



T.C.

ORDU ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SICAK HAVA VE KIZILÖTESİ KURUTMA İŞLEMİNİN
ARI POLENİNİN BAZI FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ VE
UÇUCU BİLEŞEN PROFİLİ ÜZERİNE ETKİSİ**

SEVİNÇ ÇİFTÇİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ORDU 2021

TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan ve kullanılan intihal tespit programının sonuçlarına göre; 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.

SEVİNÇ ÇİFTÇİ

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

ÖZET

SICAK HAVA VE KIZILÖTESİ KURUTMA İŞLEMİNİN ARI POLENİNİN BAZI FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ VE UÇUCU BİLEŞEN PROFİLİ ÜZERİNE ETKİSİ

SEVİNÇ ÇİFTÇİ

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ, 68 SAYFA

(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. BEKİR GÖKÇEN MAZI)

Bu araştırmanın amacı, fanlı etüv ve kızılötesi kurutma yöntemlerinin arı polenin bazı fiziksel özellikleri ve uçucu bileşen profili üzerine etkisinin belirlenmesidir. Bu çalışmada kullanılan polen Antalya ilinden toplanan polifloral arı polenidir. Arı poleni her iki kurutma yöntemiyle nem içeriği %8 'in altına düşünceye kadar kurutulmuştur. Fanlı etüv ve kızılötesi kurutma sıcaklığının (40, 45, 50, 55, 60, 65 ve 100°C) polenin kalitesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Taze arı polenin L*, a*, b* ve sertlik değerleri sırasıyla 42.266, 21.774, 34.544 ve 21.1023 Newton (N) olarak belirlenmiştir. Kurutulmuş arı polenin L*, a*, b* ve sertlik değerlerinin sırası ile 36.020 ile 39.150, 21.370 ile 24.530, 27.468 ile 31.672 ve 26.9879 ile 34.7610 N aralığında değiştiği belirlenmiştir. Uçucu bileşen profilindeki değişiklikler tepe boşluğu katı-faz mikro-ekstraksiyonu ile gaz kromatografisi / kütle spektrometrisi (HS-SPME / GC-MS) kullanılarak belirlenmiştir. Yapmış olduğumuz çalışma sonucunda arı poleninde 59 uçucu bileşen tespit edilmiştir. Fenetil alkol, etil kaproat, metil kaproat, 2-asetil-tiyazolin, pelargonaldehid, bütirik asit, etil oktanoat, kaprilik asit, kapronaldehid, 6-metil-5-hepten-2-one, metil kaprilat, propil metil keton, etil asetat, furfural pirol, kaprilaldehid, metil kaprat ve etil caprat taze polende tespit edilen ana bileşenlerdir. Fanlı etüv ve kızılötesi ile kurutulmuş arı poleni örneklerinde benzer uçucu bileşikler gözlenmiş ancak uçucu bileşiklerin yüzde değerlerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Kurutma sırasında taze polendeki en yüksek uçucu bileşen oranına (%43.79) sahip fenetil alkolün (meyve, bal, leylak, gül, şarap aroması) yüzdesi tüm numunelerde azalmıştır. Arı poleni örneklerine uygulanan kurutma sıcaklıklarından dolayı Maillard reaksiyon ürünlerinin (2-asetil-tiyazolin, asetol, α -etilfuran, asetoin, furfural, γ -bütirolakton ve furfural pirol) meydana geldiği belirlenmiştir. Fanlı etüv ve kızılötesi ile kurutma sonrasında arı poleni örneklerinde Maillard reaksiyonları sonucu oluşan aroma bileşenlerinden α -etilfuran, furfural, furfural pirol'ün yüzdesi fanlı etüv ile kurutulan arı poleni örneklerinde daha yüksek bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Arı Poleni, Kurutma, Renk Analizi, Tekstür, Uçucu Bileşen.

ABSTRACT

EFFECT OF HOT AIR AND INFRARED DRYING PROCESSES ON SOME PHYSICAL PROPERTIES AND VOLATILE COMPOUND PROFILE OF BEE POLLEN

SEVİNÇ ÇİFTÇİ

ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

FOOD ENGINEERING

MASTER THESIS, 68 PAGES

(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. BEKİR GÖKÇEN MAZI)

The aim of this research is to determine the effects of fan oven and infrared drying methods on some physical properties and volatile component profile of bee pollen. The pollen used in this research is polyfloral bee pollen collected from Antalya province. Bee pollen was dried with both drying methods until the moisture content fell below 8%. The effect of fan oven and infrared drying temperature (40, 45, 50, 55, 60, 65 and 100°C) on the quality of pollen was investigated. L*, a*, b* and hardness values of fresh bee pollen were determined as 42.266, 21.774, 34.544, and 21.1023 Newton (N), respectively. It was determined that the L*, a*, b*, and hardness values of dried bee pollen ranged from 36.020 to 39.150, from 21.370 to 24.530, from 27.468 to 31.672, and from 26.9879 to 34.7610 N, respectively. Changes in the volatile component profile were determined by headspace solid-phase microextraction gas chromatography / mass spectrometry (HS-SPME / GC-MS). As a result of our study, 59 volatile components were determined in fresh bee pollen. Phenethyl alcohol, ethyl caproate, methyl caproate, 2-acetyl-thiazoline, pelargonaldehyde, butyric acid, ethyl octanoate, caprylic acid, capronaldehyde, 6-methyl-5-hepten-2-one, methyl caprylate, propyl methyl ketone, ethyl acetate, furfuryl pyrrole, caprylaldehyde, methyl caprate and ethyl caprate are the main components detected in fresh pollen. Similar volatile compounds were observed in bee pollen samples dried by fan oven and infrared drying, but it was determined that the percentage values of volatile compounds were different. The percentage of phenethyl alcohol (fruit, honey, lilac, rose, wine aroma), which has the highest ratio (43.79%) of volatile components in fresh pollen, decreased in all samples during drying. It was determined that Maillard reaction products (2-acetyl-thiazoline, acetol, α -ethylfuran, acetoin, furfural, γ -butyrolactone and furfuryl pyrrole) were formed due to the drying temperatures applied to bee pollen samples. The percentage of α -ethylfuran, furfural, and furfuryl pyrrole, the aroma components formed as a consequence of Maillard reactions in bee pollen samples after fan oven and infrared drying, was found to be higher in fan oven dried bee pollen samples.

Keywords: Bee Pollen, Colour Analysis, Drying, Texture, Volatile Component

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösteren ve bana hiçbir zaman desteğini eksik etmeyen çok değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Bekir Gökçen MAZI'ya çok teşekkür ederim.

Yaptıkları değerli yorum ve katkılarından dolayı Sayın Doç.Dr. Mecit Halil ÖZTOP ve Dr. Öğr. Üyesi Kemal ŞEN'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca maddi manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan ve bu hayattaki en büyük şansım olan aileme de sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ BİLDİRİMİ	I
ÖZET	II
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜR	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİL LİSTESİ	VI
ÇİZELGE LİSTESİ	VII
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ	VIII
EKLER LİSTESİ	IX
1. GİRİŞ	1
1.1 Arı Poleni.....	1
1.1.1 Morfolojik ve Kimyasal İçeriği.....	2
1.1.2 Arı Polenin Arı Ürünleri İçindeki Yeri.....	4
1.1.3 Farmolojik ve Fonksiyonel Özellikleri.....	4
1.1.4 Nem İçeriği ve Mikrobiyel Yüğü.....	5
1.2 Arı Polenini Kurutma İşlemi.....	6
1.3 Kızılötesi Kurutma.....	7
1.4 Uçucu Organik Bileşikler.....	8
1.5 Tekstürel Özellikler.....	12
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	14
3. MATERYAL ve YÖNTEM	21
3.1 Materyal.....	21
3.1.1 Arı Poleni.....	21
3.1.2 Kimyasallar.....	21
3.2 Yöntem.....	21
3.2.1 Arı Poleninin Kurutulması.....	21
3.2.1.1 Fanlı Etüvde Kurutma İşlemi.....	21
3.2.1.2 Kızılötesi Işın ile Kurutma.....	21
3.2.2 Yapılan Analizler.....	22
3.2.2.1 Nem Tayini.....	22
3.2.2.2 Renk Analizi.....	22
3.2.2.4 Uçucu Bileşen Profili Analizi.....	23
3.2.2.5 İstatiksel Analiz.....	23
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	24
4.1 Kurutma Süresi ve Nem Değerleri.....	24
4.2 Tekstür Analiz Bulguları.....	25
4.3 Renk Analiz Bulguları.....	26
4.4 Uçucu Bileşen Analiz Bulguları.....	32
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	45
6. KAYNAKLAR	47
EKLER	53
ÖZGEÇMİŞ	68

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1 Polenin Boyutu	2
Şekil 3.1 Arı Poleninin Temin Edildiği Alan	21
Şekil 3.2 Tekstürel Analiz Cihazı	22
Şekil 3.3 Tekstürel Analiz Sonucu Elde Edilen Sertlik Grafiği.....	23

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1.1 Polen Genel İçeriği	3
Çizelge 1.2 Polen Vitamin Mineral İçeriği	3
Çizelge 1.3 Türkiye’deYıllara Göre Polen Üretimi	4
Çizelge 1.4 İstenen ve İstenmeyen Tekstürel Karakterler	13
Çizelge 4.1 Farklı Kurutma Yöntemleri ve Farklı Sıcaklıklarda Kurutulan Polenlerin Nem ve Kurutma Süresi Değerleri	24
Çizelge 4.2 Farklı Kurutma Yöntemleri ve Farklı Kurutma Sıcaklığıyla Kurutulmuş Polenlerin Sertlik Değerleri.....	25
Çizelge 4.3 Farklı Kurutma Yöntemi ve Farklı Kurutma Sıcaklığıyla Kurutulmuş Polenlerin Renk Değerleri.....	27
Çizelge 4.5 Arı Poleni Örneklerinde Tespit Edilen Uçucu Bileşenler.....	33
Çizelge 4.6 Fanlı Etüv ile Kurutulmuş Arı Poleni Örneklerinin Uçucu Bileşenler (%) Profili.....	37
Çizelge 4.7 Kızılötesi ile Kurutulmuş Arı Poleni Örneklerinin Uçucu Bileşenler (%) Profili.....	40

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

°C	: Sıcaklık
a*	: Renk Ölçümünde Kırmızılık-Yeşillik Göstergesi
AOAC	: Association of Official Analytical Collaboration
APCI-MS	: Atmosferik Basınç Kimyasal İyonizasyon – Kütle Spektrometresi
b*	: Renk Ölçümünde Mavilik-Sarılık Göstergesi
CAS	: Kimyasal Özler Servisi
DPPH	: 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
EO50	: Etkili Konsantrasyon
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
G	: Gram
GC-FID	: Gaz Kromatografisi- Alev İyonizasyon Dedektör
GC-MS	: Gaz Kromatografisi- Kütle Spektrometresi
HMF	: Hidroksimetil Furfural
HPLC	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
kg	: Kilogram
L*	: Renk Ölçümünde Parlaklık- Koyuluk Göstergesi
mbar	: Milibar
mg	: Mikrogram
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
PTR-MS	: Proton Transfer Reaksiyon – Kütle Spektrometresi
PTR-TOF	: Proton Transfer Reaksiyon Uçuş Zamanlı Kütle Spektrometresi
TFC	: Toplam Flavonoid İçerik
TPC	: Toplam Fenolik İçerik
W	: Watt
µm	: Mikrometre

EKLER LİSTESİ

Sayfa

- EK 1:** Arı poleni örneklerinin sertlik değerleri üzerine kurutma yöntemi ve kurutma sıcaklığının etkisini gösteren ANOVA (Genel Doğrusal Model) Test Tablosu 54
- EK 2:** Arı poleni örneklerinin sertlik değerlerine ait tekyönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma Test Tabloları..... 55
- EK 3:** Arı poleni örneklerinin L renk değerleri üzerine kurutma yöntemi ve kurutma sıcaklığının etkisini gösteren ANOVA (Genel Doğrusal Model) Test Tablosu 56
- EK 4:** Arı poleni örneklerinin L renk değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma Test Tabloları..... 57
- EK 5:** Arı poleni örneklerinin a renk değerleri üzerine kurutma yöntemi ve kurutma sıcaklığının etkisini gösteren ANOVA (Genel Doğrusal Model) Test Tablosu 58
- EK 6:** Arı poleni örneklerinin a renk değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma Test Tabloları..... 59
- EK 7:** Arı poleni örneklerinin b renk değerleri üzerine kurutma yöntemi ve kurutma sıcaklığının etkisini gösteren ANOVA (Genel Doğrusal Model) Test Tablosu 60
- EK 8:** Arı poleni örneklerinin b renk değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma Test Tabloları..... 61
- EK 9:** Öğütülmüş arı poleni örneklerinin L renk değerleri üzerine kurutma yöntemi ve kurutma sıcaklığının etkisini gösteren ANOVA (Genel Doğrusal Model) Test Tablosu 62
- EK 10:** Öğütülmüş arı poleni örneklerinin L renk değerlerine ait tekyönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma Test Tabloları..... 63
- EK 11:** Öğütülmüş arı poleni örneklerinin a renk değerleri üzerine kurutma yöntemi ve kurutma sıcaklığının etkisini gösteren ANOVA (Genel Doğrusal Model) Test Tablosu 64
- EK 12:** Öğütülmüş arı poleni örneklerinin a renk değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma Test Tabloları..... 65
- EK 13:** Öğütülmüş arı poleni örneklerinin b renk değerleri üzerine kurutma yöntemi ve kurutma sıcaklığının etkisini gösteren ANOVA (Genel Doğrusal Model) Test Tablosu 66
- EK 14:** Öğütülmüş arı poleni örneklerinin b renk değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma Test Tabloları..... 67

1. GİRİŞ

1.1 Arı Poleni

Arı poleni, işçi bal arılarının topladığı nektar ve çiçek polenlerini tükürük salgısını kullanarak bir arada kümelediği (aglutinasyon) bir arıcılık ürünüdür (Isik ve ark., 2019).

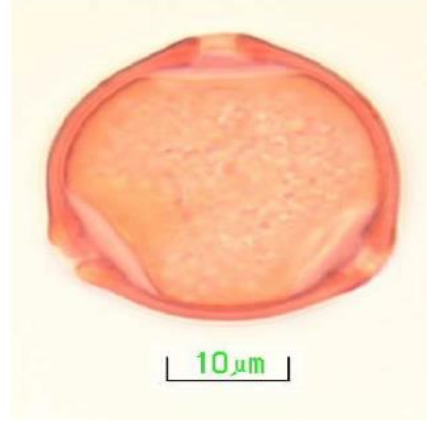
Neslin sürekliliğinin sağlanması için bitkilerde rüzgar, yağmur, kuşlar, böcekler gibi değişik faktörlerin yardımıyla çiçeğin dişicik tepesine polenlerinin aktarılması gerekmektedir. Tozlaşma işleminde yüzde 90'ını arıların oluşturduğu pollinator böcekler en önemli rolü üstlenmektedir. Yüzeyleri pürüzsüz olan polenler rüzgar ve su yardımıyla, farklı girinti ve çıkıntılara sahip polenler ise böcek veya diğer hayvanlarla taşınmaktadır. Arı polenlerinin hem hayvan ve böceklerin kıllarına hem de çiçeğin dişicik tepesine kolay bir şekilde tutunmasında bu girinti ve çıkıntıların önemli derecede faydası bulunmaktadır (Erdoğan ve Dodoloğlu, 2005). Polen, kovan giriş deliğinin hemen önüne yerleştirilen tuzakların yardımıyla arıcılar tarafından toplanmaktadır. Arı poleninin nem ve sıcaklık gibi etmenlerin etkisiyle bozulmaması için tuzağın alt kısmında biriktikten sonra hemen alınmalıdır (Çankaya ve Korkmaz, 2008).

Arı poleni, sahip olduğu protein, lipit, sterol, vitamin ve mineraller ile bal arılarının larva sonrası yavru yetiştirmesinde ve gençlik dönemlerinde dokularının, kaslarının, salgı bezlerinin ve diğer organlarının yeterince gelişmesi için ihtiyaç duyulan en önemli besin maddesidir (Silici, 2015).

Polen taneleri sıkıştırılmış polen tozlarından oluşmuş olup Şekil 1.1. de gösterildiği gibi mikroskobik (6-200 µm) bir yapıya sahiptir (Çankaya ve Korkmaz, 2008).

Bir polen taneciğinde yüz bin ile beş milyon arası polen sporları bulunmaktadır (Sorucu, 2019). Polenlerin kökeni ve kimyasal bileşimlerine bağlı olarak bal arısı tarafından oluşturulan polen peleti beyaz ve kremden koyu kahverengi kadar değişen; sarı, turuncu, kırmızı yeşilimsi ve gri renkte olabilmektedir (Almeida-Muradian ve ark., 2005). Eski Mısırlılar tarafından “hayat veren toz” olarak tanımlanan arı poleni günümüzde vücudun işlevsel ve uyumlu dengesine katkıda bulunmak ve sağlıklı beslenmek amacıyla taze veya çoğunlukla

kurutulmuş olarak insan diyetinde besin olarak kullanılmaktadır. Arı poleni mevzuatta gıda olarak tanımlandıktan sonra, bu ürünün besin değeri önemli hale gelmiştir (Işık ve ark., 2019).



Şekil 1.1 Polenin Boyutu (Silici, 2019)

1.1.1 Morfolojik ve Kimyasal İçeriği

Arı poleni insan sağlığı açısından çok önemli kimyasal bileşenlere sahip bir besin maddesidir. Polenin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri toplandığı bitkilere, toplandığı bölgenin coğrafik konumuna, depolama koşullarına, iklim şartlarına, toplanma ve ambalaj şekline bağlı olarak değişiklik gösterir (Karataş ve Şerbetçi, 2008).

Bu ürün; zengin karbonhidrat, protein, amino asit, lipid, vitamin, mineral, eser element kaynağı (Isidorov ve ark., 2009) ve aynı zamanda önemli miktarlarda polifenollerini özellikle de flavonoidleri (Villanueva ve ark., 2002) içermesinden dolayı bir gıda takviyesi olarak da kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak arı poleni; provitamin A, E vitamini (tokoferol), niasin, tiamin, folik asit ve biotin gibi bazı vitaminlerin önemli miktarlarını da içermektedir (Campos ve ark., 2010). Hatta bazı beslenme uzmanları, insanın sadece arı poleni yiyerek yeterince yaşabileceğini ifade etmektedir (Nogueira ve ark., 2012). Polenin temel bileşenleri 'Çizelge' 1.1'de içerdiği vitamin ve mineral maddeler ve miktarları Çizelge 1.2'de verilmiştir.

Çizelge 1.1 Polen Genel İçeriği (Sorucu, 2019)

Ana Bileşenler	En Düşük – En Yüksek (g/100g)
Protein	10-40
Yağ	1-13
Toplam karbonhidrat	13-55
Fibril- Pektin	0.3-20
Kül	2-6
Diğer	2-6

Çizelge 1.2 Polen Vitamin Mineral İçeriği (Sorucu, 2019)

Vitamin, minarel ve izelementler	Endüşük – Enyüksek (mg/100g)
Potasyum	4000-20000
Magnezyum	200-3000
Kalsiyum	200-3000
Fosfor	800-6000
Demir	11-170
Çinko	30-250
Bakır	2-16
Magnezyum	20-110
Vitamin A (β Karoten)	10-200
B1- Tiyamin	6-13
B2- Riboflavin	6-20
B3- Niyasin	40-110
B5- Pantotenikasıit	5-20
B6- Pridoksin	2-7
B9- Folikasit	3-10
Vitamin C (Askorbikasit)	70-560
Vitamin H- Biotin	0.5-0.7
Vitamin E (Tokoferol)	40-320

1.1.2 Arı Poleninin Arı Ürünleri İçindeki Yeri

Ülkemizde arıcılık ürünleri denildiğinde ilk akla gelen bal olmaktadır. Arıcılık faaliyetleri sonucunda bal üretimi dışında arıcılık sektöründe ekonomik değeri yüksek olan arı sütü, arı poleni, propolis, arı ekmeği ve balmumu gibi arı ürünleri de elde edilmektedir. Bu arı ürünleri hem çok besleyici özelliğe sahiptir hem de tüm dünyada iyi bilinen alternatif tıp alanında koruyucu ve destek gıda ürünü olarak yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bu arı ürünlerinden biri olan arı polenin yıllara göre üretim miktarı Çizelge 1.3’de verilmiştir (TÜİK).

Çevre farklılıkları ve biyolojik çeşitliliği sayesinde Türkiye, bal üretimi için en elverişli ülkelere örnek gösterilmektedir. Türkiye’nin sahip olduğu bu uygun şartlar, sadece bal üretimi için değil diğer arı ürünleri için de önemli bir etkene sahiptir (Silici, 2015). 2019 Food Agriculture Organization of The United Nations (FOASTAT) verilerine bakıldığında 1.5 milyon ton olan dünya bal üretiminde 120.845 ton üretimi ile 1. sırada olan Çin, 65.357 ile 2. sırada olan Arjantin ve 65.351 ton üretimi ile 3. Sırada olan Hindistan ilk üç sırayı oluşturmaktadır.

Çizelge 1.3 Türkiye’de Yıllara Göre Polen Üretimi (TÜİK)

Yıllar	Polen Üretimi (Ton)
2005	-
2006	3.248
2007	-
2008	0.750
2009	2.200
2010	2.690

1.1.3 Farmolojik ve Fonksiyonel Özellikleri

Arı polenlerinin antimikrobiyal (antibakteriyel, antifungal, antiviral) özelliklere sahip olmaları onları çoğu gıda ürünlerinden ayıran en önemli özelliğidir (Kanar ve Mazı, 2019a). *Escherichia coli*, *Proteus*, *Salmonella* ve diğer koliform türlerine karşı arı polenlerinin etkili oldukları tespit edilmiştir. Arı polenlerinin bu etkisi yapısında bulunan antimikrobiyal özelliğe sahip mirsetin ve kampferol gibi fenolik maddelerden kaynaklanmaktadır (Silici, 2019).

İyi bir antioksidan kaynağı olan arı poleni sahip olduğu fenolik bileşikler gibi fitokimyasallar sayesinde oksidatif stresi azaltarak ve makromoleküler oksidasyonu inhibe ederek dejeneratif hastalık riskini azaltıcı etkisiyle insan sağlığı için faydalı olduğu bildirilmiştir (Morais ve ark., 2010).

Ayrıca arı polenin prostat, kardiyovasküler, sindirim sistemi, problemlerinin önlenmesinde, vücut bağışıklığının iyileştirilmesinde ve yaşlanmayı geciktirmede faydalı olduğu bildirilmiştir (Pascoal ve ark., 2014).

Arı polenin kolesterol seviyesini düşürdüğü, mitotik hızı, doku onarımını ve toksik eliminasyonu artırdığı bildirilmiştir.

1.1.4 Nem İçeriği ve Mikrobiyel Yükü

Polende bulunan beslenme faktörleriyle ilgili bileşenlerin miktarı büyük ölçüde polenin botanik kaynağına bağlıdır. Arı tarafından toplanan taze polenler, 100g başına yaklaşık 15-30g su içerir (Canale ve ark., 2016). Bu yüksek nem, bakteri ve maya gibi mikroorganizmalar için ideal bir kültür ortamıdır. Taze arı polenlerinin birkaç hafta boyunca oda sıcaklığında depolandığında herhangi bir işleme tabii tutulmasa da besinsel değerlerini kaybettiği görülmüştür (Bogdanov, 2011).

Ayrıca içerdiği protein miktarı yüksek olduğundan doğru depolanmazsa Maillard reaksiyonlarına girerek besin değerini hızla kaybedebilir (Almeida-Muradian ve ark.,2005). Arı polenlerinin mikrobiyel faaliyetlerinin önlenmesi, ürün depolanmasını kolaylaştırmak ve raf ömrünü uzatabilmek için arı poleni kurutulmuş nem içeriği düşürülmektedir. Bozulmanın önlenmesi ve maksimum kalitenin korunması için polenin günlük olarak toplanması ve hemen bir derin dondurucuya yerleştirilmesi gerekmektedir. Polen çözüldükten sonra mümkün olan en kısa sürede tekrar işlenmelidir (Bogdanov, 2011).

Arı poleni için ulusal standartlara sahip ülkelerde kurutulmuş polenin sahip olabileceği maksimum nem miktarı değişkenlik göstermektedir. Bu değer Arjantin'de %8, Brezilya'da %4, Bulgaristan'da %10, Polonya'da ve İsviçre'de %6'dır (Melo ve Almeida-Muradian, 2011). Yüzde 10'dan fazla nem poleni fermantasyon için uygun hale getirmekte, %6'dan daha az nemin ise polenin fazla kurutulması sonucu duyuşal açıdan Kabul edilebilirliğini düşürmektedir (Bogdanov, 2012, 2015).

1.2 Arı Polenini Kurutma İşlemi

Kurutma, uzun süreli gıda muhafazası için en önemli yöntemlerden birisini oluşturmaktadır. Nemin gıda maddelerinden uzaklaştırılmasıyla mikroorganizmaların üremesi ve büyümesi engellenmekte, enzimlerin etkisi yavaşlatılmakta ve nemden kaynaklanan birçok bozucu etki en aza indirilmektedir. Su içeriği ve su aktivitesi, arı polenin organoleptik özelliklerinde ve raf ömründe önemli bir rol oynamaktadır. Taze arı poleni toplandığında, 100 g'da yaklaşık 15-30 g su içermektedir (Canale ve ark., 2016). Polen uygun şekilde korunmadığında besin değeri düşmektedir. Ayrıca, yüksek su içeriği nedeniyle polende küf ve bakteri üreyebilir. Bu nedenle kurutma, polenin raf ömrünü uzatmak için gerekli bir işlemdir (Kayacan ve ark., 2018).

Arı poleninde meydana gelebilecek bozulmaları önlemek için polen tüketicilere farklı yollarla ulaştırılmaktadır. Arı poleni taze ve kurutulmuş olarak 2 şekilde satışa sunulmaktadır. Eğer polen taze bir şekilde muhafaza edilecek ise uzun süre saklayabilmek için 5 ile 10°C arasında soğutma işlemi uygulanması gerekmektedir. Kurutma işlemi ise fermantasyonu ve mikrobiyal bozulmayı önleyerek arı polenini daha uzun süre oda sıcaklığında muhafaza edilmesine olanak sağlar. Güneşte kurutma ve yapay kurutma olmak üzere iki şekilde kurutma yöntemi vardır. Yapay kurutma ise kendi içinde ısı işlem uygulananlar (vakum etüv, mikrodalga, vakum destekli mikrodalga, ısı pompası ve kızılötesi lamba ile kurutma) ve ısı işlem uygulanmayanlar (Liyofilizasyon) olarak ikiye ayrılmaktadır (Işık ve ark., 2019).

Teknolojik açıdan bakıldığında, yüksek kalitede kurutulmuş polen üretimine katkıda bulunan farklı faktörlerin bilgisi azdır. Kurutma işlemi, Maillard bileşiklerinin oluşma riskini önlemek için, kısa sürede ve düşük sıcaklıklarda gerçekleştirilmektedir. Kurutma işleminde kullanılan sıcaklığa ve süreye bağlı olarak arı polenin antioksidan içeriği ve fonksiyonel değeri azalmaktadır (Conte ve ark., 2017).

Güneşte kurutma işlemi arı polenin kurutulmasında kullanılan en yaygın ve geleneksel yöntemdir. Ancak uzun kuruma süreleri, yüksek mikrobiyal kontaminasyon riski, böcek istilasına yüksek duyarlılık, yabancı maddelerle

kontaminasyon ve geniş alan gereksinimi gibi bazı dezavantajları vardır (Rahman ve Perara, 2007).

Buna karşın yapay kurutma, güneşte kurutmaya göre daha kısa işlem süresine daha düşük mikrobiyal kontaminasyon riskine, daha etkili sıhhi koşullara ve daha kontrollü kurutma koşullarına sahiptir. Bu nedenle, gıda ve tarım ürünlerinin sıcak havayla kurutulması dehidrasyon dahil birçok endüstriyel kurutma uygulamasında kullanılmaktadır. Fakat sıcak hava ile kurutma işlemi arı polenlerinin organoleptik özelliklerini ve morfolojik yapısını etkileyebilir. Kuruma sıcaklığının ve kuruma süresinin arı polenin kimyasal, fiziksel, morfolojik ve organoleptik özelliklerine etkisinin belirlenmesi yüksek kaliteli özelliklere sahip arı poleni elde etmek için önemlidir (Işık ve ark., 2019).

1.3 Kızılötesi Kurutma

Tarım ürünlerinin kurutulmasında çok etkili olan yöntemlerden bir tanesi de kızılötesi kurutmadır. Kızılötesi kurutma yöntemiyle yapılan kurutma işlemlerinin kuruma süresinde azalma, yüksek enerji verimliliği, homojen sıcaklık ve yüksek kalitede gıda ürünleri elde etmek gibi avantajları bulunmaktadır. Domates, havuç, çilek ve kırmızı biberin kurutulmasında kullanılan kızılötesi kurutmanın arı polenin kurutulmasında kullanımıyla ilgili sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Isik ve ark., 2019).

Arı polenin kızılötesi ışın ile kurutulmasının gıda bileşenleri üzerine etkisi incelenmiştir. Bunun için farklı kızılötesi güç seviyelerinde (50, 62, 74 ve 88 W) kurutma yapılmıştır. Yapılan bu çalışma sonucunda en hızlı kuruma işleminin 88 W güç seviyesinde olduğu belirlenmiştir. Besin bileşenlerinde ise kızılötesi ışının şiddeti arttıkça ham protein ile vitamin C 'de düşüş, toplam karbonhidrat ile yağ oranının da ise artış meydana gelmiştir. Kül miktarında ise herhangi bir değişim meydana gelmemiştir (Isik ve ark., 2019).

Kızılötesi radyasyon enerjisi, ısıtma elemanından ürüne aktarıldığı için gıda ürünü çevredeki havayı ısıtmadan daha hızlı ve homojen bir şekilde ısıtılmaktadır. Işınlanmış yüzey de çok daha fazla su buharlaşmakta ve kuruma süresi yarı yarıya kısalmaktadır. Çileğin kurutulmasında kızılötesi ışının şiddeti arttıkça kurutma süresinde azalma meydana gelmiştir. Ayrıca toplam fenol ve antosiyanin içeriğinde

de artış gözlenmiştir. Çileğin kızılötesi kurutulmasında besin maddelerini korumak için en uygun koşullar 200 W güç seviyesi, 100 °C sıcaklık ve 1.5 m.s⁻¹ hava akış hızı olarak belirlenmiştir (Adak ve ark., 2017).

Ihlamur bitkisinin ise 50°C, 60°C ve 70°C olmak üzere üç farklı sıcaklıkta kızılötesi ışın ile kurutulması sonucunda en hızlı kuruma işlemi 70°C’ de gözlenmiştir. Ihlamurun fiziksel ve kimyasal özelliklerinin korunması açısından en ideal kuruma sıcaklığı 50°C olarak belirlenmiştir. Renk değişiminin derecesi ise oksijen seviyesi, kuruma sıcaklığı ve zamandan etkilenmiştir. Kızılötesi ışın ile kurutulmuş ihlamur yapraklarında klorofilin yapısının bozulmasından kaynaklı olarak L* ve b* değerleri kısmen artmıştır. Yani klorofil yapısındaki magnezyum, yüksek sıcaklıkta hidrojen ile yer değiştirmiş ve bunun sonucunda klorofiller feofitinlere dönüşmüştür. Ayrıca kızılötesi kurutmada kullanılan sıcaklıktaki artış ile birlikte TPC (toplam fenolik içerik) ve TFC (toplam flavonoid içerik) miktarının arttığı gözlenmiştir (Selvi, 2020).

Domatesin kızılötesi ışın ile kurutulmasında sıcaklığın (60°C, 70°C ve 80°C) ve dilim kalınlığının (3, 5 ve 7 mm) kurutma süresine etkisinin incelendiği çalışmada minimum kuruma süresinin 80°C 3 mm kalınlıktaki domateste, maksimum kuruma süresi ise 60°C 7 mm kalınlıktaki domateste olduğu tespit edilmiştir. Kurutma hızı, artan sıcaklık ve azalan dilim kalınlığı ile artmış ve dolayısıyla kuruma süresini azaltmıştır (Sadin ve ark., 2013).

1.4 Uçucu Organik Bileşikler

Uçucu organik bileşikler gıdanın aromasını ve lezzetini oluşturdukları için gıda sektöründe ve gıda çalışmalarında önemli yer teşkil etmektedir. Uçucu organik bileşiklerin tüketicilerin isteklerini şekillendirmesinden dolayı bu bileşiklerin analizleri gıda sektöründe önemli bir noktaya gelmiştir. Oda sıcaklığında buhar fazındaki aroma bileşikleri burun boşluğundaki koku alma dokusuna gelerek algılanan uçucu maddelerdir. Yapılan çalışmalarda gıdanın aromasının idrak edilmesinin ve in vivo aroma salınımının, (i) gıdanın doğal kaynağı (tekstür, parçacık boyutu, akışkanlığı), (ii) aroma bileşenlerinin doğal yapısı ve miktarı, (iii) gıdanın biyolojik yapısı (yağ, protein, şeker, asit, alkol ve pektin vb.), (iv) yeme biçimi, (v) ağız yoluyla beslenme şekli (tükürük salınımı, çiğneme, nefes alma, ağız boşluğu

hacmi, ağız sıcaklığı, süre, vb.) gibi durumlardan etkilendiği belirtilmiştir (Eker ve Cabaroğlu, 2017).

Gıdalar işlendiğinde veya pişirildiğinde; şekerler, amino asitler ve lipitler dahil olmak üzere çok çeşitli metabolitleri içeren birçok kimyasal reaksiyon meydana gelmektedir. Bu kimyasal işlemler, çoğu zaman yiyecekleri daha lezzetli hale getirirken bazen de istenmeyen kokulara sahip uçucu aroma bileşiklerinin oluşumuna yol açmaktadır. Gıda işleme sırasında aroma bileşiklerinin oluşumunda meydana gelen enzimatik olmayan reaksiyonlar arasında; Maillard reaksiyonları, karamelizasyon, lipitlerin oksidatif ve termal bozunmasının yanı sıra şekerlerin, proteinlerin, ribonükleotidlerin, pigmentlerin ve vitaminlerin degradasyonu bulunmaktadır (Diez-Somon ve ark., 2019).

Amino bileşikler ve indirgen şekerler arasında meydana gelen Maillard reaksiyonu, 60 yılı aşkın süredir pişmiş gıdalarda aroma ve esmerleşme oluşumunun en önemli yollarından biri olarak kabul edilmektedir (Shahidi ve ark., 2014). Maillard reaksiyonu, yüzlerce olası reaksiyondan oluşan bir komplekstir. Maillard ürünlerinin gıda işleme sırasında kontrolü, istenmeyen ürünlerin (kanserojen bileşikler ve istenmeyen tatlar gibi) oluşumunu önlemektedir (Diez-Somon ve ark., 2019). Maillard reaksiyonu üç aşamada gerçekleşmektedir. Bunlar: (i) erken aşama (şeker-amin yoğunlaşması, Amadori'nin yeniden düzenlenmesi); (ii) ara aşama (şeker parçalanması ve dehidrasyonu, Strecker bozunması) ve (iii) son aşamadır (aldol yoğunlaşması, aldehit-amin yoğunlaşması ve heterosiklik nitrojen bileşiklerinin oluşumu) (Hodge, 1953; Boekel, 2006).

Lipitler, yağlarda veya lipit içeren gıdalardaki acımsı ve ransit kokulardan sorumlu olduklarından genellikle gıda aromasının daha olumsuz nitelikleriyle ilişkilendirilmektedir. Bununla birlikte, ürün özelliklerine bağlı olarak lezzet artırıcı olarak da olumlu bir rol oynayabilirler. Örneğin; kısa zincirli yağ asitleri esas olarak yoğurttaki ekşimiş tatlardan sorumluyken, aynı asitler peynirde temel aroma bileşenlerini oluşturmaktadır. Ayrıca, lipitler gıda dokusunda (yani ağız hissi) önemli bir rol oynar ve dolayısıyla ürünün çekiciliğini etkilemektedir (Diez-Somon ve ark., 2019).

Hem lipid bozunması hem de Maillard reaksiyonları, benzer fizikokimyasal özelliklere sahip çok sayıda bileşiğin oluşumuna yol açmaktadır. Bu bileşiklerin (hem ara hem de son ürünler) yeni uçucu bileşikler oluşturmak için daha fazla etkileşime girmesi ve/veya bir reaksiyon sürecinde bulunan bazı ürünleri diğerinden gelen ürünlerin varlığıyla bloke etmesi mümkündür (Kerth ve Miller, 2015). Lipit-Maillard etkileşim ürünleri en çok pişmiş et, patates kızartması, yer fıstığı, kahve, çay ve kakao gibi gıdalarda tanımlanmıştır. Bu konuyla ilgili yapılan bir araştırmada, bu bileşiklere en çok kızarmış patateslerde bulunmuştur (Whitfield, 1992). Bun bileşikler çoğunlukla, dört veya daha fazla karbon atomlu uzun zincirli alkil gruplarının mevcudiyetiyle bir veya daha fazla nitrojen veya sülfür atomu içeren heterosiklik bileşikler olarak karakterize edilmektedir. Bu tür uçucu grupların örnekleri, alkil yan zincirleri olan piridinler, pirazinler, tiyofenler, tiyazoller ve oksazollerdir (Diez-Somon ve ark., 2019).

Büyük oranda şekerler, amino asitler ve lipitlerden türetilen aroma bileşiklerinin yanısıra, işlenmiş gıdalarda bulunan ve lezzet oluşumunda önemli bir rol oynayabilen başka temel bileşikler de vardır. Tiamin (Vitamin B1), askorbik asit (Vitamin C) ve karotenoidler bu tür bileşiklere örnek olarak verilebilir. Isıl işlem sırasında, bu bileşikler aroma-aktif bileşiklerin parçalanması sonucunda bozunma reaksiyonlarına girebilir ve Maillard reaksiyonunda ortak olan reaktif ara maddeler üretebilmektedir. Bu nedenle tiamin bozunması, pişmiş ürünlerde etli bir tada katkıda bulunan kükürt (S) içeren heterosikliklerin, tiyollerin, sülfidlerin ve disülfidlerin oluşumuna yol açmaktadır (Khan ve ark., 2015).

İşlenmiş gıdalardaki bir diğer önemli reaksiyon da karamelizasyondur. Şekerlerin bu termal bozunması, amino asitlerin yokluğunda meydana gelir ve oluşan ürünler Maillard reaksiyonundakilere benzerdir (Van Boekel, 2006).

Gıdalarda lezzete katkıda bulunan uçucu maddeler 1. grup (aldehitler, alkoller ve ketonlar), 2. grup (organik asitler ve türetilmiş esterler), 3. grup (nitrojen ve oksijen içeren heterosiklik bileşikler) ve 4. grup (sülfür içeren bileşikler) olmak üzere gruplandırılmaktadır (Diez-Somon ve ark., 2019). Aldehitler, alkoller ve ketonlar işlenmiş gıdaların genel lezzetinden özellikle de fermente gıdaların karakteristik aromasından sorumlu kimyasal bileşik gruplarıdır (Visessanguan ve ark., 2006;

Gambacorta ve ark., 2009). Soya sosu aroması genellikle gıda işlemede tatlandırıcı olarak kullanılmaktadır. Aldehitler, alkoller ve ketonlar soya sosu ürünlerinde bulunan başlıca uçucu bileşiklerdir (Fan ve ark., 2011; Zheng ve ark., 2013). Ayrıca birçok aldehit doğal olarak meyve ve sebzeler gibi taze yiyeceklerde ve ayrıca uçucu yağlarda mevcuttur. Yüksek sıcaklıklarda kimyasal reaksiyonlar nedeniyle ısı işleminden sonra konsantrasyonları artmaktadır. Uçucu esterler, birçok gıda ürünüde yaygın olarak bulunmaktadır. Alifatik esterler çok yoğun meyvemsi tatlar verdiği için birçok sürecin çok önemli bileşenlerini oluşturmaktadır. Esterler genellikle gıdalara katkıda bulunan muz aroması (izoamilasetat) veya elma aroması (etil hekzanoat, etil oktanoat) olarak karakterize edilmektedir. Heterosiklik bileşikler gıdalarda nispeten düşük seviyelerde bulunmaktadır. Ancak, gıdanın ve dolayısıyla bir ürünün lezzetini ve tüketiciler için arzulanırlığını artırırken önemli ölçüde karmaşıklık yaratmaktadır. Heterosiklik bileşikler, gıda işleme ve tatlandırma da ısıtma sırasında kavrulmuş et tadı oluşumu ile güçlü bir şekilde ilişkilendirildiği için önemli bileşiklerdir (Diez-Somon ve ark., 2019). Kükürt içeren bileşikler ise birçok işlenmiş gıdadaki aroma uçucularından sorumludur. Bu bileşikler, işlenmiş gıdalara genellikle soğan ve et benzeri bir tat bırakmaktadır (Landaud ve ark., 2008; McGorin, 2011).

Gıdalarda bulunan uçucu organik bileşiklerin tanımlanmalarını ve miktarlarını belirlemek için yapılan analizler statik in vitro, dinamik in vitro ve dinamik in vivo analizler olmak üzere üç başlıkta toplanmaktadır.

Statik in vitro da tanımlama ve miktar belirleme çeşitli yöntemlerle sağlanmıştır. Bunlar geleneksel gaz kromatografisi-alev iyonizasyon dedektör (GC-FID) (Van Ruth ve Roozen, 2000), gaz kromatografisi – kütle spektrometresi (GC-MS) (Muñoz-González ve ark., 2014), proton transfer reaksiyon-kütle spektrometresi (PTR-MS) (Onishi ve ark., 2012), proton transfer reaksiyon-uçuş zamanlı kütle spektrometresi (PTR-TOF-MS) (Heenan ve ark., 2012; Cappelin ve ark., 2012, Cappelin ve ark., 2013; Soukolis ve ark., 2013; Ramano ve ark., 2014; Ting ve ark., 2016) ve atmosferik basınç kimyasal iyonizasyon-kütle spektrometresi (APCI-MS) (Weel ve ark., 2004; Gan, 2015) teknikleridir.

1.5 Tekstürel Özellikler

Tekstür, gıda ürünlerinin biyolojik, kuvvetsel ve yüzeysel özelliklerinin, görme, işitme, dokunma ve kinestetik yol ile belirlendiği bir kalite kriteridir. Gıda ürünlerinin tüketiciler tarafından beğenilmesi çok önemlidir. Bir besin maddesi kimyasal, mikrobiyolojik ve fiziksel özellikler bakımından çok iyi durumda olmasına rağmen aynı besin maddesi duyusal açıdan hiç arzu edilmeyen özelliklere sahip olabilir. Tüketiciler besin maddelerini tercih ederken öncelikli olarak satın alacağı besin maddesinin aromasına, renk durumuna, kokusuna, lezzetine, ağızda uyandırdığı sertlik ve ezilme özelliğine dikkat eder. Duyusal kalite öncelikli olarak direkt tüketiciyi ilgilendiren ve ürünün satış rakamlarında oldukça önemli bir yere sahip olan bir özelliktir (Ertuş ve Doğruer, 2010).

Gıda ürünlerinin duyusal özellikleri aroma, görünüm ve tekstür olmak üzere üç temel grup olarak incelenmektedir. Gıda ürünlerinin işleme, raf ömrü ve tüketici isteklerini etkileyen çok önemli kalite kriterlerinden birisi tekstürdür. Gıda ürünleri, kuvvetsel özellikler (yumuşaklık, yapışkanlık, yoğunluk, esneklik, bağlılık), geometrik özellikler (büyüklük, şekil özellikleri), gıdanın kimyasal yapısını ilgilendiren (protein, nem içeriği gibi) olmak üzere üç temel grupta incelenmektedir.

Sertlik, katı gıda maddelerinde öğütme sırasında küçük parçalara ayrılmasını sağlayan dişler arasında ve yarı katı durumunda olan gıdalarda ise dil ile damak arasında oluşan basınca karşı direnmesi için gerekli olan kuvvettir. İç yapışkanlık, gıda maddelerinin içindeki yapıları oluşturan iç bağların güçlülüğü ve dayanıklılığı olarak tanımlanmaktadır. Sakızımsılık, yarı katı halde bulunan gıda maddesini yutulmaya hazır bir hale getirinceye kadar küçük parçalara ayırmak için ihtiyaç duyulan enerjinin bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Vizkozite, sıvıların akışkanlığa karşı dirençlerini ölçmek için kullanılmaktadır. Bağlılık, gıda maddelerinin iç yapısına şekil veren iç bağların güçlülüğü yada dayanıklılığıdır (Çelebi ve Şimşek, 2020).

Tekstürel analizler duyusal ve enstrümantal olmak üzere iki yöntem ile gerçekleştirilmektedir. Her iki yöntemin birlikte uygulanması daha kapsamlı sonuçlar alınabilmesi için önerilmektedir. Ancak duyusal analiz sonuçlarının kişiden kişiye değişkenlik göstermesi ve enstrümantal analizlerin daha hassas ve tekrarlanabilir

sonuçlar vermesi gıda araştırmalarında enstrümantal tekstürel analizleri yaygınlaştırmıştır. Gıda ürünlerine belirli şartlarda bir kuvvet uygulandığında gıda ürünlerinde meydana gelen mekanik değişimlerin grafiksel olarak incelenmesi olayına enstrümantal tekstürel analiz denilmektedir.

Her gıda maddesinin yapısında bulunan kimyasal bileşimlere bağlı olarak kendine özgü tekstürel özellikleri bulunmaktadır. Örnek olarak etin müşteriler tarafından tercih edilmesinde yumuşaklık ve sulu bir yapıda olması önemli bir kriterdir. Etin yağ oranı yumuşak veya sert bir yapıda olmasını etkilemektedir. Meyve ve sebzeler de özellikle sululuk ve sertlik önemli bir kriterdir. Patates cipsi gibi ürünler de tekstürel açıdan hem görünümü hem de ağızda çıkardığı o ıtırtı sesi çok önemlidir. Amerika Birleřik devletlerinde sevilen ve sevilmeyen tekstürel özellikler izelge 1.4 'de gösterilmektedir (Ertaş ve Doğruer, 2010).

Çizelge 1.4 İstenen ve İstenmeyen Tekstürel Karakterler (Cardello ve ark.,1982)

İstenen Tekstürel Özellikler	İstenmeyen Tekstürel Özellikler
Gevrek	Sert
Yumuřak	Çok sulu
Sulu	Pütürlü
Sıkı	Kolayca ufalanan
ıtırtılı ses çıkarıcılar	Yapıřkan

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Polen, bal ve balmumundan sonra en popüler arıcılık ürünlerinden birisidir. Doğada, insan vücudunun normal gelişimi ve işleyişi için gerekli olan, biyolojik olarak aktif maddeler açısından polenle karşılaştırılabilecek çok fazla gıda maddesi bulunmamaktadır. Almeida-Muradian ve ark., (2005) Brezilya'nın güney bölgesinden elde edilen kurutulmuş *Apis mellifera* L.'nin polen örneklerinde nem, kül, lipit, protein, toplam karotenoid, beta karoten ve C vitamini gibi kimyasal bileşimlerin ve floral orijinin belirlenmesi için bir çalışma yapmışlardır. Nem miktarı 70°C'de vakumlu fırında sabit ağırlığa kadar kurutarak belirlenmiştir. Kül miktarını belirlemek için 550°C'de sabit ağırlığa kadar kül fırınında yakma işleminden sonra sürekli olarak ağırlık ölçümü yapılmıştır. Nitrojen belirlemede protein dönüşüm kat sayısı 6.25 faktör ile Mikro-Kjeldahl yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Toplam karotenoidleri belirleme ve beta-karoten analizi açık kolon kromatografisi ile C vitamin belirleme ise AOAC mikroflorimetrik metod kullanılarak yapılmıştır. Polen tanelerinin botanik orijini mikroskopik tanımlama yapılarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre polen örneklerinde ortalama nem %7.4, protein %20, yağ %6 ve kül %2.2 olarak bulunmuştur. Polenlerde C vitamini ve beta-karoten tespit edilememiştir. Monofloral örnekler olarak adlandırılan tanelerin çoğu iki veya daha fazla bitkisel grup taşıdığından grup tanımlama için belirleyici olmadığı bildirilmiştir. Tanımlanan toplam 17 gruptan en sık rastlanan bitki familyaları, *Areaceae*, *Asteraceae* ve *Myrtaceae*'dir.

Leja ve ark., (2007) tarafından seçilmiş 12 bitki türünün arı poleninde fenolik bileşikler (toplam fenoller, flavonoller ve antisyoninler) ve antioksidan yeteneği belirlenmiştir. Antioksidan yetenek, toplam antioksidan aktivite, radikal temizleme aktivitesi ve serbest hidroksil radikale karşı aktivite olarak ölçülmüştür. Araştırılan

türlerin polenlerinde fenolik içeriklerde büyük değişiklikler gözlenmiştir. Toplam antioksidan aktivite önemli ölçüde farklılık göstermesine karşın incelenen polenlerin çoğunda yüksek olup fenil propanoid seviyesine karşılık gelmiştir.

Oliveira ve ark., (2009)'nın amacı arılar tarafından toplanan taze polen örneklerinin C vitamini, E vitamin ve beta karoten miktarlarını belirlemek aynı zamanda bunların botanik kökenle ilişkili olup olmadığını bulmaktır. Polen içindeki E vitamin miktarı 13.5 ile 42.5 µg/g arasında değişmiştir. Beta karoten miktarı 56.53 ve 198.9 µg/g, C vitamin ise 279.9 ile 560.3 µg/g arasında bulunmuştur. Polendeki C ile E vitamin ve Beta karoten miktarlarının botanik köken ve toplama mevsiminin etkilediği sonucuna varılmıştır. *Raphanus sp.*, *Macroptilium sp.* ve *Mimosa caesalpineafolia*'nın Beta karotenile; *Raphanus sp.*, *Eucalyptussp.*, *Macroptilium sp.*, *Mimosa caesalpineafolia*'nın E vitamin ile; *Anadenanthera sp.*, *Arecaceae type* ve *Philodendron sp.*'nin C vitamin ile ilişkisi vardır.

Farklı koşullarda depolama süresinin arı poleninin vitamin içeriğine etkisini incelediği bir araştırmada arı poleni 45°C'de 6 saat boyunca laboratuvar sterilizatöründe kurutulduktan sonra numunelerin bir kısmı dondurucuda bir kısmı oda sıcaklığında ışığa maruz kalarak bir kısmı ise ışık ile temas ettirilmeden karanlık ortamda 1 yıl boyunca depolanmıştır. Kurutma işlemi sonrasında polendeki C vitamininde %67.1'lik, E vitamininde %18.7'lik ve β-karoten'de %15.6'lık artış meydana gelmiştir. Kurutulmuş arı polenlerinin, bir kısmı oda koşullarında ışığa maruz kalarak bir kısmı alüminyum folyo kullanılarak ışığa maruz kalmadan depolanması sonucunda vitamin kayıpları hemen hemen benzer sonuçlar vermesine rağmen dondurucuda depolanarak saklanması vitamin değerlerinin korunmasında etkili yöntem olmuştur (Melo ve Almedia-Muradian, 2010).

Barajas ve ark., (2012) Kolombiya'nın iki bölgesinden elde edilen polenlerin 35°C ve 45°C sıcaklıklarda sıcak hava ile kurutulduktan sonra meydana gelen fiziksel, kimyasal ve besleyici özelliklerindeki değişimleri incelemişlerdir. Bu süreçte uygulanan işlemler kimyasal bileşimin belirlenmesi, su aktivitesinin ölçümü, çözünürlük indeksi, ortalama partikül boyutu, C vitamin içeriği ve karoten içeriğini belirlemek olmuştur. Arı poleninin 45°C'de kurutma işleminin daha kısa kurutma süresine (156-198 dakika) sahip olduğunu göstermiştir. Nem içeriği %7-8 ve su

aktivitesi %0.3'lük bir kayıp olmasına karşın en fazla kayıp karoten ve C vitamininde görülmüştür. Polendeki protein, lif ve kül içerikleri kurutma sıcaklığından etkilenmemiştir. Kurutma sıcaklığı arttıkça bölgeler arasında önemli bir fark olmasa da C vitamin içeriğinde azalmaya neden olmuştur. La Calera'da gözlenen yüksek karoten içeriği ise muhtemelen bu bölgedeki flora kompozisyonundan kaynaklanmaktadır.

Fatrcová-Šramková ve ark., (2013) Slovakya'nın farklı yerlerinden toplanmış monofloral arı polen örneklerinin patojenik bakterilere karşı antioksidan özelliklerini ve antibakteriyel aktivitesini belirlemek için bir çalışma yapmışlardır. İncelenen bitki türlerinin antioksidan özellikleri en yüksekte en düşüğe doğru; *Brassica napus* L. *sups napus*, *Papeversomniferum* L., *Helianthus annuus* L. olarak tespit edilmiştir. Arı polenlerinin antimikrobiyal etkisi agar kuyusu difüzyon yöntemi ile belirlenmiştir. Bu çalışmada *Listeria monocytogenes* CCM 4699, *Pseudomonas aeruginosa* CCM 1960, *Staphylococcus aureus* CCM 3953, *Salmonella enterica* CCM 4420 ve *Escherichia coli* CCM 3988 olmak üzere beş farklı bakteri türü test edilmiştir. Haşhaş poleni etanolik özütünün en hassas bakterisi *Staphylococcus aureus* (%70), Kolza poleni metanolik özütü (%70) ve ayçiçeği polenin etanolik özütünün (%70) en duyarlı bakterisi *Salmonella enterica* olduğu bildirilmiştir.

Brindza ve ark., (2014) *Robiniapseudoacacia* L., *Trifolium repens* L., *Phacelia tanacetifolia* L., *Tilia spp.*, *Papaver somniferum* L., *Fagopyrum esculentum* Moench, *Brassica napus* L., *Helianthus annuus* L. ve *Salix alba* L. Olmak üzere 8 bitki türünden elde edilen arı polenlerine uygulanan kurutma işleminin antioksidan üzerine etkisini araştırmışlardır. Arı poleni numuneleri yaklaşık 20 dakika boyunca sırasıyla 40, 60 ve 80°C sıcaklıklarında laboratuvar fırınında kurutulduktan sonra antioksidan aktiviteleri DPPH yöntemi kullanılarak su ve metanol özütlerinde belirlenmiştir. Kurutma işlemi sırasında sıcaklığın artması antioksidan aktivitesini aşamalı olarak azaltmıştır. Tüm türlerde sulu ekstraktlarıyla karşılaştırıldığında metanol ekstratlarında yüksek antioksidan aktivitesi tanımlanmıştır. Sonuç olarak arı polenin 40°C'ye kadar kurutulması tavsiye edilmiştir.

Pacoal ve ark., (2014) piyasadan satın alınan sekiz ticari arı polenin biyolojik aktivitelerini değerlendirmek istemişlerdir. B, C, D ve G örneklerinin

Portekiz'den, geriye kalanların İspanya'dan olduğu belirtilirken A numunesinin kaynağı etikette belirtilmemiştir. E numunesi en yüksek fenolik değeri ($32.15 \pm 2.12 \text{ mg/g}$), H en düşük değerini ($18.55 \pm 0.95 \text{ mg/g}$) değerini sunmuştur. C numunesi en yüksek flavonoid değerine ($10.14 \pm 1.57 \text{ mg/g}$) ve H numunesi en düşük ($3.92 \pm 0.68 \text{ mg/g}$) değere sahiptir. Yapılan analizler sonucunda ise arı polenlerinin tümü antimikrobiyal aktivite göstermiştir. İncelenen mikroorganizmalar arasında en hassas olan *Staphylococcus aureus* ve *Candida glabrata*'dır. Bazı örnekler gen dönüşüm kolonilerinin sayısını azaltmada daha etkili olmasına ve bazı örnekler mutantta gen dönüşüm kolonilerinin ve mutant kolonilerinin sayısını azaltmada daha etkili olmasına rağmen, tüm örnekler antimutajenik aktivite sergilemiştir. Antioksidan aktivite de en etkili olan B numunesi olarak tespit edilmiştir. Hiyalüridinaz enzimi kullanılarak değerlendirilen anti-enflamatuar aktivite en yüksek B ve D numunelerinde görülmüştür.

Kaşkoniené ve ark., (2015) Litvanya'da toplanan 3 farklı arı polenin uçucu bileşiklerinin karakterizasyonu ve antioksidan özelliklerinin tespiti ile ilgili yapmış olduğu araştırmada uçucu bileşiklerin karakterizasyonu için katı faz mikro ekstraksiyonu (SPME) ve GC-MS yöntemini kullanmıştır. Tüm polen örneklerinde kütle olarak %19.6-%27.0 oranında stiren baskın olarak görülmüştür. Genel olarak polen örneklerinde kütle olarak yüksek miktarlarda sırasıyla; A örneğinde limonen (%9.0), B örneğinde heksal (%9.3) ve C örneğinde 1-tridesen (%43.3) saptanmıştır. Antioksidan özelliklerinin taranması, spektrofotometrik yöntemler ve kolon sonrası 1,1-difenil-2 pikril hidrazil (DPPH) reaksiyon dedektörü ve elektrokimyasal dedektör ile birleştirilmiş sıvı kromatografisi ile gerçekleştirilmiştir. Serbest radikal (DPPH) model sistemindeki radikal süpürme aktivitesi ile birlikte toplam fenolik ve flavonoid içerikleri test edilen örneklerde değerlendirilmiştir. Toplam fenolik içerik 24.4 mg/g ile 38.9 mg/g arasında değişmekte, toplam flavonoid içeriği 7.3 mg/g - 10.0 mg/g aralığında ve radikal süpürme aktivitesi 30.7 mg/g ile 34.9 mg/g arasında bulunmuştur. Toplanan verileri istatistiksel olarak işlemek ve arı poleni örneklerini uçucu bileşimleri ve antioksidan aktivitelerine göre kümelere ayırmak için temel bileşen analizi, hiyerarşik küme analizi ve doğrusal olmayan diskriminant analizi uygulanmıştır.

Cinkmanis ve ark., (2017) taze, liyofilize ve sıcak hava ile kurutulmuş polen örneklerinde toplam antioksidanlar, toplam fenolik bileşikler ve anti radikal aktivite içeriğini belirlemek ve karşılaştırmak amacıyla yapmış oldukları bir çalışmada arı polenini, 42°C'deki hava sirkülasyonu ile sıcak hava ile ve 60°C'de 24 saat boyunca 0.046 mbar vakum altında liyofilizasyon ile kurutmuşlardır. Araştırmacılar toplam antioksidan içeriğini (DPPH guercetin eşdeğeri); toplam flavonoidleri, toplam fenoller ve antiradikal aktiviteyi (DPPH absorpsiyonu ile) spektrofotometrik yöntemle belirlemişlerdir. Buna göre en yüksek toplam antioksidan içeriğinin - 29.75mg QC/100mg ile taze polende olduğu bildirilmiştir. Taze polendeki toplam fenol içeriğinin 61.64 mg GAE/g, kuru polende 56.89 mg GAE/g ve liyofilize yöntemle kurutulmuş polende ise 54.11mg GAE/g olduğu saptanmıştır. Ayrıca araştırmacılar hem ısıl işlem ile hem de liyofilizasyon ile kurutma ile işlemlerinde polendeki flavonoid miktarının azaldığını bildirmişlerdir. Bu çalışmada, liyofilizasyon işlemine göre 42°C'de kurutulan polenlerde toplam antioksidan, toplam flavonoid, toplam fenol ve antiradikal aktivite kaybının daha az olduğu rapor edilmiştir.

Conte ve ark., (2017) tarafından yapılan bir çalışmada kestane ve söğüt bitkilerinden arılar tarafından toplanan polenlerin lipit bileşimindeki değişimler üzerine hem mikrodalga destekli kurutma hem de liyofilizasyon ile kurutma yöntemlerinin etkisi araştırılmıştır. Araştırmacılar, kestane polenini daha yüksek omega-6 yağ aside içeriği ile karakterize etmişler, söğüt poleninin ise daha yüksek konsantrasyonda omega-3 yağ asidini ve karotenoidleri içerdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca mikrodalga ile kurutmanın polendeki antioksidan maddeler üzerine olumsuz etkisi olduğunu tespit etmişler liyofilizasyon ile kurutma işleminin hem kestane hem de söğüt poleni için olumsuz etkilerinin olmadığını rapor etmişlerdir. Bu kanıtlar bal arısı tarafından toplanan ticari polenlerin tedavi amaçla kullanılmalarında yeni ve etkili bir yöntem olarak dondurarak kurutma işlemini aday göstermektedir.

Altunalmaz ve ark., (2017) tarafından Türkiye'nin çeşitli bölgelerinde (20 örnek) ve ithal edilen arı poleninde (4 örnek) üretilen mineral element ve ağır metal seviyeleri İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES) cihazıyla çalışılarak tespit edilmiştir. Türkiye'de üretilen arı polenlerinin mineral ve ağır metal seviyeleri şu ağırlıklarda belirlenmiştir (minimum/maksimum, µg/g

polen); Cr (krom): 0.124-1.596, Cu (bakır): 3.728-14.994), Fe (demir): 28.603-725.360, Mg (magnezyum): 271.107- 1278.340, Mn (magnezyum): 8.151-201.036, Se (selenyum): 0.593-5.085, Zn (çinko): 14.832-39.079, B (bor): 0.592-61.33, Ni (nikel): 0.002-1.761, Si (silikon): 0.082-10.500, K (potasyum): 992.107- 2894.154, Ca (kalsiyum): 491.853- 1472.102, P (fosfor): 795.899-5246.992, Cd (kadminyum): 0.006-0.181, Pb (kurşun): 0.000-0.479 ve As (arsenik): 0.006-1.035 olarak bulunmuştur. Bu çalışmanın sonucunda Türkiye’de üretilen arı polenlerinin Se, Mn, Cr ve Cu eser elementleri açısından iyi bir mineral kaynağı olabileceği sonucuna varılabilir.

Kayacan ve ark., (2018) yapmış oldukları bir çalışmada 5 mm kalınlığındaki taze, 40, 45 ve 50°C’lerde sıcak hava ile kurutulan ve 60 mbar’lık vakum altında kurutulan arı polenlerinin kuruma kinetiğini, biyoaktif bileşenlerini ve renkleri üzerinde meydana gelen değişimleri incelemişlerdir. Araştırmacılar, hava sıcaklığının artması ile nem içeriği ve kurutma sürelerinde azalma meydana geldiğini bildirmişlerdir. Numunelerin istenilen nem içeriğine ulaşmaları için 40, 45 ve 50°C’deki sıcak havadaki kuruma sürelerinin sırasıyla 400, 285 ve 225 dakika; olduğu, vakumlu kurutmada ise bu sürelerin 90, 75 ve 60 dakika olarak tespit edildiği bildirilmiştir. Araştırma sonucunda, kurutma yöntemine ve sıcaklığına bağlı olarak polenin toplam fenolik içeriğinde azalma meydana geldiği, vakum koşullarında kurutulmuş polenin toplam fenolik içeriğinin, sıcak hava koşullarında kurutulmuş polenin toplam fenolik içeriğinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sıcak hava ile kurutmada maksimum toplam fenolik, içerik 50°C’de (6.67±0.07 mg GAE/g) bulunmuştur. Bunun nedeni, bu sıcaklıktaki kuruma süresinin, 40 ve 45°C sıcaklıklarının kuruma işlem sürelerinden daha kısa olmasıdır. Ayrıca araştırmacılar sıcak hava ile kurutma ve vakumlu kurutmayı karşılaştırmışlar ve tüm sıcaklıklarda vakumla kuruyan polenin, sıcak hava ile kuruyan polenlere göre daha düşük renk değişimine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Buna göre en düşük renk değişiminin gerçekleştiği 40°C’ deki vakumlu kurutma da L, a ve b değerlerinin sırasıyla 50.90±0.65, 9.17±0.86 ve 41.00±0.65 olduğu tespit edilmiştir. En yüksek renk değişiminin gerçekleştiği 50°C’ deki sıcak hava ile kurutma da ise L, a ve b değerleri sırasıyla 47.45±1.44, 13.54±0.97 ve 33.06±0.97 olarak bulunmuştur.

Yapılan başka bir çalışmada sıcak hava kurutma, vakum kurutma, dondurarak kurutma, mikrodalga kurutma ve mikrodalga destekli vakumlu kurutma gibi yöntemlerle kurutulmuş arı poleninde HMF oluşumu, diastaz aktivitesi ve prolin içeriğinde meydana gelen değişiklikler incelenmiştir. Arı poleni sıcak hava ve vakum kurutma (300-500 mbar) da 35, 50 ve 65°C sıcaklıklar da %8'den az nem içeriğine düşürülmüştür. Mikrodalga destekli vakumlu kurutma ve vakumlu kurutma işlemlerinde ise 300, 450, 600 ve 900 W güç seviyeleri uygulanmıştır. Analizler de taze ve kurutulmuş polenler arasında bir karşılaştırma yapılmıştır. 600 ve 900 W güç seviyelerinde yapılan mikrodalga kurutma ve mikrodalga destekli vakumla kurutulan numunelerin diğer kurutma işlemlerine oranla diastaz sayısında büyük bir azalma olup özellikle 900 W güç seviyesindeki mikrodalga ile kurutmada diastaz seviyesinde %72-%76 oranında azalma meydana gelmiştir. Sıcak hava ve vakumlu kurutmanın 50°C'deki diastaz sayısı taze polenle hemen hemen aynı değerleri vermiştir. Taze polenin HMF içeriği 3.279 ile 4.339 mg/kg arasında iken dondurarak kurutmanın HMF içeriği hemen hemen benzerlik göstermiştir. Sıcak hava ve vakumlu kurutma ile kurutulan numunelerin HMF içeriği 3.279 ile 4.339 mg/kg arasında değişmiştir. Kurutulan tüm numuneler içinde en yüksek HMF değeri 450 ve 600W mikrodalga ve mikrodalga destekli vakumlu kurutma ile yapılan işlemlerde elde edilmiştir. Prolin içeriğine bakıldığında ise 100g taze polenin prolin içeriği kuru temelde 1.904 ile 2.218 g arasında değişmektedir. Kurutma işlemlerinden sonra prolin miktarında hafif bir düşüş olmasına rağmen dondurarak ve sıcak hava ile kurutmada en az düşüş gerçekleşmiştir (Kantar ve Mazi, 2019b).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Arı Polenini

Antalya ilindeki yerel bir arııcıdan temin edilen arı polenleri 200 gramlık kilitli poşetlere konularak analizlere başlanılana kadar -20°C’de derin dondurucuda depolanmıştır.



Şekil 3.1 Arı Poleninin Temin Edildiği Alan

3.1.2 Kimyasallar

Tüm kimyasallar Sigma Aldrich ve Merck firmasından tedarik edilmiştir.

3.2 Yöntem

3.2.1 Arı Poleninin Kurutulması

Türk Standartları Enstitüsü, Polen standard TS 10255 (ICS 65.140) göre kurutulmuş polenin nem miktarı %10’dan fazla olmamalıdır. Antalya ilindeki yerel üreticiden temin edilen arı poleni kızılötesi lambalı ve fanlı etüv olmak üzere 2 farklı yöntemle polendeki nem miktarı en fazla %8 nem olacak şekilde kurutulmuştur.

3.2.1.1 Fanlı Etüvde Kurutma İşlemi

Taze arı polenleri 40, 45, 50, 55, 60, 65 ve 100°C’ler deki fanlı etüvde nem değeri %8 olucaya kadar kurutulmuştur.

3.2.1.2 Kızılötesi Işın ile Kurutma

Polen örnekleri kızılötesi lambalı kurutucuda (Radwag MAC 50, Poland) 40, 45, 50, 55, 60, 65 ve 100°C’ler nem değeri %8 olucaya kadar kurutulmuştur.

3.2.2 Yapılan Analizler

3.2.2.1 Nem Tayini

Taze ve kurutulmuş arı polenleri (2 g) nem miktarı nem tayin cihazı (Radwag MAC 50, Poland) kullanılarak belirlenmiştir (Kantar ve Mazı, 2019b).

3.2.2.2 Renk Analizi

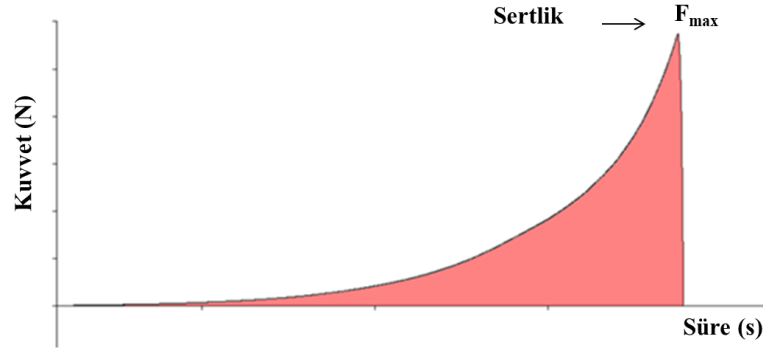
Taze ve kurutulmuş polen örnekleri L* (açıklık-koyuluk), a* (kırmızılık-yeşillik), b* (sarılık-mavilik) renk değerleri renk ölçüm cihazı (CSM 1, PCE Instruments, Meschede, Germany) kullanılarak ölçülmüştür (Francis, 1998).

3.2.2.3 Tekstürel Analiz

Örneklerinin sertlik değerleri (model TA-XT plus, Stable Micro System, England) marka tekstür cihazı ile belirlenmiştir. Analizler 5ml lik behere (yükseklik: 30mm, iççap: 18mm) 2g örnek konulduktan sonra 10mm'lik silindir prob (P/10) kullanılarak oda sıcaklığında yapılmıştır. Test parametreleri; Ön Test Hızı: 1.5 mm/s, Test Hızı: 1.0 mm/s, Test Sonrası Hız: 10.0 mm/s, Mesafe yüksekliğin %50'si, tetikleme tipi otomatik 5 g, olarak seçilmiştir (Thakur ve Nanda, 2018). Analiz sonucunda ölçülen maksimum kuvvet (F_{max}) örneklerinin sertlik değerleri (Newton, N) olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.2 Tekstürel Analiz Cihazı



Şekil 3.3 Tekstürel Analiz Sonucu Elde Edilen Sertlik Grafiği

3.2.2.4 Uçucu Bileşen Profili Analizi

Arı poleni örneklerinin uçucu bileşenleri gaz kromatografisi – kütle spektrometresi (GS-MS) ile combine edilmiş Tepe Boşluğu - Katı Faz Mikro Ekstraksiyonu (HS-SPME) tekniği ile tespit edilmiştir. Katı faz mikro ekstraksiyon yaş meyve yöntemi esas alınarak (SPME, Supelco, Germany) gerçekleştirilmiştir. 15 mL vialin 1/3 hacmini kaplayacak şekilde konulan örnekler 60°C’de 15dk fibersiz ve 60dk fiberli (Fused silica SPME fiber CAR/PDMS, 75µm) tutularak tepe boşluğundan uçucu bileşenler adsorbe edilmiştir. Fibere absorbe edilen uçucu bileşenler Rxi-5Sil MS kapiler kolon takılı (30m x 0.25mm, 0.25µm, Restek) GC-MS cihazına (Shimadzu 2010 PLUS) enjekte edilmiştir (deapsorpsiyon: 3dk; split oranı: 1/25). Sıcaklık program fırın sıcaklığı 40°C ’de 2 dakika bekledikten sonra 4°C/dk artışla 250°C’ye ulaşacak ve bu sıcaklıkta 3 dakika bekleyecek şekilde yapılmıştır. Enjektör bloğu ve dedektör sıcaklıkları 250°C olarak ayarlanmıştır. İyonlaştırma türü olarak EI (70 eV) ve taşıyıcı gaz olarak Helyum (1.61 mL/dakika) kullanılmıştır (Mazı ve ark., 2019). Uçucu bileşenlerinin tanımlanmasında Wiley, Nist, FFNSC kütüphanesinden yararlanılmış ve yüzde değerleri tanımlanan piklerin toplam alanı üzerinden hesaplanmıştır.

3.2.2.5 İstatiksel Analiz

Analizlerden elde edilen sonuçlar Minitab17 istatistik program kullanılarak istatistiği değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Varyans analiz tekniği ile (ANOVA) grup ortalamaları arasındaki farklar belirlenmiştir. Önemli bulunan ana varyasyon kaynaklarının ortalamaları Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi’yle karşılaştırılmıştır (p < 0.05).

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 Kurutma Süresi ve Nem Değerleri

Bu çalışmada yaklaşık %16 nem içeriğine sahip olan arı polenleri kullanılmıştır. Farklı kurutma yöntemleri ve farklı sıcaklıklar uygulanarak arı polenin nemi içeriği %8'e ulaşana kadar kurutma işlemleri sürdürülmüştür. Araştırmada kullanılan farklı kurutma yöntemleri için uygulanan farklı sıcaklıklar ve kurutma işlemi sonucunda ulaşılan nem değerleri Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 Farklı Kurutma Yöntemleri ve Farklı Sıcaklıklarda Kurutulan Polenlerin Nem ve Kurutma Süresi Değerleri

Örnek	Kurutma Yöntemi	Sıcaklık (°C)	Kurutma Süresi (dk)	Nem (%)
FE40	Fanlı Etüv	40	53±4	7.85±0.21
FE45		45	39±1	8.05±0.64
FE50		50	31±1	7.80±0.71
FE55		55	22±2	7.85±0.07
FE60		60	19±1	7.80±0.28
FE65		65	13±1	7.50±0.14
FE100		100	7±1	7.55±0.35
KT40	Kızılötesi	40	80±2	8.03±0.25
KT45		45	56±3	7.60±0.20
KT50		50	37±4	7.73±0.32
KT55		55	31±1	8.13±0.25
KT60		60	23±3	7.87±0.38
KT65		65	22±4	7.70±0.20
KT100		100	6±1	7.93±0.21

Sonuçlar her iki yöntemde de sıcaklığın artmasıyla kurutma sürelerinin büyük ölçüde azaldığını göstermiştir. Arı polen örneklerinin fanlı etüv ile 40, 45, 50, 55, 60, 65 ve 100°C sıcaklıklarda hedeflenen nem içeriğine kadar kurutulması sırasıyla 53, 39, 31, 22, 19, 13 ve 7 dakika sürmüştür. Sıcaklık 40°C'den 100°C'ye yükseltildiğinde kuruma süresi % 87 azalmıştır. Arı polen örneklerinin kızılötesi ile 40, 45, 50, 55, 60, 65 ve 100 °C sıcaklıklarda kurutulması ise sırasıyla 80, 56, 37, 31, 23, 22 ve 6 dakika sürmüştür. Kurutma sıcaklığı 40°C'den 100°C'ye yükseltildiğinde kuruma süresi %92,5 azalmıştır.

Isık ve ark., (2019) yapmış oldukları benzer bir çalışmada polen örneklerini farklı güç seviyelerinde (50, 62, 74 ve 88 W) kızılötesi kurutma işlemi ile kurutmuşlar ve örneklerin istenilen son nem içeriğine kadar kurutulması için gereken sürenin sırasıyla 170, 130, 80 ve 50 dk olduğunu belirlemiştir. Kızılötesi gücü 50

W'dan 88 W'a yükseltildiğinde kuruma süresi % 70,6 kısaltılmıştır. Bunun nedeni, kütle transfer oranının yüksek güç seviyelerinde daha yüksek olmasıdır. Selvi (2020) ıhlamur yapraklarına kızılötesi ışın ile 50, 60 ve 70°C 'lerde 20 ile 50 dakika arasında değişen sürelerde kurutma işlemi uygulamış ve kuruma süresinde artan sıcaklık ile birlikte % 250 oranında bir azalma olduğunu gözlemlemiştir.

4.2 Tekstür Analiz Bulguları

Farklı kurutma yöntemleri ve farklı sıcaklıklarda kurutulmuş polen örneklerinin sertlik değerleri (Newton, N) 5 ölçümün ortalaması şeklinde Çizelge 4.1'de verilmiştir. Taze arı polenin sertliğinin iki farklı kurutma yöntemi ve sıcaklık dereceleriyle kıyaslandığında en düşük sertlik değerine (21.1023 N) sahip olduğu belirlenmiştir. İstatistiksel açıdan değerlendirildiğinde 40°C kurutulan örnek (27.0821 N) hariç fanlı etüv ile kurutulan arı poleni örneklerinin aynı grupta yer aldığı ve sertlik değerlerinin 31.0269 ile 32.0665 N arasında değiştiği belirlenmiştir. Fanlı etüv kurutma sıcaklığındaki artışın arı poleni örneklerinin sertliğinde artışa neden olduğu ancak sertlikteki artışın sıcaklıkla paralel olarak artmadığı belli limitler arasında salınım gösterdiği gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.2 Farklı Kurutma Yöntemleri ve Farklı Kurutma Sıcaklığıyla Kurutulmuş Polenlerin Sertlik Değerleri

Örnek	Kurutma Yöntemi	Sıcaklık (°C)	Sertlik (N)
TP	Taze Polen	-	21.1023±1.6850F
FE40		40	27.0821±1.9932E
FE45		45	31.0269±1.9905ABCD
FE50		50	31.1123±1.9835ABCD
FE55	Fanlı Etüv	55	31.2180±1.1486ABCD
FE60		60	32.0457±1.5550ABC
FE65		65	31.7868±0.9020ABC
FE100		100	32.0665±1.5903ABC
KT40		40	26.9879±2.4150E
KT45		45	26.9879±2.4150DE
KT50		50	28.9666±1.1258CDE
KT55	Kızıl ötesi	55	30.7739±2.0560BCDE
KT60		60	30.7566±1.5248BCDE
KT65		65	33.0473±2.1875AB
KT100		100	34.7610±0.7041A

Uygulanan iki farklı kurutma yönteminde en yüksek ve en düşük sertlik değerleri kızılötesi ile kurutulan polen örneklerinde ölçülmüştür. Kurutulmuş tüm örneklerin içerisinde en yüksek sertlik değeri (34.761 N) kızılötesi ile 100°C 'de kurutulan polen örneğinde belirlenmiştir. En düşük sertlik değerleri ise kızılötesi kurutma ile 40 ve 45°C de kurutulan polen örneklerinde 26.8979 N ölçülmüştür. Kızılötesi ile kurutulan polen örneklerinin sertlik değerleri uygulanan sıcaklık derecelerinin artmasıyla birlikte artış göstermiştir. Her iki yöntemde de 100°C 'de kurutulan örneklerde en yüksek sertlik değerlerine ulaşılmıştır.

Günümüzde arı poleni konvansiyonel olarak 40°C sıcaklıklarda elektrikli ısıtıcı ile ısıtılan ve nemin kesintisiz çıkışını sağlayan fanlı fırınlarda kurutulmaktadır (Barajas ve ark., 2012; Bogdanov, 2012, 2015; Brindza ve ark., 2014). Bu tez çalışmasında konvansiyonel yöntemi temsil eden 40°C'de fanlı etüv ile kurutulan arı poleni örneğine (27.0821 N) en yakın sertlik değerleri kızılötesi ile 40°C, 45°C ve 50°C kurutulan arı poleni örneklerinde belirlenmiştir. Örneklerin sertlik değerleri sırası ile 26.9879 N, 26.9879 N ve 28.9666 N olarak ölçülmüştür. Konvansiyonel yöntem baz alındığında tekstürel açıdan en uygun örneklerin 40°C, 45°C ve 50°C sıcaklıklarda kızılötesi ile kurutulan arı poleni örneklerinin olduğu söylenebilir.

4.3 Renk Analiz Bulguları

Taze polen ve iki farklı kurutma yöntemi ile 7 farklı kurutma sıcaklığında kurutulan polen örneklerinin L* (açıklık-koyuluk, L* = 0 siyah, L* = 100 beyaz), a* (+a* kırmızı, -a* yeşil), b* (+b* sarı, -b* mavi) renk değerlerinin ortalamaları ve tekerrürlar arası standart sapma değerleri Çizelge 4.2.1'de verilmiştir. Renk analizi sonuçları 5 polen örneği ölçümünün ortalaması şeklinde verilmiştir. Renk, ürünlerin niteliğini ve kalitesini belirleyen önemli özelliklerden biridir. Gıda alanında renk ölçüm sistemleri; meyve ve sebze olgunluk durumu, kalitesi, kurutulmuş ürünlerin renk kalitesi ile ham ve işlenmiş gıdaların (et, ekmek, un, hamur, meyve suyu, pekmez, çikolata, sıvı yağ, süt, süt ürünleri, makarna, marmelat, v.b) renk kalitesinin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Keskin, 2017).

Taze arı poleni örneğinin L*, a* ve b* renk değerleri sırasıyla 44.266±0.704, 21.774±2.22 ve 34.544±1.131 olarak tespit edilmiştir. Kızılötesi kurutma yöntemiyle kurutulmuş arı polenleri taze arı polenine göre daha düşük L* ve b* değerleri

gösterirken, kızılötesi ile kurutulmuş arı poleni örneklerinin a*değerleri taze arı poleninden daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.3 Farklı Kurutma Yöntemi ve Farklı Kurutma Sıcaklığıyla Kurutulmuş Polenlerin Renk Değerleri

Örnek	Kurutma Yöntemi	Sıcaklık (°C)	L*	a*	b*
TP	Taze Polen	-	42.266±0.704A	21.774±2.220A	34.544±1.131A
FE40		40	37.298±2.060B	21.760±1.662A	29.140±2.530BC
FE45		45	36.872±1.819B	21.370±3.610A	28.266±1.975BC
FE50		50	38.102±2.174B	23.660±2.700A	30.440±2.430BC
FE55	Fanlı Etüv	55	38.778±1.462B	21.854±1.953A	30.744±1.816ABC
FE60		60	39.150±2.009A	23.036±1.618A	31.672±2.092AB
FE65		65	37.238±0.697B	23.564±1.122A	29.578±0.909BC
FE100		100	37.440±1.620B	23.264±0.713A	29.294±0.693BC
KT40		40	36.8584±1.062B	22.766±1.996A	29.258±1.233BC
KT45		45	36.904±1.513B	22.518±1.902A	29.092±1.595BC
KT50		50	38.102±2.57B	21.780±2.500A	27.970±3.570BC
KT55	Kızılötesi	55	38.212±0.398B	24.070±2.250A	30.864±0.570ABC
KT60		60	37.982±0.426B	22.656±1.376A	29.642±1.518BC
KT65		65	36.512±1.204B	24.530±2.270A	28.928±1.632BC
KT100		100	36.020±0.625B	21.578±1.919A	27.468±1.284BC

Aynı şekilde fanlı etüv ile kurutulmuş arı polenlerinin de taze arı polenine göre daha düşük L* ve b* değerleri gösterdiği, a* değerlerinin ise taze arı polenine göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlara bağlı olarak L* değerindeki düşüş ile birlikte rengin koyulaştığı, b* değerindeki düşüş ile rengin sarıya doğru kaydığı ve a* değerindeki artışa bağlı olarak polen renginin kırmızıya doğru kaydığı görülmektedir. Renk değişiminin derecesi kuruma sıcaklığı ve kurutma süresinden etkilenmiştir. Her iki yöntemde de a* değerindeki artış ve L* değerlerindeki azalışın kurutma işlemi sırasında meydana gelen enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonundan (Maillard reaksiyonu) kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü Maillard reaksiyonlarında sıcaklık derecesi ne kadar yüksek olursa gıdanın

rengindeki koyuluk da o kadar artmaktadır. O yüzden arı polenlerine uygulanan kurutma sıcaklığının yükselmesi ile L^* ve b^* değerlerinde düşüş gözlemlenmiştir.

Işık ve ark., (2019) yapış oldukları araştırmada 50, 62, 74 ve 88 W gücündeki kızılötesi kurutma işlemleri ile kuruttukları polen numunelerinin taze arı polenine göre daha düşük L^* ve b^* değerleri gösterdiği, a^* değerlerinin ise taze arı poleninkinden daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlar bu tez çalışmasındaki sonuçları destekler niteliktedir. Işık ve ark., (2019) L^* değerindeki azalma ve a^* değerindeki artışın Maillard reaksiyonundan kaynaklandığını bildirmişlerdir. Taze polenin rengine en yakın değerleri 50 W'da kurutulan örneklerde saptamışlardır.

Taze arı polenin a^* değeri ile karşılaştırıldığında en yüksek a^* değerleri KT55 ve KT65 numunelerinde gözlenmiştir. Yani a^* değeri kızılötesi kurutma ile daha yüksek değerine ulaşmıştır. L^* ve b^* değerlerinin her ikisinde en yüksek olduğu numune FE60 olarak belirlenmiştir.

Genel olarak Çizelge 4.3 incelendiğinde fanlı etüvdeki renk sonuçları arasında anlamlı bir fark gözükmemektedir. Taze arı polenin L^* değeri 42.266 iken farklı sıcaklıklarda kurutma işlemi uygulanan polenlerinin L^* değerleri 36.872 ile 39.150 arasında değişim göstermektedir. Fakat bu değişim sıcaklık derecesinin artması ile doğrusal olarak azalmamıştır. O yüzden L^* değerlerindeki değişim sıcaklık derecesi ile ilişkilendirilmemektedir. Çizelge 4.3'deki sonuçlar değerlendirildiğinde en yüksek L^* değeri FE60'de (39.150) bulunmuştur. Bunu sırasıyla FE55 (38.778), FE50 (38.102), FE100 (37.440), FE40 (37.298), FE65 (37.238) ve FE45 (36.872) takip etmektedir.

Fanlı etüv ile kurutma işleminde a^* değerleri incelendiğinde ise taze arı polenin 21.774 iken farklı sıcaklıklar uygulanan arı polenlerinin a^* değerleri 21.370 ile 23.660 arasında bir değişim göstermiştir. a^* değerlerindeki artış da sıcaklıkla beraber doğrusal olarak artış göstermemiştir. Çizelge 4.3'deki sonuçlar değerlendirildiğinde en yüksek a^* değeri FE50'da (23.660) bulunmuştur. Bu sonucu sırasıyla FE65 (23.564), FE100 (23.264), FE60 (23.036), FE55 (21.854), FE40 (21.760) takip etmektedir. En düşük a^* değeri FE45'de (21.370) tespit edilmiştir. FE50 kırmızıya en yakın değer olarak bulunmuştur.

b* değerlerine bakıldığında fanlı etüvde kurutulmuş arı polenlerinde bir düşüş gözlenmesine rağmen burda da aynı şekilde doğrusal olarak bir düşüş gözlenmemiştir. Taze arı polenin b* değeri 34.544 olarak bulunmuştur. En yüksek b* değeri FE60'de (31.672) bulunmuştur. Bunu sırasıyla FE55 (30.744), FE50 (30.440), FE65 (29.578), FE100 (29.294) ve FE40 (29.140) takip etmektedir. En düşük değer ise FE45'de (28.266) bulunmuştur.

Kızılötesi ile kurutulan arı polenlerinin L* değerine incelendiğinde ise 36.020 ile 38.212 arasında değişmiştir. Taze arı polenin L* değeri 42.266 iken kurutma sonrası L* değerlerinde belirgin bir düşüş olmuştur. Fakat anlamlı bir değişim gerçekleşmemiştir. En yüksek değer yani taze polene en yakın olan değer KT55 örneğinde (38.212) ölçülmüştür. Bu sonucu sırasıyla KT50 (38.102), KT60 (37.982), KT45 (36.904), KT40 (36.858) ve KT65 (36.512) örnekleri takip etmektedir. En düşük L* değerini ise KT100 örneğinde (36.020) belirlenmiştir.

a* değerleri kızılötesi kurutma işleminde 21.578 ile 24.530 arasında değişim göstermiştir. En düşük değerini KT100'de, en yüksek değerini ise KT65'de göstermiştir. Taze arı poleninde bu değer 21.774 olarak bulunmuştur. Taze arı polenine en yakın değer 21.780 ile KT50 olmuştur.

Taze arı polenin b* değeri 34.544 olarak bulunmuştur. Kızılötesi kurutma sonrası en yüksek değerini KT55'de (30.864) almıştır. Bunu sırasıyla takip eden KT60 (29.642), KT40 (29.258), KT45 (29.092), KT65 (28.928), KT50 (27.970) olarak tespit edilmiştir. En düşük değeri ise KT100'de (27.468) bulunmuştur.

Arı polenlerinin fanlı etüv ve kızılötesi ışın ile kurutulup öğütüldükten sonra un haline getirilip renk ölçümleri yapılmıştır. Öğütülüp un haline getirilen arı polenlerinin renk değerlerinin ortalamaları ve tekerrürler arası standart sapma değerleri Çizelge 4.4'de verilmiştir. Tane olarak baktığımız renk değerlerine göre un haline getirilen taze arı polenlerinin renk değerleri genel olarak daha yüksek çıkmıştır. Taze arı polenin L*, a* ve b* renk değerleri sırasıyla 53.426, 24.408 ve 53.014 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.4 Farklı Kurutma Yöntemi ve Farklı Kurutma Sıcaklığıyla Kurutulmuş Öğütülmüş Polenlerin Renk Değerleri

Örnek	Kurutma Yöntemi	Sıcaklık (°C)	L*	a*	b*
TP	Taze Polen	-	53.426±0.451A	24.408±0.61A	53.014±1.139A
FE40	Fanlı Etüv	40	49.212±1.957AB	25.054±1.30A	47.300±2.950ABC
FE45		45	48.896±2.195AB	24.306±1.90A	47.482±1.731ABC
FE50		50	47.516±1.333AC	24.444±1.24A	44.200±1.895BC
FE55		55	48.680±2.500AB	25.698±0.79A	46.690±3.730ABC
FE60		60	47.910±3.260AC	25.494±1.33A	45.130±4.250BC
FE65		65	50.526±2.108AB	24.032±1.44A	47.380±4.270ABC
FE100		100	49.690±1.194AB	24.252±1.27A	50.310±3.620AB
KT40	Kızılötesi	40	47.280±3.510BC	24.426±1.51A	43.790±2.480BC
KT45		45	48.030±3.45ABC	24.748±1.43A	45.350±4.550ABC
KT50		50	47.310±1.642AC	25.332±0.87A	44.426±2.119BC
KT55		55	46.770±3.730BC	25.608±2.09A	43.870±4.550BC
KT60		60	46.420±2.061BC	24.832±1.86A	43.020±3.590BC
KT65		65	42.370±5.570C	27.200±5.15A	42.370±5.570C
KT100		100	47.828±1.896AC	23.572±1.1A	47.828±1.896ABC

Hem kızılötesi hem de fanlı etüvde kurutma işlemleriyle kurutulmuş ve öğütülüp un haline getirilmiş arı polenlerinin L* ve b* renk değerlerinde taze arı polenine göre bir düşüş gözlenmiştir. Her iki kurutma yöntemiyle kurutulmuş arı polenlerinin a* değerlerinde ise çok büyük bir fark olmasa da genel olarak bir artış olmuştur. Fanlı etüv ve kızılötesi kurutma işlemi kıyaslandığında kızılötesi kurutmanın L* ve b* değerlerinde daha belirgin bir düşüş yani esmerleşme (koyuluk) görülmektedir. Bunun nedeni fanlı etüv yüzeyden merkeze doğru bir kurutma sağlarken kızılötesi ise daha çok hacimsel bir kurutma gerçekleştirmektedir. L* değeri FE100'de 49.690 iken KT100'de 47.828 olarak bulunmuştur. Aynı şekilde b* değerleri ise FE65'da 47.380 iken KT65'de 42.370 olarak bulunmuştur.

Öğütülmüş arı polenin L* değeri 53.426 iken etüv ile kurutma işleminde en yüksek değerini FE65'da 50.526, en düşük değerini 47.516 ile FE50'da göstermiştir. En açık rengini 65°C'de, en koyu rengini ise 50°C'de görülmüştür. a* değerleri incelendiğinde ise en yüksek yani kırmızıya en yakın değerini 25.698 ile FE55'de, en düşük değerini ise 24.032 ile FE65'da almıştır. Taze arı polenin b* değeri 53.014 iken 50.317 ile FE100 en yüksek değerini (yani sarıya en yakın rengi), 45.130 ile FE60 en düşük (sarıya en uzak) değerini almıştır.

Kızılötesi kurutma işlemi sonrasında öğütülmüş arı polenlerinde L* değeri en yüksek 48.030 ile KT45'de (en açık renk) ve en düşük 42.370 ile KT65 (en koyu renk) örneğinde ölçülmüştür. a* renk parametresi en yüksek değerini 27.200 ile KT65'de, en düşük değerini ise 23.572 ile KT100'de almıştır. b* renk parametresi değerleri kıyaslandığında en yüksek b* değeri KT100'de (47.828) ve en düşük b* değeri KT65'de (42.370) belirlenmiştir.

Çizelge 4.4'de verilen fanlı etüv ile kurutma sonuçları değerlendirildiğinde en yüksek L* değeri FE65 (50.526) ile FE100'de (49.690) bulunmuştur. Bu sonuçları sırasıyla FE40 (49.212), FE45 (48.896), FE60 (47.910) takip etmekte olup en düşük L* değeri ise FE50'da (47.516) ölçülmüştür. Buradan çıkan sonuçlara göre en yüksek L* değerleri yani taze arı polenine en yakın değerler sıcaklığın en düşük-sürenin en uzun ve sıcaklığın en yüksek-sürenin en kısa olduğu uç noktalarda bulunmuştur. Fanlı etüv ile yüksek sıcaklık-kısa süre ısı yükü uygulandığında arı poleninde Maillard reaksiyonlarının çok da etkili olmadığı söylenebilir.

Fanlı etüv ile kurutmada a* değerlerine bakıldığında ise en yüksek değerler FE55 (25.698) ile FE60'de (25.494) tespit edilmiş olup bu sonuçları sırasıyla FE40 (25.054), FE50 (24.444), FE45 (24.306), FE100 (24.252) ve FE65 (24.032) izlemiştir. Maillard reaksiyonlarının da etkisiyle renk kırmızıya doğru kaymıştır.

Fanlı etüv ile kurutmada b* değerleri incelendiğinde en yüksek değerini FE100'de (50.310) almıştır. Bunu sırasıyla FE45 (47.482), FE40 (47.300), FE65 (47.380), FE55 (46.690), FE60 (45.130) takip etmektedir. En düşük b* değerini de FE50 (44.200) ile almıştır. Sarıya en yakın değerini en yüksek ve en düşük süredeki kurutma işleminde almıştır.

Kızılötesi ışın ile kurutulmuş arı polenlerini incelediğimiz de en yüksek L* değeri KT45'de (48.030) tespit edilmiştir. Bunu sırasıyla KT100 (47.828), KT50 (47.310), KT40 (47.280), KT55 (46.770) ve KT60 (46.420) izlemiştir. En düşük L* değerini ise KT65 (42.370) almıştır.

a* değerleri incelendiğinde ise kızılötesi kurutma ile en yüksek sonuca KT65 (27.200) ile ulaşılmıştır. Bu sonucu sırasıyla KT55 (25.608), KT50 (25.332), KT60 (24.832), KT45 (24.748), KT40 (24.426) takip etmektedir. En düşük yani maillard reaksiyonlarına en az maruz kalmamış arı poleni ise KT100'de (23.572) görülmektedir.

Kızılötesi ile kurutma işlemi ile b* değerinde en yüksek değere KT100 (47.828) ile ulaşılmıştır. Bunu sırasıyla KT45 (45.350), KT50 (44.426), KT55 (43.870), KT40 (43.790) ve KT60 (43.020) izlemektedir. b* değeri en düşük değerini ise KT65 (42.370) ile almıştır. En yüksek değerini KT100 ile alarak sarı renge aynı zamanda taze arı polenine en yakın değeri almıştır.

4.4 Uçucu Bileşen Analiz Bulguları

Arı polenindeki uçucu bileşiklerin alıkonma zamanları, aroma profilleri ve Kimyasal Özler Servisi (Chemical Abstracts Service, CAS) numaraları Çizelge 4.5'te verilmiştir. Arı poleninde toplamda 59 tane aroma bileşeni bulunmuştur. En düşük alıkonma zamanına sahip olan bileşen 1.145 dk ile β -ionone epoksid (meyve ve odun aroma profili) ve en uzun alıkonma zamanına sahip olan bileşen ise pentadekanol (35.335 dk) olarak belirlenmiştir.

Arı poleninini uçucu bileşikleri asitler, alkoller, aldehitler, furan türevleri, hidrokarbonlar, ketonlar ve terpenoidler olarak sınıflandırılabilir. Bu bileşikler genellikle bitkilerden veya nektarlardan gelmektedir. Arı poleninini renk, aroma ve lezzet bileşenleri çiçek kaynağına, mevsimsel değişkenlere ve coğrafi şartlara göre değişim göstermektedir (Bakchiche ve ark., 2020). Bunun dışında arı poleninini uçucu bileşenleri enzimatik olmayan Maillard reaksiyonunun sonucu olarak da oluşabilmektedir. Depolama, hasat, işleme zamanı ve koşullarında uçucu bileşiklerin içeriğini değiştirebilmektedir (Makowicz ve ark., 2019).

Çizelge 4.5 Arı Poleni Örneklerinde Tespit Edilen Uçucu Bileşenler.

Pik #	RI	Bileşen İsmi	CAS #	FEMA Aroma Profili
1	192	β -Ionone epoxide	23267-57-4	Meyve, odun
2	408	Acetaldehyde	75-7-0	Çiçek, yeşil elma
3	586	Ethyl Acetate	141-78-6	Aromatik, brendi, üzüm
4	621	3-Methyl-3-buten-2-one; Isopropenyl methyl ketone	814-78-8	Hoş
5	680	Ethyl vinyl carbinol; 1-Penten-3-ol	616-25-1	Tereyağı, balık, yeşil yaprak, oksitlenmiş, ıslak toprak
6	680	Triethyl amine	121-44-8	Amonyak, balıksı
7	698	Acetol; Hydroxyacetone	116-09-6	Tereyağı, ot, malt, keskin
8	716	Acetoin	513-86-0	Tereyağı, kremalı, yeşil biber
9	718	Methylbutyrate	623-42-7	Elma, muz, peynir, ester, çiçek
10	733	3-Penten-2-one; Methylpropenylketone	625-33-2	Yeşil çayda kestane benzeri aroma
11	742	α -Ethylfuran; 2-Ethylfuran	3208-16-0	Tereyağı, karamel
12	751	(E)-2-Pental; Pent-2(E)-enal	1576-87-0	Yeşil, mumsu ve meyveli
13	758	2-methyl-Valeraldehyde	123-15-9	Yeşil yaprak
14	773	Butyric acid	107-92-6	Elma, tereyağı, peynir, ananas, çilek
15	801	Capronaldehyde; Hexanal	66-25-1	Elma, yağ, taze, yeşil yaprak, petrolümsü
16	803	Ethyl Butyrate	105-54-4	Elma, tereyağı, peynir, ananas, çilek
17	845	Furfural	98-1-1	Badem, fırında patates, ekmek, yanmış, baharat
18	850	Hex-2(E)-enal; 2-Hexenal	6728-26-3	Taze yeşil yaprak, meyveli
19	887	Para-cymene	99-87-6	Narenciye, taze, çözücü
20	891	Styrene	100-42-5	Tatlı, balsam, çiçek, plastik

RI : Alıkonma indeks değeri

CAS # : Kimyasal Özler Servisi Numarası

FEMA : Aroma Maddesi ve Ekstrakt Üreticileri Birliği

Çizelge 4.5 Arı Poleni Örneklerinde Tespit Edilen Uçucu Bileşenler (Devamı).

Pik #	RI	Bileşen İsmi	CAS #	FEMA Aroma Profili
21	898	2-Heptanone; Methyl pentyl ketone	110-43-0	Mavi peynir, meyve, yeşil yaprak, fındık, baharat
22	906	Heptanal; Enanthaldehyde	111-71-7	Narenciye, yağ, yeşil yaprak, fındık
23	915	Propyl methyl ketone; 2-Pentanone	107-87-9	Meyve, keskin
24	922	Methyl caproate; Methyl hexanoate	106-70-7	Ester, taze meyve, ananas
25	933	α -Pinene	80-56-8	Sedir ağacı, çam, keskin
26	941	γ -Butyrolactone	96-48-0	Karamel, peynir, kavrulmuş fındık
27	953	Allyl thiopropionate	41820-22-8	Tuzlu
28	964	Benzaldehyde	100-52-7	Acı badem, yanmış şeker, vişne, malt, közlenmiş biber
29	972	2-ethylbutyl-Acetate	10031-87-5	Meyve
30	986	6-Methyl-5-hepten-2-one	110-93-0	Narenciye, mantar, biber, kauçuk, çilek
31	995	2-Ethylhexanol; 2-Ethylhexyl alcohol	104-76-7	Yeşil yaprak, gül
32	1003	Ethyl Caproate	123-66-0	Elma kabuğu, brendi, olgunlaşmamış meyve, ananas
33	1006	Caprylaldehyde; Octanal	124-13-0	Narenciye, yağ, yeşil yaprak, petrolümsü, keskin
34	1013	Oct-2(E)-enal	2363-89-5	Karahindiba, yağ, meyve, çim, yeşil yaprak, baharat
35	1030	Limonene	138-86-3	Limon kokusu
36	1038	3-Octen-2-one; (E)-3-Octen-2-one	18402-82-9	Donuk, yeşil yaprak, fındık, gül
37	1093	2-Nonanone; Heptyl methyl ketone	821-55-6	Hoşkokulu, meyve, yeşil yaprak, sıcak süt
38	1104	2-acetyl-Thiazoline	29926-41-8	Karamel, patlamış mısır, kavrulmuş
39	1107	Pelargonaldehyde; Nonanal	124-19-6	Yağ, çiçek, yeşil yaprak, limon
40	1112	(E)-2-Nonenal; Non-2(E)-enal	18829-56-6	Kağıt

RI : Alıkonma indeks değeri

CAS # : Kimyasal Özler Servisi Numarası

FEMA : Aroma Maddesi ve Ekstrakt Üreticileri Birliği

Çizelge 4.5 Arı Poleni Örneklerinde Tespit Edilen Uçucu Bileşenler (Devamı).

Pik #	RI	Bileşen İsmi	CAS #	FEMA Aroma Profili
41	1113	Phenethyl alcohol, 2-phenyl ethanal	122-78-1	Meyve, bal, leylak, gül, şarap
42	1123	Isophorone	78-59-1	Sedir ağacı, baharat
43	1125	Methyl Caprylate; Methyl octanoate	111-11-5	Meyve, portakal, balmumu, şarap
44	1152	(E,E)-2,6-nonadienal; trans,trans-2,6-Nonadienal	17587-33-6	Yeşil yaprak
45	1152	Isobutyl hexanoate; Isobutyl caproate	105-79-3	Yeşil yaprak, baharat
46	1174	Citral; Geranial	141-27-5	Limon kokusu
47	1183	Furfuryl pyrrole; N-Furfurylpyrrole	1438-94-4	Kakao, yeşil yaprak, kavrulmuş
48	1192	Octanoic acid; Caprylic acid	124-7-2	Peynir, yağ, çim, petrolümsü
49	1202	Ethyl octanoate; Octanoic acid, ethyl ester	106-32-1	Kayı, brendi, yağ, çiçek, ananas, elma aroması
50	1238	Neral	106-26-3	Limon kokusu
51	1268	Ketoisophorone	1125-21-9	Çiçek
52	1327	Methyl caprate; Decanoic acid, methyl ester	110-42-9	Yağlı, meyveli
53	1398	Decanoic acid; Capric acid	334-48-5	Toz, yağ, çim
54	1399	Ethyl caprate; Decanoic acid, ethyl ester	110-38-3	Mumlu, meyveli, tatlı elma
55	1426	Dihydroactinidiolide	15356-74-8	Meyve
56	1443	4-Methylsyringol; 2,6-Dimethoxy-4-methylphenol	6638-05-7	Fenolik, küflü ve dumanlı koku
57	1450	Geranyl acetone	3796-70-1	Meyve
58	1598	Ethyl laurinate; Dodecanoic acid, ethyl ester	106-33-2	Çiçek, meyve, yaprak
59	1784	Pentadecanol	629-76-5	Hafif alkol kokusu

RI : Alikonma indeks değeri

CAS # : Kimyasal Özler Servisi Numarası

FEMA : Aroma Maddesi ve Ekstrakt Üreticileri Birliği

Arı polenlerindeki uçucu bileşenlerden bitkisel kaynaklı olanlara β -ionon epoxid (meyve, odun) ve 6-Metil-5-hepten-2-one (narenciye, mantar, biber, kauçuk, çilek)'i örnek verilebilir.

Yapılan bu çalışma sonucunda, arı poleni örneklerine uygulanan kurutma sıcaklıklarından kaynaklanan Maillard reaksiyon ürünlerinin meydana geldiği belirlenmiştir. Fanlı etüv ve kızılötesi ile kurutma sonrasında arı poleni örneklerinde 2-asetil-tiyazolin (karamel, patlamış mısır, kavrulmuş), asetol (tereyağı, ot, malt, keskin), α -etilfuran (tereyağı, karamel), asetoin (tereyağı, kremalı, yeşil biber), furfural (badem, fırında patates, ekmek, yanmış, baharat), γ -bütirolakton (karamel, peynir, kavrulmuş fındık) ve furfural pirol (kakao, yeşil yaprak, kavrulmuş) gibi maillard ürünleri meydana gelmiştir. Alkoller baldaki lipitlerin oksidatif bozunması sonucu oluşmaktadır (Moreira ve ark., 2010). Arı poleninde en yüksek oranda bulunan ve alkol grubuna dahil olan fenetil alkol olup meyve, bal, gül ve şarap'da fazla miktarda bulunan bir bileşendir. Bunu ikinci olarak takip eden hekzanoik asitin etil alkolle esterifikasyonu sonucu oluşan etil kaproat olup elma kabuğu, brendi, meyveli sakız, olgunlaşmamış meyve ve ananas aroma profiline sahiptir.

Yapılan analizler sonucunda en yüksek asit çeşidi bütirik asit (%3.307) olarak tespit edilmiştir. Bakchiche ve ark., (2020)'nin yapmış oldukları benzer bir çalışma da arı poleninde en yüksek %21.28 ile linoleik asit bulmuşlardır. Arı polenlerinde aldehit gruplarından da birçok bileşen tespit edilmiştir. Bunlardan en belirgin olanı metil kaproat (%5.157) olup ester, taze meyve ve ananas aroma profiline sahiptir.

Arı poleninde bulunan uçucu bileşiklerden ketonlarında büyük bir çoğunluğu meyve, yeşil yaprak, baharat ve narenciye ağırlıklı bir profile sahiptir. Keton gruplarına %2.018 ile en yüksek 6-metil-5-hepten-2-one olmak üzere propil metil keton (%1.805) ve geranil aseton (%0.134)'u örnek olarak verilebilir. Uckun ve Selli (2016), balda yapmış olduğu uçucu bileşen analizlerinde ise keton grubu bileşiklerden en yüksek asetoin (298.8 $\mu\text{g}/\text{kg}$) ve 4-hidroksi-4-metil-2-pentanon (246.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$)'u bulmuşlardır. Genel olarak Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7'ye baktığımızda en yüksek aroma bileşenleri meyve profiline sahiptir. Bunlara örnek olarak β -ionone epoxid, propil metil keton, 2-etil bütiril asetat, metil bütirat, etil bütirat aroma bileşenleri verilebilir.

Çizelge 4.6 Fanlı Etüv ile Kurutulmuş Arı Poleninin Uçucu Bileşenler (%) Profili.

Pik No	Uçucu Bileşen	Taze	FE100	FE65	FE60	FE55	FE50	FE45	FE40
1	β -ionon epoksid	0.437	0.455	0.467	0.506	0.481	0.501	0.534	0.477
2	Asetaldehid	0.560	0.560	0.525	0.445	0.469	0.463	0.547	0.512
3	Etil asetat	1.704	1.635	1.518	1.301	1.986	1.441	1.471	1.515
4	3-Metil-3-büten-2-one	0.011	0.058	0.023	0.036	0.048	0.025	0.024	0.023
5	Etil vinil karbinol	0.067	0.116	0.116	0.120	0.096	0.112	0.097	0.104
6	Trietilamin	0.067	0.093	0.058	0.072	0.048	0.050	0.060	0.069
7	Asetol	0.100	0.116	0.116	0.168	0.132	0.137	0.121	0.116
8	Asetoin	0.044	0.093	0.058	0.096	0.072	0.062	0.072	0.069
9	Metilbütirat	0.661	0.689	0.735	0.614	0.830	0.651	0.729	0.676
10	3-Penten-2-one	0.011	0.093	0.093	0.072	0.072	0.075	0.085	0.081
11	α -Etilfuran	0.078	0.175	0.221	0.228	0.264	0.275	0.243	0.256
12	(E)-2-Pentenal	0.358	0.303	0.303	0.253	0.240	0.263	0.218	0.303
13	2-metil-Valeraldehid	0.762	1.098	1.273	1.156	1.372	1.278	1.592	1.363
14	Bütirik asit	3.307	3.995	3.539	4.254	3.610	3.722	3.817	3.847
15	Kapronaldehid	2.175	2.266	2.780	2.590	2.587	3.020	2.626	2.739
16	Etil Bütirat	0.807	0.794	0.677	0.614	0.589	0.689	0.668	0.571
17	Furfural	0.134	0.677	1.612	3.506	3.418	3.534	3.075	2.774
18	Heks-2(E)-enal	0.291	0.221	0.257	0.253	0.264	0.275	0.231	0.256
19	Para-simen	0.067	0.058	0.058	0.096	0.084	0.112	0.097	0.081
20	Stiren	0.616	0.420	0.408	0.301	0.349	0.325	0.316	0.314

Çizelge 4.6 Fanlı Etöv ile Kurutulmuş Arı Poleni Örneklerinin Uçucu Bileşenler (%) Profili (Devamı).

Pik No	Uçucu Bileşen	Taze	FE100	FE65	FE60	FE55	FE50	FE45	FE40
21	2-Heptanon	0.358	0.257	0.210	0.180	0.192	0.200	0.206	0.151
22	Heptanal	0.896	0.654	0.700	0.795	0.746	0.777	0.826	0.617
23	Propil metil ketone	1.805	3.586	3.785	7.170	5.127	5.100	5.191	5.770
24	Metil kaproat	5.157	4.708	4.988	4.567	5.344	4.887	5.009	5.094
25	α -Pinen	0.179	0.081	0.105	0.156	0.156	0.112	0.121	0.069
26	γ -Bütrolakton	0.639	0.736	0.922	1.132	0.938	1.002	1.069	0.909
27	Alil thiopropionat	0.056	0.116	0.116	0.325	0.240	0.187	0.072	0.233
28	Benzaldehid	0.616	0.887	1.460	1.638	1.877	1.879	1.775	1.643
29	2-etilbütül-asetat	0.470	0.572	0.490	0.421	0.577	0.501	0.498	0.466
30	6-Metil-5-hepten-2-one	2.018	2.161	2.231	2.205	2.335	2.506	2.358	2.249
31	2-Etilheksanol	0.078	0.175	0.151	0.253	0.228	0.338	0.279	0.174
32	Etil kaproate	7.377	8.038	7.862	12.640	8.846	9.650	10.440	10.360
33	Kaprilaldehid	1.177	1.296	1.296	1.446	1.336	1.478	1.531	1.387
34	Okt-2(E)-enal	0.201	0.747	0.595	1.132	0.987	1.416	0.911	0.851
35	Limonen	0.156	0.175	0.186	0.216	0.228	0.238	0.194	0.198
36	3-Okten-2-one	0.089	0.093	0.140	0.132	0.156	0.150	0.133	0.116
37	2-Nonanon	0.930	0.899	0.946	0.952	0.962	0.990	0.851	0.885
38	2-asetil-tiyazolin	4.518	5.608	5.607	5.844	5.873	6.454	6.443	5.723
39	Pelargonaldehid	3.722	4.416	5.362	6.097	6.042	6.604	6.370	5.514
40	(E)-2-Nonenal	0.112	0.257	0.210	0.228	0.228	0.275	0.243	0.198

Çizelge 4.6 Fanlı Etöv ile Kurutulmuş Arı Poleni Örneklerinin Uçucu Bileşenler (%) Profili (Devamı).

Pik No	Uçucu Bileşen	Taze	FE100	FE65	FE60	FE55	FE50	FE45	FE40
41	Fenetil alkol	43,790	36,600	32,520	20,840	24,540	22,390	22,410	25,950
42	İsoforon	0,661	0,630	0,689	0,626	0,674	0,689	0,668	0,594
43	Metil kaprilat	2,006	1,986	2,394	2,108	2,720	2,293	2,468	2,401
44	(E,E)-2,6-nonadienal	0,156	0,128	0,140	0,156	0,156	0,175	0,170	0,163
45	Izobütil heksanoat	0,201	0,257	0,292	0,204	0,228	0,263	0,279	0,221
46	Sitral	0,168	0,105	0,151	0,096	0,072	0,100	0,060	0,069
47	Furfuril pirol	1,412	1,063	1,086	0,771	0,818	0,777	0,717	0,792
48	Oktanoik asit	2,186	2,628	2,721	3,856	3,129	3,421	3,781	3,392
49	Etil oktanoat	2,500	2,511	2,242	1,928	2,022	2,193	2,322	2,226
50	Neral	0,022	0,093	0,081	0,060	0,060	0,037	0,048	0,046
51	Ketisofoforon	0,515	0,502	0,584	0,530	0,613	0,589	0,583	0,489
52	Metil kaprat	1,076	1,238	1,623	1,530	2,022	1,679	1,762	1,702
53	Dekanoik asit	0,336	0,443	0,467	0,686	0,734	0,676	0,778	0,571
54	Etil kaprat	1,031	1,180	1,109	1,060	1,155	1,203	1,264	1,189
55	Dihidroaktinidiolid	0,078	0,186	0,233	0,228	0,264	0,288	0,291	0,233
56	4-Metil siringol	0,190	0,245	0,292	0,253	0,288	0,313	0,279	0,233
57	Geranil aseton	0,134	0,175	0,292	0,289	0,324	0,388	0,328	0,268
58	Etil laurinat	0,156	0,233	0,198	0,180	0,228	0,238	0,231	0,221
59	Pentadekanol	0,538	0,385	0,654	0,349	0,493	0,501	0,376	0,454

Çizelge 4.7 Kızılötesi ile Kurutulmuş Arı Polenî Örneklerinin Uçucu Bileşenler (%) Profili.

Pik No	Uçucu Bileşen	Taze	KT100	KT65	KT60	KT55	KT50	KT45	KT40
1	β -ionon epoksid	0,437	0,492	0,486	0,492	0,495	0,479	0,482	0,579
2	Asetaldehid	0,560	0,574	0,511	0,492	0,594	0,589	0,494	0,567
3	Etil asetat	0,762	1,185	1,122	1,119	1,485	1,363	1,495	1,529
4	3-Metil-3-büten-2-one	1,805	6,137	6,648	6,187	5,496	3,809	6,128	6,025
5	Etil vinil karbinol	4,518	6,489	6,561	6,446	6,684	8,355	6,562	7,369
6	Trietilamin	1,704	1,595	1,397	1,439	1,683	1,634	1,423	1,969
7	Asetol	0,056	0,093	0,087	0,061	0,111	0,098	0,096	0,092
8	Asetoin	0,156	0,164	0,149	0,159	0,198	0,172	0,193	0,220
9	Metilbütirat	0,100	0,176	0,174	0,135	0,198	0,196	0,193	0,243
10	3-Penten-2-one	0,011	0,035	0,037	0,061	0,037	0,024	0,036	0,034
11	α -Etilfuran	0,067	0,176	0,137	0,147	0,123	0,122	0,156	0,173
12	(E)-2-Pentenal	0,470	0,469	0,461	0,455	0,470	0,491	0,554	0,590
13	2-metil-Valeraldehid	0,078	0,199	0,162	0,209	0,259	0,196	0,265	0,231
14	Bütirik asit	0,067	0,093	0,062	0,073	0,086	0,073	0,084	0,092
15	Kapronaldehid	0,044	0,129	0,074	0,098	0,123	0,110	0,108	0,139
16	Etil Bütirat	0,661	0,668	0,623	0,590	0,730	0,700	0,711	0,799
17	Furfural	0,011	0,140	0,099	0,098	0,111	0,098	0,120	0,139
18	Heks-2(E)-enal	0,358	0,398	0,361	0,356	0,297	0,344	0,386	0,463
19	Para-simen	43,790	25,810	20,210	18,660	21,410	20,540	19,790	24,060
20	Stiren	3,307	4,576	4,465	4,207	4,097	3,919	4,270	4,901

Çizelge 4.7 Kızılötesi ile Kurutulmuş Arı Polenî Örneklerinin Uçucu Bileşenler (%) Profili (Devamı).

Pik No	Uçucu Bileşen	Taze	KT100	KT65	KT60	KT55	KT50	KT45	KT40
21	2-Heptanon	2.175	2.886	2.819	2.976	3.169	2.875	3.305	4.565
22	Heptanal	0.807	0.844	0.648	0.688	0.829	0.700	0.675	0.718
23	Propil metil ketone	0.134	0.973	1.970	2.694	2.401	2.383	2.629	1.633
24	Metil kaproat	0.291	0.293	0.311	0.332	0.346	0.331	0.361	0.359
25	α -Pinen	0.616	0.328	0.361	0.307	0.272	0.319	0.337	0.312
26	γ -Bütrolakton	0.358	0.187	0.199	0.172	0.173	0.184	0.180	0.196
27	Alil thiopropionat	0.896	0.927	0.835	0.787	0.841	0.761	0.784	0.880
28	Benzaldehid	0.639	1.243	1.197	1.180	1.188	1.142	1.218	1.309
29	2-etilbütül-asetat	5.157	4.740	4.502	4.465	5.384	4.927	5.175	5.202
30	6-Metil-5-hepten-2-one	0.179	0.093	0.249	0.159	0.099	0.073	0.060	0.185
31	2-Etilheksanol	0.616	1.044	1.471	1.636	1.572	1.572	1.833	1.239
32	Etil kaproate	2.018	2.804	2.519	2.300	2.574	2.248	2.280	2.780
33	Kaprilaldehid	7.377	10.930	12.110	13.800	10.570	12.950	11.250	7.925
34	Okt-2(E)-enal	1.177	1.478	1.546	1.550	1.497	1.548	1.568	1.529
35	Limonen	1.412	1.044	0.860	0.799	0.717	0.737	0.808	1.402
36	3-Okten-2-one	0.067	0.129	0.162	0.135	0.074	0.098	0.084	0.069
37	2-Nonanon	0.156	0.293	0.386	0.418	0.358	0.307	0.325	0.359
38	2-asetil-tiyazolin	0.089	0.105	0.137	0.147	0.148	0.122	0.168	0.150
39	Pelargonaldehid	0.201	1.267	1.846	1.500	1.052	0.946	0.977	0.834
40	(E)-2-Nonenal	0.930	0.786	0.848	0.873	0.854	0.884	0.868	0.845

Çizelge 4.7 Kızılötesi ile Kurutulmuş Arı Polenî Örneklerinin Uçucu Bileşenler (%) Profili (Devamı).

Pik No	Uçucu Bileşen	Taze	KT100	KT65	KT60	KT55	KT50	KT45	KT40
41	Fenetil alkol	3.722	5.374	5.937	5.978	5.706	5.861	5.899	5.411
42	İsoforon	0.661	0.621	0.723	0.676	0.680	0.651	0.760	0.683
43	Metil kaprilat	2.006	1.900	2.045	2.054	2.389	2.248	2.400	1.946
44	(E,E)-2,6-nonadienal	0.515	0.539	0.561	0.590	0.557	0.565	0.603	0.602
45	Izobütil hekzanoat	0.201	0.258	0.274	0.270	0.259	0.221	0.217	0.243
46	Sitral	0.112	0.211	0.261	0.270	0.272	0.270	0.205	0.208
47	Furfuril pirol	2.186	2.921	3.754	3.542	3.144	3.330	3.353	2.271
48	Oktanoik asit	2.500	2.264	2.170	2.275	2.463	2.396	2.256	1.993
49	Etil oktanoat	0.022	0.058	0.037	0.036	0.061	0.049	0.024	0.139
50	Neral	0.078	0.164	0.299	0.270	0.334	0.294	0.193	0.150
51	Ketoisoforon	0.168	0.140	0.137	0.258	0.247	0.245	0.144	0.208
52	Metil kaprat	1.076	1.020	1.434	1.439	1.522	1.536	1.725	0.903
53	Dekanoik asit	0.336	0.422	0.636	0.750	0.693	0.688	0.591	0.370
54	Etil kaprat	1.031	0.950	1.122	1.242	1.188	1.277	1.218	0.764
55	Dihidroaktinidiolid	0.190	0.234	0.349	0.319	0.321	0.356	0.361	0.231
56	4-Metil siringol	0.134	0.187	0.349	0.381	0.309	0.380	0.361	0.220
57	Geranil aseton	0.078	0.164	0.299	0.307	0.259	0.307	0.313	0.196
58	Etil laurinat	0.156	0.187	0.199	0.221	0.235	0.258	0.253	0.173
59	Pentadekanol	0.538	0.352	0.573	0.688	0.519	0.614	0.651	0.544

Balın botanik kökeni genellikle polen analizine dayalı olarak belirlenir. Arı poleninde bulunan uçucu bileşenlerden furfural (%0.134) ve benzaldehid (%0.616) balda bulunan uçucu bileşenlerin temel bileşenini oluşturmaktadır. Türk ve Şen (2021) farklı rakımlardan elde edilen geven balı örneklerinde furfural miktarının 186.99-739.51 µg/kg, benzaldehit miktarının ise 20.57-34.19 µg/kg arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Castro- Vázquez ve ark., 2003 furfural'ın bal, badem ve ekmek kokusu verdiğini benzaldehid'in badem kokusuna neden olduğunu belirtmişlerdir. Aynı zamanda furfural balda kalite göstergesi olup aşırı miktarda furfural balın tazeliğini kaybettiği ve yüksek sıcaklıklara maruz kaldığını göstermektedir. Durmaz ve ark., (2020) yapmış olduğu benzer bir çalışmada Türkiye'nin beş farklı bölgesinden toplanan ballardan yaptıkları analiz sonucunda furfural'ı %12.7, benzaldehid ise %1.57 olarak bulmuşlardır.

Maillard reaksiyonları sonucu oluşan aroma bileşenlerinden α -etilfuran, furfural, furfural pirol'nün miktarları fanlı etüv ile kurutulan arı poleni örneklerinde daha yüksek oranda bulunmuştur. Bu ürünler genellikle yanık bir tat ve karamel tarzı bir aroma profile sahip olduklarından balda bulunması istenmeyen ve fazla miktarda bulununca bozulma belirtisini gösteren bileşenlerdir (Uckun ve Selli, 2019). Bu yüzden her iki kurutma yöntemi kıyaslandığında kızılötesi ile kurutmanın gıda ürünleri açısından daha iyi olduğunu söylenebilir. Örneğin furfural FE60'da %3.506, KT60'da %2.694 olarak tespit edilmiştir.

Polenin hem fanlı etüv hem de kızılötesi ışın ile kurutulduktan sonra aroma bileşenlerindeki değişim miktarları Çizelge 4.6 ve 4.7'da gösterilmiştir. Farklı ısıtma koşullarına bağlı olarak uçucu aroma bileşiklerin pik alanları da farklılık göstermektedir (Visser ve ark., 1988). Aroma bileşiklerinin miktarları genel olarak kızılötesi kurutma uygulamasında fanlı etüve göre daha yüksektir. 59 adet uçucu bileşenden sadece 9 tanesi kızılötesi kurutmadan daha düşük yüzdeler göstermiştir. Bunlar; etil asetat (aromatik, brendi, üzüm), alil thiopropionat (tuzlu), α -etilfuran (tereyağı, karamel), stiren, 2-heptanon (mavi peynir, meyve, yeşil yaprak, fındık, baharat), 2-nonanone (hoş kokulu, meyve, yeşil yaprak, sıcak süt), metil caprilat (meyve, portakal, balmumu, şarap), oktanoik asit (peynir, yağ, çim, petrolümsü), metil kaprat dir. Arı polenin en yüksek bileşenleri sırasıyla fenetil alkol (meyve,

bal, leylak, gül, şarap), etil kaproat (elma kabuğu, brendi, meyveli sakız, olgunlaşmamış meyve, ananas) metil kaproat (ester, taze meyve, ananas) ve 2-asetil-tiyazolin (karamel, patlamış mısır, kavrulmuş)'dir. Trietilamin bileşeni ise her iki kurutma yönteminde de birbirine en yakın değerleri göstermiştir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Arı polenlerindeki kurutma işleminin temel amacı mikrobiyolojik ve kimyasal bozulmaları azaltırken aynı zamanda raf ömrünü uzatmaktır. Bu amaç doğrultusunda uygulanan kurutma işlemi arı polenindeki fonksiyonel bileşiklerde minimum düzeyde kayıplara neden olurken aynı zamanda kurutma işleminin tetiklediği zararlı bileşiklerin oluşumunu sınırlandırmalıdır. Genel olarak ısı işlemler sırasında gıda maddelerinde zararlı bileşik oluşumuna sebep olan Maillard reaksiyonlarının arı polenin kurutulması sırasında da oluşumunun düşük seviyelerde olması istenmektedir. Ancak uygulanacak kurutma yöntemi ve işlem parametrelerine bağlı olarak düzeyi değişmekle beraber ısı işlemler sonrasında Maillard reaksiyonlarının da etkisiyle arı polenin hem renk hem de uçucu bileşenlerinde değişimler meydana gelmesi kaçınılmazdır.

Hem fanlı etüv hem de kızılötesi ile kurutulduktan sonra tane halinde ve toz haline getirilerek renk değerlerine bakılan arı polenlerinin L* değerlerinin hepsinde bir azalma, a* değerlerinde genel olarak bir artış ve b* değerlerinde de genel olarak bir azalma görülmüştür. Bunun sonucunda arı polenin taze haldeyken sahip olduğu açık rengi kaybederek renginde bir koyulaşma meydana geldiği belirlenmiştir. Her iki kurutma yöntemine bakıldığında kızılötesi kurutma ile kurutulup toz haline getirilmiş polenlerin L* ve b* değerlerinde daha belirgin bir düşüş olduğu gözlemlenmiştir. Bu farklılığın yöntemler arasındaki ısı transfer mekanizmasından kaynaklandığı söylenebilir. Kızılötesi kurutmada hacimsel bir kurutma sağlarken fanlı etüvde ise yüzeyden merkeze doğru bir kurutma sağlamaktadır. Renk değerlerinde meydana gelen bu düşüşte sıcaklığın da etkisi olmuştur. Sıcaklığın artması sonucu renk değerlerinde yani L* ve b* değerlerinde doğrusal olarak bir düşüş gerçekleşmiştir.

Polendeki uçucu bileşenler bitkilerden ve nektarlardan kaynaklandığı gibi aynı zamanda enzimatik olmayan Maillard reaksiyonu sonucunda da oluşabilmektedir. Bal da ısı işlem sonucu miktarı artan ve istenmeyen bir bileşik olan furfural gibi birçok uçucu bileşen bu çalışmada kurutulan arı poleni örneklerinde de belirlenmiştir. Bu bileşiklerden furfural, furfuril pirol ve etilfuran miktarları fanlı etüv de daha yüksek oranda bulunmuştur.

Tekstürel analiz sonucunda fanlı etüv kurutma sıcaklığındaki artışın arı poleni örneklerinin sertliğinde artışa neden olduğu ancak sertlikteki artışın sıcaklıkla paralel olarak artmadığı belli limitler arasında salınım gösterdiği gözlemlenmiştir. Kızılötesi ile kurutulan polen örneklerinin sertlik değerleri ise uygulanan sıcaklık derecelerinin artmasıyla birlikte artış göstermiştir. Her iki yöntemde de 100°C 'de kurutulan örneklerde en yüksek sertlik değerlerine ulaşılmıştır. Konvansiyonel yöntemi temsil eden 40°C'de fanlı etüv ile kurutulan arı poleni örneğinin sertlik değeri baz alındığında tekstürel açıdan en uygun örneklerin 40°C, 45°C ve 50°C sıcaklıklarda kızılötesi ile kurutulan arı poleni örneklerinin olduğu söylenebilir.

6. KAYNAKLAR

- Adak, N., Heybeli, N. & Ertekin, C. (2017). Infrared drying of strawberry. *Food Chemistry*, 219, 109-116.
- Agourram, AG. (2013). Phenolic content, antioxidant potential and antimicrobial activities of fruit and vegetable by-product extracts. *International Journal of Food Properties*, 16(5), 1092-1104.
- Almeida-Muradian, LB., Pamplona, LC., Coimbra, S. & Barth, OM. (2005). Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pollen pellets. *Journal of Food Composition and Analysis*, 18(1), 105-111.
- Altunatmaz, SS., Tarhan, D., Aksu, F., Barutçu, UB. & Or, ME. (2017). Mineral element and heavy metal (cadmium, lead, and arsenic) levels of bee pollen in Turkey. *Food Science and Technology*, 37, 136-141.
- Bakchiche, B., Temizer, İK., Güder, A., Çelemlı, ÖG., Yegin, SÇ., Bardaweel, SK. & Ghareeb, MA. (2020). Chemical composition and biological activities of honeybee products from Algeria. *Journal of Applied Biotechnology Reports*, 7(2), 93-103.
- Barajas, J., Cortes-Rodríguez, 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(1), 134-148.
- Bogdanov, S. (2011). The bee pollen book. *Bulgaria: Bee Product Science*.
- Bogdanov, S. (2012). Pollen: Collection, harvest, composition, quality. *Bee Product Science*, Switzerland, 1: 2-13.
- Bogdanov, S. (2015). Pollen: production, nutrition and health. *Bee Product Science*, p.1-35.
- Brindza, J., Brovarskyi, V., Bíro, D., Ostrovsky, R. & Nikolaieva, N. (2014). Effect of temperature on drying bee pollen and their antioxidant activity. 2nd International Congress on Food Technology, Kuşadası/Turkey. p.30.
- Burucu, V. & Bal, HSG. (2017). Türkiye’de arıcılığın mevcut durumu ve bal üretim öngörüsü. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 28-37.
- Campos, MGR., Frigerio, C., Lopes, J. & Bogdanov, S. (2010). What is the future of Bee-Pollen? *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science*, 2(4), 131-144.
- Canale, A., Benelli, G., Castagna, A., Sgherri, C., Poli, P., Serra, A., Mele, M., Ranieri, A., Signorini, F., Bientinesi, M. & Nicoletta C. (2016). Microwave-Assisted Drying for the Conservation of Honeybee Pollen. *Materials*, 9(363), 1-11.
- Çankaya, N. & Korkmaz, A. (2008). İl Tarım Müdürlüğü. Samsun.
- Cappellin, L., Karl, T., Probst, M., Ismailova, O., Winkler, PM., Soukoulis, C. & Biasoli, F. (2012). On quantitative determination of volatile organic

- compound concentrations using proton transfer reaction time-of-flight mass spectrometry. *Environmental Science & Technology*, 46(4), 2283-2290.
- Cappellin, L., Loreto, F., Aprea, E., Romano, A., Del Pulgar, JS., Gasperi, F. & Biasioli, F. (2013). PTR-MS in Italy: a multipurpose sensor with applications in environmental, agri-food and health science. *Sensors*, 13(9), 11923-11955.
- Cardello, AV., Matas, A. & Sweeney, J. (1982). The standard scales of texture: Rescaling by magnitude estimation. *Journal of Food Science*, 47(5), 1738-1740.
- Castro-Vázquez, L., Pérez-Coello, MS. & Cabezudo, MD. (2003). Analysis of volatile compounds of rosemary honey. Comparison of different extraction techniques. *Chromatographia*, 57(3), 227-233.
- Çelebi, M. & Şimşek, B. (2020). Taze ve olgunlaşmış kaşar peynirlerinin tekstürel özelliklerinin belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25(2), 64-74.
- Cinkmanis, I., Dimins, F. & Mikelsone, V. (2017). Influence of lyophilization and convective type drying on antioxidant properties, total phenols and flavonoids in pollens. In *11th Baltic Conference on Food Science and Technology" Food Science and Technology in a Changing World" Foodbalt2017, Jelgava, Latvia, 27-28 April 2017* pp. 201-203.
- Conte, G., Benelli, G., Serra, A., Signorini, F., Bientinesi, M., Nicoletta, C. & Canale, A. (2017). Lipid characterization of chestnut and willow honeybee-collected pollen: Impact of freeze-drying and microwave-assisted drying. *Journal of Food Composition and Analysis*, 55, 12-19.
- Dias, LG., Tolentino, G., Pascoal, A. & Estevinho, LM. (2016). Effect of processing conditions on the bioactive compounds and biological properties of bee pollen. *Journal of Apicultural Research*, 55(5), 357-365.
- Diez-Simon, C., Mumm, R. & Hall, RD. (2019). Mass spectrometry-based metabolomics of volatiles as a new tool for understanding aroma and flavour chemistry in processed food products. *Metabolomics*, 15(3), 41.
- Eker, T. & Cabaroğlu, T. (2018). Gıdaların Tüketilmesi Sırasında Retrozonal Yolla Aroma Salınımının Belirlenmesi. *Gıda*, 43(1), 64-77.
- Erdoğan, Y. & Dodologlu, A. (2005). Importance of Pollen in Life of Honeybee (*Apis mellifera* L.) Colonies. *Uludag Bee Journal*, 5(2), 79-84.
- Ertaş, N. & Doğruer, Y. (2010). Besinlerde tekstür. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 7(1), 35-42.
- Fan, W., Shen, H. & Xu, Y. (2011). Quantification of volatile compounds in Chinese soy sauce aroma type liquor by stir bar sorptive extraction and gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(7), 1187-1198.
- Fatrcová-Šramková, K., Nôžková, J., Kačániová, M., Máriássyová, M., Rovná, K. & Stričík, M. (2013). Antioxidant and antimicrobial properties of monofloral bee pollen. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 48(2), 133-138.

- Francis, FJ. (1998). Colour analysis, in Food Analysis, 2nd ed., S.S. Nielson (Ed.), Aspen Publishers, Gainthersburg, MD, p. 599.
- Gambacorta, G., Sinigaglia, M., Schena, A., Baiano, A., Lamacchia, C., Pati, S. & La Notte, E. (2009). Changes in free fatty acid and diacylglycerol compounds in short-ripening dry-cured sausage. *Journal of Food Lipids*, 16(1), 1–18.
- Gan, HH. (2015). *Aroma-matrix interaction in food: an APCI approach* (Doctoral dissertation, University of Nottingham).
- Heenan, S., Soukoulis, C., Silcock, P., Fabris, A., Aprea, E., Cappellin, L. & Biasioli, F. (2012). PTR-TOF-MS monitoring of in vitro and in vivo flavour release in cereal bars with varying sugar composition. *Food Chemistry*, 131(2), 477-484.
- Hodge, JE. (1953). Dehydrated foods, chemistry of browning reactions in model systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1(15), 928–943.
- <http://www.fao.org/home/search/en/?q=2019%20honey>
- Isidorov, VA., Isidorova, AG., Szczepaniak, L. & Czyżewska, U. (2009). Gas chromatographic-mass spectrometric investigation of the chemical composition of beebread. *Food Chemistry*, 115, 1056–1063.
- Isik, A., Özdemir, M. & Doymaz, I. (2019). Effect of hot air drying on quality characteristics and physicochemical properties of bee pollen. *Food Science and Technology*, 39(1), 224-231.
- Isik, A., Özdemir, M. & Doymaz, I. (2019). Infrared drying of bee pollen: effects and impacts on food components. *Czech Journal of Food Sciences*, 37(1), 69-74.
- Kanar, Y. & Mazi, BG. (2019a). Effect of different drying methods on antioxidant characteristics of bee-pollen. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(4), 3376-3386.
- Kanar, Y. & Mazi, BG. (2019b). HMF formation, diastase activity and proline content changes in bee pollen dried by different drying methods. *LWT- Food Science and Technology*, 113, 108273.
- Karataş, F. & Şerbetçi, Z. (2008). Arı polenlerindeki adrenalin ve noradrenalin miktarlarının HPLC ile belirlenmesi. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(3), 419-422.
- Kaškonienė, V., Kaškonas, P. & Maruška, A. (2015). Volatile compounds composition and antioxidant activity of bee pollen collected in Lithuania. *Chemical Papers*, 69(2), 291-299.
- Kayacan, S., Sagdic, O. & Doymaz, I. (2018). Effects of hot-air and vacuum drying on drying kinetics, bioactive compounds, and color of bee pollen. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(2), 1274-1283.
- Kerth, CR. & Miller, RK. (2015). Beef flavor: a review from chemistry to consumer. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(14), 2783-2798.

- Keskin, M., Setlek, P. & Demir, S. (2017, November). Use of color measurement systems in food science and agriculture. In *International Advanced Researches & Engineering Congress*, pp. 16-18.
- Khan, MI., Jo, C. & Tariq, MR. (2015). Meat flavor precursors and factors influencing flavor precursors-A systematic review. *Meat Science*, 110, 278–284.
- Landaud, S., Helinck, S. & Bonnarme, P. (2008). Formation of volatile sulfur compounds and metabolism of methionine and other sulfur compounds in fermented food. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 77(6), 1191–1205.
- Leja, M., Mareczek, A., Wyżgolik, G., Klepacz-Baniak, J. & Czekońska, K. (2007). Antioxidative properties of bee pollen in selected plant species. *Food Chemistry*, 100(1), 237-240.
- Makowicz, E., Jasicka-Misiak, I., Teper, D. & Kafarski, P. (2019). Botanical Origin Authentication of Polish Phacelia Honey Using the Combination of Volatile Fraction Profiling by HS-SPME and Lipophilic Fraction Profiling by HPTLC. *Chromatographia*, 82(10), 1541-1553.
- Mazi, BG., Koç Güler, S & Bostan SZ. (2019). Post-harvest ripening of kiwifruit: Changes in volatile compound profile. 3. *International Conference on Agriculture, Food, Veterinary and Pharmacy Science*, 1574-1582.
- McGorrin, RJ. (2011). The significance of volatile sulfur compounds in food flavors: An overview. In *Volatile sulfur compounds in food* (pp. 3-31). American Chemical Society.
- Morais, M., Moreira, L., Feás, X. & Estevinho, LM. (2011). Honeybee-collected pollen from five Portuguese Natural Parks: Palynological origin, phenolic content, antioxidant properties and antimicrobial activity. *Food and Chemical Toxicology*, 49(5), 1096-1101.
- Moreira, RF., De Maria, CA., Pietroluongo, M. & Trugo, LC. (2010). Chemical changes in the volatile fractions of Brazilian honeys during storage under tropical conditions. *Food Chemistry*, 121(3), 697-704.
- Muñoz-González, C., Feron, G., Guichard, E., Rodríguez-Bencomo, JJ., Martín-Alvarez, PJ., Moreno-Arribas, MV. & Pozo-Bayón, MA. (2014). Understanding the role of saliva in aroma release from wine by using static and dynamic headspace conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(33), 8274-8288.
- Nogueira, C., Iglesias, A., Feás, X. & Estevinho, LM. (2012). Commercial bee pollen with different geographical origins: a comprehensive approach. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(9), 11173-11187.
- Oliveira, KC., Moriya, M., Azedo, RA., Almeida-Muradian, LBD., Teixeira, EW., Alves, ML. & Moreti, AC. (2009). Relationship between botanical origin and antioxidants vitamins of bee-collected pollen. *Química Nova*, 32(5), 1099-1102.

- Onishi, M., Inoue, M., Araki, T., Iwabuchi, H. & Sagara, Y. (2012). A PTR-MS-based protocol for simulating bread aroma during mastication. *Food and Bioprocess Technology*, 5(4), 1228-1237.
- Pascoal, A., Rodrigues, S., Teixeira, A., Feás, X. & Estevinho, LM. (2014). Biological activities of commercial bee pollens: Antimicrobial, antimutagenic, antioxidant and anti-inflammatory. *Food and Chemical Toxicology*, 63, 233-239.
- Rahman, MS. & Perera, CO. (2007). Handbook of Food Preservation, in: M. Shafiur, Rahman eds. (CRC Press, Boca Raton), pp. 403–532.
- Romano, A., Cappellin, L., Ting, V., Aprea, E., Navarini, L., Gasperi, F. & Biasioli, F. (2014). Nosespace analysis by PTR-ToF-MS for the characterization of food and tasters: The case study of coffee. *International Journal of Mass Spectrometry*, 365, 20-27.
- Sadin, R., Chegini, GR. & Sadin, H. (2014). The effect of temperature and slice thickness on drying kinetics tomato in the infrared dryer. *Heat and Mass Transfer*, 50(4), 501-507.
- Selvi, KÇ. (2020). Investigating the influence of infrared drying method on linden (*Tilia platyphyllos* Scop.) leaves: Kinetics, color, projected area, modeling, total phenolic, and flavonoid content. *Plants*, 9(7), 916.
- Shahidi, F., Samaranyaka, AGP. & Pegg, RB. (2014). *Maillard reaction and browning*. *Encyclopedia Of Meat Sciences* (Vol. 1). Amsterdam: Elsevier.
- Silici, S. (2015). Arı poleniveariekmeği. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 99-105.
- Silici, S. (2019). Bal Arısı ürünleri ve apiterapi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(9), 1249-1262.
- Sorucu, A. (2019). Arı ürünleri ve apiterapi. *Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni*, 10(1), 1-15.
- Soukoulis, C., Cappellin, L., Aprea, E., Costa, F., Viola, R., Märk, TD. & Biasioli, F. (2013). PTR-ToF-MS, a novel, rapid, high sensitivity, and non-invasive tool to monitor volatile compound release during fruit post-harvest storage: the case study of apple ripening. *Food and Bioprocess Technology*, 6(10), 2831-2843.
- Ting, VJ., Romano, A., Soukoulis, C., Silcock, P., Bremer, PJ., Cappellin, L. & Biasioli, F. (2016). Investigating the in-vitro and in-vivo flavour release from 21 fresh-cut apples. *Food Chemistry*, 212, 543-551.
- Türk, G., & Şen, K. (2021). Changes of various quality characteristics and aroma compounds of astragalus honey obtained from different altitudes of Adana-Turkey. *Journal of Food Processing and Preservation*, 00, e15852. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15852>
- Uckun, O. & Selli, S. (2017). Characterization of key aroma compounds in a representative aromatic extract from citrus and astragalus honeys based on aroma extract dilution analyses. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(2), 512-522.

- Van Boekel, MAJS. (2006). Formation of flavour compounds in the Maillard reaction. *Biotechnology Advances*, 24(2), 230–233.
- Van Ruth, SM. & Roozen, JP. (2000). Aroma compounds of oxidised sunflower oil and its oil-in-water emulsion: volatility and release under mouth conditions. *European Food Research and Technology*, 210(4), 258-262.
- Villanueva, MO., Marquina, AD., Serrano, RB. & Abellán, GB. (2002). The importance of bee-collected pollen in the diet: a study of its composition. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 53(3), 217-224.
- Visessanguan, W., Benjakul, S., Riebroy, S., Yarchai, M. & Tapingkae, W. (2006). Changes in lipid composition and fatty acid profile of Nham, a Thai fermented pork sausage, during fermentation. *Food Chemistry*, 94(4), 580–588.
- Visser, FR., Allen, JM. & Shaw, GJ. (1988). The effect of heat on the volatile flavour fraction from a unifloral honey. *Journal of apicultural research*, 27(3), 175-181.
- Weel, KG., Boelrijk, AE., Burger, JJ., Verschueren, M., Gruppen, H., Voragen, A. G. & Smit, G. (2004). New device to simulate swallowing and in vivo aroma release in the throat from liquid and semiliquid food systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(21), 6564-6571.
- Whitfield, FB. (1992). Volatiles from interactions of maillard reactions and lipids. *Critical Reviews in food Science and Nutrition*, 31(July), 1–58.
- Zheng, J., Wu, C., De Huang, J., Zhou, RQ. & Liao, XP. (2013). Analysis of volatile compounds in Chinese soy sauces moromi cultured by different fermentation processes. *Food Science and Biotechnology*, 22(3), 605–612.

EKLER

EK 1: Arı poleni örneklerinin sertlik değerleri üzerine kurutma yöntemi ve kurutma sıcaklığının etkisini gösteren ANOVA (Genel Doğrusal Model) Test Tablosu

Faktör	Seviye	Değerler			
Kurutma Yöntemi	2	Fanlı Etüv; Kızılötesi			
Sıcaklık (°C)	7	40; 45; 50; 55; 60; 65; 100			
Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Kurutma Yöntemi	1	3.096	3.096	1.05	0.311
Sıcaklık (°C)	6	260.138	43.356	14.67	0.000
Yöntem x Sıcaklık	6	58.012	9.669	3.27	0.008
Hata	56	165.552	2.956		
Toplam	69	486.799			

EK 2: Arı poleni örneklerinin sertlik değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma Test Tabloları

Faktör	Seviye	Değerler			
Polen Örneği	15	Taze; FE40; FE45; FE50; FE55; FE60; FE65; FE100; KT40; KT45; KT50; KT55; KT60; KT65; KT100			

Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Polen Örneği	14	749.8	53.560	18.17	0.000
Hata	60	176.9	2.948		
Toplam	74	926.8			

Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi		
	N	Ortalamalar±Standart Sapma
KT100	5	34.761 ^a ±0.704
KT65	5	33.047 ^{ab} ±2.187
FE100	5	32.066 ^{abc} ±1.590
FE60	5	32.046 ^{abc} ±1.555
FE65	5	31.721 ^{abcd} ±0.902
FE55	5	31.218 ^{abcd} ±1.149
FE50	5	31.112 ^{abcd} ±1.983
FE45	5	31.027 ^{abcd} ±1.991
KT55	5	30.744 ^{bcd} ±2.056
KT60	5	30.757 ^{bcd} ±1.525
KT50	5	28.967 ^{cde} ±1.126
KT45	5	28.035 ^{de} ±1.873
FE40	5	27.082 ^e ±1.993
KT40	5	26.990 ^e ±2.420
Taze	5	21.102 ^f ±1.685

EK 3: Arı poleni örneklerinin L renk değerleri üzerine kurutma yöntemi ve kurutma sıcaklığının etkisini gösteren ANOVA (Genel Doğrusal Model) Test Tablosu

Faktör	Seviye	Değerler			
Kurutma Yöntemi	2	Fanlı Etüv; Kızılötesi			
Sıcaklık (°C)	7	40; 45; 50; 55; 60; 65; 100			
Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Kurutma Yöntemi	1	14.310	14.310	5.93	0.018
Sıcaklık (°C)	6	37.496	6.249	2.59	0.028
Yöntem x Sıcaklık	6	7.171	1.195	0.50	0.809
Hata	56	135.037	2.411		
Toplam	69	195.014			

EK 4: Arı poleni örneklerinin L renk değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma Test Tabloları

Faktör	Seviye	Değerler			
Polen Örneği	15	Taze; FE40; FE45; FE50; FE55; FE60; FE65; FE100; KT40; KT45; KT50; KT55; KT60; KT65; KT100			

Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Polen Örneği	14	749.8	53.560	18.17	0.000
Hata	60	176.9	2.948		
Toplam	74	926.8			

Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi		
	N	Ortalamalar±Standart Sapma
Taze	5	42.266 ^a ±0.704
FE60	5	39.150 ^{ab} ±2.009
FE55	5	38.778 ^b ±1.462
KT55	5	38.212 ^b ±0.398
FE50	5	38.102 ^b ±2.174
KT60	5	37.982 ^b ±0.426
FE100	5	37.440 ^b ±1.620
FE40	5	37.298 ^b ±2.060
FE65	5	37.238 ^b ±0.697
KT45	5	36.904 ^b ±1.513
FE45	5	36.872 ^b ±1.819
KT40	5	36.858 ^b ±1.062
KT65	5	36.512 ^b ±1.204
KT50	5	36.060 ^b ±2.570
KT100	5	36.020 ^b ±0.625

EK 5: Arı poleni örneklerinin a renk değerleri üzerine kurutma yöntemi ve kurutma sıcaklığının etkisini gösteren ANOVA (Genel Doğrusal Model) Test Tablosu

Faktör	Seviye	Değerler			
Kurutma Yöntemi	2	Fanlı Etüv; Kızılötesi			
Sıcaklık (°C)	7	40; 45; 50; 55; 60; 65; 100			
Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Kurutma Yöntemi	1	0.686	0.6861	0.16	0.693
Sıcaklık (°C)	6	27.287	4.5479	1.04	0.407
Yöntem x Sıcaklık	6	36.104	6.0173	1.38	0.238
Hata	56	243.750	4.3527		
Toplam	69	307.827			

EK 6: Arı poleni örneklerinin a renk değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma Test Tabloları

Faktör	Seviye	Değerler			
Polen Örneği	15	Taze; FE40; FE45; FE50; FE55; FE60; FE65; FE100; KT40; KT45; KT50; KT55; KT60; KT65; KT100			
Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Polen Örneği	14	749.8	53.560	18.17	0.000
Hata	60	176.9	2.948		
Toplam	74	926.8			
Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi					
	N	Ortalamalar±Standart Sapma			
KT65	5	24.530 ^a ±2.270			
KT55	5	24.070 ^a ±2.250			
FE50	5	23.660 ^a ±2.700			
FE65	5	23.564 ^a ±1.122			
FE100	5	23.264 ^a ±0.713			
FE60	5	23.036 ^a ±1.618			
KT40	5	22.766 ^a ±1.996			
KT60	5	22.656 ^a ±1.376			
KT45	5	22.518 ^a ±1.902			
FE55	5	21.854 ^a ±1.953			
KT50	5	21.780 ^a ±2.500			
Taze	5	21.774 ^a ±2.222			
FE40	5	21.760 ^a ±1.662			
KT100	5	21.578 ^a ±1.919			
FE45	5	21.370 ^a ±3.610			

EK 7: Arı poleni örneklerinin b renk değerleri üzerine kurutma yöntemi ve kurutma sıcaklığının etkisini gösteren ANOVA (Genel Doğrusal Model) Test Tablosu

Faktör	Seviye	Değerler			
Kurutma Yöntemi	2	Fanlı Etüv; Kızılötesi			
Sıcaklık (°C)	7	40; 45; 50; 55; 60; 65; 100			
Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Kurutma Yöntemi	1	12.53	12.525	3.58	0.064
Sıcaklık (°C)	6	51.88	8.646	2.47	0.034
Yöntem x Sıcaklık	6	24.27	4.045	1.16	0.343
Hata	56	195.85	3.497		
Toplam	69	284.52			

EK 8: Arı poleni örneklerinin b renk değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma Test Tabloları

Faktör	Seviye	Değerler			
Polen Örneği	15	Taze; FE40; FE45; FE50; FE55; FE60; FE65; FE100; KT40; KT45; KT50; KT55; KT60; KT65; KT100			
Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Polen Örneği	14	749.8	53.560	18.17	0.000
Hata	60	176.9	2.948		
Toplam	74	926.8			
Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi					
	N	Ortalamalar±Standart Sapma			
Taze	5	34.544 ^a ±1.131			
FE60	5	31.672 ^{ab} ±2.092			
KT55	5	30.864 ^{abc} ±0.570			
FE55	5	30.744 ^{abc} ±1.816			
FE50	5	30.440 ^{bc} ±2.430			
KT60	5	29.642 ^{bc} ±1.518			
FE65	5	29.578 ^{bc} ±0.909			
FE100	5	29.294 ^{bc} ±0.693			
KT40	5	29.258 ^{bc} ±1.233			
FE40	5	29.140 ^{bc} ±2.530			
KT45	5	29.092 ^{bc} ±1.595			
KT65	5	28.928 ^{bc} ±1.632			
FE45	5	28.266 ^{bc} ±1.975			
KT50	5	27.970 ^{bc} ±3.570			
KT100	5	27.468 ^c ±1.284			

EK 9: Ögütülmüş arı poleni örneklerinin L renk değerleri üzerine kurutma yöntemi ve kurutma sıcaklığının etkisini gösteren ANOVA (Genel Doğrusal Model) Test Tablosu

Faktör	Seviye	Değerler			
Kurutma Yöntemi	2	Fanlı Etüv; Kızılötesi			
Sıcaklık (°C)	7	40; 45; 50; 55; 60; 65; 100			
Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Kurutma Yöntemi	1	96.34	96.338	11.95	0.001
Sıcaklık (°C)	6	39.33	6.556	0.81	0.564
Yöntem x Sıcaklık	6	104.79	17.464	2.17	0.060
Hata	56	451.31	8.059		
Toplam	69	691.77			

EK 10: Öğütülmüş arı poleni örneklerinin L renk değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma Test Tabloları

Faktör	Seviye	Değerler			
Polen Örneği	15	Taze; FE40; FE45; FE50; FE55; FE60; FE65; FE100; KT40; KT45; KT50; KT55; KT60; KT65; KT100			

Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Polen Örneği	14	749.8	53.560	18.17	0.000
Hata	60	176.9	2.948		
Toplam	74	926.8			

Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi		
	N	Ortalamalar±Standart Sapma
Taze	5	53.426 ^a ±0.451
FE65	5	50.526 ^{ab} ±2.108
FE100	5	49.690 ^{ab} ±1.194
FE40	5	49.212 ^{ab} ±1.957
FE45	5	48.896 ^{ab} ±2.195
FE55	5	48.680 ^{ab} ±2.500
KT45	5	48.030 ^{abc} ±3.450
FE60	5	47.910 ^{abc} ±3.260
KT100	5	47.828 ^{abc} ±1.896
FE50	5	47.516 ^{abc} ±1.333
KT50	5	47.310 ^{abc} ±1.642
KT40	5	47.280 ^{bc} ±3.510
KT55	5	46.770 ^{bc} ±3.730
KT60	5	46.420 ^{bc} ±2.061
KT65	5	42.370 ^{bc} ±5.570

EK 11: Öğütülmüş arı poleni örneklerinin a renk değerleri üzerine kurutma yöntemi ve kurutma sıcaklığının etkisini gösteren ANOVA (Genel Doğrusal Model) Test Tablosu

Faktör	Seviye	Değerler			
Kurutma Yöntemi	2	Fanlı Etüv; Kızılötesi			
Sıcaklık (°C)	7	40; 45; 50; 55; 60; 65; 100			
Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Kurutma Yöntemi	1	2.126	2.126	0.55	0.460
Sıcaklık (°C)	6	22.856	3.809	0.99	0.440
Yöntem x Sıcaklık	6	28.714	4.786	1.25	0.297
Hata	56	215.009	3.839		
Toplam	69	268.704			

EK 12: Öğütülmüş arı poleni örneklerinin a renk değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma Test Tabloları

Faktör	Seviye	Değerler			
Polen Örneği	15	Taze; FE40; FE45; FE50; FE55; FE60; FE65; FE100; KT40; KT45; KT50; KT55; KT60; KT65; KT100			
Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Polen Örneği	14	749.8	53.560	18.17	0.000
Hata	60	176.9	2.948		
Toplam	74	926.8			
Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi					
	N	Ortalamalar±Standart Sapma			
KT65	5	27.200 ^a ±5.150			
FE55	5	25.698 ^a ±0.798			
KT55	5	25.608 ^a ±2.090			
FE60	5	25.494 ^a ±1.333			
KT50	5	25.332 ^a ±0.876			
FE40	5	25.054 ^a ±1.303			
KT60	5	24.832 ^a ±1.863			
KT45	5	24.748 ^a ±1.430			
FE50	5	24.444 ^a ±1.249			
KT40	5	24.426 ^a ±1.510			
Taze	5	24.408 ^a ±0.613			
FE45	5	24.306 ^a ±1.905			
FE100	5	24.252 ^a ±1.271			
FE65	5	24.032 ^a ±1.447			
KT100	5	23.572 ^a ±1.129			

EK 13: Öğütölmüş arı poleni örneklerinin b renk değeri üzerine kurutma yöntemi ve kurutma sıcaklığının etkisini gösteren ANOVA (Genel Doğrusal Model) Test Tablosu

Faktör	Seviye	Değerler			
Kurutma Yöntemi	2	Fanlı Etüv; Kızılötesi			
Sıcaklık (°C)	7	40; 45; 50; 55; 60; 65; 100			
Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Kurutma Yöntemi	1	113.77	113.768	8.94	0.004
Sıcaklık (°C)	6	173.03	28.838	2.27	0.050
Yöntem x Sıcaklık	6	37.88	6.314	0.50	0.809
Hata	56	712.82	12.729		
Toplam	69	1037.50			

EK 14: Ögütülmüş arı poleni örneklerinin b renk değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey çoklu karşılaştırma Test Tabloları

Faktör	Seviye	Değerler			
Polen Örneği	15	Taze; FE40; FE45; FE50; FE55; FE60; FE65; FE100; KT40; KT45; KT50; KT55; KT60; KT65; KT100			

Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Polen Örneği	14	749.8	53.560	18.17	0.000
Hata	60	176.9	2.948		
Toplam	74	926.8			

Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi		
	N	Ortalamalar±Standart Sapma
Taze	5	53.014 ^a ±1.139
FE100	5	50.310 ^{ab} ±3.620
KT100	5	47.828 ^{abc} ±1.896
FE45	5	47.482 ^{abc} ±1.731
FE65	5	47.380 ^{abc} ±4.270
FE40	5	47.300 ^{abc} ±2.950
FE55	5	46.690 ^{abc} ±3.730
KT45	5	45.350 ^{abc} ±4.550
FE60	5	45.130 ^{bc} ±4.250
KT50	5	44.426 ^{bc} ±2.119
FE50	5	44.200 ^{bc} ±1.895
KT55	5	43.870 ^{bc} ±4.550
KT40	5	43.790 ^{bc} ±2.480
KT60	5	43.020 ^{bc} ±3.590
KT65	5	42.370 ^c ±5.570

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Sevinç ÇİFTÇİ
Doğum Yeri	Konak
Doğum Tarihi	
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	
E-Posta Adresi	

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Fakülte	Ziraat Fakültesi
Bölümü	Gıda Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	2017