilenmesidir. Bu tür dezavantajlar nedeniyle, güneş enerjisinden yararlanılan kurutma sistemleri geliştirilmiştir. Meyve ve sebzelerin yanında hububat, baharat, çay ve kahvenin kurutulmasında tercih edilmektedir (Erbay ve Küçüköner, 2008; Kutlu ve ark., 2015).

Birçok dezavantajının yanı sıra son zamanlarda geliştirilen solar kurutucular, hem mevcut olumsuzlukları elemine etmiş hem de enerji etkinliğini arttırmıştır. Bu sistemlerde elektrik enerjisini kullanmak yerine doğrudan güneş enerjisi kullanılmaktadır. Güneş enerjisinin ürüne direkt etki etmesi yerine, güneş enerjisi ile ürün etrafında dolaşacak hava ısıtılmaktadır veya ısıtmada kullanılacak su buharlaştırılmaktadır. Direkt solar kurutucuların hem maliyeti düşüktür hem de kolaylıkla üretilebilmektedirler. Ancak bu sistemlerde sıcaklık kontrolü hemen hiç mümkün değildir. Bu nedenle de birçok sebze ve meyve uzun süreli güneş ışınlarına maruz kalırsa vitamin ve renk kayıpları meydana gelmektedir (Erbay ve Küçüköner, 2008).

İndirekt solar kurutma ise daha pahalı ve zor kullanılan bir sistem olmasına rağmen sıcaklık kontrolü mümkün olmaktadır. Böyle sistemler ile UV ışınlar da uzaklaştırılabileceği için gelecekte ürün rengi değişmemektedir. Ayrıca indirekt solar sistemler, erken hasat, hasat sezonunun planlanması, bozulmadan uzun dönem depolama, hasattan birkaç ay sonra yüksek fiyat alma avantajı ve daha yüksek kalitede ürün eldesi gibi avantajlara sahiptir (Erbay ve Küçüköner, 2008).

Diğer bir kurutma sistemi olan hava üfleli kurutma sistemleri basit tasarıma sahip olup, yerel imkânlarla yapılabilmesi, bakım ve işletme masraflarının az olması, mevsime göre farklı ürünlerin kurutulabilir olması bu tip kurutma sistemlerinin avantajları arasında yer almaktadır. Ayrıca güneşte kurutmaya göre daha hızlı, homojen ve hijyenik kurutma sağlamaktadır. Yapılan birçok çalışma, kurutucu hava hızının, örnek kalınlığının ve sıcaklığın hava üfleli kurutucularda kurutma özelliklerini ve hızını etkileyen faktörler olduğunu göstermiştir. Kabin tipi kurutucular daha çok taneli ve dilimlenmiş ürünler için (findık, ceviz, elma, erik, mantar vb.) uygun olup, raflar üzerine serilerek kurutulmaktadırlar. Bu tip kurutucularda ürüne göre belli bir hava hızı uygulanmakta olup, ürün kısa kurutma süresine sahiptir (Erbay ve Küçüköner, 2008).

Ürün özelliklerini taze forma en yakın şekilde korumayı başaran bir kurutma metodu olan dondurarak kurutma yönteminde, kurutulacak olan gıdadaki su, donmuş halde

tutulurken, yüksek vakum uygulaması sırasında ısı verilmesi ile buzun süblimasyonu sağlanır. Bu işlem sırasında, ürünlerdeki bağılı suyun bir miktarı donmamış halde bulunur. En önemli avantajı, mikrobiyal ve diğer bozulmalar durdurulduğu için yüksek kalite sağlanmakta ve ürünlerin duyu özelliklerinin ve besin değerlerinin, diğer yöntemlerle kurutulmuş ürünlere göre daha üstün olmasıdır. Dezavantajı ise ilk yatırım maliyetinin yüksek olmasıdır. Kahve ve çay esansları, hazır çorba, sebzeler, deniz ürünleri ve et ürünleri bu yöntemle kurutulabilirler (Erbay ve Küçüköner, 2008; Kutlu ve ark., 2015).

Tepsili kurutucular, motor, fan ve tepsilerden oluşmaktadır. Bu tür kurutucularda, kurutulacak olan ürün, tepsi üzerine düzgün dağılımlı olarak serilir ve ürün kurumaya bırakılır. Tepsili kurutucuların dezavantajı, tepsiler üzerinde aynı kurutma hızının sağlanamamasıdır. Bu nedenle kurutma işlemi homojen olmamaktadır. Genellikle laboratuvar ölçekli çalışmalarda tercih edilmektedir (Kutlu ve ark., 2015).

Döner kurutucular, dönen ve genellikle çıkışla doğru hafif eğimli olan boş bir silindir şeklindedir. Ürün girişi ile hava akımı zıt yönlüdür. Kurutulmuş üründe, sürtünme sonucu meydana gelen olumsuzluklar nedeniyle, bu yöntemin uygulandığı ürün sayısı çok fazla değildir. Genellikle, ıslak granül halindeki katıların ya da tohumların kurutulmasında kullanılırlar (Kutlu ve ark., 2015).

Tünel kurutucular, fan, ısıtıcı ve kurutulacak ürünlerin taşındığı araçlardan oluşmaktadır. Kurutulacak ürün, aralıklarla yerleştirilmiş tablaların üzerine yayılır ve tünel içeresinden geçirilir. Meyve ve sebze ürünlerinin, çoğunlukla da balık ürünlerinin kurutulmasında kullanılır (Kutlu ve ark., 2015).

Sprey kurutucular, atomizer, büyük bir silindirik kurutma hücresi ve separatörden oluşur (Kutlu, N. ve ark., 2015).

Akışkan yatak kurutucular, ürünün parçacıklar halinde güçlü bir hava akımı ile kurutulması esasına dayanır. Bezelye ve Hindistan cevizi gibi gıda ürünlerinin kurutulmasında kullanılırlar (Kutlu ve ark., 2015).

Vakum kurutma, düşük derecelerde gerçekleştirilen hem sıvı hem de katı parçacıklar halindeki ürünlerin kullanılabilirdiği bir yöntemdir. Kurutma oksijensiz ortamda olduğu için ürün kalitesi yüksektir. Vakum kurutucularda kurutulmuş olan ürünlerde renk, tekstür ve aroma iyi bir şekilde korunabilmektedir. Fakat maliyeti çok yüksek olduğu

için, genellikle sıcaklığa duyarlı ürünlerde kullanılırlar. Meyve, sebze ve püreler bu yöntem ile kurutulurlar (Kutlu ve ark., 2015).

Mikrodalga sistemleri elektrik enerjisini mikrodalgaya dönüştüren magnetron, dalga yayıcı, dönebilen tabla ve fanlar oluşmaktadır. Mikrodalga kurutma, yüksek frekans dalgalarını gıdanın direkt olarak absorbe etmesi ve bu enerjiyi ısıya dönüştürmesi prensibine dayanmaktadır. Bu iki şekilde gerçekleşir; dipolar rotasyon ve iyonik yer değiştirme. Mikrodalga içerisinde kurutulacak olan ürünlerin mümkün olduğu kadar homojen olması, etli doku, sap, çekirdek ve aşırı sıvı içermemesi gerekmektedir. Mikrodalga fırının avantajı, materyalin daha çok ve homojen ısınmasını sağlamasıdır. En önemli dezavantajı ise, ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olmasıdır. Mikrodalga kurutma son dönemlerde yaygınlaşan cips sektöründe, oldukça geniş kullanım alanı bulmuştur (Kutlu ve ark., 2015).

Radyo frekans kurutma, 1-300 MHz frekansları arasında elektromanyetik alan uygulanarak yapılan işlemdir. Kurutulacak ürün iki elektrot arasına alınır ve bir elektrik alanına maruz bırakılır. Dalga boyunun yüksek olması, nüfuz derinliğini arttırmaktır, bu da homojen kuru ürün elde edilmesini sağlamaktadır. Sürenin kısa olması da önemli avantajlarından. Dondurulmuş ürünlerin çözündürülmesinde, ambalajlı ekmeklerin ısıtılmasında, sebzelerin haşlanması gibi durumlarda kullanılabilir (Kutlu ve ark., 2015).

### **1.2.3. Arı Poleninin Kurutulması**

Son yıllarda farklı arı polenlerinin kimyasal kompozisyonları analiz edilmiştir. Lipidler, şekerler, proteinler, amino asitleri, vitaminler, karotenoidler ve flavonoidler ve arı poleni kuru ağırlığının %35-61 oluşturabilen karbonhidratlar ihtiva ettiği bilinmektedir (Qian ve ark., 2008).

Arı poleninin su içeriği, ürün ve aromasının korunması yanında tipik lezzet, ürün kalitesi ve ürünün birkaç temel özelliğini doğrudan etkileyen önemli kalite parametresi veya göstergesidir. Yüksek su içeriği, ürünün duyu özellikleri değiştirebilen mikroorganizma ve enzimlerin aktivitesini arttırmaktadır. Diğer yandan, çok düşük su içeriği hızlı ekşimeye neden olabilmektedir. Yaklaşık oda sıcaklığında yüksek su aktiviteli besinsel değere sahip bir gıda tüketiminin risklerinden biri kanserojen mikotoksinleri

üreten birçok mantar tarafından kontamine olmasıdır. Bu nedenle, arı poleni, nem miktarının düşürülmesi için kurutma işlemine tabi tutulmalıdır. Arı poleni dehidrasyonu uzmanlık, pratik ve uygun ekipman istemekte ve bileşenlerinin biyolojik özelliklerin yanı sıra bütünlüğünün sağlanması, duyarlı ve/veya kararsız bileşenlerin indirgenmesini engellemek için önlemlerin alınması ve özel bir süreçle yapılması gereklidir (Morgana ve ark., 2011).

Arının topladığı taze polen yaklaşık %20-30 su içermektedir (Melo ve Almeida-Muradian, 2011; Bogdanov, 2012, 2015). Bu yüksek nem miktarı, bakteri ve mayalar gibi mikroorganizmalar için ideal kültür ortamıdır, polen kalitesini maksimum korumak, hızlı fermentasyonu ve bozulmayı önlemek için hemen toplanmalı ve sonrasında kurutma işlemi yapılmalıdır (Melo ve Almeida-Muradian, 2011; Bogdanov, 2012; Pascoal ve ark., 2014; Bogdanov, 2015). Nem içeriği, su aktivitesi yoluyla enzimatik ve mikrobiyolojik stabiliteyi ve böylece gıdanın raf ömrünü etkilediğinden dolayı depolamada biyolojik kontrolü ve ürünün ticarileştirilmesi için kullanılır (Melo ve Almeida-Muradian, 2011). Polen kurutma işleminin amacı mikrobiyal bozulmanın minimize edildiği seviyeye kadar kaldırmak ve aynı zamanda taşıma, depolama ve dağıtım maliyetini azaltmaya katkı sağlamak, ağırlığı ve hacmi önemli derecede azaltmaktır (Barajas ve ark., 2012). Kurutma işlemi maksimum 42 °C'de ve son nem miktarı en fazla %6 olacak şekilde yapılmalıdır (Melo ve Almeida-Muradian, 2011).

Arı poleni için ulusal standartlara sahip bazı ülkeler kurutulmuş polen için gerekli minimal koşullar oluşturmuştur. Buna göre maksimum nem miktarları Arjantin %8, Brezilya %4, Bulgaristan %10, Polonya %6 ve İsviçre %6'dır (Melo ve Almeida-Muradian, 2011). %10'dan fazla nem poleni fermentasyon için uygun hale getirmekte ve %6'dan daha az nemin ise poleni daha çok kuruttuğu ve duyuşal açıdan daha az kabul edilebileceği kararı verilmiştir (Bogdanov, 2012, 2015). Aynı zamanda polenin düşük su miktarı mekaniksel işlemleri ve iyi koşullarda depolamayı bile etkileyebilmektedir (Gergen ve ark., 2006).

İlk dönemlerde arı poleni kurutma işlemi güneşte yapılmış, fazla zaman alan bir yöntem olduğundan mikrobiyal bozulma artmış ve sağlık açısından düşük kaliteli ürün oluşmuştur. Sıcak havayla kurutma uygun bir işlemdir ve kurutma koşulları kontrolüdür, makul bir süreç, daha sağlıklı ve ticari bir ürün oluşmaktadır. Tepsili kurutma



gıdanın yüklü olduğu üst üste bulunan bölmeleri içermektedir. Gıda ürününe kurutma maddesinin (sıcak hava) ısısı konveksiyon ile esas olarak aktarılır. Çok yönlülüğü ve iyi kontrollü kurutma koşulları sayesinde bu kurutucular gıda endüstrisi nispeten yaygındır (Barajas ve ark., 2012).

Günümüzde polen genellikle nemin kesintisiz çıkışını sağlayan elektrikli fırınlarda kurutulmaktadır (Bogdanov, 2012; 2015). Önerilen maksimum sıcaklık 40 °C'dir (Barajas ve ark., 2012; Bogdanov, 2012; Brindza ve ark., 2014; Bogdanov, 2015). Ancak bu sıcaklık yüksek görülmektedir. Sonra tohum temizleme makinesine benzer özel bir cihazla arındırılır. Maksimum sıcaklık 30 °C'dir ve kurutma zamanı vitamin kayıplarını önlemek için mümkün olan en kısa sürede yapılmalıdır. Su içeriği kurutulduktan sonra 100 g polende 6 g su olmalıdır (Bogdanov, 2012, 2015).

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Serra-Bonvehí ve Escolà-Jordà, (1997), İspanya'nın farklı bitkisel ve coğrafya orijinli bal arılarından toplanmış polen örneklerinin bileşimini, fizikokimyasal, mikrobiyolojik özelliklerini ve mikrobiyolojik parametrelerini araştırdıkları çalışmada su miktarı, su aktivitesi (aw), ortalama polen tane büyüklüğü, protein miktarı, yağ miktarı, yağ asiti bileşimi, serbest amino asit dağılımı, şeker spektrumu, mineral elementleri, lifli diyet, nişasta miktarı, aflatoksin değerlendirilmiştir. Gaz Kromatografisi ile belirlenen başlıca şekerler, fruktoz, glukoz ve az miktarda di- ve trisakkaritlerle sukrozdur. Serbest amino asit spektrumu, toplam amino asit miktarından ( $x = 31.6 \pm 4$  mg/g) yüksek prolin seviyesi (%63.1) göstermiştir. Lifli diyet yüksek seviyede bulunmuştur ( $x = 13.7 \pm 1.3$  g/100 g). Başlıca yağ asitleri C-18:2, C-18:3 ve C-18:1 asitlerine benzer bulunmuştur. Mineral elementlerden potasyum, fosfor, kalsiyum ve magnezyum çoğunlukta görünmüştür. Dominant polen olarak *Cistus ladaniferus* poleni bulunmuştur. Mikrobiyolojik parametreler arasında fazla miktarda küf, toplam aerobik sayım ve koliform varlığı ve *Lancefield Streptococci "D"* bulunmuştur. Aflatoksin tespit edilmemiştir.

Almeida-Muradian ve ark., (2005), Brezilya'nın güneyinden kurutulmuş *Apis mellifera* L.'nin polen örneklerinin nem, protein, yağ, kül, toplam karotenoid, beta-karoten ve C vitamini analizini kapsayan kimyasal bileşimini ve floral orijinini belirlemek için yaptıkları çalışmada; nem miktarını, 70 °C'de vakum fırında sabit ağırlığa kadar kurutarak yapmışlardır. Kül miktarı belirlemede, 550 °C'de sabit ağırlığa kadar fırında yakma işleminden sonra kesintisiz ağırlık ölçümü yapılmıştır. Protein tayini için Nitrojen belirleme, proteindeki çevirme sayısı 6.25 faktör ile Mikro-Kjeldahl metodu kullanılarak yapılmıştır. Toplam karotenoidleri belirleme ve beta-karoten analizi açık kolon kromatografisi ile C Vitamini belirleme ise AOAC mikroflorimetrik metod kullanılarak yapılmıştır. Polen tanelerinin bitkisel kaynağı, renge bağlı ön örneklere mikroskopik polen tanımlama yapılarak elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ortalama nem %7.4, protein %20, yağ %6, kül %2.2'dir. C vitamini ve beta-karoten olmadığı ve toplam karotenoidlerin bulunduğu da saptanmıştır. Monofloral örnekler olarak adlandırılan tanelerin çoğu iki veya daha fazla bitkisel grup taşıdığından grup tanımlama için belirleyici olmamıştır. Toplam 17 gruptan tanımlanan en sık rastlanan bitki familyaları, *Arecaceae*, *Asteraceae* ve *Myrtaceae*'dir.

Marchini ve ark., (2006), polenin fizikokimyasal bileşimini belirlemek için polen örnekleri Brezilya, São Paulo Devleti, Piracicaba'daki Afrikan benzeri *Apis mellifera* 4 mm çapındaki delikli beş arı kovanından ön polen toplayıcılar tarafından toplanmıştır. Örneklerin kimyasal bileşimi laboratuarda belirlenmiştir. Protein %21.5, kül %2.8, nem %23.6, kuru madde %76.3, yağ %3.5, toplam şeker %28.4, polen titrasyon asitliği 20.7 mEq/kg ve pH 5.1 ortalama değerler elde edilmiştir. Önemli fark bulunmayan kül yüzdesi dışında çalışılan parametrelerin yılları arasında önemli farklar vardır.

González-Paramás ve ark., (2006), 23 amino asiti [alanine (Ala), arginine (Arg), asparagine (Asn), aspartic acid (Asp), cysteine (Cys), cystine (Cys2), glutamic acid (Glu), glutamine (Gln), glycine (Gly), histidine (His), hydroxyproline (Hyp), isoleucine (Ileu), leucine (Leu), lysine (Lys), methionine (Met), phenylalanine (Phe), proline (Pro), serine (Ser), threonine (Thr), tryptophan (Trp), tyrosine (Tyr), valine (Val)] tanımlayan ve miktarını belirlemek için OPA-HPLC florimetrik metodu optimize etmişlerdir. Yeşilmeşe, meşe ve kestane ağacından elde edilen kırk tane, tek çeşit bal örnekleri serbest aminoasit profilleri için analiz edilmiştir. İlk önce baldaki  $\alpha$ -aminoadipik asit ve homoserin tespit edilmiştir. Tanelerinin çoğunluğunu *Cistus Ladanifer* (%67.1) ve *Echium plantagineum* (%8.9) oluşturan 32 İspanyol arı poleni örneği toplam ve serbest aminoasit profilleri için analiz edilmiştir. Hser ve Orn az bulunurken serbest  $\gamma$ -aminobütirik asit ortalama 0.53 mg/g ile fazlaca bulunmuştur. *Cistus ladanifer* ve *Echium plantagineum*'dan elle ayrılan monofloral taneler serbest aminoasit miktarı için analiz edilmiştir (prolin içeren): ilk olarak 32.46 ve 21.87 mg/g, son olarak 22.18 ve 12.23 mg/g. Buna karşın toplam amino asit yüzdesi (kuru ağırlık olarak) *Cistus Ladanifer* için %13.95 ve *Echium plantagineum* için %32.22'dir.

Carpes ve ark., (2009), etanolün farklı konsantrasyonları ile hazırlanan polen ekstraktlarının antioksidan aktivitesi, fenolik miktarı ve antibakteriyel aktivitesini belirlemektir. Toplam fenolik miktarı, referans standart olarak gallik asit kullanılarak Folin-Ciocalteu spektrofotometrik metoda göre belirlenmiştir. Antioksidan aktivite  $\beta$ -karoten ve linoleik asit oksidasyonu ile belirlenmiştir. Antibakteriyel aktivite bazı küçük değişikliklerle disk difüzyon deneyi ile tanımlanmıştır. Her ekstraksiyon koşulları (%40-90 etanol çözeltileri) fenolik madde miktarında farklı etkiye sahiptir. %60-70-80 etanolden elde edilen polen ekstraktı fenolik bileşiklerin en yüksek seviyesini (>10 mg/g) göstermiştir ve ekstraksiyon şartları arasında önemli bir fark yoktur. Toplam

fenolik miktarı Alagoas ve Parana bölgelerinde sırasıyla 3.6-8.1 ve 6.6-10.9 mg GAE/g arasında değişmiştir. Antioksidan aktivitenin yüksek değeri Alagoas için %83.30 ve Parana için %81.15'tir. En yüksek antioksidan aktivite değerleri, en yüksek polifenol bileşiklerinin konsantrasyonunu gösteren Parana bölgesine ait polenin %60 etanol solüsyondaki ekstraksiyonunda bulunmuştur. %90 etanollü polen ekstraktı dışında tüm solveent konsantrasyonlarındaki etanollü polen ekstraktıyla *Staphylococcus aureus* inhibe olmuştur. %60 etanol çözeltisinin ekstraktı (Parana örneği) *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Klebsiella sp.*'u inhibe etmiştir.

Campos ve ark., (2010), arılardan toplanmış floral polenlerin flavonoid/fenolik bileşenlerin serbest radikal scavenging yapıları katkısı değerlendirmek ve yaşın aktiviteyi etkileyip etkilemediğini belirlemektir. Arı poleninin serbest radikal scavenging etkinliği (EC<sub>50</sub>) DPPH metodu ile ölçülerek floral polenlerin bileşimi ve doğası belirlenmiştir. Fenolik profili HPLC aracılığıyla analiz edilmiştir. Her saf floral polenin sahip olduğu EC<sub>50</sub> değeri toplanma zamanı ve coğrafik orijinine bakılmaksızın bulunmuştur ve EC<sub>50</sub> değeri polen flavonoidlerin ve fenolik asitlerin seviyesi ve doğası geniş boyutlara kadar belirlenmiştir. Fenolik olmayan antioksidanlar, proteinler mümkün olduğunca aktivite dengesi hesaplanmıştır. 3 yılı geçen polenlerin, flavonoid/fenolik asit en yüksek içerme eğiliminde olan en aktif floral polenlerdeki serbest radikal scavenging aktivitesini %50'ye kadar azalttığı kanıtlanmıştır. Arı poleninin tazeliğinin, aynı floral polen karışımı içeren taze arı poleniyle karşılaştırılarak serbest radikal scavenging kapasitesinin belirlenebileceği ileri sürülmüştür.

Melo ve Almeida-Muradian, (2010), bir yıl süreyle depolanan kurutulmuş arı polenin antioksidan vitamin (C, E vitamini ve β-karoten) stabilitesini değerlendirdikleri çalışmada C vitamini belirleme, AOAC'ye göre askorbik asitle 2,6-diklorofenol-indofenol(DCPIP)'ün indirgenmesine dayanan adapte edilmiş titulometrik metodla yapılmıştır. E vitamini HPLC ile ölçülmüştür. Toplam karotenoidler ve β-karoten belirleme açık kolon kromatografisi (OCC) ile yapılmıştır. İşlem sonrası polende C vitamini %67.1 artmış (p < 0.05), E vitamini %18.7 ve β-karoten %15.6 azalmıştır. Dipfriz depolama vitaminleri korumak için en etkin koşullardır; oda sıcaklığında depolamadaki kayıp benzerdir. C vitamini ve β-karoten ile karşılaştırıldığında E vitamini depolamada daha iyi korunmuştur.

Martins ve ark., (2011), yedi Brezilya eyaletinden elde edilen arı polenin fizikokimyasal bileşimi ( kül, lipit, protein, glukoz, fruktoz ve serbest asitlik) belirlemektir. Kül belirleme 550 °C’de kül fırınında yapılmıştır. Toplam yağ, ekstraktörde petrol eterle ekstrakte edilmiştir. Nitrojen miktarı Kjeldahl distilasyonu ile belirlenmiştir. 1.33-4.13 g/100 g kül, 4.01-13.32 g/100 g lipit, 12.28-27.07 g/100 g protein, 6.99-21.85 g/100 g glukoz, 12.59-23.62 g/100 g fruktoz, ve 105.3-609.9 meq/kg serbest asitlik eyaletler içinde ve kendi içinde değişim göstermiştir.

Melo ve Almeida-Muradian, (2011), Brezilya’da toplanıp yeni kurutulmuş altı ticari arı poleni örneklerindeki nemi belirlemede kullanılan metodları karşılaştırdıkları çalışmada nem belirleme gravimetrik metodla yapılmıştır. Metodlar: 100 °C’de konvansiyonel ısıtma, 70 °C’de vakumla ısıtma, 40 °C’de sülfürik asitle desikatörde (düşük su aktivitesine sahip ortamda), 85 °C’de infrared lamba ile kurutma yöntemi, -40°C’de 26 sa liyofilizasyon ve Karl Fischer metodundan oluşmaktadır. Sonuçlara dayanarak arı polenindeki nemi belirlemede en iyi metodlar, daha düşük nem değerlerini gösterdiği için infraredle kurutma işlemi ve liyofilizasyondur.

Morais ve ark., (2011), beş Portekiz Naturel Park’taki [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)] bal arılarından toplanmış polenin palinolojik orijini, fenolik miktarı, antioksidan ve antimikrobiyel özelliklerini incelemiş ve arı poleni karışımında şu sekiz familya bulunmuştur: *Rosaceae*, *Cistaceae*, *Boraginaceae*, *Asteraceae*, *Fagaceae*, *Ericaceae*, *Myrtaceae* ve *Fabacea*. Fenolik bileşiklerin miktarı, sırasıyla PNM ve PNDI’den toplanan arı polenindeki mg gallik asit eşdeğeri / g ekstrakt (mg GAE/g) 10.5 ve 16.8 arasında değiştiği bulunmuştur. Serbest radikal scavenging aktiviteyi, en etkili ekstrakt olarak EC<sub>50</sub> 2.24 mg/mL ile PNDI ve takiben EC<sub>50</sub> 2.16 mg/mL ile PNM göstermiştir. β-karoten ağartma (BCB) analizinin DPPH metodundaki gibi aynı davrandığı, çalışma altındaki gram-pozitif, gram-negatif bakterilerin ve mayaların gelişiminin farklılık göstermesi polende bulunan mikroorganizmalara ve kullanılan polene bağlı olduğu da kanıtlanmıştır.

Morgana ve ark., (2011), Brezilya'nın 12 farklı bölgesinden ve bal arılarından toplanmış kuru 154 polen örneklerinin su miktarını belirlemede Karl Fischer titrasyonuna dayanan kimyasal metodun performansını değerlendirmek ve aynı zamanda kuru polen örneğinin ekstraksiyon sıcaklığı, partikül büyüklüğü, reaksiyon zamanı ve ağırlığını araştırdıkları çalışmada Karl Fischer titrasyon metodu, partikül iriliği 600 µm olan polenlerde 50 °C'de metanol ve n-oktanol alkol (1:1 v/v) solvent karışımı kullanılarak en iyi sonucu vermiştir. Örneklerin su miktarı ortalama değerleri %3-9 aralığında değişmiştir.

Negri ve ark., (2011), 21 günde toplanan Güneydoğu Brezilya'nın yedi polen ekstrakt örneklerinin hidrosisinnamik asit amid türevleri, fenolik bileşikleri ve antioksidan aktivitelerini inceledikleri çalışmada -18 °C'de dondurulmuş ve sonra kurutulmuş işlenmemiş örneklerin metanol ekstraktları HPLC/PAD/ESI/MS/MS ile analiz edilmiştir. Polenin metanol ekstraktlarının hidrolizi, flavonoid aglikonların ayrılması için hidroliz reaksiyonu gerçekleştirilmiştir. İşlenmemiş örneklerin toplam fenolik miktarı Folin-Ciocalteu metodu ile belirlenmiştir. Antioksidan aktiviteleri üç işlem gerçekleştirilerek DPPH'nin radikal scavenging aktivite metodu ile belirlenmiştir. Toplam fenolik madde %1.7-2.2 ve antioksidan aktivite %75'in üzerinde bulunmuştur. Aynı orijinli örnekler arasında dondurulmuş örnekler işlenmemiş örneklere göre daha aktif ve en aktif ise dondurulmuştan sonra kurutulmuş örneklerdir.

Stanciu ve ark., (2011), aynı bitki kaynaklı (*Helianthus annuus* L. ve *Salix sp.*) bal arılarından toplanmış polenle karşılaştırılan çiçek poleninin makro ve mikro besleyici madde miktarını belirlemek için Hava asetilen alevi ile yanarak kurutulduktan sonra Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi ile potasyum, magnezyum, kalsiyum, demir ve çinko analiz edilmiştir. Test edilen tüm polen örneklerinde potasyum en yüksek konsantrasyonda bulunmuştur. Çiçek poleninde ortalama 7294.70 mg/kg ve bal arısından toplanmış polende 4334.17 mg/kg olarak bulunmuştur. Kalsiyum sırasıyla 5492.78 ve 2020.23 mg/kg, magnezyum 1764.86 ve 692.61 mg/kg'dır. Belirlenen oligoelementlerin ortalama değerleri çiçek ve bal arısından toplanmış polende sırasıyla 1599.09 (Fe) ve 75.14 mg/kg (Zn) bulunmuştur. Çinko ortalama değerleri ise çiçekte 75.01 mg/kg ve arı poleninde 35.83 mg/kg'dır. Karşılaştırma sonucu çiçek poleninin daha yüksek mineraller içediğini göstermiştir.

Barajas ve ark., (2012), Kolombiya'nın iki bölgesinden (La Calera ve Zipaquira) elde edilen kurutulmuş arı poleni tanelerinin fiziksel, kimyasal ve besinsel özellikleri üzerine kurutma sıcaklığının (35 ve 45 °C) ve ürün kaynağının etkisini araştırdıkları çalışmada işlem görmemiş polenin protein, yağ, fiber, kül ve nem miktarı belirlenmiştir (Anonim, 2000). Kurutma eğrisi oluşturulmuştur. Su aktivitesi ( $A_w$ ); su aktivite metresi kullanılarak ölçülmüştür. Karoten miktarı; ekstraksiyon işlemi solvent olarak heksan kullanılarak ve absorbentlerle (kalsiyumtrifosfat ve sodyum sülfat susuz) açık kolon kromatografisiyle yapılmıştır. Spektrometre ile 450 nm'de absorbans ölçülmüş ve kalibrasyon eğrisi çizilerek karoten miktarı belirlenmiştir. C vitamini miktarı; ekstraksiyon işlemi oksalik asit kullanılarak yapılmış, 540 nm'de absorbans ölçülmüş ve kalibrasyon eğrisi ile miktar belirlenmiştir. Ortalama partikül büyüklüğü; polen partikül büyüklüğü dağılımı, 150, 250, 355, 425, 500 ve 850  $\mu\text{m}$  eleklerle donatılmış çalkalama kabı üzerinde 50 g ürünün elenmesiyle belirlenmiştir. Sonuçlar, 45 °C'de arı poleni kurutma işleminin kurutma zamanını (156-198 dk.), nem miktarını (%7-8) ve su aktivitesini (0.3) azalttığını fakat karoten ve C vitamini kayıplarını artırdığını doğrulamıştır. Protein, fiber (lif), kül miktarı kurutma sıcaklığından etkilenmemiştir. La Calera poleninin elde edilen karoten miktarı büyük ihtimalle bu bölgenin flora bileşiminden kaynaklanmaktadır. C vitamini, kurutma sıcaklığı artığında azalmaktadır, fakat iki bölge arasında önemli bir fark bulunmamaktadır.

Arruda ve ark., (2013), Brazilya São Paulo eyaletinde kurutulmuş arı poleni örneklerinin vitamerleri, fizikokimyasal bileşimi ve bitkisel orijinini içeren Kompleks B vitaminlerin ( $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_6$  ve PP) miktarını araştırmışlardır.  $B_1$ ,  $B_2$  vitaminine,  $B_6$  ve niasin vitaminin vitamerlerine eşzamanlı ekstraksiyon yapılmış ve eşzamanlı ekstraksiyondan sonra vitaminler, florasan dedeksiyona sahip HPLC ile ölçülmüştür. Nem; gravimetrik metotla, protein; Mikro-Kjeldal metoduyla, yağ; solvent olarak dietil eter kullanılarak Soxhlet ekstraktörle, kül; sabit ağırlığa kadar 550 °C'deki fırında yakıldıktan sonra miktar (g) ölçümüyle belirlenmiştir. Sonuçlar, analiz edilen örneklerdeki kompleks B vitaminlerinin büyük konsantrasyon farkını göstermiştir. Varyasyonlar, (kuru maddede):  $B_1$  vitamini 0.59–1.09 mg/100 g;  $B_2$  vitamini 1.73–2.56 mg/100 g; PP vitamini 6.43–15.34 mg/100 g ve  $B_6$  vitamini 0.33–0.68 mg/100 g'dır. Tüm örnekler,  $B_2$  vitamin kaynağı düşünülmüştür. En yakın bileşim elde edilmemiş ve sonuçlar, nem  $\%3.47 \pm 0.30$ ; kül  $\%2.98 \pm 0.18$ ; yağ  $\%5.39 \pm 0.60$  ve protein  $\%23.38 \pm 1.24$ 'tür.

Mevcut bitki familyalarının sıklığı, toplam 10 önemli polen türünü göstermiştir: *Arecaceae*, *Cecropia*, *Cestrum*, *Cyperaceae*, *Eucalyptus*, *Ilex*, *Myrcia*, *Piper*, *Vernonia* ve *Trema*.

Bobiş-Mărgăoan, (2014), arı poleni örneklerinin bitkisel orijinini tespit etmek, besleyici değerini veren kalitatif ve kantitatif parametreleri, polende bulunan biyolojik olarak aktif bileşenleri ve laboratuvar ortamında biyolojik aktiviteyi (antioksidan, antitümör ve antimikrobiyal aktivite) belirlediği çalışmada Palinolojik metodla arı poleni örneklerinin bitkisel orijinini tespit edildikten sonra besleyici değerini veren kalitatif ve kantitatif parametreleri (su miktarı, şeker, toplam yağ, protein) belirlenmiştir. Spektroskopik metodlarla (HPLC ve GC) polende bulunan biyolojik olarak aktif bileşenleri ve laboratuvar ortamında biyolojik aktiviteyi (antioksidan, antitümör ve antimikrobiyal aktivite) belirlenmiştir. Çalışılan polen örnekleri, spesifik türler farklı yüzdeleriyle multifloral olarak belirlenmiştir. Su, kül, protein, yağ, karbonhidrat, toplam polifenolik bileşenler, karotenoidler ve C vitamini miktarı literatürle karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Serbest radikal scavenging aktivite ortalama %77.76 belirlenmiştir.

Brindza ve ark., (2014), kurutulmuş arı poleni ve antioksidan aktiviteleri üzerine sıcaklığın etkisini araştırdıkları çalışmada arı yetiştiricilerinden elde edilen 8 bitki türü (*Robinia pseudoacacia* L., *Trifolium repens* L., *Phacelia tanacetifolia* L., *Tilia* spp., *Papaver somniferum* L., *Fagopyrum esculentum* Moench, *Brassica napus* L., *Helianthus annuus* L., *Salix alba* L.) polen örneği araştırılmıştır. Arı poleni örnekleri, sırasıyla ve 20 dk. süreyle 40 °C, 60 °C ve 80 °C’de laboratuvar fırınında kurutulmuştur. Kurutmadan sonra DPPH metodu kullanılarak su ve metanol ekstraktları ile antioksidan aktivite belirlenmiştir. Bütün türlerde sulu ekstraktlarıyla karşılaştırıldığında metanol ekstraktlarında yüksek antioksidan aktivite tanımlanmıştır. Kurutma işlemi sırasında sıcaklığın aşamalı olarak artması arı polenin antioksidan aktivitesini azalmaktadır. Bu eğilim türlerin bazısında olmamaktadır. Sonuç olarak arı polenin 40 °C’ye kadar kurutulması tavsiye edilmektedir.

Eswaran ve ark., (2014), *Apis* türlerinin Karnataka’da toplanmış polen ekstraktlarının antioksidatif, antagonistik potansiyeli ve radyo koruyuculuğunu araştırdığı çalışmada polen sulu ve etanol ekstraktları (PEE %50 ve PEE %90) hazırlanmıştır. Polen ekst-



raklarının antioksidatif testleri; Ferrik indirgenme antioksidan gücü (FRAP), ince tabaka kromatografisi ve organik solvent kullanılarak ve Antiradikal scavenging aktivitesi için DPPH analizi yapılmıştır. Arı polen ekstraktlarının biyokimyasal analizleri; protein miktarı Lowry metodu kullanılarak ve Toplam fenolik bileşenler (TPC) Folin-Ciocalteu metodu ile belirlenmiştir. Polen ekstraktlarının antimikrobiyal aktivitesi; test mikroorganizmaları hazırlanmış, antibakteriyel aktivite için disk difüzyon metoduna karşı belirlenen mikroorganizmalar kullanılarak test edilmiş ve antiradyo aktivitesi için de taze soğan çiçekleri alınıp, kurutulmuş kökleri çıkartılan ve kök parçaları su dolu geniş bardağa daldırılarak tanımlanan metoda göre protokol takip edilmiştir. TPC (0.99GAE/100gm) ve FRAP (4.08mg/ml) %90 PEE'de, polen sulu ekstraktlarında 148.2 g/ml ile DPPH en yüksektir ve %90 PEE'de protein miktarı 60780 mg/ml'dir. Sonuçlar, yalnızca cilt ve yumuşak doku enfeksiyonları, zatüre, septik şok, üriner sistemi enfeksiyonu, kan ve mide-bağırsak enfeksiyonu gibi hastalıklardan sorumlu olan *P. aeruginosa*'nın en iyi engellendiğini göstermiştir. %90 PEE'de kök hücreleri tedavi edebilmiştir ve zarar görmüş kök hücrelerin onarımına yardımcı olmuştur.

Pascoal ve ark., (2014), piyasadan temin edilen sekiz ticari arı polenin biyolojik aktivitesini değerlendirmektedir. Toplam fenolik içeriği Folin-Ciocalteu metodu, anti-inflamatori aktivite hiyalüronidaz deneyi, antimikrobiyal aktivite Mikrobiyoloji laboratuvarı, antimikrobiyal aktivite mikropilaka üzerinde Maya Pepton Dektroz (YDP), antimutajenik aktivite maya hücreleri, antioksidan aktivite tiyobarbitürik asit reaktif maddeler kullanılarak lipit peroksidasyon inhibisyonu (TBARS) ve DPPH scavenging deneyi kullanılarak yapılmıştır. Fenoliklerin en yüksek değerini (32.15±2.12 mg/g) E örneği ve en düşük değeri ise (18.55±0.95 mg/g) H örneği vermiştir. Flavonoidlerin en yüksek değerine (10.14±1.57 mg/g) C örneği ve en düşük değerine ise (3.92±0.68 mg/g) H örneği sahiptir. Antoksidan aktivitede analiz edilen örnekler arasında önemli farklar bulunmuştur.

Kostić ve ark., (2015), Sırbistan'dan elde edilen Arı polenin kimyasal bileşimi ve çözünürlük, emülsiyon ve köpürme özellikleri, su ve yağ absorpsiyon kapasitesi gibi tekno-fonksiyonel özelliklerini değerlendirmek ve aralarındaki korelasyonları araştırmaktır. Kimyasal analizler nem miktarı, ham protein ve kül standart metotlara göre yapılmıştır. Toplam enerji, FAO'ya göre önerilen 100 g kuru polendeki protein, yağ

ve karbonhidratların miktarı bilinen ortalama yanma eşdeğerlikleriyle çarpılarak hesaplanmıştır. Polen ekstraktlarının protein çözünürlüğü Bradford prosedürüne göre standart olarak bovin serum albümin ile 595 nm’de kolorimetrik olarak belirlenmiştir. Çözünabilir karbonhidratlar geleneksel antron metoduna göre tahmin edilmiştir. Analiz edilen örnekler, 375 ortalama enerji değeriyle birlikte %14.81-27.25 protein, %1.31-6.78 lipit, %64.42-81.84 karbonhidrat ve %1.18-3.21 kül içermektedir. Arı poleni düşük protein çözünürlüğü (2.79-25.9 g/100 g), yüksek karbonhidrat çözünürlüğü (31.2-75 g/100 g), iyi emülsifiye özellikleri (emülsiyon stabilite indeksi 19.6-49.3, emülsiyon aktivite indeksi 10.4-24.52 m<sup>2</sup>/g arasındadır.), köpürmeyen özellikte, düşük su absorpsiyon kapasitesi (0.92-2.25 g/g) ve üstün yağ absorpsiyon kapasitesi (1-3.53 g/g) göstermiştir.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Arı Poleni

Mayıs 2016'da Antalya merkez ve çevre ilçelerinden toplanarak elde edilen taze arı polenleri yaklaşık 100 g olacak şekilde tartılarak analiz yapılincaya kadar -18°C derin dondurucuda muhafaza edilmiştir.

##### 3.1.2. Kimyasallar

Tüm kimyasallar Sigma Aldrich ve Merck firmasından sağlanmıştır.

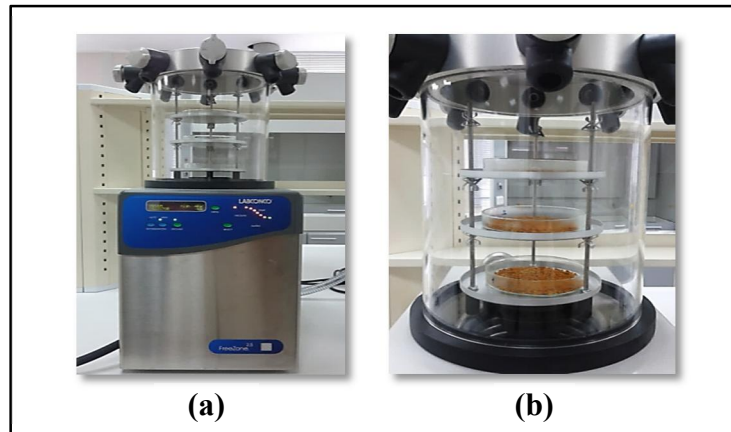
#### 3.2. Yöntem

##### 3.2.1. Arı Poleninin Kurutulması

Türk Standartları Enstitüsü, Polen Standardı TS 10255 (ICS 65.140) göre kurutulmuş polenin nem miktarı %10'dan fazla olmamalıdır. Antalya yöresinden elde edilen taze arı polenleri liyofilizatör, etüv, vakumlu etüv ve vakum destekli mikrodalga olmak üzere 4 farklı yöntemle kurutulmuş polendeki nem miktarı en fazla %8 nem olacak şekilde kurutulmuştur (Anonim, 2006).

##### 3.2.1.1. Dondurarak (Liyofilizatörde) Kurutma İşlemi

Taze arı polenleri 0.1 mbar basınç altında -50 °C'de liyofilizatörde (Labconco Freezezone 2.5, U.S.) kurutulmuştur (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Liyofilizatör (a) ve kurutma haznesi (b)

### 3.2.1.2. Etüvde Kurutma İşlemi

Taze arı polenleri atmosferik basınç (760 mm-Hg) altında 35 °C, 50 °C ve 65 °C olmak üzere 3 farklı sıcaklıkta etüvde (Memmert IN 75, Germany) kurutulmuştur (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Etüv

### 3.2.1.3. Vakumlu Etüvde Kurutma İşlemi

Taze arı polenleri 100 mbar, 300 mbar ve 500 mbar basınç altında ve her bir basınç noktasında 35 °C, 50 °C ve 65 °C olmak üzere 3 farklı sıcaklıkta vakum etüvde (Memmert VO200, Germany) kurutulmuştur (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Vakum etüv

#### 3.2.1.4. Vakum Destekli Mikrodalgada Kurutma İşlemi

Taze arı polenleri 500 mbar, 675 mbar ve atmosferik basınç altında ve her bir basınç noktasında 300 W, 450 W, 600 W ve 900 W mikrodalga gücünde Yrd. Doç. Dr. Bekir Gökçen MAZI ve Yrd. Doç. Dr. Işıl BARUTÇU MAZI tarafından Samsung marka MC32F604TCT model mikrodalga modifiye edilerek ve Isolab marka GM-0.5 model vakum pompası kullanılarak tasarlanmış vakum destekli mikro dalga kurutma sisteminde kurutulmuştur (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Vakum destekli mikrodalga kurutma sistemi

#### 3.2.2. Yapılan Analizler

##### 3.2.2.1. Nem Tayini

Taze ve kurutulmuş arı poleni örneklerinin (2 g) nem miktarı halojen lambalı nem tayin cihazı (Radwag MAC 50, Poland) kullanılarak belirlenmiştir.

##### 3.2.2.2. Kül Tayini

Sabit tartıma gelinceye kadar etüvde (Ecocell LSIS-B2V/EC111, Germany) kurutulan arı poleni örneklerinden yaklaşık 3 g tartılarak kül fırınında (Protherm Furnaces PLF 115M, Turkey) 110 °C'de 1 saat, 250 C°'de 1 saat ve 550 C°'de 8 saat yakma işlemi yapılmıştır. A.O.A.C.'ye göre yapılan bu yöntemde kül miktar % olarak hesaplanmıştır (Almedia-Muradian ve ark., 2005, Arruda ve ark., 2013).

### **3.2.2.3. Protein Tayini**

Arı poleni örneklerinin (1 g kuru örnek) toplam protein miktarı A.O.A.C. (2000) 955.04. no'lu Mikro-Kjeldahl yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Örneklerdeki yüzde azot miktarının belirlenmesinde Velp Scientifica marka DK 20 model yakma ünitesi ve UDK 149 model distilasyon cihazı kullanılmıştır. Yüzde protein miktarı 6.25 protein dönüşüm faktörü kullanılarak hesaplanmıştır (Almedia-Muradian ve ark., 2005).

### **3.2.2.4. Yağ Tayini**

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

### **3.2.2.5. Su Aktivitesi Tayini**

Taze ve kurutulmuş arı poleni örneklerinin (2 g) su aktivitesi Aqualab marka 4TE model su aktivitesi ölçüm cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

### **3.2.2.6. Toplam Fenolik Madde Miktarı Tayini**

Taze ve kuru arı polenlerinin toplam fenolik madde tayininde Folin-Ciocalteu metodu takip edilmiştir. Örneklerdeki toplam fenolik madde miktarı gallik asit eşdeğeri (GAE) cinsinden mg fenolik madde/g örnek olarak, gallik asit kalibrasyon grafiği kullanılarak hesaplanmıştır.

### **3.2.2.7. Antioksidan Kapasite Tayini**

Bir gün önceden hazırlanıp, 4°C buzdolabında bekletilmiş metanollü polen ekstraktlarından ve troloks çözeltilisinden farklı konsantrasyonlarda tüplere alınmış ve 3000 µl'ye tamamlanacak şekilde etanol ilave edilmiştir. Tüplere günlük hazırlanmış DPPH çözeltilisinden 1 ml eklenip vortekslenmiştir. Analizde içerisinde sadece 3 ml etanol ve 1 ml DPPH çözeltilisi bulunan 3 tekrarlı tüpler kontrol olarak 3 ml etanol ise kör olarak kullanılmıştır. 30 dakika karanlık ortamda bekletilen örneklerin absorpsiyonları köre karşılık 517 nm dalga boyunda okunmuştur. Elde edilen sonuçlar grafik haline getirilerek IC<sub>50</sub> değerleri mg/ml cinsinden hesaplanmıştır (Brand-Williams ve ark., 1995).

### 3.2.2.8. C Vitamini Tayini

0.5 g taze ve kuru polen örneklerine 5 ml %1'lik okzalik asit çözeltisi eklenerek 1 dakika vortekslelendikten (Isolab D2012 plus, Germany) sonra 10000 g'de 10 dakika santrifüj cihazında (Isolab MX-3, Germany) santrifüj edilmiştir. Süpernetant kısımına askorbik asit test kiti (Merck Reflectoquant® 1.16981.0001, Germany) daldırılarak reflektometre cihazında (Merck Reflectoquant RQfleks plus, Germany) C vitamini ölçüm işlemi gerçekleştirilmiştir (Anonim, 2015).

### 3.2.2.9. E vitamini Tayini

2 g taze ve kuru polen örneklerine 10 ml hekzan eklenerek 2 dakika vortekslenmiş, ultra toraks ile 10000 rpm'de 1 dakika parçalanmış ve tekrar 2 dakika vortekslenmiştir. Elde edilen örnekler ultra sonikatörde maksimum güçte 5 dakika bekletildikten sonra 10°C'de 4800xg'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Elde edilen süpernetant kısımlara 2 ml asetoneitril eklenerek vortekslenmiş ve 4°C buzdolabında 5 dakika beklemeye bırakılmıştır. Süre sonunda oluşan üst faz yeni deney tüplerine alınarak içerisindeki hekzan evaporatör yardımıyla tamamen uçurulmuştur. Elde edilen ekstrakt, enjeksiyon öncesinde 2 ml heptan:tetrahydrofuran (THF) (95:5, v/v) içerisinde çözündürülür ve 45µm lik filtreden geçirilir. Analizler Agilent HPLC sistemi (1260 Infinity) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. α-tokoferol 292nm dalga boyunda DAD dedektör ile tanımlanmıştır. Ayırma işlemi için Phenomenex Luna silica column (250 x 4.6 mm i.d., 5µm in particle size) kullanılmış olup, mobil faz (heptan:THF, 95:5) isokratik akış ile 25°C sıcaklıkta 1.2 ml/dk akış hızında kolondan geçirilerek, ayırım 20 dakikada tamamlanmıştır. Sonuçlar standart maddeler kullanılarak hazırlanan standart eğrilerden hesaplanarak µg tokoferol/g kuru madde cinsinden ifade edilmiştir (Çınar ve ark., 2017).

### 3.2.2.10. Prolin Tayini

Öğütülen 5 g polen örneklerinden 0.3 g tartılarak 80 ml saf su içinde çözünmesi sağlandıktan sonra 100 ml'lik balon jöjelere aktarılarak çizgisine tamamlanmıştır. Kör olarak kullanılan saf su, elde edilen sıvı örnekler ve prolin standart çözeltisinden (36 ppm prolin/1L saf su) ayrı ayrı test tüplerine 0.5 ml alınarak üzerlerine 1 ml ninhidrin çözeltisinden (% 3'lük ninhidrin etilen glikol monometil eter) ilave edilmiştir. Daha sonra tüplerin her birine çeker ocakta 1ml formik asit ilave edilmiş ve kapakları

kapatılmıştır. Tüm tüpler orbital çalkalayıcıda oda sıcaklığında 15dk çalkalanmıştır. Çalkalayıcıdan alınan tüpler önce 100°C deki daha sonrada 70°C deki su banyolarında on beşer dakika bekletildikten sonra üzerlerine 5 ml 2-propanol su karışımından (1/1, v/v) ilave edilerek 45 dk oda sıcaklığında beklemeye bırakılmıştır. Süre sonunda örneklerin 510 nm dalga boyundaki absorbands değerleri okunmuş ve polendeki prolin miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Anonim 2008b).

$$W_p = \frac{E_p}{E_s} \cdot m_1 \cdot \frac{0.008}{m_2} \quad (3.1)$$

$W_p$  : Polendeki prolin miktarı (g prolin / 100g polen)

$E_p$  : Numune çözeltisinin absorbandsı

$E_s$  : Prolin standart çözeltisinin ortalama absorbands değeri

$m_1$  : Prolin stok çözeltisinin başlangıç numune kütlesi, (40 mg)

$m_2$  : Polenin başlangıç numune kütlesi ( $m_2 = 0.3$  g)

0.8 : Birim dönüştürme katsayısı

### 3.2.2.11. Diastaz Aktivitesi Tayini

Öğütülen 5 g polen örneklerinden 0.3 g tartılarak 80 ml 100 mM sodyum asetat tampon çözeltisi (pH 5.2) içinde çözünmesi sağlandıktan sonra 100 ml'lik balon jodelere aktararak çizgisine tamamlanmıştır. Kör olarak kullanılan sodyum asetat tampon çözeltisinden ve elde edilen sıvı örneklerden ayrı ayrı 15ml'lik falkon santrifüj tüplerine 5 ml alınarak tüplerin kapakları kapatılmış ve tüpler 40°C deki su banyosunda 5dk bekletilmiştir. Süre sonunda tüplerin her birine pens yardımıyla Phadebas tabletinden 1 tane atılıp tüpler vorteksle iyice karıştırılmıştır. Tekrar 40°C deki su banyosuna yerleştirilen örnekler 30 dk bekletildikten sonra her bir tüpe 1ml 500 mM NaOH çözeltisi ilave edilip vortekslenmiştir. Daha sonra 1270xg 5dk santrifüjlenen örneklerden elde edilen supernatant kısmın absorbandsı 620 nm dalga boyunda okunmuş ve polendeki diastaz sayısı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.



$$DN = 28.2 \times \Delta A_{620} + 2.64 \quad (3.2)$$

$DN$  : polendeki diastaz aktivitesi (Gothe / g polen)

$\Delta A_{620}$  : Örneğin absorbanası – Körün absorbanası

Bu metotta diastaz aktivitesinin birimi Gothe olarak ifade edilir ve enzimin 40°C analiz şartlarında 1 saat süre içerisinde 0.01 g nişastayı parçalayacağı enzim miktarını ifade eder. Sonuçlar polende gram başına Gothe birimi (Schade birimi) olarak ifade edilir.

### **3.2.2.12. Hidroksimetilfurfural Tayini**

Taze ve kurutulmuş arı poleni örneklerinden 10 g tartılarak üzerlerine 15 ml metanol eklenmiş ve vortekslenmiştir. Örnekler ultra sonikatörde maksimum güçte 5 dakika bekletildikten sonra 30 dakika 8500xg ve 30 dakika 20000xg olmak üzere 2 kez sant-rifüjlenmiştir. Elde edilen örneklerin HMF miktarı reflektometre cihazı (Merck Reflectoquant RQflex plus, Germany) ve HMF test kiti kullanılarak ölçülmüştür.

### **3.2.2.13. İstatistiksel Analizler**

Yapılan analizler, 3 tekerrürlü ve 2 paralelli olarak yürütülmüştür ve elde edilen sonuçlarda Minitab 17 istatistik paket programı kullanılarak istatistiksel değerlendirme yapılmıştır. Varyans analiz tekniği (ANOVA) kullanılarak, grup ortalamaları arasındaki farklar tespit edilmiştir.

## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1. Arı Poleninin Kimyasal Bileşimi

Türk standartları enstitüsünün çıkartmış olduğu TS 10255 nolu Polen standardına göre kuru polenin nem içeriğinin kütleye %10'dan fazla olmaması gerektiği belirtilmiştir (Anonim, 2006). Diğer ülkelere bakıldığında değerler Brezilya'da % 4 Arjantin'de ise % 8 olarak sınırlandırılmış görülmektedir. Yapmış olduğumuz bu çalışmadan elde edilecek sonuçlarının uluslararası literatürle kıyaslanabilmesi için kurutma işlemi boyunca taze arı polenlerinin nem içeriği takip edilmiş ve nem içeriği % 8'e ulaştığında kurutma işlemleri sonlandırılmıştır.

Araştırmada kullanılan taze arı polenin % 16.617±0.094 nem içerdiği tespit edilmiş olup arı polenin kimyasal bileşimi kuru temelde (KT) Çizelge 4.1'de gösterilmiştir. Nem, protein, yağ ve kül değerleri deneysel olarak belirlenmiş karbonhidrat ve lif içeriğinin toplamı ise artı kalan yüzde üzerinden belirtilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Taze arı polenin kimyasal bileşimi kuru temelde

Bileşen (Kuru Temelde)	g/100g polen
Toplam protein (N × 6.25)	15.689±0.810
Yağ	2.166±0.038
Kül	1.901±0.006
Diğerleri (Karbonhidrat + Lif)	80.243±0.836

Taze arı polenin bileşimi üzerine uluslararası bir standart olmamakla birlikte ölçülen değerler önceki çalışmalardan elde edilen sonuçlara benzerlik göstermektedir.

### 4.2. Nem ve Su Aktivitesi Değerleri

Araştırmada kullanılan taze arı polenin nem içeriği yaklaşık %17 olarak belirlenmiştir. Uygulanan farklı kurutma işlemleri sonunda ulaşılmak istenen nem içeriği olan %8'e ulaşıldığında kurutma işlemleri sonlandırılmıştır. Araştırmada kullanılan farklı kurutma işlemleri için uydulanan kurutma parametreleri ve kurutma işlemi sonucunda ulaşılan nem ve su aktivitesi değerleri Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

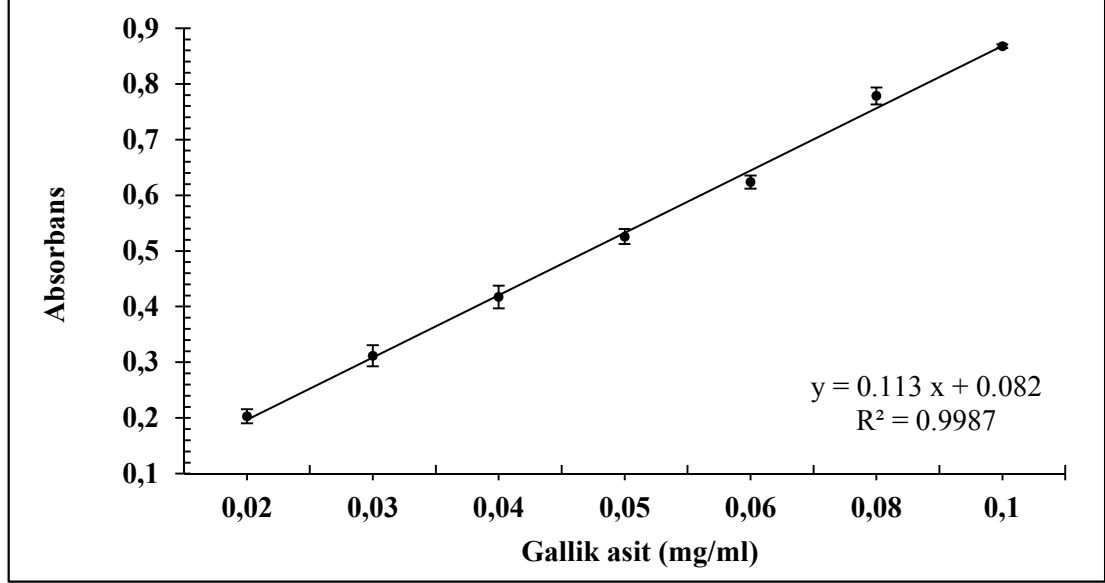
**Çizelge 4.2.** Farklı kurutma teknikleri ile kurutulan polenlerin nem ve su aktivitesi

Kurutma Metotları	Kurutma Parametreleri			Nem (%)	aw
	Sıcaklık / Güç	Basınç (mbar)	Süre (saat)		
Taze polen	-	-	-	16.617±0.094	0.662±0.002
Liyofilizatör	-50°C	0.1	38.5	7.621±0.176	0.216±0.004
Etüv	35°C		29	7.768±0.282	0.260±0.012
	50°C	1013	7	7.444±0.591	0.212±0.005
	65°C		4.5	6.592±0.205	0.205±0.004
			500	257	8.216±0.186
Vakum Etüv	35°C	300	191	7.764±0.127	0.248±0.012
		100	95.5	8.066±0.241	0.361±0.006
		500	20.5	7.612±0.566	0.215±0.004
		300	16.5	7.797±0.039	0.310±0.009
	65°C	100	14.5	7.978±0.043	0.337±0.008
		500	3.5	7.645±0.534	0.227±0.007
		300	5	6.666±0.439	0.209±0.017
		100	8.5	6.484±0.974	0.200±0.005
Mikrodalga	300W		24	8.046±0.454	0.355±0.008
	450W		12	8.172±0.246	0.373±0.010
	600W	1013	8	7.302±0.335	0.210±0.001
	900W		5	8.084±0.840	0.362±0.020
Vakum Destekli Mikrodalga	300W	675	24	6.398±0.398	0.197±0.002
		500	21	8.097±0.099	0.369±0.002
	450W	675	12	8.386±0.490	0.389±0.008
		500	12	7.715±0.188	0.234±0.010
	600W	675	8	8.247±0.385	0.387±0.008
		500	8	7.437±0.163	0.211±0.002
	900W	675	6	7.829±0.058	0.310±0.013
		500	5	6.613±0.535	0.205±0.001

### 4.3. Toplam Fenolik Madde Miktarları

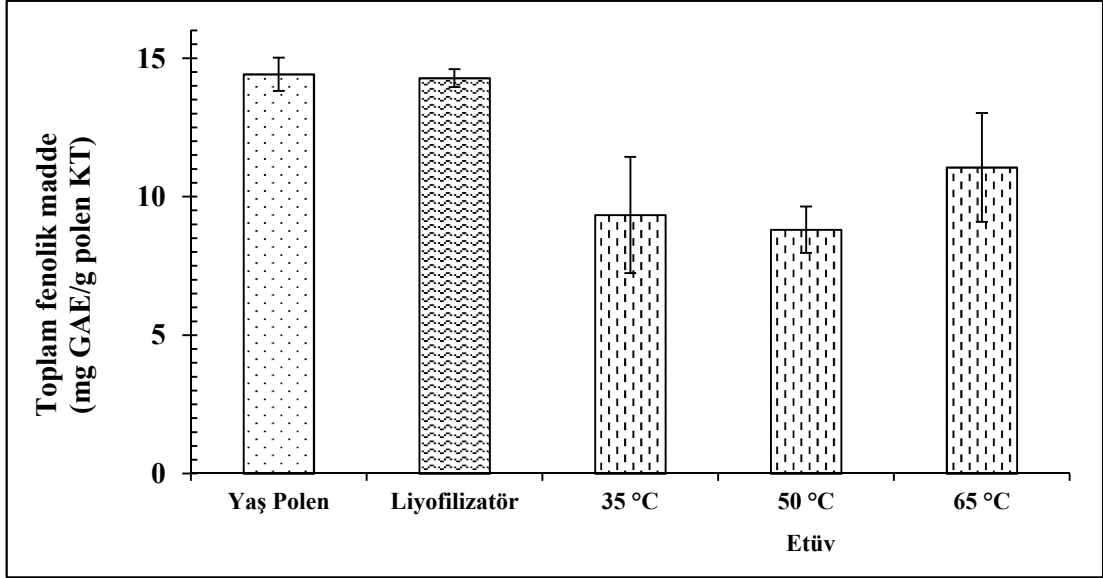
Farklı kurutma metodlarıyla kurutulan polen örneklerinin ve taze arı polenin toplam fenolik madde miktarının (TFM) belirlenmesinde standart olarak gallik asit kullanılmıştır. Gallik asitin farklı konsantrasyonlarındaki çözeltileri kullanılarak absorbansa karşılık konsantrasyon standart grafiği oluşturulmuştur (Şekil 4.1). Gallik asit çözeltisinin konsantrasyonları ile absorbans değeri arasındaki ilişkiyi ifade eden

grafiğin denklemi  $y = 0.113 x + 0.082$  olarak hesaplanmıştır. Bu denklem aracılığıyla 1 g polenin (kuru temelde) içerdiği toplam fenolik madde miktarı mg gallik asit eşdeğeri (mg GAE) cinsinden belirlenmiştir.



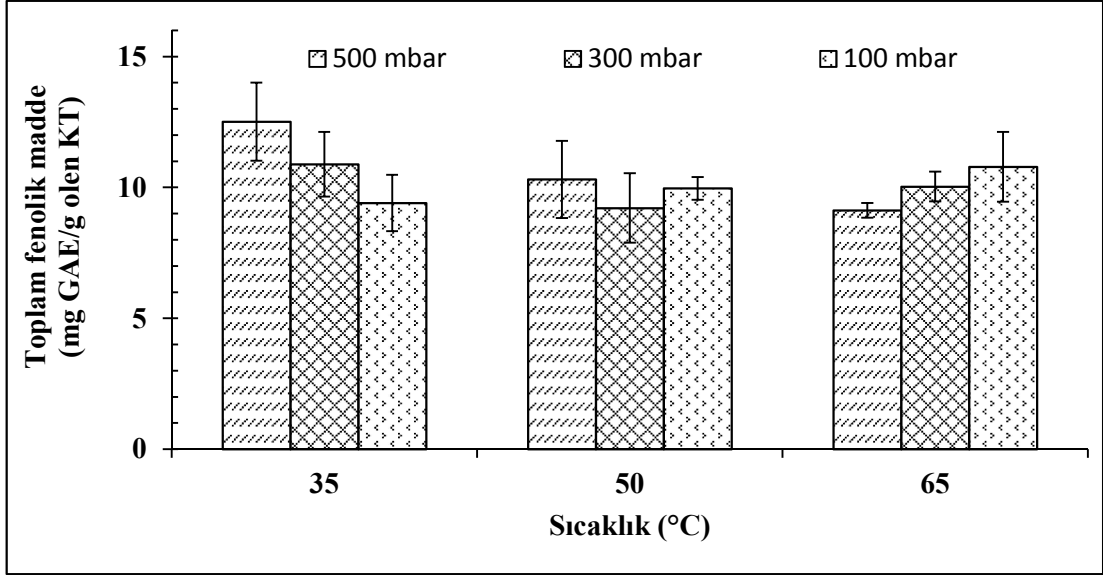
Şekil 4.1. Taze arı poleni için hazırlanan gallik asit standart grafiği

Örneklerin toplam fenolik madde miktarının 8.810 – 14.418 mg GAE/g polen (kuru temelde) aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek toplam fenolik madde miktarı taze arı poleninde ölçülmüştür. Kullanılan kurutma işlemine bağlı olarak toplam fenolik madde miktarlarında azalış olduğu belirlenmiştir. Taze polen, liyofilizatör ve etüvde kurutulan arı polenlerinin toplam fenolik madde miktarları Şekil 4.2 de gösterilmiştir. Etüvde 35°C ve 50°C de ve liyofilizatörde kurutulan polenlerin toplam fenolik madde miktarları birbirin yakın değerlerken etüvde 65°C de kurutulan polenin toplam fenolik madde miktarı daha yüksek bulunmuştur.

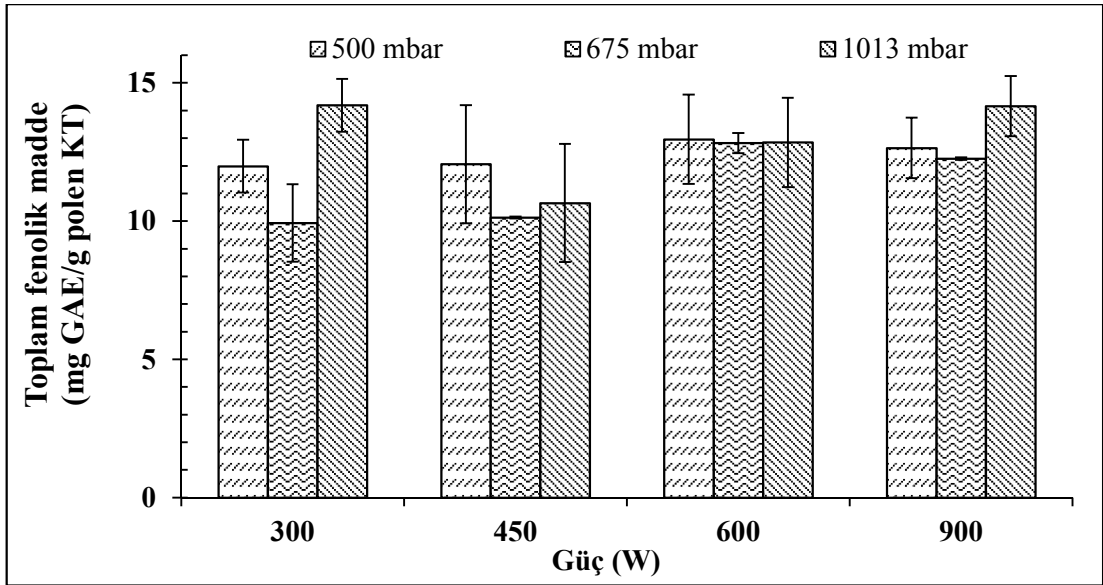


**Şekil 4.2.** Taze, liyofilizatör ve etüvde kurutulan arı polenlerinin toplam fenolik madde miktarları

Vakum etüvde kurutulan polenlerin toplam fenolik madde miktarları 500mbar basınçta sıcaklık arttıkça azalırken 100mbar basınçta sıcaklık arttıkça artmaktadır. 300mbar basınçta ise en düşük toplam fenolik miktarı 50°C deki kurutma işleminde ölçülmüştür. Vakum etüvde kurutulan polenlerin toplam fenolik madde miktarlarının 9.125 – 12.510 mg GAE/g polen (kuru temelde) aralığında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 4.3). Mikrodalgada kurutulan polenlerin toplam fenolik madde miktarları 500mbar ve 675mbar basınçlarda uygulanan güç seviyesindeki artışla beraber az miktarda artmıştır. Mikrodalgada kurutulan polenlerin toplam fenolik madde miktarlarının 500mbar ve 675mbar basınçlarda sırasıyla 11.988 – 12.961 ve 9.929 – 12.825 mg GAE/g polen (kuru temelde) aralığında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 4.4). Atmosferik basınç altında uygulanan kurutma işleminde ise en düşük toplam fenolik madde miktarı 450W güç seviyesinde ölçülürken (10.656 mg GAE/g polen KT) 300W, 600W ve 900W güç seviyelerinde ölçülen değerler birbirine yakın olduğu belirlenmiştir (14.190; 12.847; 14.158 mg GAE/g polen KT).



Şekil 4.3. Vakum etüvde kurutulan arı polenlerinin toplam fenolik madde miktarları



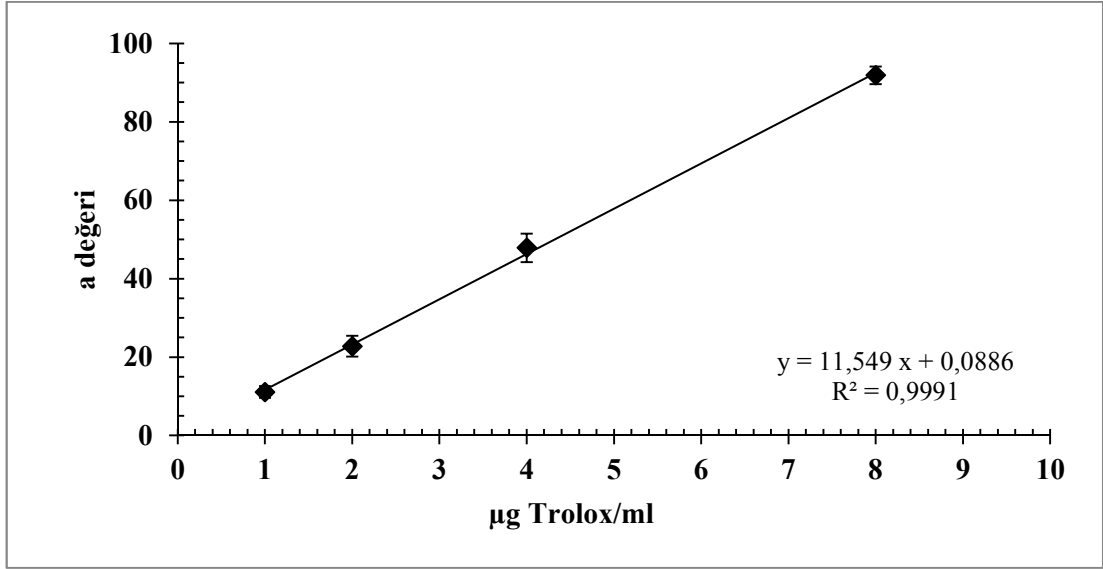
Şekil 4.4. Mikrodalga'da kurutulan arı polenlerinin toplam fenolik madde miktarları

#### 4.4. Farklı Kurutma Yöntemlerinin Antioksidan Aktivite Üzerine Etkisi

Farklı kurutma metodlarıyla kurutulan polen örneklerinin ve taze arı polenin antioksidan kapasitesi ve %50 inhibisyon değerinin ( $IC_{50}$ ) belirlenmesinde 2, 2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH+) radikali temizleme aktivitesi yöntemi ve standart olarak 6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit (Trolox) kullanılmıştır.

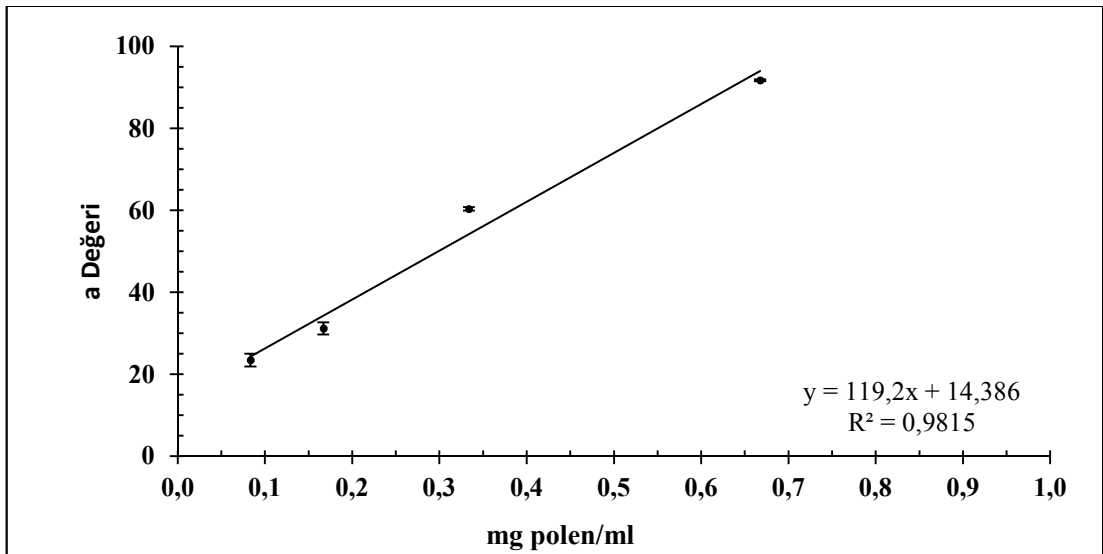
Antioksidan kapasitenin belirlenmesinde kullanılan Trolox standardının farklı konsantrasyonlarındaki çözeltileri kullanılarak absorbansa karşılık konsantrasyon standart

grafığı oluşturulmuştur (Şekil 4.5). Trolox çözeltilisinin konsantrasyonları ile absorbans değeri arasındaki ilişkiyi ifade eden grafiğin denklemi  $y = 11,549 x + 0,0886$  olarak hesaplanmıştır. Bu denklem aracılığıyla 1 g polenin (kuru temelde) anti oksidan kapasitesi mg Trolox eşdeğeri antioksidan kapasite (mg TEAC) cinsinden belirlenmiştir.



Şekil 4.5. Trolox standardı kalibrasyon eğrisi

Numunelerin her birinden farklı konsantrasyonlarda çözeltiler hazırlanmış ve bu çözeltilerin absorbansları ve kontrolün absorbans değeri kullanılarak % inhibisyon değerine karşılık konsantrasyon grafikleri elde edilmiştir. Şekil 4.6 da taze polen için oluşturulan grafik verilmiştir. Elde edilen bu grafikleri ifade eden denklemler kullanılarak örneklerin %50 inhibisyon değerleri (IC<sub>50</sub>) hesaplanmıştır.



Şekil 4.6. Taze arı poleni DPPH+ analizi % inhibisyon eğrisi

Grafikten elde edilen denklem ile taze arı polenin  $IC_{50}$  değeri 0.28986 mg polen KT/ml antioksidan kapasitesi ise olarak bulunmuştur (Çizelge 4.3). DPPH+ radikali temizleme aktivitesi yönteminde hesaplanan  $IC_{50}$  değerleri ne kadar düşük olursa, antioksidan aktivitenin de o kadar fazla olduğu bilinmektedir (Güven, 2010; Doğmuş ve Durucasu, 2013).

Elde edilen sonuçlara bakıldığında en yüksek antioksidan kapasite değerin taze polende ölçüldüğü (10.292 mg TEAC/g polen KT) görülmektedir. Uygulanan tüm kurutma metodları örneklerin antioksidan kapasitesinde kayıplara neden olmuştur. Belirlenen kurutma parametrelerinde arı polenin antioksidan kapasitesini en az etkileyen kurutma metodunun mikrodalga kurutma olduğu belirlenmiştir. Bunun nedeninin istenilen nem seviyesine düşmek için gereken işlem süresinin kısa olması olduğunu düşünmekteyiz. Mikrodalga kurutma işleminde uygulanan güç seviyesi arttıkça kayıplarında arttığı belirlenmiştir. Uygulanan kurutma işlemleri içerisinde en yüksek kayıplar atmosferik basınçta etüvde uygulanan kurutma işleminde gerçekleşmiştir. Genel olarak etüvde kurutma işleminde uygulanan vakum seviyesindeki artışa paralel olarak antioksidan kapasitede meydana gelen kayıplarda artmıştır. Elde edilen sonuçlara bakıldığında antioksidan kapasite değerininde meydana gelen en yüksek kaybın etüvle kurutma işleminde 65°C de (%72.37), vakum etüvle kurutma işleminde 100mbar basınçta 50°C de (%74.39), mikrodalga kurutma işleminde 900W güç seviyesinde (%19.09) ve vakum destekli mikrodalga kurutma işleminde 500mbar basınçta 900W güç seviyesinde (%37.29) olduğu belirlenmiştir. Liyofilizatör ile kurutma işlemi sonucu antioksidan kapasitede meydana gelen kaybın %24.23 düzeyinde olduğu belirlenmiştir.



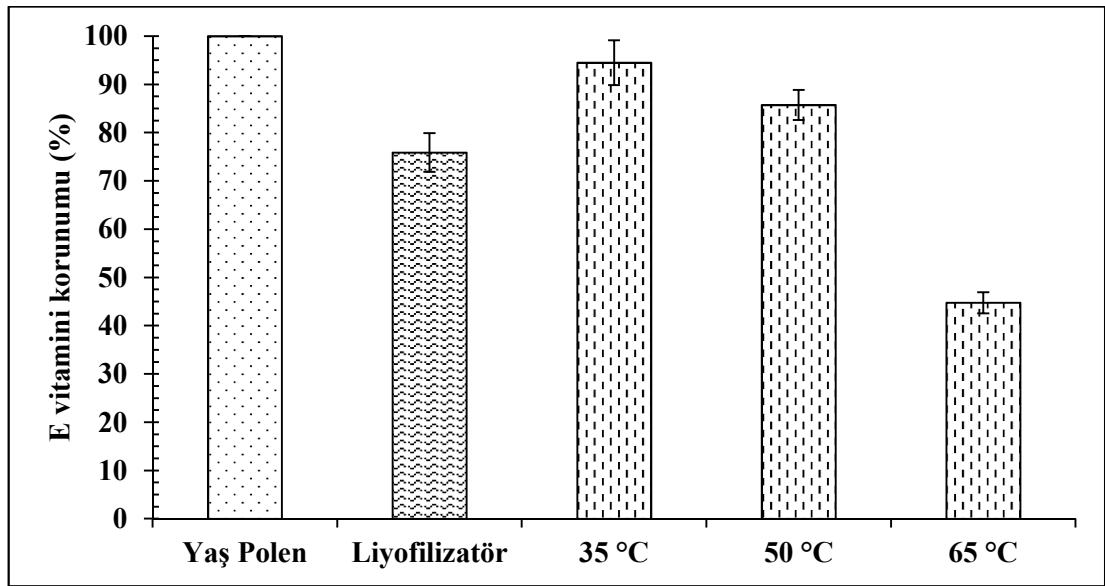
**Çizelge 4.3.** Taze ve kurutulmuş arı polenin antioksidan kapasite ve IC<sub>50</sub> değerleri

Kurutma Metotları	Kurutma Parametreleri			IC <sub>50</sub>		Antioksidan Kapasite DPPH		
	Sıcaklık Güç	Basınç (mbar)	Süre (saat)	(mg polen KT/ml)		(mg TEAC/ g polen KT)		
Taze polen	-	-	-	0.2899	±0.0126	10.292	±0.088	
Liyofilizatör	-50°C	0.1	38.5	0.5674	±0.0236	7.798	±0.660	
Etüv	35°C		29	1.4912	±0.1042	3.262	±0.183	
	50°C	1013	7	1.2131	±0.0942	3.844	±0.328	
	65°C		4.5	1.6375	±0.0637	2.844	±0.084	
		500	257	0.6223	±0.0537	7.776	±0.712	
Vakum Etüv	35°C	300	191	0.7063	±0.0474	6.750	±0.308	
		100	95.5	0.9162	±0.0545	5.662	±0.674	
		500	20.5	0.5591	±0.0096	8.756	±0.026	
	50°C	300	16.5	1.2006	±0.0655	3.910	±0.283	
		100	14.5	1.8308	±0.0332	2.636	±0.058	
		500	3.5	0.5726	±0.0530	8.539	±0.265	
Mikrodalga	65°C	300	5	0.6216	±0.0402	8.449	±0.435	
		100	8.5	0.6801	±0.0295	7.851	±0.267	
		300W		24	0.5228	±0.1098	9.206	±1.440
	450W	1013	450W	12	0.4370	±0.0044	9.661	±0.175
			600W	8	0.4713	±0.0072	9.243	±0.042
			900W	5	0.5764	±0.1093	8.327	±1.342
Vakum Destekli Mikrodalga	300W	675	24	0.5257	±0.0590	9.012	±1.582	
		500	21	0.5500	±0.0423	8.519	±0.660	
	450W	675	12	0.5911	±0.0012	7.317	±0.135	
		500	12	0.6076	±0.0692	7.303	±1.239	
	600W	675	8	0.4750	±0.0208	9.722	±0.385	
		500	8	0.5840	±0.0311	7.733	±0.252	
900W	675	6	0.6569	±0.0941	6.810	±1.215		
	500	5	0.6707	±0.0650	6.403	±0.662		
Trolox				0.0038	±0.0002	-		

#### 4.5. Farklı Kurutma Yöntemlerinin C Vitamini Üzerine Etkisi

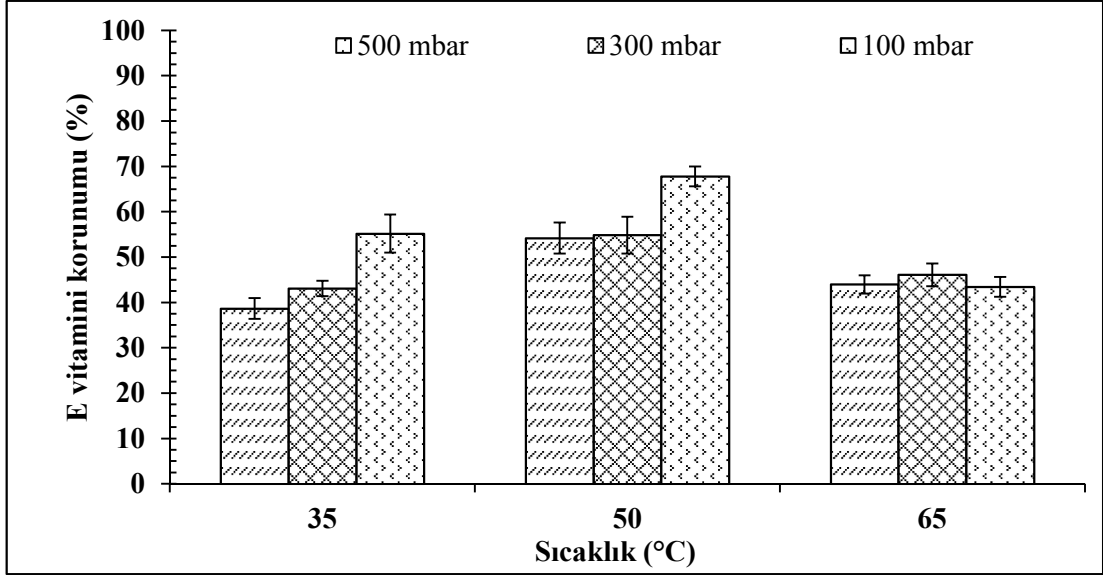
Polen örneklerinin C vitamini içeriğinin belirlenmesinde reflektometre cihazı ve askorbik asit test kiti kullanılmıştır. Bu amaçla 0.5g arı poleni örneğine 5 ml okzalik asit çözeltisi (%1 v/v) eklenerek iyice vortekslenmiştir. Elde edilen çözeltideki katı partiküller 10000 g'de 10 dakikalık santrifüj işlemiyle uzaklaştırılmış ve sıvı kısımda askorbik asit test kiti kullanılarak C vitamini ölçüm işlemi gerçekleştirilmiştir (Anonim, 2015).

Örneklerin C vitamini (askorbik asit) miktarının 175 – 452 ppm (mg Vit C./kg polen KT) aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek askorbik asit miktarı taze arı poleninde ölçülmüştür. Kullanılan kurutma işlemine bağlı olarak askorbik asit miktarlarında azalış olduğu belirlenmiştir. Taze polen, liyofilizatör ve etüvde kurutulan arı polenlerinin askorbik asit korunum yüzdeleri Şekil 4.7 de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Taze, liyofilizatör ve etüvde kurutulan arı polenlerinde C vitamini korunum yüzdeleri

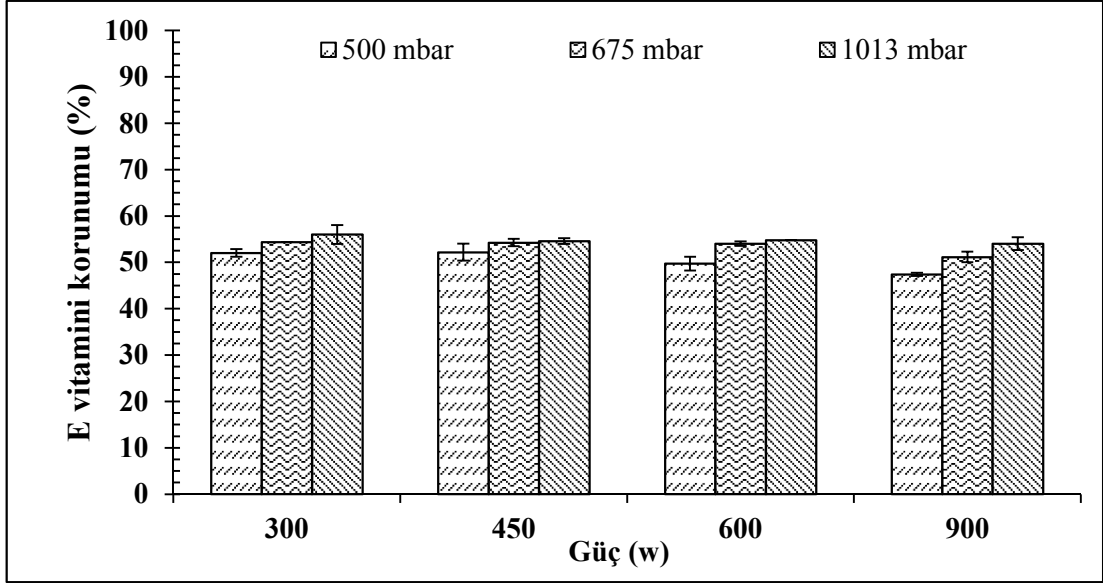
Vakum etüvde kurutulan polenlerin askorbik asit miktarında meydana gelen yüzde kayıp uygulanan tüm vakum değerlerinde en az 50°C de meydana gelmiştir (Şekil 4.8). Bu sıcaklıkta uygulanan vakum değeri artıkça C vitamini kaybının azaldığı gözlemlenmiştir. Vakum etüvde kurutulan polenlerin askorbik asit miktarlarının 175 – 306 ppm aralığında değiştiği belirlenmiştir



**Şekil 4.8.** Vakum etüvde kurutulan arı polenlerinde C vitamini korunum yüzdeleri

Mikrodalgada kurutulan polenlerde C vitamini kayıplarının değişen basınç ve uygulanan güç seviyelerine büyük oranda değişmediği gözlemlenmiştir (Şekil 4.9). Uygulanan tüm güç seviyelerinde en az kaybın atmosferik basınç altında gerçekleştiği belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlara bakıldığında askorbik asit miktarında meydana gelen en yüksek kaybın etüvle kurutma işleminde 65°C de (%55), vakum etüvle kurutma işleminde 500mbar basınçta 35°C de (%61), mikrodalga kurutma işleminde 900W güç seviyesinde (%46) ve vakum destekli mikrodalga kurutma işleminde 500mbar basınçta 900W güç seviyesinde (%53) olduğu belirlenmiştir. Liyofilizatör ile kurutma işlemi sonucu askorbik asit miktarında meydana gelen kaybın %24 düzeyinde olduğu belirlenmiştir.



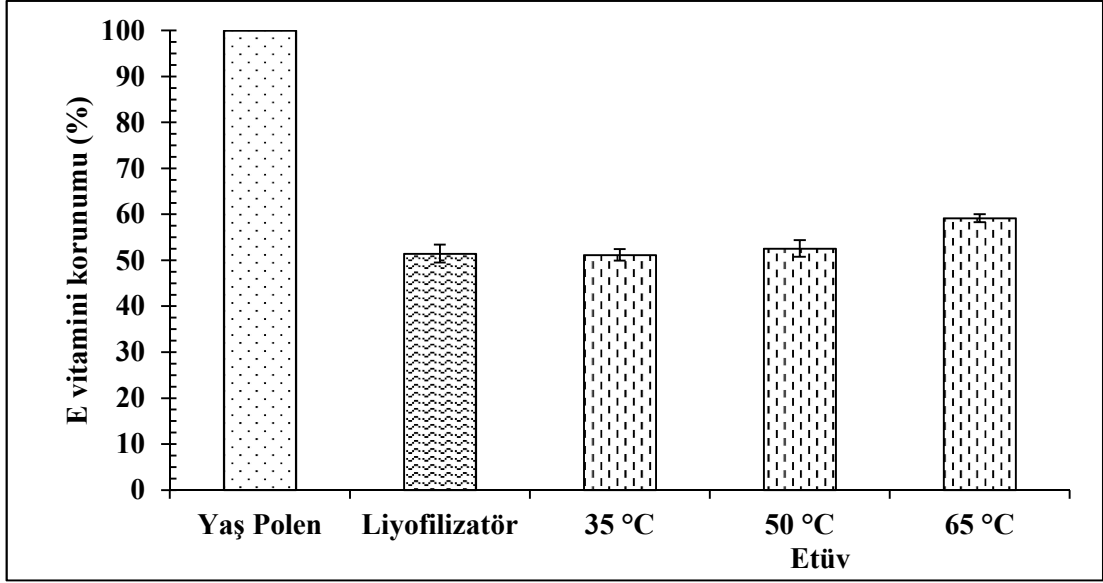
Şekil 4.9. Mikrodalga’da kurutulan arı polenlerinin C vitamini korunum yüzdeleri

#### 4.6. Farklı Kurutma Yöntemlerinin E Vitamini Etkisi

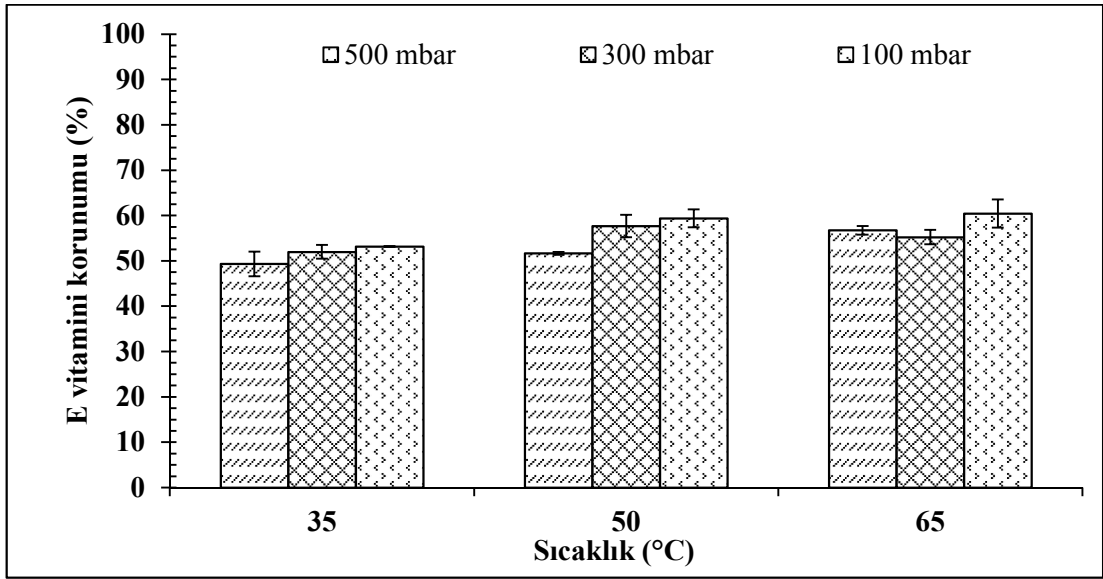
Polen örneklerinin E vitamini içeriğinin belirlenmesinde HPLC sistemi kullanılmıştır. Sonuçlar standart maddeler kullanılarak hazırlanan standart eğrilerden hesaplanarak  $\mu\text{g}$  tokoferol/g kuru madde cinsinden ifade edilmiştir

Örneklerin E vitamini miktarının 2.443 – 5.153 ppm aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek E vitamini miktarı taze arı poleninde ölçülmüştür. Kullanılan kurutma işlemine bağlı olarak E vitamini miktarlarında azalış olduğu belirlenmiştir. Taze polen, liyofilizatör ve etüvde kurutulan arı polenlerinin E vitamini korunum yüzdeleri Şekil 4.10 da gösterilmiştir.

Vakum etüvde kurutulan polenlerin E vitamini miktarında meydana gelen yüzde kayıp uygulanan tüm vakum değerlerinde en az  $65^{\circ}\text{C}$  de meydana gelmiştir (Şekil 4.11). Vakum etüvde kurutulan polenlerin E vitamini miktarlarının 2.636 – 3.049 ppm aralığında değiştiği belirlenmiştir.



Şekil 4.10. Taze, liyofilizatör ve etüvde kurutulan arı polenlerinde E vitamini korunum yüzdeleri

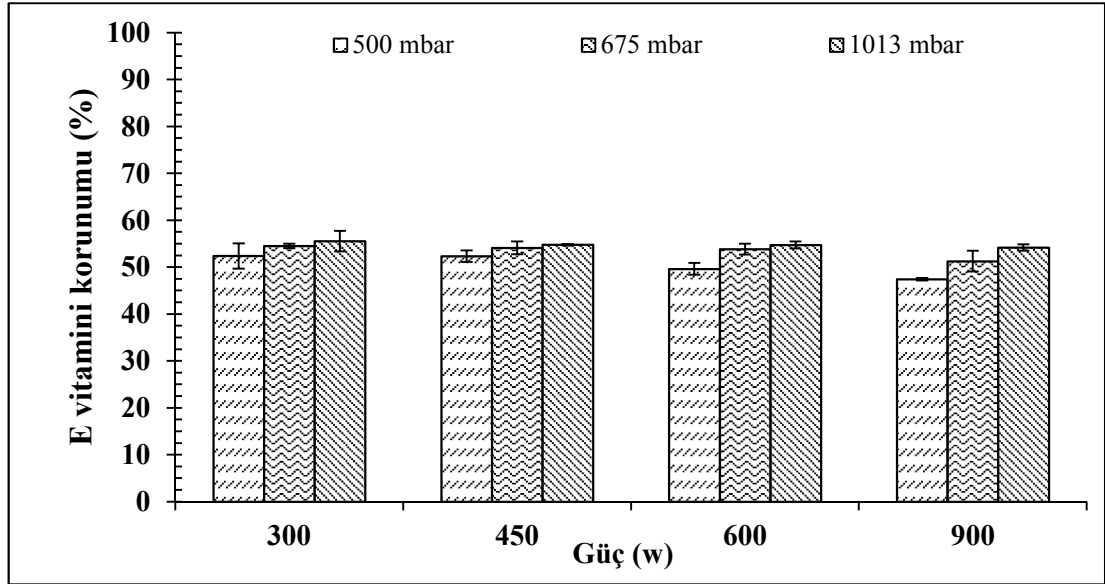


Şekil 4.11. Vakum etüvde kurutulan arı polenlerinde E vitamini korunum yüzdeleri

Mikrodalgada kurutulan polenlerde E vitamini kayıplarının değişen basınç ve uygulanan güç seviyeleriye büyük orada değişmediği gözlemlenmiştir (Şekil 4.12). Uygulanan tüm güç seviyelerinde en az kaybın atmosferik basınç altında gerçekleştiği belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlara bakıldığında E vitamini miktarında meydana gelen en yüksek kaybın etüvle kurutma işleminde 35°C de (%49), vakum etüvle kurutma işleminde

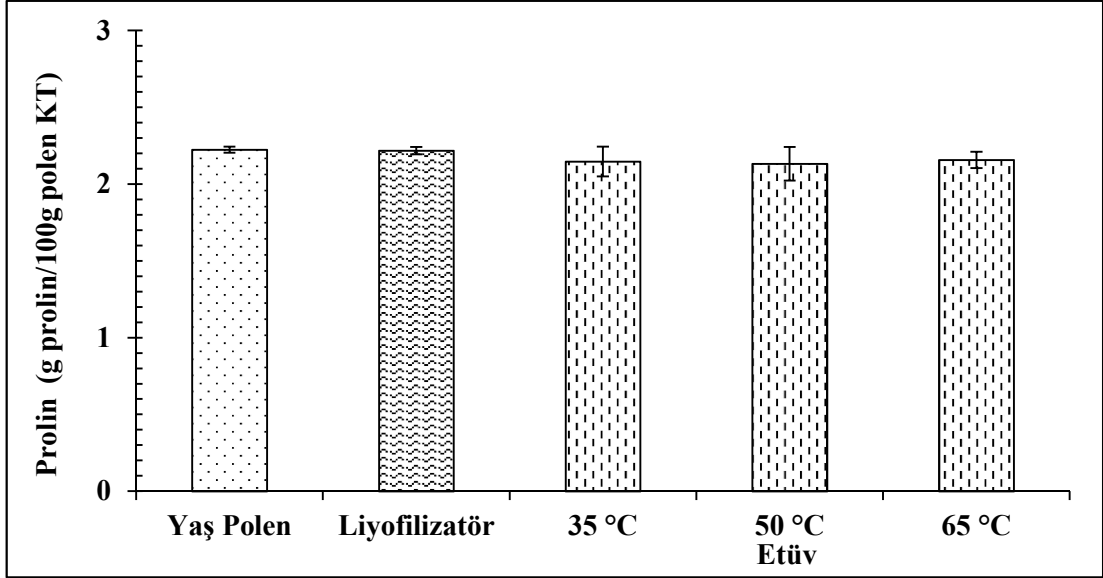
500mbar basınçta 35°C de (%51), mikrodalga kurutma işleminde 900W güç seviyesinde (%46) ve vakum destekli mikrodalga kurutma işleminde 500mbar basınçta 900W güç seviyesinde (%53) olduğu belirlenmiştir. Liyofilizatör ile kurutma işlemi sonucu askorbik asit miktarında meydana gelen kaybın %49 düzeyinde olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.12. Mikrodalga’da kurutulan arı polenlerinin E vitamini korunum yüzdeleri

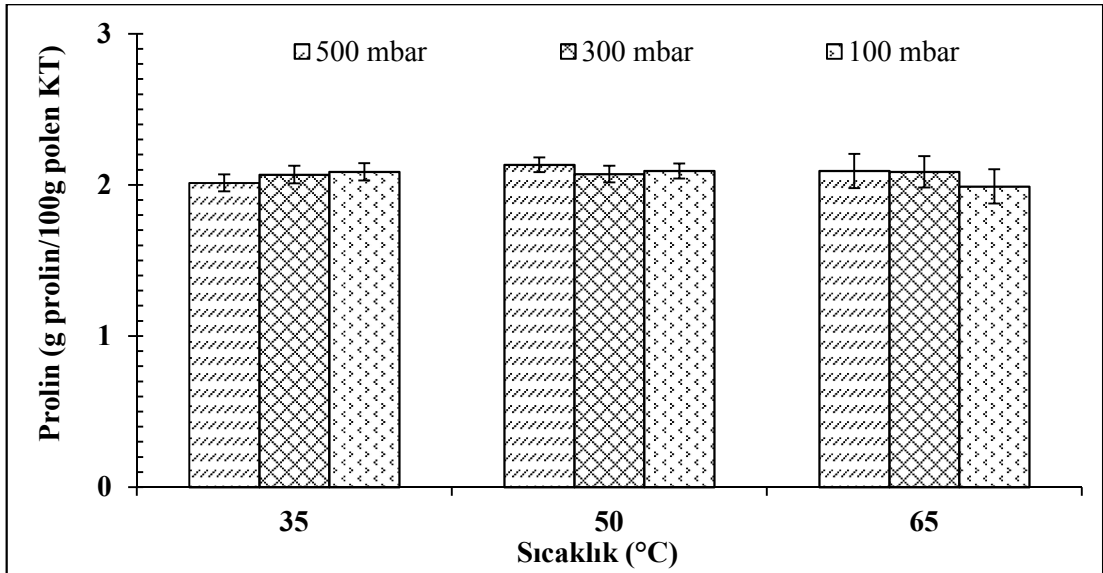
#### 4.7. Farklı Kurutma Yöntemlerinin Prolin Üzerine Etkisi

Örneklerin prolin miktarının 1.904 – 2.224 g prolin/100g polen (kuru temelde) aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek prolin miktarı taze arı poleninde ölçülmüştür. Kullanılan kurutma işlemine bağlı olarak prolin miktarlarında önemli bir azalış olmadığı belirlenmiştir. Taze polen, liyofilizatör ve etüvde kurutulan arı polenlerinin prolin miktarları Şekil 4.13 de gösterilmiştir. Vakum etüvde kurutulan polenlerin prolin miktarlarının 1.990 – 2.133 g prolin/100g polen KT aralığında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 4.14). Mikrodalgada kurutulan polenlerin prolin miktarlarının 1.903 – 2.157 g prolin/100g polen KT aralığında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 4.15).

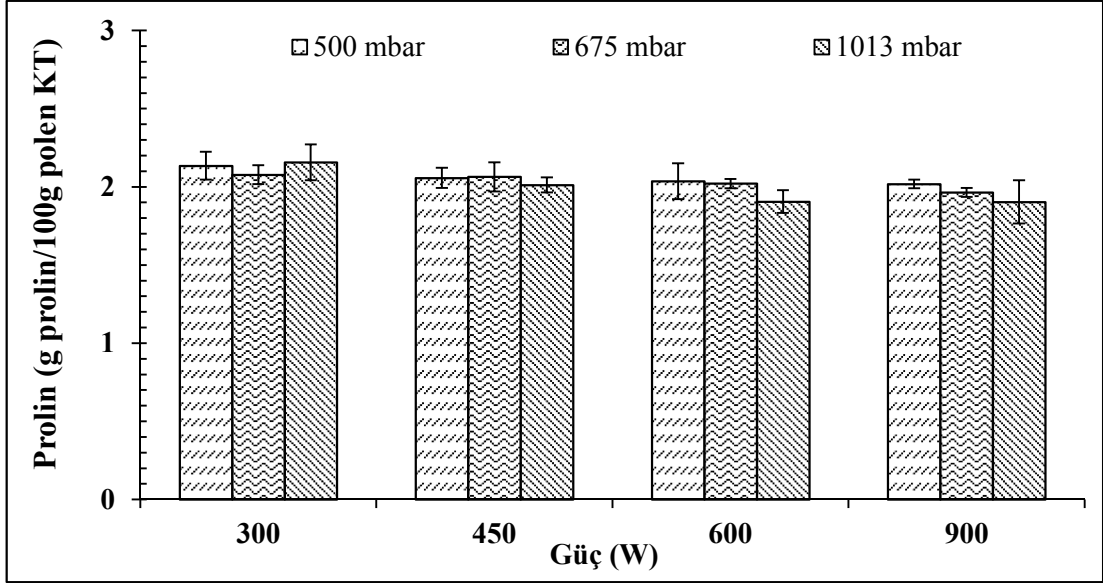


Şekil 4.13. Taze, liyofilizatör ve etüvde kurutulan arı polenlerinin prolin miktarları

Elde edilen sonuçlara bakıldığında prolin miktarında meydana gelen en yüksek kaybın etüvle kurutma işleminde 50°C de (%4.1), vakum etüvle kurutma işleminde 100mbar basınçta 65°C de (%10.5), mikrodalga kurutma işleminde 900W güç seviyesinde (%14.4) ve vakum destekli mikrodalga kurutma işleminde 675mbar basınçta 900W güç seviyesinde (%11.7) olduğu belirlenmiştir. Liyofilizatör ile kurutma işlemi sonucu askorbik asit miktarında meydana gelen kaybın %0.3 düzeyinde olduğu belirlenmiştir.



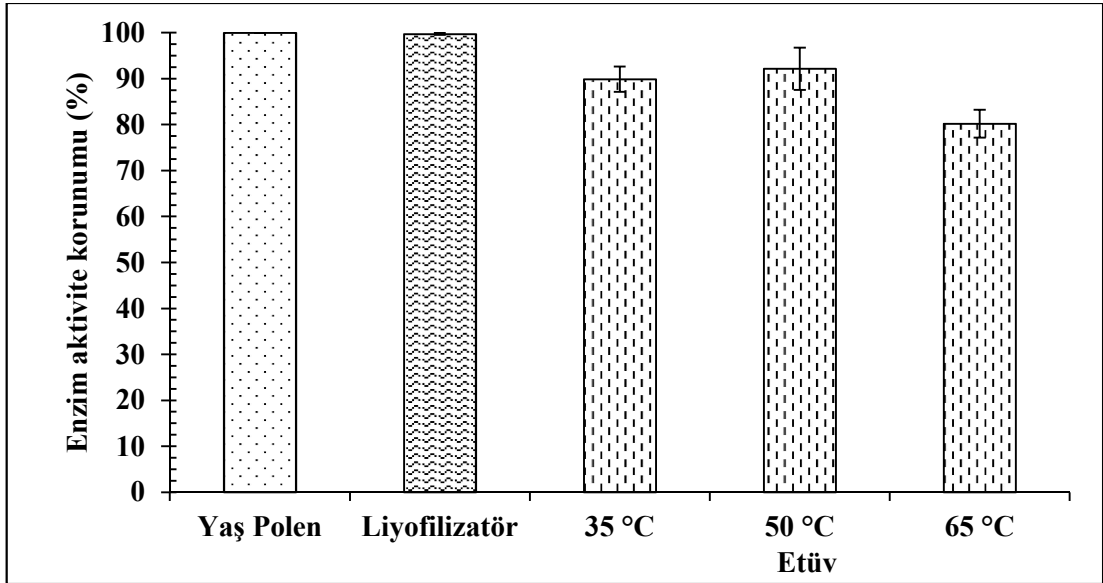
Şekil 4.14. Vakum etüvde kurutulan arı polenlerinin prolin miktarları



Şekil 4.15. Mikrodalga’da kurutulan arı polenlerinin prolin miktarları

#### 4.8. Farklı Kurutma Yöntemlerinin Diastaz Aktivitesi Üzerine Etkisi

Örneklerin diastaz aktivitesinin 23 – 94 diastaz sayısı (DN) aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek diastaz aktivitesi taze arı poleni ve liyofilizatörle kurutulan polende ölçülmüştür. Taze polen, liyofilizatör ve etüvde kurutulan arı polenlerinin diastaz aktivitesi korunum yüzdeleri Şekil 4.16 da gösterilmiştir.

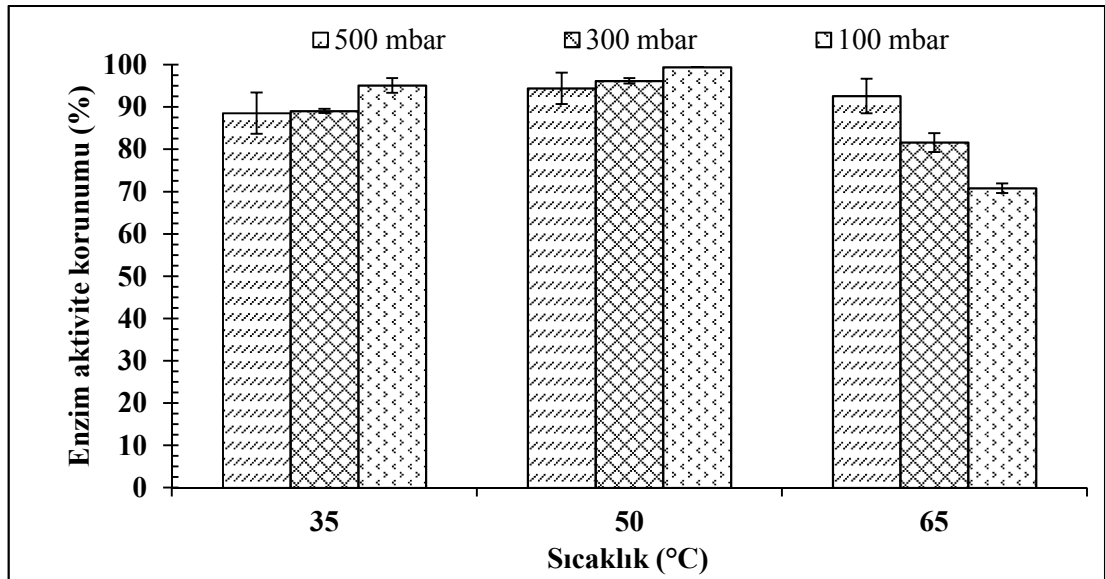


Şekil 4.16. Taze, liyofilizatör ve etüvde kurutulan arı polenlerinde diastaz aktivitesinin korunum yüzdeleri

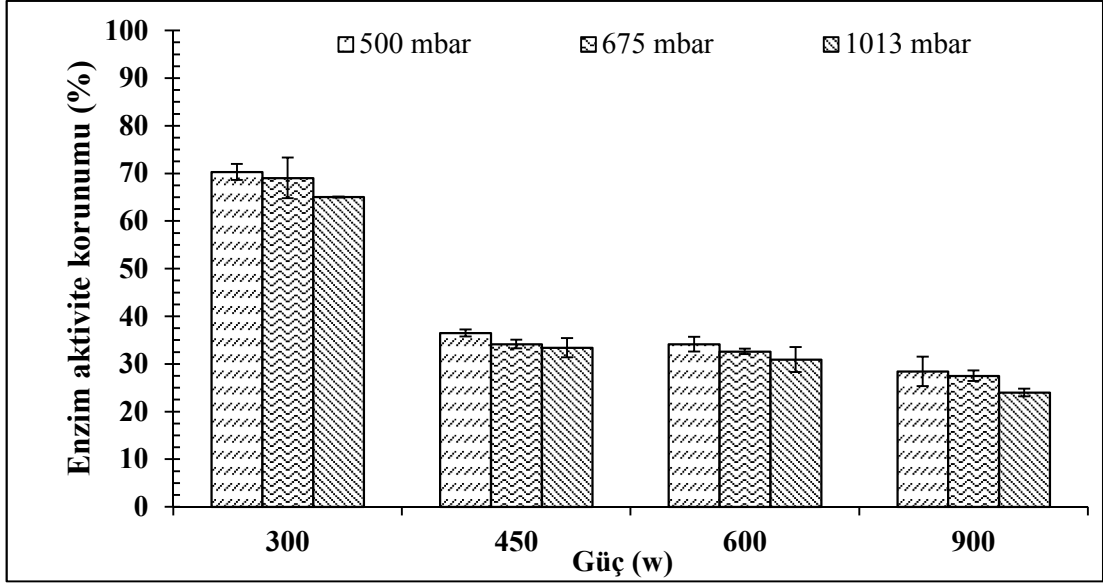


Vakum etüvde kurutulan polenlerin diastaz aktivitesinde meydana gelen yüzde kayıp uygulanan tüm vakum değerlerinde en az 50°C de meydana gelmiştir (Şekil 4.17). Vakum etüvde kurutulan polenlerin diastaz aktivitelerinin 67 – 93 DN aralığında değiştiği belirlenmiştir.

Mikrodalgada kurutulan polenlerde E vitamini kayıplarının değişen basınç ve uygulanan güç seviyelerine büyük orada değiştiği gözlemlenmiştir (Şekil 4.18). Uygulanan tüm basınçlarda en az kaybın 300W güç seviyelerinde gerçekleştiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında diastaz aktivitesinde meydana gelen en yüksek kaybın etüvle kurutma işleminde 65°C de (%20), vakum etüvle kurutma işleminde 100mbar basınçta 65°C de (%29), mikrodalga kurutma işleminde 900W güç seviyesinde (%76) ve vakum destekli mikrodalga kurutma işleminde 500mbar ve 675mbar basınçta 900W güç seviyesinde (%72) olduğu belirlenmiştir. Liyofilizatör ile kurutma işlemi sonucu diastaz aktivitesinde kaybın olmadığı belirlenmiştir.



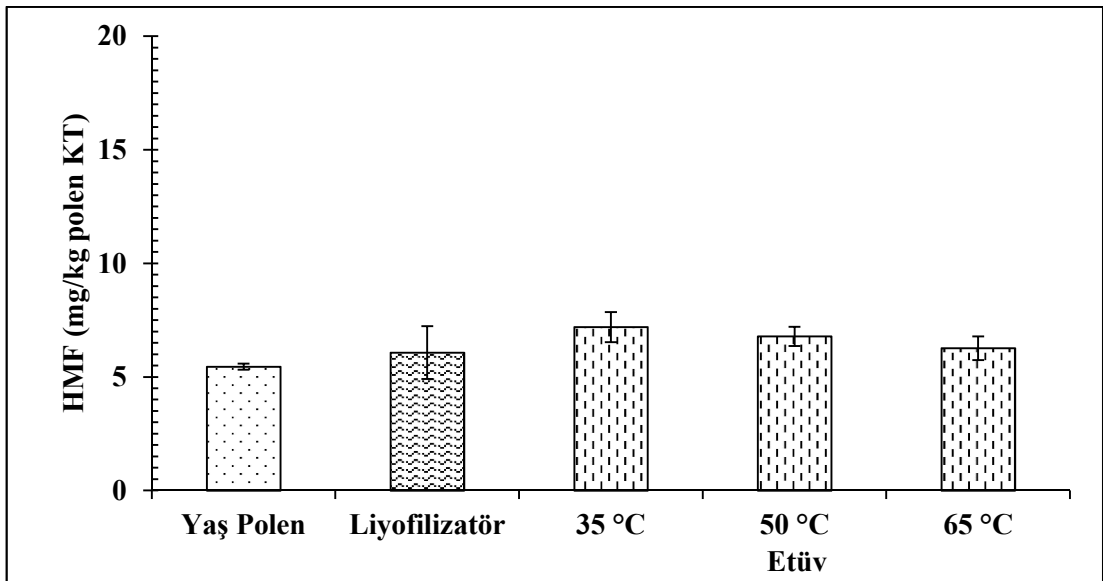
Şekil 4.17. Vakum etüvde kurutulan arı polenlerinde diastaz aktivitesi korunumu



Şekil 4.18. Mikrodalga’da kurutulan arı polenlerinin diastaz aktivitesi korunumu

#### 4.9. Farklı Kurutma Yöntemlerinin HMF Oluşumu Üzerine Etkisi

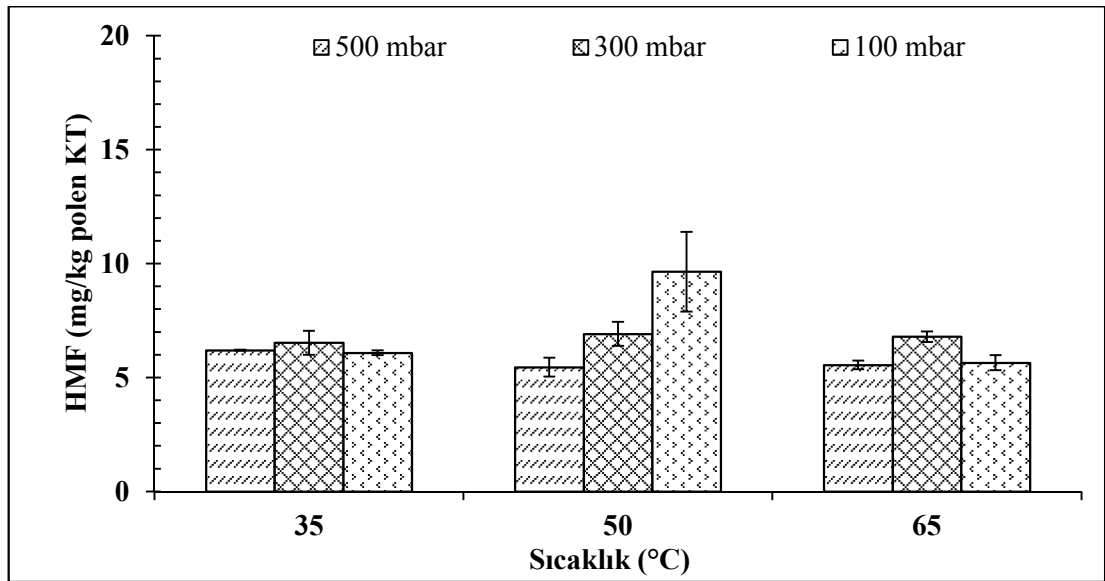
Örneklerdeki hidroksimetilfurfural (HMF) miktarının 5.541 – 15.176 ppm (mg HMF/kg polen KT) aralığında değiştiği belirlenmiştir. En düşük HMF miktarı ısı işlem görmemiş taze arı poleninde ölçülmüştür. Taze polen, liyofilizatör ve etüvde kurutulan arı polenlerinin içerdiği HMF miktarı Şekil 4.19 da gösterilmiştir. Etüvde kurutulan polenlerin HMF miktarında meydana gelen artış en fazla 50°C de meydana gelmiştir. Etüvde kurutulan polenlerin içerdiği HMF miktarının 6.266 – 7.196 ppm aralığında değiştiği belirlenmiştir.



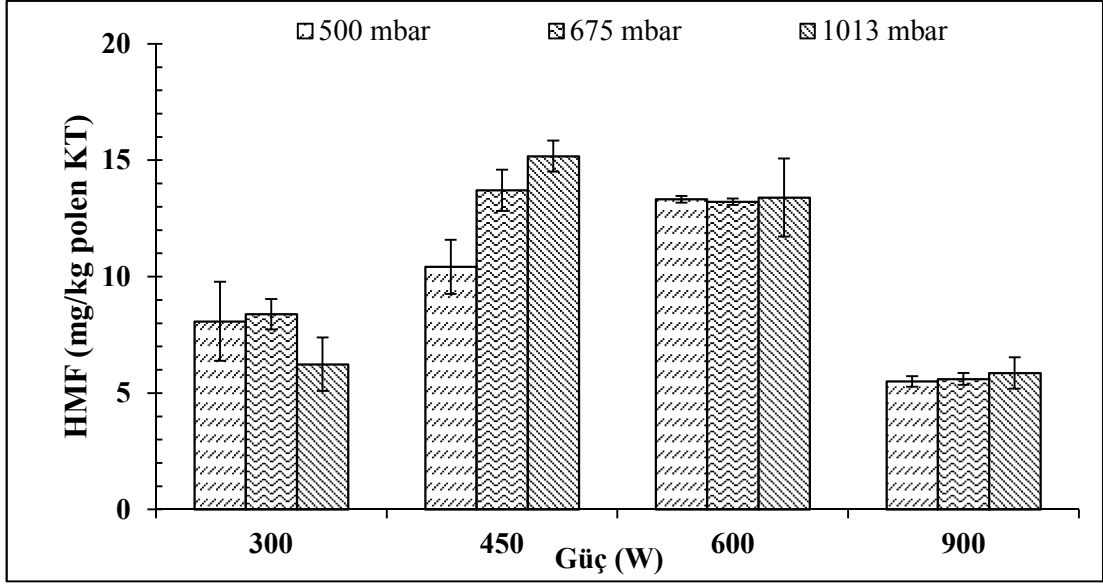
Şekil 4.19. Taze, liyofilizatör ve etüvde kurutulan arı polenlerinin HMF miktarları

Vakum etüvde kurutulmuş polenlerin içerdiği HMF miktarında meydana gelen artış en fazla 100mbar basınç altında 50°C de meydana gelmiştir (Şekil 4.20). Vakum etüvde kurutulmuş polenlerin içerdiği HMF miktarlarının 5.456 – 9.644 ppm aralığında değiştiği belirlenmiştir.

Mikrodalgada kurutulmuş polenlerde 900W güç seviyesinde uygulanan tüm basınç seviyelerinde HMF oluşumunun çok az olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.20). 450W ve 600W güç seviyelerinde uygulanan tüm basınç seviyelerinde kurutulmuş polenlerin içerdiği HMF miktarlarında önemli artışlar olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında HMF miktarında meydana gelen en yüksek artışın etüvle kurutma işleminde 35°C de (7.196 ppm; 1.32 kat), vakum etüvle kurutma işleminde 100mbar basınçta 50°C de (9.644 ppm; 1.77 kat), mikrodalga kurutma işleminde 450W güç seviyesinde (15.176 ppm; 2.78 kat) ve vakum destekli mikrodalga kurutma işleminde 675mbar basınçta 450W güç seviyesinde (13.710 ppm; 2.52 kat) olduğu belirlenmiştir. Liyofilizatör ile kurutma işlemi sonucu elde edilen kuru polenin HMF içeriğinin 6.068 ppm olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.20. Vakum etüvde kurutulmuş arı polenlerinin HMF miktarları



Şekil 4.21. Mikrodalga’da kurutulan arı polenlerinin HMF miktarları

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Araştırmada kullanılan taze arı polenin besinsel bileşimlerine bakıldığında, polenin yaklaşık %80 karbonhidrat ve lif, %16 protein, %2 yağ ve %2 mineral madde içerdiği belirlenmiştir.

Kurutma işlemlerinin temel hedefi ürünün su içeriğini düşürerek mikrobiyal ve biyokimyasal bozulmaları azaltırken raf ömrünü uzatmaktır. Bu işlemler sırasında gıdanın sahip olduğu fonksiyonel bileşenlerdeki kayıplar ve oluşacak zararlı bileşenler ne kadar az olursa kurutma işlemi o kadar başarılı olarak nitelendirilir. Hidroksimetilfurfural ısı işlem sırasında oluşan zararlı bir bileşendir ve kurutma sırasında oluşumunun sınırlandırılması arzu edilmektedir. Uygulanan kurutma işlemlerinde en fazla HMF oluşumu uygulanan tüm basınçlarda 450W ve 600W güç seviyelerinde mikrodalga ile kurutma işleminde olmuştur. 900W güç seviyesinde uygulanan tüm basınçlarda HMF oluşumu çok azdır ve diğer kurutma yöntemleri ile benzerlik göstermektedir.

Kurutma işlemi sonunda polenin sahip olduğu antioksidan aktivite, E ve C vitamini, prolin, diastaz aktivitesi gibi fonksiyonel bileşenlerdeki kayıpların en az düzeyde olması istenmektedir. Diastaz aktivitesine bakıldığında en yüksek kayıplar mikrodalga ile kurutma işleminde gerçekleşmektedir. Bu yönüyle mikrodalga kurutma işlemi tercih edilen bir yöntem olamaz. Prolin içeriğindeki değişimlere ve E vitamininde meydana gelen kayıplara bakıldığında kurutma işlemlerinin etkisinin birbirlerine benzer olduğu gözlemlenmiştir. C vitaminin korunumu açısından en başarılı kurutma yöntemi 35°C de etüvde gerçekleştirilen kurutma işlemidir. Antooksidan kapasitenin korunumu açısından bu durum tam tersidir. Antioksidan kapasitenin korunumu açısından mikrodalga kurutma işlemi başarılı bulunmuştur.

Polene uygulanan tüm kurutma işlemlerinde toplam fenolik madde miktarında değişik oranlarda azalışlar meydana gelmiştir. Bu azalışın kurutma işlemi sonucu oluşan yeni bileşikler ve parçalanma ürünlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

## 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.
- Anonim, 2000. AOAC, Official methods of analysis, Official Method 991.36, Gairhersburg, MD.
- Anonim, 2006. Polen Standardı. TSE, TS 10255 (ICS 65.140), Ankara.
- Anonim, 2008b. Balda prolin muhtevasının tayini. TSE, TS 13357 (DIN 10754), Ankara.
- Anonim, 2008c. Bal-diyastaz aktivitesi tayini. TSE, TS 13364 (DIN 10750), Ankara.
- Anonim, 2015. Ascorbic Acid Test [http://www.merckmillipore.com /TR/tr/products/analytcs-sample-prep/ test-kits-and-photometric-methods/ instrumental-test-systems-for-quantitative-analyses/reflectoquant-system/](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. OjIAA AE\_Jhh3.Lxj,nav (Erişim tarihi: 08.08.2016).
- Arruda, V.A.S., Pereira, A.A.S., Freitas, A.S., Barth, O.M., Almedia-Muradian, L.B. 2013. Dried bee pollen: B complex vitamins, physicochemical and botanical composition. *Journal of Food Composition and Analysis*, 29: 100-105.
- Barajas, J., Cortes-Rodriguez, M., Rodríguez-Sandoval, E. 2012. Effect of temperature on the drying process of bee pollen from two zones of Colombia. *Journal of Food Process Engineering*, 35: 134-148.
- Bobiş-Mărgăoan, R. 2014. Researches on the nutritional and biological value of bee pollen. PhD Thesis, Universty of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine, Cluj-Napoca.
- Bogdanov, S. 2012. Pollen: Collection, harvest, composition, quality. *Bee Product Science*, 1: 2-13.
- Bogdanov, S. 2015. Pollen: production, nutrition and health. *Bee Product Science*, p.1-35.
- Boppré, M., Colegate, S.M., Edgar, J.A., Fischer, O.W. 2008. Hepatotoxic pyrrolizidine alkaloids in pollen and drying-related implications for commercial processing of bee pollen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 5662-5672.
- 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.
- Brindza, J., Brovarskyi, V., Bíro, D., Ostrovsky, R., Nikolaieva, N. 2014. Effect of temperature on drying bee pollen and their antioxidant activity. 2<sup>nd</sup> International Congress on Food Technology, Kuşadası/Turkey. p.30.
- Campos, M.G.R., Frigerio, C., Lopes, J., Bongdanov, S. 2010. What is the future of Bee-Pollen?. *Journal of Api Product and Api Medical Science*, 2(4): 131-144.

- Carpes, S.T., Mourão, G.B., Alencar, S.M., Masson, M.L. 2009. Chemical composition and free radical scavenging activity of *Apis mellifera* bee pollen from Southern Brazil. *Brazilian Journal of Food Technology*, 12: 220-229.
- Çankaya, N., Korkmaz, A. 2008. İl tarım müdürlüğü. Samsun.
- Çınar, F., Turgut, S.S., Karacabey, E., Küçüköner, E. 2017. Influences of different drying techniques on carotenoid and tocopherol contents of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) Fruits. 6<sup>th</sup> International Congress on Food Technology. Athens/Greece.
- Doğmuş, D., Durucasu, İ. 2013. Keten tohumu çeşitlerinin n-bütanol fraksiyonlarının fenolik bileşenlerinin antioksidan aktivitesi. *C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 9: 47-56.
- Erbay, B., Küçüköner, E. 2008. Gıda endüstrisinde kullanılan farklı kurutma sistemleri. Türkiye 10. Gıda Kongresi, Erzurum/Türkiye. 1045-1048.
- Eswaran, V.U., Bhargava, H.R. 2014. Chemical analysis and anti-microbial activity of karnataka bee bread of apis species. *World Applied Sciences Journal*, 32(3), 379-385.
- Gergen, I., Radu, F., Bordean, D., Isengard, H.D. 2006. Determination of water content in bee's pollen samples by Karl Fischer titration. *Food Control*, 17: 176-179.
- González-Paramás, A.M., Gómez-Bárez, J.A., Cordon-Marcos, C., García-Villanova, R.J., Sánchez-Sánchez, J. 2006. HPLC-fluorimetric method for analysis of amino acids in products of the hive (honey and bee-pollen). *Food Chemistry*, 95(1), 148-156.
- Güven, A. 2010. Mesir macununun antioksidan ve reolojik özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- 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.
- Kostić, A.Ž., Barać, M.B., Stanojević, S.P., Milojković-Opsenica, D.M., Tešić, Z.L., Šikoparija, B., Radišić, , 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.
- Kutlu, N., İşci, A., Demirkol, Ö.S. 2015. Thin layer drying models in food systems. *Gıda*, 40(1): 39-46.
- Luís Carlos Marchini, L.C., Reis, V.D.A., Moreti A.C.C.C. 2006. Physico-chemical composition of pollen samples collected by Africanized *Apis mellifera* (*Hymenoptera:Apidae*) in Piracicaba, State of São Paulo, Brazil. *Cienc. Rural*, 36: 949-953.
- 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.

- Melo, I.L.P., Almeida-Muradian, L.B. 2010. Stability of antioksidants vitamins in bee pollen samples. *Química Nova*, 33( 3): 514-518.
- Melo, I.L.P., Almeida-Muradian, L.B. 2011. Comparison of methodologies for moisture determination on dried bee pollen samples. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 31(1): 194-197.
- Modro, A.F.H., Silva, I.C., Luz, C.F.P., Message, D. 2009. Analysis of pollen load based on color, physicochemical composition and botanical source. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 81(2): 281-285.
- 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.
- Morgana, M.A., Milani, R.F., Martins, M.C.T., Rodriguez-Amaya, D.B. 2011. Determination of water content in Brazilian honeybee-collected pollen by Karl Fischer titration. *Food Control*, 22: 1604-1608.
- Negri, G., Teixeira, E.W., Alves, M.L.T.M.F., Camargo-Carmello-Moreti, A.C., Otsuk, I.P., Borguini, R.G., Salatino, A. 2011. Hydroxycinnamic Acid Amide Derivatives, Phenolic Compounds and Antioxidant Activities of Extracts of Pollen Samples from Southeast Brazil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59: 5516-5522.
- Pascoal, A., Rodrigues, S., Teixeira, A., Feás, X., Estevinho, L.M. 2014. Biological activities of commercial bee pollens: Antimicrobial, antimutagenic, antioxidant and anti-inflammatory. *Food and Chemical Toxicology*, 63: 233-239.
- Qian, W.L., Khan, Z., Watson, D.G., Fearnley, J. 2008. Analysis of sugars in bee pollen and propolis by ligand exchange chromatography in combination with pulsed amperometric detection and mass spectrometry. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21: 78-83.
- Serra-Bonvehí, J., Escolà-Jordà, R. 1997. Nutrient Composition and Microbiological Quality of Honeybee-Collected Pollen in Spain. *J. Agric. Food Chem.*, 45(3): 725-732.
- Stanciu, O.G., Marghitas, L.A., Dezmirean, D., Campos, M.G. 2011. A comparison between the mineral content of flower and honeybee collected pollen of selected plant origin (*Helianthus annuus* L. and *Salix* sp.). *Romanian Biotechnological Letters*, 16(4): 6291-6296.



## EKLER

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>				
Basınç	4	100 mbar; 1013mbar; 300 mbar; 500 mbar				
Sıcaklık	3	35 °C; 50 °C; 65 °C				
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>	
Basınç	3	1.510	0.7389	3.67	0.026	
Sıcaklık	2	8.452	6.2713	30.82	0.000	
Basınç x Sıcaklık	6	2.230	0.9570	2.71	0.037	
Hata	24	3.290	0.2094			
Toplam	35	15.482				

**EK 1.** Etüv ile kurutulan polene ait nem değerlerinin ANOVA test tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>				
Basınç	3	1013mbar; 500mbar; 675mbar				
Güç	4	300W; 450W; 600W; 900W				
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>	
Basınç	2	1.148	0.5742	3.46	0.048	
Güç	3	2.030	0.6765	4.08	0.018	
Basınç x Güç	6	10.442	1.7403	10.49	0.000	
Hata	24	3.982	0.1659			
Toplam	35	17.603				

**EK 2.** Mikrodalga ile kurutulan polene ait nem değerlerinin ANOVA test tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>				
Basınç	4	100 mbar; 1013mbar; 300 mbar; 500 mbar				
Sıcaklık	3	35 °C; 50 °C; 65 °C				
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>	
Basınç	3	0.026167	0.008722	107.04	0.000	
Sıcaklık	2	0.062923	0.031461	386.11	0.000	
Basınç x Sıcaklık	6	0.054195	0.009033	110.85	0.000	
Hata	24	0.001956	0.000081			
Toplam	35	0.145240				

**EK 3.** Etüv ile kurutulan polene ait su aktivitesi değerlerinin ANOVA test tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>				
Basınç	3	1013mbar; 500mbar; 675mbar				
Güç	4	300W; 450W; 600W; 900W				
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>	
Basınç	2	0.037388	0.018694	225.10	0.000	
Güç	3	0.018610	0.006203	74.70	0.000	
Basınç x Güç	6	0.161835	0.026972	324.78	0.000	
Hata	24	0.001993	0.000083			
Toplam	35	0.219826				

**EK 4.** Mikrodalga ile kurutulan polene ait su aktivitesi değerlerinin ANOVA test tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>				
Basınç	4	100 mbar; 1013mbar; 300 mbar; 500 mbar				
Sıcaklık	3	35 °C; 50 °C; 65 °C				
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>	
Basınç	3	3.939	1.313	0.78	0.517	
Sıcaklık	2	5.835	2.918	1.73	0.198	
Basınç x Sıcaklık	6	27.182	4.530	2.69	0.039	
Hata	24	34.655	1.4564			
Toplam	35	77.402				

**EK 5.** Etüv ile kurutulan polene ait toplam fenolik madde değerlerinin ANOVA test tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>				
Basınç	3	1013mbar; 500mbar; 675mbar				
Güç	4	300W; 450W; 600W; 900W				
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>	
Basınç	2	11.70	5.851	5.06	0.025	
Güç	3	16.36	5.455	4.72	0.021	
Basınç x Güç	6	14.49	2.416	2.09	0.130	
Hata	12	13.87	1.155			
Toplam	23	56.43				

**EK 6.** Mikrodalga ile kurutulan polene ait toplam fenolik madde değerlerinin değerlerinin ANOVA test tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>				
Basınç	4	100 mbar; 1013mbar; 300 mbar; 500 mbar				
Sıcaklık	3	35 °C; 50 °C; 65 °C				
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>	
Basınç	3	2.65736	0.885787	249.25	0.000	
Sıcaklık	2	0.88459	0.442294	124.45	0.000	
Basınç x Sıcaklık	6	1.02182	0.170304	47.92	0.000	
Hata	12	0.04265	0.003554			
Toplam	23	4.60642				

**EK 7.** Etüv ile kurutulan polene ait IC50 (mg polen KT/ml) değerlerinin ANOVA test tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>				
Basınç	3	1013mbar; 500mbar; 675mbar				
Güç	4	300W; 450W; 600W; 900W				
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>	
Basınç	2	0.03794	0.018972	4.68	0.031	
Güç	3	0.04520	0.015066	3.72	0.042	
Basınç x Güç	6	0.03367	0.005611	1.38	0.297	
Hata	12	0.04863	0.00405			
Toplam	23	0.16544				

**EK 8.** Mikrodalga ile kurutulan polene ait IC50 (mg polen KT/ml) değerlerinin değerlerinin ANOVA test tabloları



<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>				
Basınç	4	100 mbar; 1013mbar; 300 mbar; 500 mbar				
Sıcaklık	3	35 °C; 50 °C; 65 °C				
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>	
Basınç	3	81.938	27.3126	202.53	0.000	
Sıcaklık	2	21.978	10.9889	81.49	0.000	
Basınç x Sıcaklık	6	25.774	4.2956	31.85	0.000	
Hata	12	1.618	0.1349			
Toplam	23	131.308				

**EK 9.** Etüv ile kurutulan polene ait mg TEAC/g polen KT değerlerinin ANOVA test tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>				
Basınç	3	1013mbar; 500mbar; 675mbar				
Güç	4	300W; 450W; 600W; 900W				
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>	
Basınç	2	8.981	4.4903	5.12	0.025	
Güç	3	13.867	4.6225	5.27	0.015	
Basınç x Güç	6	5.621	0.9368	1.07	0.432	
Hata	12	10.526	0.8772			
Toplam	23	38.995				

**EK 10.** Mikrodalga ile kurutulan polene ait mg TEAC/g polen KT değerlerinin ANOVA test tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>				
Basınç	4	100 mbar; 1013mbar; 300 mbar; 500 mbar				
Sıcaklık	3	35 °C; 50 °C; 65 °C				
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>	
Basınç	3	3198.1	1066.02	116.33	0.000	
Sıcaklık	2	1717.3	908.64	99.15	0.000	
Basınç x Sıcaklık	6	1994.5	332.42	36.28	0.000	
Hata	12	110.0	9.16			
Toplam	23	7119.8				

**EK 11.** Etüv ile kurutulan polene ait C vitamini değerlerinin ANOVA test tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>				
Basınç	3	1013mbar; 500mbar; 675mbar				
Güç	4	300W; 450W; 600W; 900W				
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>	
Basınç	2	86.14	43.072	34.40	0.000	
Güç	3	37.69	12.565	10.04	0.001	
Basınç x Güç	6	11.23	1.871	1.49	0.260	
Hata	12	15.02	1.252			
Toplam	23	150.09				

**EK 12.** Mikrodalga ile kurutulan polene ait C vitamini değerlerinin ANOVA test tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>				
Basınç	4	100 mbar; 1013mbar; 300 mbar; 500 mbar				
Sıcaklık	3	35 °C; 50 °C; 65 °C				
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>	
Basınç	3	169.94	84.969	26.48	0.000	
Sıcaklık	2	80.74	26.913	8.39	0.003	
Basınç x Sıcaklık	6	54.83	9.139	2.85	0.058	
Hata	12	38.50	3.208			
Toplam	23	344.01				

**EK 13.** Etüv ile kurutulan polene ait E vitamini değerlerinin ANOVA test tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>				
Basınç	3	1013mbar; 500mbar; 675mbar				
Güç	4	300W; 450W; 600W; 900W				
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>	
Basınç	2	79.36	39.680	19.33	0.000	
Güç	3	36.64	12.212	5.95	0.010	
Basınç x Güç	6	12.82	2.137	1.04	0.446	
Hata	12	24.63	2.052			
Toplam	23	153.45				

**EK 14.** Mikrodalga ile kurutulan polene ait E vitamini değerlerinin ANOVA test tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>				
Basınç	4	100 mbar; 1013mbar; 300 mbar; 500 mbar				
Sıcaklık	3	35 °C; 50 °C; 65 °C				
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>	
Basınç	3	0.0547	0.0182	2.61	0.067	
Sıcaklık	2	0.0078	0.0039	0.56	0.576	
Basınç x Sıcaklık	6	0.0498	0.0083	1.19	0.336	
Hata	36	0.2519	0.0069			
Toplam	47	0.3643				

**EK 15.** Etüv ile kurutulan polene ait prolin değerlerinin ANOVA test tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>				
Basınç	3	1013mbar; 500mbar; 675mbar				
Güç	4	300W; 450W; 600W; 900W				
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>	
Basınç	2	0.03595	0.017973	2.71	0.080	
Güç	3	0.18479	0.061597	9.28	0.000	
Basınç x Güç	6	0.05079	0.008465	1.27	0.293	
Hata	36	0.23903	0.006640			
Toplam	47	0.51055				

**EK 16.** Mikrodalga ile kurutulan polene ait prolin değerlerinin ANOVA test tabloları



<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>				
Basınç	4	100 mbar; 1013mbar; 300 mbar; 500 mbar				
Sıcaklık	3	35 °C; 50 °C; 65 °C				
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>	
Basınç	3	65.21	21.735	2.55	0.105	
Sıcaklık	2	838.41	419.203	49.21	0.000	
Basınç x Sıcaklık	6	523.38	87.230	10.24	0.000	
Hata	12	102.22	8.519			
Toplam	23	1529.22				

**EK 17.** Etüv ile kurutulan polene ait Diastaz sayısı (DN) değerlerinin ANOVA test tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>				
Basınç	3	1013mbar; 500mbar; 675mbar				
Güç	4	300W; 450W; 600W; 900W				
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>	
Basınç	2	65.53	32.76	8.25	0.006	
Güç	3	6312.53	2104.18	529.97	0.000	
Basınç x Güç	6	7.41	1.23	0.31	0.919	
Hata	12	47.64	3.97			
Toplam	23	6433.11				

**EK 18.** Mikrodalga ile kurutulan polene ait Diastaz sayısı (DN) değerlerinin ANOVA test tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>				
Basınç	4	100 mbar; 1013mbar; 300 mbar; 500 mbar				
Sıcaklık	3	35 °C; 50 °C; 65 °C				
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>	
Basınç	3	6.398	2.1326	5.23	0.015	
Sıcaklık	2	5.237	2.6186	6.42	0.013	
Basınç x Sıcaklık	6	15.651	2.6086	6.39	0.003	
Hata	12	4.897	0.4081			
Toplam	23	32.183				

**EK 19.** Etüv ile kurutulan polene ait HMF değerlerinin ANOVA test tabloları

<b>Faktör</b>	<b>Levels</b>	<b>Değerler</b>				
Basınç	3	1013mbar; 500mbar; 675mbar				
Güç	4	300W; 450W; 600W; 900W				
<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>DF</b>	<b>Adj SS</b>	<b>Adj MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>	
Basınç	2	4.036	2.018	0.50	0.621	
Güç	3	272.018	90.673	22.26	0.000	
Basınç x Güç	6	25.259	4.210	1.03	0.450	
Hata	12	48.880	4.073			
Toplam	23	350.192				

**EK 20.** Mikrodalga ile kurutulan polene ait HMF değerlerinin ANOVA test tabloları

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı** : Yeliz KANAR  
**Doğum Yeri** : Amasya  
**Doğum Tarihi** : 1981  
**Yabancı Dili** : İngilizce  
**E-mail** : yelizkanar@gmail.com  
**İletişim Bilgileri** : Ordu Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü

### Öğrenim Durumu :

Derece	Bölüm/ Program	Üniversite	Yıl
Lisans	Gıda Mühendisliği	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	2008
Y. Lisans	Gıda Mühendisliği	Ordu Üniversitesi	2017