

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**TÜRKİYE’NİN FARKLI BÖLGELERİNDE ÜRETİLEN ÖNEMLİ ARICILIK
ÜRÜNLERİNDEN BAL, POLEN VE PROPOLİSİN FENOLİK BİLEŞEN
KOMPOZİSYON VE BİYORYAYIŞLILIĞININ BELİRLENMESİ VE BU
ARICILIK ÜRÜNLERİNİN SAĞLIK ÜZERİNE BAZI ETKİLERİNİN
İN VİTRO YÖNTEMLERLE ARAŞTIRILMASI**

Ceren MUTLU

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

HAZİRAN 2022

ANTALYA

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

**TÜRKİYE’NİN FARKLI BÖLGELERİNDE ÜRETİLEN ÖNEMLİ ARICILIK
ÜRÜNLERİNDEN BAL, POLEN VE PROPOLİSİN FENOLİK BİLEŞEN
KOMPOZİSYON VE BİYUYARAYIŞLILIĞININ BELİRLENMESİ VE BU
ARICILIK ÜRÜNLERİNİN SAĞLIK ÜZERİNE BAZI ETKİLERİNİN
İN VİTRO YÖNTEMLERLE ARAŞTIRILMASI**

**Ceren MUTLU
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

Bu tez TÜBİTAK tarafından 116O711 nolu proje ile desteklenmiştir.

HAZİRAN 2022

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE’NİN FARKLI BÖLGELERİNDE ÜRETİLEN ÖNEMLİ ARICILIK
ÜRÜNLERİNDEN BAL, POLEN VE PROPOLİSİN FENOLİK BİLEŞEN
KOMPOZİSYON VE BİYUYARAYIŞLILIĞININ BELİRLENMESİ VE BU
ARICILIK ÜRÜNLERİNİN SAĞLIK ÜZERİNE BAZI ETKİLERİNİN
***İN VİTRO* YÖNTEMLERLE ARAŞTIRILMASI**

Ceren MUTLU

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

Bu tez 30/06/2022 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ

Prof. Dr. Muharrem CERTEL

Prof. Dr. Sibel TUNÇ

Prof. Dr. Hamit KÖKSEL

Doç. Dr. Nesrin ECEM BAYRAM

ÖZET

TÜRKİYE’NİN FARKLI BÖLGELERİNDE ÜRETİLEN ÖNEMLİ ARICILIK ÜRÜNLERİNDEN BAL, POLEN VE PROPOLİSİN FENOLİK BİLEŞEN KOMPOZİSYON VE BİYÖYARAYIŞLILIĞININ BELİRLENMESİ VE BU ARICILIK ÜRÜNLERİNİN SAĞLIK ÜZERİNE BAZI ETKİLERİNİN *İN VİTRO* YÖNTEMLERLE ARAŞTIRILMASI

CEREN MUTLU

Doktora Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ

Haziran 2022; 230 sayfa

Bu tezde Türkiye’nin farklı bölgelerinde üretilen önemli arıcılık ürünlerinden bal, polen ve propolisin fenolik bileşen kompozisyonunun ve biyoerişilebilirliğinin belirlenmesi ve bu arıcılık ürünlerinin sağlık üzerine bazı etkilerinin *in vitro* yöntemlerle araştırılarak, bu ürünlerin beslenmedeki yer ve önemlerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda Türkiye’nin 7 farklı coğrafi bölgesinden 2 yıl tekrarlı ve her yıl 25 adet olmak üzere toplamda 50 adet bal, 50 adet polen ve 50 adet propolis örneği temin edilerek bu arıcılık ürünlerinin bazı kimyasal madde içerikleri, fenolik bileşen kompozisyonları, antioksidan, antibakteriyel ve antiinflamatuvar etkileri belirlenmiş, *in vitro* yöntemlerle sağlık üzerine etkileri ortaya konulmuş ve bu arıcılık ürünlerinden seçilen örneklerin bazı kanser hücrelerine karşı sitotoksik etkileri araştırılmıştır.

Palinolojik analiz sonuçlarına göre; 31 adet monofloral ve 19 adet multifloral bal örneği ve 29 adet monofloral ve 21 adet ise multifloral polen örneği temin edildiği belirlenmiştir. Bal örneklerinin doğallığını ve tazeliğini değerlendirmek için yapılan diastaz sayısı, HMF ve prolin içerikleri sonuçlarının sırasıyla 0.79-72.41, 0.72-65.61 mg/kg ve 261.10-1408.12 mg/kg aralıklarında değiştiği ve örneklerin çoğunlukla yasal limitlere uydukları değerlendirilmiştir. Bal, polen ve propolis örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri sırasıyla 13.00-132.07, 338.15-2857.77 ve 508.35-25999.87 mg GAE/100g olarak belirlenmiştir. Fenolik bileşik kompozisyonu analiz sonuçları incelendiğinde bal örneklerinin gallik asit, metil-3,4,5-trihidroksibenzoat ve naringin miktarlarına ait ortalamaların diğer fenolik bileşiklerden daha yüksek (>2.0 mg/100g) ve trans sinamik asit, apigenin, mirisetin, kuersetin ve luteolin içeriklerinin ise daha düşük (<0.07 mg/100g) olduğu belirlenmiştir. Polen örneklerinin rosmarinik asit, naringenin, rutin ve apigenin miktarlarına ait ortalamaların sırasıyla 155.38, 51.91, 34.31 ve 29.16 mg/100g değerleri ile diğer fenolik bileşiklerden daha yüksek ve siringik, vanilik, gallik ve ferulik asit içeriklerinin ise daha düşük (<0.8 mg/100g) olduğu tespit edilmiştir. Propolis örneklerinin rosmarinik asit, kafeik asit, 3,4-dimetoksisinamik asit, ferulik asit ve naringenin miktarlarına ait ortalamaların sırasıyla 737.42, 317.31, 285.49, 255.50 ve 246.92 mg/100g değerleri ile diğer fenolik bileşiklerden daha yüksek ve metil-3,4,5-trihidroksibenzoat, siringik asit, vanilik asit, hesperidin, rutin ve mirisetin içeriklerinin ise daha düşük (<7.0 mg/100g) olduğu belirlenmiştir.

Lineer diskriminant analizi sonucuna göre bal örneklerinde %58, polen örneklerinde %70 ve propolis örneklerinde ise %74 doğruluk oranı ile fenolik bileşik kompozisyonuna göre bölgeler arasında bir sınıflandırma yapılabildiği tespit edilmiştir. Polen örnekleri için Ege (%83.3), İç Anadolu (%71.4), Karadeniz (%77.8) ve Marmara (%75.0) Bölgeleri'ne ait polenlerin ve propolis örnekleri için ise Akdeniz (%100), Doğu Anadolu (%75.0), Ege (%71.4), Karadeniz (%85.7) ve Marmara (%71.4) Bölgeleri'ne ait propolislerin fenolik bileşik kompozisyonları açısından ayrılabilirdiği, ancak diğer bölgelerin ise elde edilen sonuçların birbirine yakın olmaları nedeniyle iç içe özellik gösterdiği belirlenmiştir.

Sindirim uygulanmış örneklerde fenolik madde biyoerişilebilirlik değerlerinin ham örneklere göre balda %260 daha yüksek ve polen ve propolis örneklerinde ise sırasıyla ortalama %78.93 ve %34.55 değerleri ile daha düşük olduğu belirlenmiştir. Ancak ağız sindirimi aşamasından bağırsak sindirimi aşamasına doğru ilerledikçe örneklerin toplam fenolik ve flavonoid madde konsantrasyonları ve bunlara bağlı olarak biyoerişilebilirlik değerlerinin ve antioksidan aktivitelerinin de arttığı tespit edilmiştir.

Ayrıca kanser hücreleri üzerine seçilen sindirilmiş propolis örneklerinin inhibe edici etkilerinin diğer örneklere göre daha yüksek ve bal, polen ve propolis örneklerinin hücreleri inhibe edici etki sıralamalarının ise *A549*, *Hep-G2*, *Caco-2*, *H1299*, *A431* ve *Bj* hücreleri şeklinde olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak; fenolik bileşiklerin polen ve propolis örnekleri için bölgelerin sınıflandırılmalarında bir parametre olarak değerlendirilebileceği, sindirim ile bal, polen ve propolis örneklerinin fenolik bileşik biyoerişilebilirliklerinin bal için yüksek, polen için yaklaşık aynı ancak propolis için düşük olduğu ve bu ürünlerin araştırmada kullanılan kanser hücreleri üzerinde inhibe edici etkilerinin bulunduğu tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Antikanserojen etki, Antiinflamatuvar etki, Bal, Fenolik asitler, Flavonoidler, Polen, Propolis

JÜRİ: Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ

Prof. Dr. Muharrem CERTEL

Prof. Dr. Sibel TUNÇ

Prof. Dr. Hamit KÖKSEL

Doç. Dr. Nesrin ECEM BAYRAM

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE PHENOLIC COMPOSITION AND BIOAVAILABILITY OF HONEY, POLLEN AND PROPOLIS, IMPORTANT BEEKEEPING PRODUCTS MANUFACTURED IN DIFFERENT REGIONS OF TURKEY, AND THE INVESTIGATION OF SOME EFFECTS OF THESE BEEKEEPING PRODUCTS ON HEALTH BY *IN VITRO* METHODS

Ceren MUTLU

PhD Thesis in Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ

June 2022; 230 pages

In this thesis, it was aimed to determine the phenolic composition and bioaccessibility of honey, pollen, and propolis, important beekeeping products produced in different regions of Turkey, to investigate some effects of these beekeeping products on health by *in vitro* methods, and to reveal the place and importance of these products in nutrition. For this purpose, the 50 honey, 50 pollen, and 50 propolis samples were obtained for 2 years, 25 samples each year, from 7 different geographical regions of Turkey, and some chemical contents, phenolic compositions, antioxidant, antibacterial, and anti-inflammatory effects were determined, and their effects on health were also revealed by *in vitro* methods. The cytotoxic effects of selected samples of these beekeeping products against some cancer cells were investigated.

It was determined that 31 monofloral and 19 multifloral honey samples and 29 monofloral and 21 multifloral pollen samples were obtained according to the results of pollen analysis. The results of the diastase number, HMF, and proline contents of honey, performed to evaluate the naturalness and freshness of the honey samples, were found to vary in the ranges of 0.79-72.41, 0.72-65.61 mg/kg, and 261.10-1408.12 mg/kg, respectively, and it was evaluated that the results mostly in accordance with the legal limits. The phenolic contents of honey, pollen, and propolis samples were determined as 13.00-132.07, 338.15-2857.77, and 508.35-25999.87 mg GAE/100g, respectively. When the phenolic composition analysis results were examined, the mean values of gallic acid, methyl-3,4,5-trihydroxybenzoate, and naringin concentrations of honey samples were higher (>2.0 mg/100g) than other phenolic compounds. In contrast, trans-cinnamic acid, apigenin, myricetin, quercetin, and luteolin were found to be lower (<0.07 mg/100g). The mean content of rosmarinic acid, naringenin, rutin, and apigenin of pollen samples were higher than other phenolic compounds with 155.38, 51.91, 34.31, and 29.16 mg/100g values, respectively, while their syringic, vanillic, gallic and ferulic acid contents were lower (<0.8 mg/100g). The mean values of rosmarinic acid, caffeic acid, 3,4-dimethoxycinnamic acid, ferulic acid, and naringenin of propolis samples were higher than other phenolic compounds with 737.42, 317.31, 285.49, 255.50, and 246.92 mg/100g values, respectively, while methyl-3,4,5-trihydroxybenzoate, syringic acid, vanillic acid, hesperidin, rutin, and myricetin contents were determined to be lower (<7.0 mg/100g). It was detected that classification could be made between regions according to the phenolic composition with an accuracy rate of 58% in honey samples, 70% in pollen samples, and

74% in propolis samples, according to the results of the linear discriminant analysis. Pollen samples from Aegean (83.3%), Central Anatolia (71.4%), Black Sea (77.8%) and Marmara (75.0%) regions and propolis samples from the Mediterranean (100%), Eastern Anatolia (75.0%), Aegean (71.4%), Black Sea (85.7%) and Marmara (71.4%) regions can be classified in terms of phenolic compositions. Still, the other regions are intertwined because the results are close to each other.

It was determined that the phenolic component bioaccessibility values in the digested honey samples were 260% higher than the undigested honey samples, but it was lower in digested pollen and propolis samples than the undigested pollen and propolis samples with an average of 78.93% and 34.55%, respectively. However, it was determined that the total phenolic and flavonoid contents and, accordingly, the bioaccessibility values and antioxidant activities of the samples increased from the oral digestion phase to the intestinal digestion phase. In addition, it was determined that the inhibitory effects of the selected digested propolis samples on cancer cells were higher than the other samples, and the cell-inhibitory effects of honey, pollen, and propolis samples were *A549*, *Hep-G2*, *Caco-2*, *H1299*, *A431* and *Bj* cells, respectively.

As a result, it was evaluated that phenolic compounds could be used as a parameter in the classification of regions for pollen and propolis samples, phenolic compound bioaccessibility after digestion was high for honey, nearly the same for pollen but low for propolis, and the selected digested samples had inhibitory effects on cancer cells used in the research.

KEYWORDS: Anticarcinogen effect, Anti-inflammatory effect, Flavonoids, Honey, Pollen, Propolis, Phenolic acids

COMMITTEE: Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ

Prof. Dr. Muharrem CERTEL

Prof. Dr. Sibel TUNÇ

Prof. Dr. Hamit KÖKSEL

Assoc. Prof. Dr. Nesrin ECEM BAYRAM

ÖNSÖZ

Bal, polen ve propolis ülkemizde en çok üretimi ve tüketimi yapılan temel arıcılık ürünleridir. Bu arıcılık ürünlerinin fiziksel özellikleri ve kimyasal bileşimleri coğrafi ve botanik kökenlerine, toplanma zamanlarına, iklim ve çevre koşullarına göre değişiklik göstermekte olup, bu faktörler arıcılık ürünlerine birbirlerine göre ayırt edici özellikler ve bunun yanı sıra sağlık üzerine antioksidan, antibakteriyel, antiinflamatuvar ve antikanserojen etkiler gibi olumlu birçok biyolojik aktivite kazandırabilmektedir. Buradan hareketle bu tezde; Türkiye'nin farklı bölgelerinde üretilen önemli arıcılık ürünlerinden bal, polen ve propolis örneklerinin fenolik bileşen kompozisyon ve biyoerişilebilirliklerinin belirlenmesi ve bu arıcılık ürünlerinin sağlık üzerine bazı etkilerinin *in vitro* yöntemlerle araştırılarak, bu ürünlerin beslenmedeki yer ve önemlerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

Bu araştırmanın planlanması ve gerçekleşmesinde yardım ve destekte bulunan danışman hocam Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ'a, tezin gelişimine katkıları nedeniyle tez izleme komitesi üyeleri Prof. Dr. Muharrem CERTEL ve Prof. Dr. Sibel TUNÇ'a, tez örneklerinin teminindeki destekleri nedeniyle Ordu Arıcılık Araştırma Enstitüsü ve Yüksek Mühendis Gökhan AKDENİZ'e ve Altıparmak Gıda San. ve Tic. A.Ş.'ne, bal ve polen türü tespiti için Doç. Dr. Aslı ÖZKÖK'e, kanser hücresi çalışmalarında katkıları nedeniyle Prof. Dr. Aysun ÖZKAN ve biyolog Zeynep DEMİR'e, yardımları ve dostlukları için Doç. Dr. Sultan ARSLAN TONTUL ve Öğr. Gör. Cihadiye CANDAL USLU'ya, destekleri için Arş. Gör. Andaç KOÇ, Yüksek Mühendis Duygu Gizem BİLGİN, Meltem ÖZTÜRK ve Hazal ÖZHANLI'ya, bu süreçteki yardımları için Öğr. Gör. Dr. Ebru KAYA-BAŞAR, Arş. Gör. Dr. Fatih UÇAR, Arş. Gör. Fatma ERSÖZ, Arş. Gör. Alper GÜNEŞ, Arş. Gör. Dilayda SOYLU-PEKPOSTALCI, Arş. Gör. Hacer KUDUZ, Arş. Gör. Nevruz İLHANLI, Arş. Gör. Özge ÖZER-ATAKOĞLU ve Yüksek Kimyager Ramazan USLU'ya ve Akdeniz Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü personeli ve öğrencilerine teşekkür ederim.

Projeye (2515-Bilim ve Teknolojide Avrupa İşbirliği-COST/European Cooperation in Science and Technology) Destek Programı-Proje no: 116O711) ve tarafıma (2211-A Yurt İçi Doktora Burs Programı) verdikleri maddi destek nedeniyle Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na (TÜBİTAK) teşekkür ederim.

Son olarak her kararımın arkasında duran ve beni destekleyen, cesaretlendiren, varlığıma ve yaptıklarımın anlam katan annem, babam ve kardeşlerime teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	3
2.1. Arıcılık Faaliyetleri ve Türkiye’de Üretilen Bazı Arı Ürünleri	3
2.2. Bal	4
2.2.1. Bal ve bileşimsel özellikleri.....	4
2.2.2. Balın biyolojik aktiviteleri	6
2.3. Polen	7
2.3.1. Polen ve bileşimsel özellikleri	7
2.3.2. Polenin biyolojik aktiviteleri	9
2.4. Propolis	10
2.4.1. Propolis ve bileşimsel özellikleri.....	10
2.4.2. Propolisin biyolojik aktiviteleri	11
2.5. Fenolik Bileşikler.....	13
2.5.1. Fenolik bileşiklerin kimyasal özellikleri.....	13
2.5.2. Bal, polen ve propolisin fenolik bileşik içerikleri.....	15
3. MATERYAL VE METOT.....	21
3.1. Materyal	21
3.1.1. Bal, polen ve propolis örneklerinin temini	21

3.1.2. Sarf malzemeleri	30
3.2. Analizler.....	30
3.2.1. Bal ve polen örneklerinin palinolojik analizi.....	30
3.2.2. Nem içeriği ve su aktivitesi analizi	31
3.2.3. Diastaz sayısı analizi.....	31
3.2.4. Toplam fenolik madde analizi	32
3.2.5. Toplam flavonoid madde analizi	32
3.2.6. Antioksidan aktivite analizi	32
3.2.7. Antiinflamatuar aktivite analizi	33
3.2.8. Antibakteriyel aktivite analizi.....	34
3.2.9. Hidroksimetilfurfural içeriği analizi	34
3.2.10. Şeker kompozisyonu analizi	34
3.2.11. Serbest aminoasit kompozisyonu analizi.....	35
3.2.12. Fenolik bileşik kompozisyonu analizi	35
3.2.13. Bal, polen ve propolis örneklerinin seçimi ve <i>in vitro</i> sindirimi	36
3.2.14. Bal, polen ve propolis örneklerinin bazı hücre hatları üzerine sitotoksik etkilerinin belirlenmesi	38
3.2.15. İstatistiksel analiz.....	41
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	43
4.1. Palinolojik Analiz Sonuçları	43
4.1.1. Bal örneklerine ait palinolojik analiz sonuçları	43
4.1.2. Polen örneklerine ait palinolojik analiz sonuçları.....	49
4.2. Nem İçeriği ve Su Aktivitesi Analiz Sonuçları.....	56
4.2.1. Bal örneklerinin nem içeriği ve su aktivitesi analiz sonuçları	56
4.2.2. Polen örneklerinin nem içeriği ve su aktivitesi analiz sonuçları	58
4.2.3. Propolis örneklerinin nem içeriği ve su aktivitesi analiz sonuçları	61

4.3. Diastaz Sayısı Analiz Sonuçları.....	64
4.4. Toplam Fenolik Madde Analiz Sonuçları.....	66
4.4.1. Bal örneklerinin toplam fenolik madde analiz sonuçları	66
4.4.2. Polen örneklerinin toplam fenolik madde analiz sonuçları	69
4.4.3. Propolis örneklerinin toplam fenolik madde analiz sonuçları	71
4.5. Toplam Flavonoid Madde Analiz Sonuçları.....	74
4.5.1. Bal örneklerinin toplam flavonoid madde analiz sonuçları	74
4.5.2. Polen örneklerinin toplam flavonoid madde analiz sonuçları	76
4.5.2. Propolis örneklerinin toplam flavonoid madde analiz sonuçları	79
4.6. Antioksidan Aktivite Analiz Sonuçları.....	81
4.6.1. Bal örneklerinin antioksidan aktivite analiz sonuçları.....	81
4.6.2. Polen örneklerinin antioksidan aktivite analiz sonuçları	83
4.6.3. Propolis örneklerinin antioksidan aktivite analiz sonuçları.....	86
4.7. Antiinflatuvar Aktivite Analiz Sonuçları.....	89
4.7.1. Bal örneklerinin antiinflatuvar aktivite analiz sonuçları.....	89
4.7.2. Polen örneklerinin antiinflatuvar aktivite analiz sonuçları	91
4.7.3. Propolis örneklerinin antiinflatuvar aktivite analiz sonuçları.....	94
4.8. Antibakteriyel Aktivite Analiz Sonuçları	97
4.8.1. Bal örneklerinin antibakteriyel aktivite analiz sonuçları	97
4.8.2. Polen örneklerinin antibakteriyel aktivite analiz sonuçları.....	100
4.8.3. Propolis örneklerinin antibakteriyel aktivite analiz sonuçları	103
4.9. Bal Örneklerinin HMF Analiz Sonuçları.....	106
4.10. Bal Örneklerinin Şeker Kompozisyonu Analiz Sonuçları.....	109
4.11. Bal Örneklerinin Serbest Aminoasit Kompozisyonu Analiz Sonuçları.....	113
4.12. Fenolik Bileşik Kompozisyonu Analiz Sonuçları.....	121
4.12.1. Bal örneklerinin fenolik bileşik kompozisyonu analiz sonuçları.....	121

4.12.2. Polen örneklerinin fenolik bileşik kompozisyonu analiz sonuçları	132
4.12.3. Propolis örneklerinin fenolik bileşik kompozisyonu analiz sonuçları.....	144
4.13. Bal, polen ve propolis örneklerinin <i>in vitro</i> sindirim aşamaları analiz sonuçları	156
4.13.1. Bal örneklerinin <i>in vitro</i> sindirim aşamaları analiz sonuçları.....	156
4.13.2. Polen örneklerinin <i>in vitro</i> sindirim aşamaları analiz sonuçları	168
4.13.3. Propolis örneklerinin <i>in vitro</i> sindirim aşamaları analiz sonuçları	180
4.13.4. Bal, polen ve propolis örneklerinin bazı kanser hücreleri üzerine sitotoksik etkilerine ait analiz sonuçları	192
5. SONUÇLAR	205
6. KAYNAKLAR.....	211
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum “Türkiye’nin Farklı Bölgelerinde Üretilen Önemli Arıcılık Ürünlerinden Bal, Polen ve Propolisin Fenolik Bileşen Kompozisyon ve Biyoyararışlılığının Belirlenmesi ve Bu Arıcılık Ürünlerinin Sağlık Üzerine Bazı Etkilerinin *in vitro* Yöntemlerle Araştırılması” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

30/06/2022

Ceren MUTLU

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

°C	: Santigrat derece
dk	: Dakika
g	: Gram
<i>g</i>	: Yerçekimi ivmesi
kg	: Kilogram
L	: Litre
M	: Molarite
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
μL	: Mikrolitre
μm	: Mikrometre
μmol	: Mikromol
N	: Normalite
nm	: Nanometre
rpm	: Devir sayısı/Dakika
R ²	: Determinasyon katsayısı

Kısaltmalar

ABTS	: 2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolin-6 sülfonik asit
ANOVA	: Varyans analizi
CUPRAC	: Bakır indirgeme antioksidan kapasite
DAD	: Diyot dizi dedektörü
GAE	: Gallik asit eşdeğeri
HPLC	: Yüksek performanslı sıvı kromatografisi
KE	: Kuersetin eşdeğeri

KO	: Kareler ortalaması
LDA	: Lineer diskriminant analizi
PBS	: Fosfat tamponlu tuz
RID	: Refraktif indeks dedektör
TEAC	: Trolox eşdeğeri antioksidan kapasite
TE	: Troloks eşdeğeri
t.e.	: Tespit edilemedi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Fenolik bileşiklerin sınıflandırılması (Albuquerque 2021; Maqsood vd. 2013; Saldamlı 2017).....	13
Şekil 3.1. Birinci ve ikinci yıl bal örnekleme haritası.....	23
Şekil 3.2. Birinci yıl temin edilen bal örneklerinin bölgelere göre dağılımları	23
Şekil 3.3. İkinci yıl temin edilen bal örneklerinin bölgelere göre dağılımları.....	24
Şekil 3.4. Birinci ve ikinci yıl polen örnekleme haritası.....	26
Şekil 3.5. Birinci yıl temin edilen polen örneklerinin bölgelere göre dağılımları	26
Şekil 3.6. İkinci yıl temin edilen polen örneklerinin bölgelere göre dağılımları.....	27
Şekil 3.7. Birinci ve ikinci yıl propolis örnekleme haritası	29
Şekil 3.8. Birinci yıl temin edilen propolis örneklerinin bölgelere göre dağılımları.....	29
Şekil 3.9. İkinci yıl temin edilen propolis örneklerinin bölgelere göre dağılımları.....	30
Şekil 3.10. Hücrelere ait mikroskop görüntüleri.....	39
Şekil 3.11. Bal, polen ve propolis örneklerinin sitotoksik etkileri analizine ait bazı görseller.....	40
Şekil 4.1. Bazı monofloral bal örneklerinde bulunan polenlere ait mikroskop görüntüleri; a) Kısamahmut balı poleni (A1-4); b) Geven balı poleni (D2-3); c) Maydanozgiller balı poleni (E2-2); d) Çam balı poleni (E2-3); e) Buğdaygiller balı poleni (İ2-2); f) Ayçiçeği balı poleni (M1-3).....	49
Şekil 4.2. Bazı monofloral polen örneklerine ait mikroskop görüntüleri; a) Dügünçiçeğigiller poleni; b) Hardalgiller poleni; c) Ladengiller poleni; d) Çörekotu poleni; e) Üçgül poleni; f) Kestane poleni	55
Şekil 4.3. Antibakteriyel aktivite analizine ait bazı görseller	98
Şekil 4.4. Polen örneklerinin fenolik bileşik kompozisyonlarına göre bölge dağılım grafiği	142
Şekil 4.5. Propolis örneklerinin fenolik bileşik kompozisyonlarına göre bölge dağılım grafiği	154
Şekil 4.6. Bal örneklerinin hücre canlılık oranları üzerine etkileri.....	197
Şekil 4.7. Polen örneklerinin hücre canlılık oranları üzerine etkileri	200
Şekil 4.8. Propolis örneklerinin hücre canlılık oranları üzerine etkileri	202

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Balın bileşiminde bulunan bazı bileşikler ve bunların balda bulunma oranları/miktarları (Alvarez-Suarez 2017; Nguyen vd. 2019)	5
Çizelge 2.2. Arı poleninin bileşiminde bulunan bazı bileşikler ve bunların bulunma oranları/miktarları (Campos vd. 2008; Thakur ve Nanda 2020)	8
Çizelge 2.3. Arıcılık ürünlerinde tespit edilen bazı fenolik bileşikler ve bunların kimyasal yapıları	15
Çizelge 3.1. Birinci yıl temin edilen bal örneklerinin listesi	21
Çizelge 3.2. İkinci yıl temin edilen bal örneklerinin listesi	22
Çizelge 3.3. Birinci yıl temin edilen polen örneklerinin listesi	24
Çizelge 3.4. İkinci yıl temin edilen polen örneklerinin listesi	25
Çizelge 3.5. Birinci yıl temin edilen propolis örneklerinin listesi	27
Çizelge 3.6. İkinci yıl temin edilen propolis örneklerinin listesi	28
Çizelge 3.7. Her örnekleme yılı için seçilen bal, polen ve propolis örneklerinin listesi	37
Çizelge 3.8. Hazırlanan simüle sindirim sıvıların bileşimleri	37
Çizelge 4.1. Birinci yıl temin edilen bal örneklerine ait polen analiz sonuçları	43
Çizelge 4.2. İkinci yıl temin edilen bal örneklerine ait polen analiz sonuçları	45
Çizelge 4.3. Polen analizine göre bal çeşitlerinin sayıları (Çizelge 4.1 ve 4.2 özet)	48
Çizelge 4.4. Birinci yıl temin edilen polen örneklerine ait polen analiz sonuçları	49
Çizelge 4.5. İkinci yıl temin edilen polen örneklerine ait polen analiz sonuçları	52
Çizelge 4.6. Polen analizine göre polen çeşitlerinin sayıları (Çizelge 4.4 ve 4.5 özet)	54
Çizelge 4.7. Bal örneklerine ait nem içeriği ve su aktivitesi analiz sonuçları	56
Çizelge 4.8. Bal örneklerine ait nem içeriği ve su aktivitesi varyans analizi sonuçları	57
Çizelge 4.9. Bal örneklerine ait nem içeriği ve su aktivitesi Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	57
Çizelge 4.10. Polen örneklerine ait nem içeriği ve su aktivitesi analiz sonuçları	59
Çizelge 4.11. Polen örneklerine ait nem içeriği ve su aktivitesi varyans analizi sonuçları	60

Çizelge 4.12. Polen örneklerine ait nem içeriği ve su aktivitesi Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	60
Çizelge 4.13. Propolis örneklerine ait nem içeriği ve su aktivitesi analiz sonuçları	62
Çizelge 4.14. Propolis örneklerine ait nem içeriği ve su aktivitesi varyans analizi sonuçları	63
Çizelge 4.15. Propolis örneklerine ait nem içeriği ve su aktivitesi Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	63
Çizelge 4.16. Bal örneklerine ait diastaz sayısı analiz sonuçları	64
Çizelge 4.17. Bal örneklerine ait diastaz sayısı varyans analizi sonuçları.....	65
Çizelge 4.18. Bal örneklerine ait diastaz sayısı Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	65
Çizelge 4.19. Bal örneklerine ait toplam fenolik madde analiz sonuçları	67
Çizelge 4.20. Bal örneklerine ait toplam fenolik madde varyans analizi sonuçları.....	68
Çizelge 4.21. Bal örneklerine ait toplam fenolik madde Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	68
Çizelge 4.22. Polen örneklerine ait toplam fenolik madde analiz sonuçları.....	69
Çizelge 4.23. Polen örneklerine ait toplam fenolik madde varyans analizi sonuçları	70
Çizelge 4.24. Polen örneklerine ait toplam fenolik madde Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	70
Çizelge 4.25. Propolis örneklerine ait toplam fenolik madde analiz sonuçları	72
Çizelge 4.26. Propolis örneklerine ait toplam fenolik madde varyans analizi sonuçları	73
Çizelge 4.27. Propolis örneklerine ait toplam fenolik madde Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	73
Çizelge 4.28. Bal örneklerine ait toplam flavonoid madde analiz sonuçları	74
Çizelge 4.29. Bal örneklerine ait toplam flavonoid madde varyans analizi sonuçları....	75
Çizelge 4.30. Bal örneklerine ait toplam flavonoid madde Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	75
Çizelge 4.31. Polen örneklerine ait toplam flavonoid madde analiz sonuçları.....	76
Çizelge 4.32. Polen örneklerine ait toplam flavonoid madde varyans analizi sonuçları	77

Çizelge 4.33. Polen örneklerine ait toplam flavonoid madde Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	78
Çizelge 4.34. Propolis örneklerine ait toplam flavonoid madde analiz sonuçları	79
Çizelge 4.35. Propolis örneklerine ait toplam flavonoid madde varyans analizi sonuçları	80
Çizelge 4.36. Propolis örneklerine ait toplam flavonoid madde Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	80
Çizelge 4.37. Bal örneklerine ait antioksidan aktivite analiz sonuçları.....	81
Çizelge 4.38. Bal örneklerine ait antioksidan aktivite varyans analizi sonuçları	82
Çizelge 4.39. Bal örneklerine ait TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	82
Çizelge 4.40. Polen örneklerine ait antioksidan aktivite analiz sonuçları	83
Çizelge 4.41. Polen örneklerine ait antioksidan aktivite varyans analizi sonuçları.....	84
Çizelge 4.42. Polen örneklerine ait TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	85
Çizelge 4.43. Propolis örneklerine ait antioksidan aktivite analiz sonuçları	86
Çizelge 4.44. Propolis örneklerine ait antioksidan aktivite varyans analizi sonuçları....	87
Çizelge 4.45. Propolis örneklerine ait TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	87
Çizelge 4.46. Bal örneklerine ait antiinflamatuvar aktivite analiz sonuçları.....	89
Çizelge 4.47. Bal örneklerine ait antiinflamatuvar aktivite varyans analizi sonuçları ...	90
Çizelge 4.48. Bal örneklerine ait antiinflamatuvar aktivite Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	90
Çizelge 4.49. Polen örneklerine ait antiinflamatuvar aktivite analiz sonuçları	92
Çizelge 4.50. Polen örneklerine ait antiinflamatuvar aktivite varyans analizi sonuçları	93
Çizelge 4.51. Polen örneklerine ait antiinflamatuvar aktivite Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	93
Çizelge 4.52. Propolis örneklerine ait antiinflamatuvar aktivite analiz sonuçları	95
Çizelge 4.53. Propolis örneklerine ait antiinflamatuvar aktivite varyans analizi sonuçları	96

Çizelge 4.54. Propolis örneklerine ait antiinflamatuvar aktivite Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	96
Çizelge 4.55. Bal örneklerine ait <i>E. coli</i> ATCC 25922 ve <i>S. aureus</i> ATCC 25923 suşlarına karşı antibakteriyel aktivite analiz sonuçları (mm, inhibisyon zonu).....	97
Çizelge 4.56. Bal örneklerine ait antibakteriyel aktivite varyans analizi sonuçları.....	99
Çizelge 4.57. Bal örneklerine ait antibakteriyel aktivite Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	99
Çizelge 4.58. Polen örneklerine ait <i>E. coli</i> ATCC 25922 ve <i>S. aureus</i> ATCC 25923 suşlarına karşı antibakteriyel aktivite analiz sonuçları (mm, inhibisyon zonu).....	101
Çizelge 4.59. Polen örneklerine ait antibakteriyel aktivite varyans analizi sonuçları ..	102
Çizelge 4.60. Polen örneklerine ait antibakteriyel aktivite Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	102
Çizelge 4.61. Propolis örneklerine ait <i>E. coli</i> ATCC 25922 ve <i>S. aureus</i> ATCC 25923 suşlarına karşı antibakteriyel aktivite analiz sonuçları (mm, inhibisyon zonu).....	103
Çizelge 4.62. Propolis örneklerine ait antibakteriyel aktivite varyans analizi sonuçları	104
Çizelge 4.63. Propolis örneklerine ait antibakteriyel aktivite Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	105
Çizelge 4.64. Bal örneklerine ait HMF analiz sonuçları.....	106
Çizelge 4.65. Bal örneklerine ait HMF içeriği varyans analizi sonuçları.....	107
Çizelge 4.66. Bal örneklerine ait HMF içeriği Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	107
Çizelge 4.67. Birinci yıl bal örneklerine ait şeker kompozisyonu analiz sonuçları.....	109
Çizelge 4.68. İkinci yıl bal örneklerine ait şeker kompozisyonu analiz sonuçları	110
Çizelge 4.69. Bal örneklerine ait şeker kompozisyonu varyans analizi sonuçları.....	111
Çizelge 4.70. Bal örneklerine ait şeker kompozisyonu Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	111
Çizelge 4.71. Bal örneklerine ait şeker kompozisyonu bölge genel ortalamaları Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	111
Çizelge 4.72. Birinci yıl bal örneklerine ait serbest aminoasit kompozisyonu analiz sonuçları (mg/kg)	114

Çizelge 4.73. İkinci yıl bal örneklerine ait serbest aminoasit kompozisyonu analiz sonuçları (mg/kg)	115
Çizelge 4.74. Bal örneklerine ait serbest aminoasit içeriği varyans analizi sonuçları..	116
Çizelge 4.75. Bal örneklerine ait serbest aminoasit kompozisyonu Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	117
Çizelge 4.76. Bal örneklerine ait serbest aminoasit kompozisyonu bölge genel ortalama Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	119
Çizelge 4.77. Birinci yıl bal örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu analiz sonuçları (mg/100g)	122
Çizelge 4.78. İkinci yıl bal örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu analiz sonuçları (mg/100g)	124
Çizelge 4.79. Bal örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu varyans analizi sonuçları	126
Çizelge 4.80. Bal örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	127
Çizelge 4.81. Bal örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu bölge genel ortalama Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	129
Çizelge 4.82. Birinci yıl polen örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu analiz sonuçları (mg/100g)	133
Çizelge 4.83. İkinci yıl polen örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu analiz sonuçları (mg/100g)	135
Çizelge 4.84. Polen örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu varyans analizi sonuçları	137
Çizelge 4.85. Polen örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	138
Çizelge 4.86. Polen örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu bölge genel ortalama Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	140
Çizelge 4.87. Polen örneklerinin fenolik kompozisyonu analizi sonuçlarına göre yapılan bölge sınıflandırma sonuçları	141
Çizelge 4.88. Birinci yıl propolis örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu analiz sonuçları (mg/100g)	145
Çizelge 4.89. İkinci yıl propolis örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu analiz sonuçları (mg/100g)	147

Çizelge 4.90. Propolis örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu varyans analizi sonuçları	149
Çizelge 4.91. Propolis örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	150
Çizelge 4.92. Propolis örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu bölge genel ortalama Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	152
Çizelge 4.93. Propolis örneklerinin fenolik kompozisyonu analizi sonuçlarına göre yapılan bölge sınıflandırma sonuçları	154
Çizelge 4.94. Bal örneklerinin ağız, mide ve bağırsak sindirim aşamalarına ait toplam fenolik (mg GAE/100g) ve flavonoid (mg KE/100g) madde içerikleri analiz sonuçları ve biyoerişilebilirlik değerleri	157
Çizelge 4.95. Bal örneklerinin sindirimlerinden elde edilen toplam fenolik ve flavonoid madde ve bu bileşiklerin biyoerişilebilirlik değerlerine ait varyans analizi sonuçları	157
Çizelge 4.96. Bal örneklerinin sindirimlerinden elde edilen toplam fenolik madde ve biyoerişilebilirlik değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	158
Çizelge 4.97. Bal örneklerinin sindirimlerinden elde edilen toplam flavonoid madde ve biyoerişilebilirlik değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	158
Çizelge 4.98. Bal örneklerinin ağız, mide ve bağırsak sindirim aşamalarına ait TEAC ve CUPRAC ($\mu\text{mol TE/g}$) antioksidan aktivite analiz sonuçları	160
Çizelge 4.99. Bal örneklerinin sindirimlerinden elde edilen TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite ve antioksidan aktiviteye sahip bileşiklerin biyoerişilebilirlik değerlerine ait varyans analizi sonuçları	160
Çizelge 4.100. Bal örneklerinin sindirimlerinden elde edilen TEAC antioksidan aktivite ve antioksidan madde biyoerişilebilirlik değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	161
Çizelge 4.101. Bal örneklerinin sindirimlerinden elde edilen CUPRAC antioksidan aktivite ve antioksidan madde biyoerişilebilirlik değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	161
Çizelge 4.102. Bal örneklerinin ağız, mide ve bağırsak sindirim aşamalarına ait fenolik bileşik kompozisyonu analizi sonuçları	163
Çizelge 4.103. Bal örneklerinin sindirimlerinden elde edilen fenolik bileşik kompozisyonu değerlerine ait varyans analizi sonuçları	164
Çizelge 4.104. Bal örneklerinin sindirimlerinden elde edilen fenolik bileşik kompozisyonu değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	165

Çizelge 4.105. Polen örneklerinin ağız, mide ve bağırsak sindirim aşamalarına ait toplam fenolik (mg GAE/100g) ve flavonoid (mg KE/100g) madde içerikleri analiz sonuçları	168
Çizelge 4.106. Polen örneklerinin sindirimlerinden elde edilen toplam fenolik ve flavonoid madde ve bu bileşiklerin biyoerişilebilirlik değerlerine ait varyans analizi sonuçları	169
Çizelge 4.107. Polen örneklerinin toplam fenolik madde ve biyoerişilebilirlik değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	169
Çizelge 4.108. Polen örneklerinin toplam flavonoid madde ve biyoerişilebilirlik değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	170
Çizelge 4.109. Polen örneklerinin ağız, mide ve bağırsak sindirim aşamalarına ait TEAC ve CUPRAC ($\mu\text{mol TE/g}$) antioksidan aktivite analiz sonuçları.....	171
Çizelge 4.110. Polen örneklerinin sindirimlerinden elde edilen TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite ve antioksidan aktiviteye sahip bileşiklerin biyoerişilebilirlik değerlerine ait varyans analizi sonuçları	172
Çizelge 4.111. Polen örneklerinin TEAC antioksidan aktivite ve antioksidan madde biyoerişilebilirlik değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	172
Çizelge 4.112. Polen örneklerinin CUPRAC antioksidan aktivite ve antioksidan madde biyoerişilebilirlik değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	173
Çizelge 4.113. Polen örneklerinin ağız, mide ve bağırsak sindirim aşamalarına ait fenolik bileşik kompozisyonu analizi sonuçları	175
Çizelge 4.114. Polen örneklerinin sindirimlerinden elde edilen fenolik bileşik kompozisyonu değerlerine ait varyans analizi sonuçları	176
Çizelge 4.115. Polen örneklerinin sindirimlerinden elde edilen fenolik bileşik kompozisyonu değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	177
Çizelge 4.116. Propolis örneklerinin ağız, mide ve bağırsak sindirim aşamalarına ait toplam fenolik ve flavonoid madde içerikleri analiz sonuçları.....	180
Çizelge 4.117. Propolis örneklerinin sindirimlerinden elde edilen toplam fenolik ve flavonoid madde ve bu bileşiklerin biyoerişilebilirlik değerlerine ait varyans analizi sonuçları	181
Çizelge 4.118. Propolis örneklerinin toplam fenolik madde ve biyoerişilebilirlik değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	181
Çizelge 4.119. Propolis örneklerinin toplam flavonoid madde ve biyoerişilebilirlik değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	182

Çizelge 4.120. Propolis örneklerinin ağız, mide ve bağırsak sindirim aşamalarına ait TEAC ve CUPRAC ($\mu\text{mol TE/g}$) antioksidan aktivite analiz sonuçları.....	184
Çizelge 4.121. Propolis örneklerinin sindirimlerinden elde edilen TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite ve antioksidan aktiviteye sahip bileşiklerin biyoerişilebilirlik değerlerine ait varyans analizi sonuçları	184
Çizelge 4.122. Propolis örneklerinin TEAC antioksidan aktivite ve antioksidan madde biyoerişilebilirlik değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	185
Çizelge 4.123. Propolis örneklerinin CUPRAC antioksidan aktivite ve antioksidan madde biyoerişilebilirlik değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	185
Çizelge 4.124. Propolis örneklerinin ağız, mide ve bağırsak sindirim aşamalarına ait fenolik bileşik kompozisyonu analizi sonuçları	187
Çizelge 4.125. Propolis örneklerinin sindirimlerinden elde edilen fenolik bileşik kompozisyonu değerlerine ait varyans analizi sonuçları	188
Çizelge 4.126. Propolis örneklerinin sindirimlerinden elde edilen fenolik bileşik kompozisyonu değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları.....	189
Çizelge 4.127. Bal, polen ve propolis örneklerinin farklı konsantrasyonlarının bazı kanser hücreleri ve sağlıklı hücre canlılık düzeyleri (%) üzerine etkilerine ait analiz sonuçları	192
Çizelge 4.128. Bal, polen ve propolis örneklerinin bazı kanser hücreleri ve sağlıklı hücreye sitotoksik etki düzeylerini gösteren IC_{50} değerleri (mg/mL).....	194
Çizelge 4.129. Bal, polen ve propolis örneklerinin bazı kanser hücreleri ve sağlıklı hücre üzerine olan sitotoksik etki düzeylerine ait varyans analizi sonuçları	194
Çizelge 4.130. Bal, polen ve propolis örneklerinin bazı kanser hücreleri ve sağlıklı hücre üzerine olan sitotoksik etki düzeylerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları	195

1. GİRİŞ

Avrupa, Asya ve Orta Doğu'nun coğrafi kavşağında yer almakta olan Türkiye sınırları içerisinde çok çeşitli iklim ve habitatları barındırmaktadır. Türkiye farklı iklimsel özellikleri ve toprak çeşitleri, geniş flora alanları ve kaynakları ve çeşitli meyve türleri, endüstriyel bitkileri, yem bitkileri, tahıl ve bakliyat tarlaları ile kestane, çam, akasya, ıhlamur, okaliptüs ve ormangülü gibi birçok ağaç türü, karışık ormanları ve çeşitli bitkileri ile arıcılık için gerekli doğal kaynaklar açısından oldukça zengin bir ülkedir (Altunel ve Ölmez 2019). Yaklaşık 163 familya, 1225 cins ve 9000 bitki türü ile geniş bir floral çeşitliliğe sahiptir. Bu ekolojik zenginlik sayesinde bitkilerin çiçeklenme dönemi yılda beş ila altı ay boyunca sürmektedir. Türkiye'de bulunan bal arıları da morfolojik, davranışsal, ekolojik ve fizyolojik olarak çeşitlilik göstermektedirler. Türkiye'deki bal arısı ırkları arasında *Apis mellifera anatoliaca*, *Apis mellifera caucasica*, *Apis mellifera meda* ve *Apis mellifera syriaca* bulunmaktadır (Özkırım 2018). Bu çeşitlilik Türkiye'de arıcılık faaliyetleri sonucunda üretilen ürünlerin farklı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler kazanmasını da sağlamaktadır. Tüm bu avantaj sağlayan özelliklerinden dolayı arıcılık faaliyeti Anadolu'da çok eski zamanlardan beri yaygın bir faaliyet olmuştur (Güler ve Demir 2005). Türkiye'deki arıcılık faaliyetlerinin tarihi geleneksel ve modern arıcılık olmak üzere iki kısma ayrılabilir. Anadolu'da eski çağlardan Osmanlı Devleti'ne kadar olan süreç "geleneksel arıcılık dönemi" ve I. Dünya Savaşı'ndan günümüze kadar olan süreç ise "modern arıcılık dönemi" olarak tanımlanmaktadır (Özkırım 2018).

Arıcılık faaliyetleri bal, polen, propolis, balmumu ve arı sütü gibi değerli ürünlerin üretilmesinin yanı sıra bitkilerin tozlaşmasını sağlaması, tohum ve meyvelerin miktar ve kalitesinde artışa neden olması ve aynı zamanda ekolojik olarak tarıma uygun olmayan dağlık alanlar ve bozkırlar gibi bölgelerde bulunan çiftçiler için de bir gelir kaynağı olması bakımından oldukça önemli bir faaliyettir (Tamali ve Özkırım 2019; Waykar ve Alqadhi 2016). Buna bağlı olarak ülkemizin her bölgesinde arıcılık yapılmakta ve farklı arıcılık ürünleri üretilmektedir.

Dünyada ve ülkemizde üretimi en çok yapılan arıcılık ürünü bal olmakla birlikte polen ve propolis üretim miktarlarının da son yıllarda artış gösterdiği bildirilmiştir. Bal ülkemizin tüm bölgelerinde üretilirken, polen çoğu bölgede ve propolis ise çoğunlukla Marmara Bölgesi'nde üretilmektedir (Çakmak ve Seven-Çakmak 2016).

Bal, bitkilerde bulunan nektarın veya bitki üzerinde yaşayan bazı bitki emici böceklerin salgılarının bal arıları tarafından toplandıktan sonra kendine özgü maddelerle birleştirilip değişikliğe uğratıldığı, su içeriğinin düşürüldüğü ve petekte depolanarak olgunlaştırıldığı doğal ve tatlı bir üründür (Mutlu vd. 2017). Arı poleni, koloninin gelişimi ve canlılığının sürdürülmesi amacıyla arılar tarafından besin kaynağı olarak kullanılan ve bitki çiçeklerinden toplanan polen tanelerinin arı tükürük salgıları, nektar ve/veya bal ile karıştırılması ile oluşturulan bir üründür. Propolis (arı tutkalı) ise bal arıları tarafından bitkilerden toplanan koyu renkli reçineli bir maddedir ve arılar tarafından kovadaki çatlakları kapatmak, kovan duvarlarını düzleştirmek ve kovadaki nemi ve sıcaklığı sabit tutmak için kullanılmaktadır (Alvarez-Suarez 2017).

Bal, polen ve propolis aynı ortamda üretilmelerine rağmen birbirlerinden oldukça farklı karakteristik özelliklere, kimyasal bileşimlere ve biyolojik aktivitelere sahip ürünlerdir. Arıcılık ürünlerinin gösterdikleri farklı biyolojik etkiler nedeniyle bu ürünlerin

sağlık yararları, farmakolojik özellikleri ve fonksiyonel gıda olarak değerlendirilmeleri birçok araştırmaya konu olmakta ve bu biyolojik etkilerin ise önemli ölçüde içerdikleri fenolik bileşiklerden kaynaklandığı ifade edilmektedir. Fenolik bileşikler; antioksidan, antimikrobiyal, antiviral, antiinflamatuvar, antifungal, yara iyileştirme ve kardiyoprotektif aktiviteler dahil olmak üzere arı ürünlerinin fonksiyonel özelliklerine katkıda bulunmaktadır (Pasupuleti vd. 2017). Fenolik bileşiklerin bu etkileri miktarlarına ve türlerine göre farklılık göstermekte olup; bal, polen ve propolisteki bu bileşiklerin kaynağını oluşturan nektarların polifenol içeriği bitki türüne ve bu bitkilerin yetiştikleri ortamda bulunan iklim ve toprak özelliklerine göre değişebilmektedir (Nicewicz vd. 2021).

Ülkemizdeki bitkisel kaynak, iklim ve coğrafi özelliklerdeki çeşitliliğin arıcılık ürünlerinde neden olduğu fizikokimyasal/kimyasal farklılıklar ve bunların sağlık üzerindeki etkileri dikkate alındığında, ülkemizde üretilen farklı arı ürünlerinin özelliklerinin karşılaştırılmalı olarak incelenmesinin önemli olduğu düşünülmektedir.

Bu değerlendirme ile; Türkiye'nin farklı bölgelerinde üretilen önemli arıcılık ürünlerinden bal, polen ve propolisin fenolik bileşik kompozisyonunun ve biyoyararlılığının belirlenmesi ve ayrıca bu ürünlerinin sağlık üzerine bazı etkilerinin in vitro yöntemlerle araştırılarak, bu ürünlerin beslenmedeki yer ve önemlerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

Bu amaç doğrultusunda Türkiye'nin 7 farklı coğrafi bölgesinden 2 yıl tekrarlı olarak bal, polen ve propolis örnekleri temin edilerek ilk aşamada bu örneklerin bazı kimyasal özellikleri, fenolik bileşik içerikleri ve kompozisyonları belirlenmiş, bu içerik ve kompozisyonlara göre her örnek grubundan toplam fenolik madde içeriği en yüksek olan örneklerle in vitro sindirim uygulanarak her bir sindirim aşamasında fenolik bileşiklerin durumları ve biyoerişilebilirlikleri değerlendirilmiş ve son olarak da sindirim sonu elde edilen digestaların akciğer (A549 ve H1299), cilt (A431), karaciğer (Hep-G2), kolon (Caco-2) kanseri ve sağlıklı fibroblast (Bj) hücreleri üzerine sitotoksik etkileri araştırılmıştır.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Arıcılık Faaliyetleri ve Türkiye’de Üretilen Bazı Arı Ürünleri

Arıcılık bilgi ve deneyim gerektirmekle birlikte yoğun iş gücü gerektirmeyen bir faaliyet olduğu için birçok kişi tarafından yapılabilen ve ayrıca kısa sürede gelir getiren bir faaliyet olması nedeniyle de ekonomik olarak alternatif bir geçim kaynağı olabilen bir üretim faaliyetidir. Arıcılık faaliyeti sabit veya gezici (göçebe) olmak üzere iki farklı şekilde gerçekleştirilmektedir. Sabit arıcılıkta kovanların yeri yıl boyunca değiştirilmeden kalmaktadır. Gezici arıcılık ise arı kolonilerinin yıl boyunca daha uygun nektar ve polen kaynaklarına sahip bölgelere taşınması ile yapılmaktadır. Gezici arıcılıkta nektar kaynakları takip edilip yılın büyük bir bölümünde bal üretimi yapılabildiğinden bu uygulama verimliliğin daha yüksek olduğu bir arıcılık şeklidir (Özkırım 2018). Türkiye'deki gezici arıcular göç mesafelerine göre iki gruba ayrılmaktadır. Ege, Karadeniz, Marmara ve Akdeniz Bölgeleri’nde özellikle yaz aylarında yapılan ve arı kolonilerinin 40-50 km mesafelere taşındığı arıcılık türü yerleşik/kısa mesafeli, kolonilerin bir sezonda toplam 3000-4000 km mesafelere taşındığı arıcılık türü ise profesyonel/uzun mesafeli gezgin arıcılık olarak adlandırılmaktadır (Güler ve Demir 2005). Gezici arıcular, arı kolonilerini kışın Akdeniz, Ege ve Karadeniz Bölgeleri’nin kıyı kısımlarına, nisan ayı başlarından itibaren İç Anadolu Bölgesi’ne ve son olarak da eylül ayı itibari ile çam balı üretimi için Muğla ve İzmir yörelerine taşıyarak yılda üç kez mevsim ve buna bağlı olarak değişen botanik özelliklere göre üretim yapmaktadırlar (Altunel ve Ölmez 2019).

Türkiye'nin her bölgesinde ve tüm illerinde arıcılık yapılabilmektedir. Akdeniz Bölgesi ılıman iklim özelliği ve zengin nektar kaynakları nedeniyle arıcılık faaliyetlerinin yoğun olarak yapıldığı ve arıcular tarafından özellikle kışın tercih edilen bir bölgedir. Doğu, Güneydoğu ve İç Anadolu Bölgeleri nektar kaynakları ve bitkilerin çiçeklenme dönemleri açısından benzerlik göstermektedirler. Bu bölgelerde bitkilerin çiçeklenme dönemi nisan ayının ikinci haftasında başlamakta olup, nektar üretimi ağustos ayının sonuna kadar devam ettiğinden bu bölgeler arıcular tarafından genellikle nisan-ağustos ayları arasında tercih edilmektedir. Ege Bölgesi çam ağaçları üzerinde yaşayan *Marchalina hellenica* böceğinin salgıları ile üretilen çam balı ile öne çıkmaktadır ve çam balı üretimi ağustos ayının sonundan başlayarak aralık ayının sonuna kadar devam ettiğinden Ege Bölgesi arıcular tarafından daha çok sonbaharda tercih edilmektedir. Karadeniz Bölgesi’nde nektar üretimi haziran ayı ortasında başlamakta olup, temmuz ayının ortasına kadar devam etmektedir. Ancak Karadeniz Bölgesi’nde nektar oluşumu döneminde yağışların yoğun olması ve fındık tarımında uygulanan pestisit nedenleriyle bu bölgedeki arıcular kolonilerini diğer bölgelere taşıyarak üretim yapmayı tercih etmektedirler. Marmara Bölgesi ise arıcular tarafından bu bölgede yoğun olarak tarımı yapılan ayçiçeğinin çiçeklenme dönemi olan temmuz-ağustos aylarında tercih edilmektedir (Güler ve Demir 2005).

Bitkiler açısından bir değerlendirme yapıldığında ise Akdeniz Bölgesi’nde sonbaharın sonundan ilkbahara kadar *Erica spp.* (funda), *Eriobotrya japonica* (malta eriği/yeni dünya), *Prunus amygdalus* (badem), *Citrus spp.* (narenciye) bitkileri ve ilkbaharda dağlarda ve yaylarda ise *Trifolium spp.* (üçgül), *Thymus spp.* (kekik), *Astragalus spp.* (geven) ve *Salvia officinalis* (adaçayı) bitkilerinin nektarlarından arıcılık ürünleri üretilmektedir. Güney ve Doğu Anadolu Bölgeleri’nde *Gossypium spp.* (pamuk)

ve *Poaceae* spp. (buğdaygiller) arılar için en önemli nektar kaynaklarıdır. Ege Bölgesi'nde daha çok çam balı üretimi yapılmaktadır. İç Anadolu, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nde benzer dönemlerde arıcılık faaliyeti gerçekleştirilmekte olup, bu bölgelerdeki temel nektar kaynakları ise *Astragalus acmophyllus*, *Berberis crataegina*, *Lamium album*, *Malva sylvestris*, *Medicago sativa*, *Melilotus alba*, *Sinapis* spp., *Thymus kotschyanun*, *Trifolium* spp. ve *Vicia sativa* olarak rapor edilmiştir. Karadeniz Bölgesi'nde arılar çoğunlukla *Asteraceae* spp., *Fabaceae* spp., *Lamiaceae* spp., *Boraginaceae* spp., *Ericaceae* spp., *Rosaceae* spp., *Apiaceae* spp., *Fagaceae* spp., *Pinaceae* spp. ve *Caryophyllaceae* spp. familyalarına ait bitkiler ile beslenmekte olup, bu bölgede üretilen önemli ballar anzer ve kestane ballarıdır. Marmara Bölgesi'ndeki ana nektar kaynağı ise *Helianthus annuus* (ayçiçeği) bitkisidir. Ayrıca *Acacia* (akasya), *Tilia* (ıhlamur), *Rhododendron* (ormangülü) ve *Castanea sativa* (kestane) gibi yabancı olarak kendiliğinden büyüyen ve arıcılığa önemli katkı sağlayan ağaçlar da bulunmaktadır (Güler ve Demir 2005; Tamali ve Özkırım 2019).

Sahip olduğu iklimsel özellikleri ve zengin bitki örtüsü sayesinde ülkemizde arıcılık faaliyetlerinin sonucunda bal, polen, propolis, balmumu ve arı sütü gibi farklı arı ürünlerinin üretimi yapılmaktadır. Bu arı ürünleri arasında üretimi, tüketimi ve bilinirliği en yüksek olan arıcılık ürünleri ise bal, polen ve propolistir. Bal üretimi en çok yapılan arıcılık ürünüdür ve 2020 Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) verilerine göre dünyada yıllık 1.77 milyon ton bal üretimi yapılmış olup, başlıca üretici ülkeler ise Çin, Türkiye ve İran olarak rapor edilmiştir. FAO tarafından açıklanan 2020 yılı verilerine göre Türkiye'de yaklaşık 104 bin ton bal üretimi gerçekleştirilmiştir (Anonymous 1). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından 2021 yılına ilişkin bildirilen veriler incelendiğinde ise bal üretiminin yaklaşık 96 bin ton olduğu ve bir önceki yıl için bildirilen 104 bin ton üretim miktarına göre düşüş gösterdiği değerlendirilmiştir (Anonim 1). Arıcılık yapılan işletme sayısı yaklaşık 89 bin olup, yeni (fenni) ve eski (karakovan) kovan sayılarının ise sırasıyla 8.5 milyon ve 277 bin adet (Anonim 1) ile bir önceki yıl verilerine göre daha yüksek olduğu değerlendirilmiştir. Polen ve propolis üretimleri son yıllarda artış göstermekle birlikte yıllık üretimi hesaplamak için yeterli veri bulunmadığı bildirilmiştir (Çakmak ve Seven-Çakmak 2016).

2.2. Bal

2.2.1. Bal ve bileşimsel özellikleri

Bal arılar tarafından üretilen viskoz, aromatik, tatlı ve doğal bir gıdadır (Silva vd. 2016) ve çiçek ve salgı balları olarak nektar kaynağına göre sınıflandırılmaktadır. Çiçek balı ağırlıklı olarak çiçeklerin nektarından elde edilirken; salgı balı ise bitki salgılarından beslenen yaprak bitlerinin veya diğer bitki emen böceklerin salgılarının arılar tarafından toplanıp işlenmesi ile elde edilmektedir. Çiçek balları kendi aralarında tek bir çiçeğin nektarının baskın olduğu monofloral ballar ve birçok bitki kaynağına ait nektarın bir arada bulunabildiği multifloral ballar olarak alt gruplara ayrılmaktadır (Alvarez-Suarez 2017).

Bal bileşiminde temel olarak şekerler, proteinler, enzimler, aminoasitler, organik asitler, vitaminler, mineraller, karotenoidler ve fenolik bileşikler olmak üzere yaklaşık 200 farklı kimyasal bileşik bulunmaktadır (Silva vd. 2016). Balın bileşiminde bulunan bazı bileşikler ve bunların balda bulunma miktarları Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Balın bileşiminde bulunan bazı bileşikler ve bunların balda bulunma miktarları (Alvarez-Suarez 2017; Nguyen vd. 2019)

Bileşen adı	Ortalama miktarı	Miktar aralığı
Majör bileşenler (%)		
Su	17.9	13.2-26.5
Karbonhidratlar		
Fruktoz	39.4	37.1-42.7
Glikoz	28.2	18.2-32.1
Sakkaroz	3.2	0.4-16.6
Diğer karbonhidratlar	8.5	0.1-16.0
Minör bileşenler (%)		
Proteinler	1.1	0.2-2.9
Organik asitler		0.2-1.2
Fenolik bileşikler	0.1	0.02-0.2
Aminoasitler (mg/100g)		
Prolin	59.7	
Fenilalanin	14.8	
Asparjin+Glutamin	11.6	
Histidin	3.8	
Aspartik asit	3.4	
Glutamik asit	2.9	
Tirozin	2.6	
Mineraller (mg/100g)		
Potasyum		4.0-135.0
Klor		5.2-42.7
Sodyum		0.3-23.7
Kalsiyum		0.5-21.8
Magnezyum		0.2-56.4
Demir		0.04-22.4
Vitaminler (mg/100g)		
Askorbik asit (C)		2.2-2.0
Tiamin (B ₁)		0.00-0.01
Riboflavin (B ₂)		0.01-0.02
Niasin (B ₃)		0.1-0.2
Pantotenik asit (B ₅)		0.02-0.1
Pridoksin (B ₆)		0.01-0.3

Balda fruktoz, glikoz ve sakkarozun yanı sıra ramnoz, trehaloz, nigerobiyoz, izomaltoz, maltoz, maltotetraoz, maltotrioz, maltuloz, melezitoz, melibiyoz, nigeroz, palatinoz, rafinoz ve erloz gibi birçok karbonhidrat ve türevi bulunmaktadır (Silva vd. 2016). Karbonhidratlar balın içeriğinin önemli bir kısmını oluşturmakta olup, balın viskozitesi, kristallenmesi, termal ve reolojik davranışları gibi fizikokimyasal özellikleri üzerinde etkili olmaktadır (Nguyen vd. 2019).

Bal nektar, bitki özsuğu ve/veya polen kaynaklı olarak ortalama %0.2-0.7 ve moleküler ağırlıkları 22-75 kDa arasında değişen proteinleri içermektedir. Balda tanımlanan temel protein ana arı sütü proteini (MRJP1) olarak bildirilmiştir. Bal ayrıca bileşenlerinin yaklaşık %1'i kadar serbest aminoasitleri içermektedir. Balda toplam 26 serbest aminoasit tanımlanmış olup, prolin aminoasidi toplam aminoasit içeriğinin yaklaşık %50-85 kadarını oluşturmaktadır (Alvarez-Suarez 2017). Prolin içeriği, balın

olgunluğunun ve gerçekliğinin değerlendirilmesi için bir kriter olarak kullanılmakta olup, Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne (2020/7) göre balda prolin miktarının çiçek (kestane, kanola, ıhlamur, narenciye lavanta ve ökaliptus hariç) ve salgı ballarında 300 mg/kg değerinden yüksek olması gerekmektedir (Anonim 2).

Organik asitler balda %0.5-0.6 seviyelerinde bulunmakta olup, bu bileşenler balın duyuşal özellikleri ve asitlik, pH ve elektriksel iletkenlik gibi fizikokimyasal özellikleri üzerinde etkili olmaktadır. Balda bulunan organik asitler nektardan veya bal arıları tarafından nektarın dönüştürülmesi sırasında salgılanan enzimlerin aktivitesi ile karbonhidratlardan elde edilmektedir. Balda asetik, bütirik, sitrik, formik, fumarik, glioksilik, propiyonik, laktik, maleik, malik, oksalik ve süksinik asitler dahil olmak üzere yaklaşık 32 kadar farklı organik asit tanımlanmış olmakla birlikte balın hakim asidi glikoz oksidazın glikoz üzerindeki etkisiyle üretilen glikonik asittir (Alvarez-Suarez 2017).

Baldaki mineral içeriği açık renkli ballarda yaklaşık %0.04 ve koyu renkli ballarda ise yaklaşık %0.2 olmak üzere değişiklik göstermekte olup; balın potasyum, magnezyum, kalsiyum, demir, fosfor, sodyum, manganez, iyot, çinko, lityum, kobalt, nikel, kadmiyum, bakır, baryum, krom, selenyum, arsenik ve gümüş gibi makro ve mikro elementleri içerdiği bildirilmiştir. Bal ayrıca özellikle içerisinde süspansiyon halinde bulunan polen tanelerinden gelen B grubu vitaminleri (tiyamin (B₁), riboflavin (B₂), nikotinik asit (B₃), pantotenik asit (B₅), pridoksin (B₆), biotin (B₇) ve folik asit (B₉)) ve C vitamini içermektedir (Silva vd. 2016). C vitamini genellikle tüm bal türlerinde bulunan hakim vitamindir ve ortalama miktarının 2 mg/100g civarında olduğu belirtilmiştir (Alvarez-Suarez 2017).

2.2.2. Balın biyolojik aktiviteleri

Bal antioksidan, antimikrobiyal, antiinflamatuar özelliklerin yanı sıra antikanserojen aktivite de dahil olmak üzere birçok terapötik özelliğe sahiptir (Alvarez-Suarez 2017).

Antioksidan maddeler bitkilerde bulunan doğal kimyasal maddelerdir ve serbest radikallerin zararlı oksidatif etkilerini önleyen bir savunma mekanizması oluşturmaktadırlar. Serbest radikaller nükleik asitleri, proteinleri, lipidleri veya DNA'yı oksitleyebilmekte (Moniruzzaman vd. 2012) ve kardiyovasküler rahatsızlıklara, diyabet, kanser, Alzheimer gibi hastalıklara ve gastrointestinal sorunlara yol açmaktadırlar. Bal, nektar kaynaklarından gelen ve oksijen serbest radikallerini ortadan kaldırarak oksidatif reaksiyonları engelleyebilen antioksidan bileşikler içermektedir (Jibril vd. 2019). Yapısında bulunan C vitamini, fenolik bileşikler, karotenoidler ile katalaz, peroksitler ve glikoz oksidaz enzimlerinin faaliyetleri sonucu açığa çıkan veya parçalanan bileşiklere bağlı olarak bal antioksidan özelliklere sahiptir. Balda bulunan kafeik asit, kafeik asit fenil esteri, krisin, galangin, kuersetin, kaempferol, pinosembrin, pinobanksin ve apigenin gibi fenolik bileşiklerin balın antioksidan aktivitesi üzerine önemli etkilerinin olduğu bildirilmiştir (Khalil vd. 2010).

Fenolik bileşikler antioksidan aktiviteye katkı sağlamakla birlikte bala antimikrobiyal aktivite de kazandırmaktadır. Ancak baldaki antimikrobiyal etkinin en önemli kaynağı glikoz oksidaz enziminin faaliyetleri sonucu oluşan hidrojen peroksit olup, bunların yanı sıra bal yüksek ozmolaritesi ve asitliği (düşük pH) nedenleriyle de

antimikrobiyal aktivite göstermektedir (Mandal ve Mandal 2011). Balın antimikrobiyal etkileriyle ilgili olarak yapılan araştırmalarda *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus lentus*, *Klebsiella pneumoniae* ve *Escherichia coli* gibi çeşitli bakteri türlerine karşı inhibe edici etkisinin bulunduğu bildirilmiştir (Jibril vd. 2019). Balda bulunan apigenin, kuersetin, mirisetin ve rutin fenolik bileşiklerinin *E. coli*, *Vibrio cholerae*, *Salmonella typhi* ve *Salmonella typhimurium* mikroorganizmalarına karşı inhibe edici aktiviteleri rapor edilmiştir (Das vd. 2015; Jibril vd. 2019).

İnflamasyon, dokuların travmaya veya patojenik ajanlara verdiği yanıtın kaynaklanan bir durumdur ve patojenler, hasarlı hücreler veya tahriş edici maddeler gibi yaralayıcı uyaranları ortadan kaldırmak için organizma tarafından savunma amaçlı oluşturulan bir tepki şeklidir (Hadagali ve Chua 2014). Balın antiinflamatuvar özelliği temel olarak, inflamatuvar etki oluşturan bulaşıcı bakterileri ortadan kaldırarak veya yarada bulunan bakteri miktarını azaltarak çalışan antiseptik doğasıyla ilişkilidir. Balda antioksidan ve antimikrobiyal etkilere de sahip olan fenolik bileşiklerin aynı zamanda antiinflamatuvar aktivite ile de ilişkili olduğu bildirilmiştir (Alvarez-Suarez 2017). Balda bulunan polifenoller, nitrik oksit üretimini engelleyerek antiinflamatuvar etki sağlayan oksitleyici bir özelliğe sahiptir. Bazı flavonlar (naringenin), izoflavonlar (daidzein ve genistein) ve flavonollerin (izoramnetin, kaempferol ve kuersetin) inflamasyonu tetikleyen mekanizmaların oluşum yollarını ve bu aşamalarda oluşan indüklenebilir nitrik oksit sentaz ve nükleer faktör- κ B (NF- κ B) gibi bileşiklerini inhibe ettiği rapor edilmiştir (Jibril vd. 2019).

Yapılan araştırmalarda balın kolorektal, göğüs, endometriyal, prostat, böbrek, ağız ve rahim ağzı kanseri gibi çeşitli kanser hücre hatlarına karşı inhibe edici aktivitesinin bulunduğu bildirilmiştir. Ham bal, siklofosamid ve 5-florourasil gibi kemoterapötik tedavilerin etkisini uyaran bir özelliğe sahiptir (Ahmed ve Othman 2013; Waheed vd. 2019). Balın antikanser aktivitesi hücre döngüsünü durdurması, apoptoz indüksiyonu, mitokondrial yol, dış zar geçirgenliği, antiinflamatuvar etki, bağışıklık sistemini düzenleyici etki ve insülin sinyal modülasyonu gibi farklı mekanizmalar ile ortaya çıkmaktadır. Balın fenolik bileşik içeriği nedeniyle kanser hücrelerine karşı belirtilen yollarla bir savunma mekanizması oluşturduğu bildirilmiştir. Balda bulunan kafeik, siringik, klorojenik, gallik ve ferulik asitler gibi bazı fenolik asitler ve krisin, kaempferol, kateşin, galangin, mirisetin ve kuersetin gibi flavonoidlerin kanser oluşumunda önemli yollar olan inflamasyon ve oksidasyon stresine karşı inhibe edici etkileri sayesinde bala antikanser özellik kazandırdıkları rapor edilmiştir (Waheed vd. 2019).

2.3. Polen

2.3.1. Polen ve bileşimsel özellikleri

Arı poleni, arı kolonisinin gelişimi ve bakımı için besin kaynağı olarak arılar tarafından oluşturulan bir üründür. Arılar binlerce polen tanesini toplar ve bunları tükürük salgıları, nektar ve/veya bal kullanarak genellikle 1.4-4.0 mm arasında değişen boyutlarda polenler oluştururlar. Oluşturulan arı polenleri, arıcılar tarafından arıların kovana girdiği noktaya tuzaklar kurularak toplanırlar (Alvarez-Suarez 2017).

Arı poleninde yaklaşık 250 farklı bileşen bulunmakta olup (Alvarez-Suarez 2017), arı poleni %13-55 karbonhidrat, %10-40 protein, %1-13 lipid, %0.3-20 ham lif ve %2-6 kül içermektedir. Ayrıca tüm esansiyel aminoasitleri, yağ asitleri, B grubu vitaminleri başta olmak üzere çeşitli vitaminleri, esansiyel mineralleri, karotenoidleri ve fenolik bileşikler de yapısında bulundurmaktadır (Thakur ve Nanda 2020). Arı polenin bazı bileşimsel özellikleri Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Arı polenin bileşiminde bulunan bazı bileşikler ve bunların bulunma miktarları (Campos vd. 2008; Thakur ve Nanda 2020)

Bileşen adı	Ortalama miktarı
Majör bileşenler (%)	
Karbonhidratlar	13.0-55.0
Protein	10.0-40.0
Lipid	1.0-13.0
Ham lif	0.3-20.0
β-karoten	1.0-20.0
Minör bileşenler	
Mineraller (mg/100g)	
Bakır	0.2-1.6
Çinko	3.0-25.0
Demir	1.1-17.0
Fosfor	80.0-600.0
Kalsiyum	20.0-300.0
Magnezyum	20.0-300.0
Manganez	2.0-11.0
Potasyum	400.0-2000.0
Vitaminler (mg/100g)	
Askorbik asit	7.0-56.0
Biotin	0.05-0.07
Folik asit	0.3-1.0
Niasin	4.0-11.0
Pantotenik asit	0.5-2.0
Pridoksin	0.2-0.7
Riboflavin	0.6-2.0
Tiamin	0.6-1.3

Polen tanelerinin botanik ve coğrafi kökenine göre kimyasal bileşimi önemli ölçüde değişmekte olup, aynı bitki türlerinde bölgeye, yıllara ve hatta yılın mevsimine göre bileşimsel farklılıklar olabilmektedir (Alvarez-Suarez 2017). Taze arı polenin nem içeriği %7-30 arasında değiştiğinden arı poleni yüksek nem içeriği nedeniyle mikrobiyal bozulmaya karşı hassastır. Bu nedenle taze polen örnekleri liyofilizasyon, kurutma ve mikrodalga destekli kurutma gibi yöntemlerle nem içerikleri %4-8 arasında olacak şekilde kurutulmaktadır. Ancak %3 nem içeriğinin altında kurutma ise Maillard reaksiyonu, fruktoz dehidrasyonu, aroma bileşiklerinin kaybı, renk bozulması, lipid oksidasyonu ve kötü tat oluşumu gibi nedenlerle istenilmemektedir (Thakur ve Nanda 2020).

Polenlerde ortalama %30.8 oranında karbonhidrat bulunmakta olup, karbonhidratların %25.7 kadarını özellikle fruktoz ve glukoz olmak üzere indirgen şekerler oluşturmaktadır (Komosinska-Vassev vd. 2015). Bu karbonhidratların yanı sıra

polende sakkaroz, maltoz ve trehaloz gibi disakkaritler ve erloz gibi diğer karbonhidratlar da bulunmaktadır (Thakur ve Nanda 2020). Polen yapısında ortalama %22.7 protein ve metiyonin, lizin, treonin, histidin, lösin, izolösin, valin, fenilalanin ve triptofan gibi esansiyel aminoasitler bulunmaktadır (Komosinska-Vassev vd. 2015). Kaynağına göre değişiklik göstermekle birlikte hakim aminoasitler aspartik asit, glutamik asit ve prolin olarak bildirilmiştir (Thakur ve Nanda 2020).

Polenlerde bulunan lipidler arasında linoleik ve γ -linoleik gibi esansiyel yağ asitleri %0.4, fosfolipitler %1.5 ve bazı fitosteroller bulunmaktadır (Denisow ve Denisow-Pietrzyk 2016). Arı poleninde bildirilen en yaygın doymamış yağ asitleri α -linolenik, linoleik ve oleik asitlerken miristik, stearik ve palmitik asitler polende bulunan başlıca doymuş yağ asitleridir ve bal arılarının doymamış yağ asidi içeren polenleri nektar kaynağı olarak daha fazla tercih ettiği düşünülmektedir (Thakur ve Nanda 2020).

Polen yağda çözünen provitamin A ve E ve D vitamini gibi vitaminleri yaklaşık %0.1, suda çözünen tiamin, riboflavin, niasin, pantotenik asit, pridoksin ve folik asit gibi B grubu vitaminleri ile C vitaminini ise yaklaşık %0.6 kadar içermektedir. Ayrıca polende kalsiyum, fosfor, magnezyum, sodyum, potasyum, demir, bakır, çinko, mangan ve silisyum gibi biyoelementlerin yaklaşık %1.6 oranında bulunduğu rapor edilmiştir (Komosinska-Vassev vd. 2015).

2.3.2. Polenin biyolojik aktiviteleri

Arı poleninde bulunan çeşitli birincil ve ikincil metabolitler bağışıklık fonksiyonlarını değiştirebilen veya düzenleyebilen antioksidan, antiinflamatuvar, antikanserojen, antibakteriyel ve antifungisidal aktiviteler gibi çok çeşitli biyoaktif özellikler göstermekte olup, arı poleni bileşenlerinin besleyici özellikleri ve biyolojik aktivitesi göz önüne alındığında değerli bir diyet takviyesi olarak tavsiye edilmektedir (Denisow ve Denisow-Pietrzyk 2016).

Arı polenin antioksidan etkileri yapısında bulunan fenolik maddeler, karotenoidler, C ve E vitaminleri gibi bileşen içerikleri ile ilişkilendirilmektedir. Arı poleninde bulunan kuersetin, rutin, pinosembirin, apigenin, krisin, galangin, kaempferol ve izoramnetin gibi flavonoidlerin elektrofilleri etkisiz hale getirebildiği, serbest radikalleri temizleyebildiği ve onların mutajenik aktivitelerini engellediği bildirilmiştir (Denisow ve Denisow-Pietrzyk 2016).

Arı poleni, Gram-pozitif ve Gram-negatif bakterilerin gelişmesini engelleyen fenolik bileşikler, yağ asitleri ve glikoz oksidaz enzimi gibi antimikrobiyal aktiviteye doğrudan veya dolaylı olarak katkı sağlayan bileşenler içermektedir. Bu bileşenler enzimleri devre dışı bırakarak, zarların geçirgenliğinde değişiklikleri ve hücrel materyal kaybını teşvik ederek veya bakteri hücrelerinin genetik materyalini devre dışı bırakarak veya yok ederek etki etmektedir. Arı polenin antibakteriyel kapasitesi mikroorganizmaya göre değişiklik göstermekle birlikte genellikle Gram-negatif bakteriler kimyasal yapısı belirli maddelerin geçişini kısıtlayabilen hücreyi kaplayan dış zara sahip olmaları nedeniyle Gram-pozitif bakterilere göre daha dirençlidir. Arı polenine en duyarlı mikroorganizmanın *Staphylococcus aureus* olduğu bildirilmiştir. Ancak arı polenin *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Micrococcus luteus*, *Listeria monocytogenes*, *Klebsiella pneumoniae* ve *Pseudomonas*

aeruginosa gibi mikroorganizmalara karşı da farklı düzeylerde inhibe edici etki gösterdiği rapor edilmiştir (Alvarez-Suarez 2017).

Polenin antiinflamatuvar aktivitesinin araşidonik asidi prostaglandin ve lökotrienler gibi toksik bileşiklere dönüştürmekten sorumlu enzimler olan siklooksigenaz ve lipoksigenazın aktivitesini inhibe etmesi ve/veya dokularda akut ve kronik inflamatuvar koşulları indüklemesi ile ilgili olduğu belirtilmiştir. Bu aktiviteden sorumlu bileşiklerin ise fenolik asitler ve flavonoidlerin yanı sıra yağ asitleri ve çeşitli fitosteroller olduğu rapor edilmiştir (Komosinska-Vassev vd. 2015). Flavonoidler grubundan olan kuersetin bileşiğinin araşidonik asit metabolizmasını inhibe ettiği ve araşidonik asit seviyesindeki azalmanın iltihap yapıcı prostaglandinlerin seviyesini azaltarak antiinflamatuvar etki sağladığı ve böylece arı poleni uygulamasının lokal ağrıların giderilmesinde ve trombosit agregasyonunun önlenmesinde olumlu etkilerinin olduğu bildirilmiştir (Denisow ve Denisow Pietrzyk 2016).

Arı polenin antikanser aktivitesi reaktif türleri uzaklaştıran veya etkisiz hale getiren bileşiklerin antioksidan kapasitesi, kanserojen hücrelerinin apoptozunun indüklenmesi ve tümör nekroz faktör-alfa (TNF- α) salgısının uyarılması ve/veya immünolojik sistemin güçlendirilmesi ile ilişkili olabileceği rapor edilmiştir. Diğer arı ürünleriyle karşılaştırıldığında, arı poleni nispeten daha zayıf bir antikanser aktivite sağlamakla birlikte (Nainu vd. 2021) arı poleni ekstraktlarının K-562 lösemi hücreleri ve PC-3 prostat kanseri hücreleri üzerinde antikanserojen aktivitesi olduğu bildirilmiştir (Denisow ve Denisow Pietrzyk 2016). Arı polenin antikanserojen potansiyelinin fenolik bileşiklerin varlığı ile yakından ilişkili olduğu ifade edilmiştir. Polen örneklerinde çok yaygın bir flavonoid olan kuersetinin tümör hücrelerinde spesifik genlerin ekspresyonunu bloke etme yeteneğine ve kaempferolün ise PC-3 kanser hücrelerinin gelişimini inhibe etme özelliğine sahip olduğu belirtilmiştir. Ayrıca polende bulunabilen rutin, apigenin ve krisin fenolik bileşiklerinin de kanserin önlenmesinde rol oynadığı rapor edilmiştir (Alvarez-Suarez 2017).

2.4. Propolis

2.4.1. Propolis ve bileşimsel özellikleri

Propolis, birçok biyoaktif özelliğe sahip olan bir arı ürünüdür ve reçineli yapışkan yapısı nedeniyle bal arıları tarafından kovandaki çatlakları kapatmak, kovan duvarlarını düzleştirmek ve kovanda tüm yıl boyunca nem ve sıcaklığı sabit tutmak amaçlarıyla kullanılmaktadır. Propolisin bal arıları tarafından kavak, kozalaklı ağaçlar, huş ağacı, çam, kızılâğaç, söğüt, palmiye, *Baccharis dracunculifolia* ve *Dalbergia ecastaphyllum* gibi bitkilerin reçinelerinden toplandığı bildirilmiştir (Huang vd. 2014).

Propoliste tanımlanan bileşikler arılar tarafından toplanan bitki salgıları, arı metabolizmasından salgılanan maddeler ve propolisin işlenmesi sırasında dışarıdan gelen maddelerden kaynaklanmaktadır (de Groot 2013). Propolisin kimyasal bileşimi arı türleri arasında büyük farklılıklar göstermekte olup, coğrafi ve iklimsel faktörlere, bitki kaynaklarına ve toplandığı mevsime de bağlıdır. Yerel floranın özgünlüğü, propolisin kimyasal bileşimini ve belirli bir gruba üyeliğini belirler. *Poplar* spp. (*Populus alba*, *P. tremula* ve *P. nigra*) gibi kavak türlerinin reçineleri Avrupa, Kuzey Amerika ve Asya'nın tropikal olmayan bölgeleri gibi ılıman bölgelerin birincil propolis kaynağı olarak bildirilmiştir. Türkiye propolislerinin de dahil olduğu Avrupa propolisinin ikinci derecede

önemli kaynakları *Betula pendula*, *Acacia* spp., *Aesculus hippocastanum*, *Alnus glutinosa*, *Pinus* spp. ve *Salix alba* olarak bildirilmiştir. Brezilya, Küba, Meksika ve Venezuela gibi tropikal ve subtropikal bölgelerdeki bitki örtüsü farklılığından dolayı bu bölgelerde üretilen propolisin kimyasal bileşimi *Populus* spp. türlerinininkinden önemli ölçüde farklıdır. Brezilya propolisinin ana kaynağı *Araucaria angustifolia*, *Baccharis dracunculifolia* ve *Eucalyptus citriodora* iken Venezuela ve Küba kaynaklı propolis bazı *Clusia* spp. türleri ile karakterize edilmektedir. Kırmızı Meksika propolisi ise *Dalbergia* spp. bitkisi ile ilişkilidir (Ristivojevic vd. 2015).

Ham kavak türü propolisin içeriği genel olarak %50 bitki reçinesi, %30 mumu yapılar, %10 esansiyel ve aromatik yağlar, %5 polen ve %5 diğer organik maddelerden oluşmaktadır (Huang vd. 2014). Propolis fenolik asitler ve esterleri, flavonoidler, terpenoidler, alkoller, aldehitler, aminoasitler, aromatik hidrokarbonlar, yağ asitleri, ketonlar, steroller, vitaminler, şekerler ve şeker alkoller gibi 300'den fazla bileşik içeren çok karmaşık bir arıcılık ürünüdür (Ristivojevic vd. 2015).

Fenolik bileşikler propoliste en çok bulunan bileşenlerdir ve propolisin yaklaşık olarak %28 kadarını temsil etmektedirler (Sturm ve Ulrih 2020). Propoliste benzoik, salisilik, gentisik, gallik, benzoik asidin fenil-metil esteri, salisilik asidin fenil-metil esteri, trans koniferil benzoat, trans-*p*-kumaril benzoat, protokatekuik asitler gibi fenolik asitler ve bunların türevleri ile pinobanksin, izoramnetin, kaempferid, ramnazin, ramnetin, pinosembriin, ramnositrin, kuersetin, galangin, apigenin, pinobanksin, kaempferol, rutin, kateşin, luteolin ve naringenin gibi flavonoidler bulunabilmektedir (Anjum vd. 2019).

Propolis alanin, β -alanin, α -amino bütirik asit, arginin, asparagin, aspartik asit, sistein, glutamik asit, glisin, histidin, hidroksiprolin, izolösin, lösin, lisin, metiyonin, ornitin, fenilalanin, prolin, serin, treonin, triptofan, tirozin ve valin gibi aminoasitleri ve behenik, serotik, laurik, linoleik, lignoserik ve montanik asit gibi yağ asitlerini içerdiği rapor edilmiştir (Anjum vd. 2019).

Propolisin karbonhidrat içeriğinin çoğunlukla glikoz, fruktoz ve sakkaroz olduğu ve bu bileşenlerin nektar ve bal kaynaklı olduğu bildirilmiştir. Yapılan araştırmalara göre propoliste E ve C vitaminleri ile tiamin, riboflavin ve pridoksin vitaminlerinin ve ayrıca kalsiyum, magnezyum, alüminyum, demir, mangan, nikel ve çinko gibi elementlerin yanı sıra civa ve kurşun gibi bazı toksik elementlerin de bulunabildiği belirtilmiştir (Ahangari vd. 2018).

2.4.2. Propolisin biyolojik aktiviteleri

Propolisin başlıca biyolojik ve sağlığı geliştirici özellikleri arasında antioksidan, antibakteriyel, antiviral, antifungal, antiinflamatuvar, antitümör, antiülser, antiradyasyon, antimutajenik, immünomodülatör, antidiyabetik, kardiyoprotektif ve rejeneratif (kıkırdak ve kemik dokusu, diş özü) olması sayılabilir (Ristivojevic vd. 2015).

Propolisin antioksidan özelliğinin, hücreyi oksidasyon reaksiyonlarından korumak için hidrojen iyonlarını serbest radikallere veren fenolik bileşiklerden kaynaklandığı ve böylece propolisin lipidlerin, nükleik asitlerin ve proteinlerin oksidasyonunun birincil nedeni olan serbest radikalleri ortadan kaldırabildiği rapor edilmiştir (Anjum vd. 2019). Antioksidan aktivitenin esas olarak propoliste bulunan

flavonoidler ve polifenolik fraksiyonu ile ilişkili olduğu ve yapılan çalışmalarda propolisin etanolik ekstraktları için toplam antioksidan kapasitesi ve fenolik madde içeriği arasında pozitif korelasyon bulunduğu bildirilmiştir (Irigoitı vd. 2021). Yapılan bir çalışmada farklı ekstraksiyon koşullarında ekstrakte edilmiş propolis örneklerinin antioksidan aktiviteleri ve bu aktiviteye katkı sağlayan fenolik bileşik türleri incelenmiş ve fenolik asitler arasında sırasıyla kafeik, ferulik ve *p*-kumarik asidin ve ayrıca kuersetin, galangin ve kaempferol flavonoidlerinin antioksidan aktivite üzerinde önemli etkiye sahip olduğu rapor edilmiştir (Nichitoi vd. 2021).

Propolisin şimdiye kadar en çok araştırılan özelliklerinden birisi antimikrobiyal aktivitesidir ve elde edilen bulgular arı kovanlarında propolisin patojen mikroorganizmalara karşı koruyucu olarak neden bu kadar önemli bir rol oynadığını doğrular niteliktedir (Alvarez-Suarez 2017). Propolis hücre bölünmesini durdurma, hücre duvarına ve stoplazmasına zarar verme ve protein sentezini durdurma gibi çeşitli mekanizmalarla mikroorganizma gelişimini inhibe etmektedir. Propolis *Enterococcus* spp., *E. coli*, *S. aureus*, *S. auricularis*, *S. epidermidis*, *S. capitis*, *S. haemolyticus*, *S. warnerii*, *Streptococcus cricetus*, *St. faecalis*, *St. pyogenes*, *St. pneumioniae*, *St. sobrinus*, *St. viridians*, *B. cereus*, *B. subtilis*, *Micrococcus luteus*, *Nocardia asteroides* ve *Rhodococcus equi* gibi bazı bakterilere karşı antibakteriyel etkiye sahiptir. Propolisin etanolik ekstraktlarının Gram-pozitif bakterilere karşı daha etkili olduğu, Gram-negatif bakterilere karşı ise sınırlı etki gösterdiği ve ancak yüksek propolis konsantrasyonlarında Gram-negatif bakterilerin gelişiminin inhibe edilebildiği bildirilmiştir (Anjum vd. 2019).

Propolisin antiinflatuvar aktivitesini doğrulamak için farklı arı türleri tarafından üretilen farklı kökenlerden gelen propolisin etanollü ve sulu ekstraktlarının kullanıldığı *in vitro* ve *in vivo* deneyler gerçekleştirilmiş ve propolisin sulu ve etanolik ekstraktlarının dozlarına bağlı olarak antiinflatuvar aktivite gösterdiği rapor edilmiştir. Propolisin antiinflatuvar aktivitesinin iltihaplanma sürecinin bir tetikleyicisi olan siklooksigenaz enzimi üzerindeki inhibisyon etkisi, prostanooidlerin ve özellikle prostaglandin E2'nin inhibisyonu ve sitokinlerin azalması ile ilişkili olduğu, bunun yanı sıra propolisin antiinflatuvar etkisinin nitrik oksit sentezinde azalma, iyileşme süreci sırasında azaltılmış enzimatik aktivite ve tümör nekroz faktörünün inhibisyonu gibi başka mekanizmalarla da olabileceği rapor edilmiştir. Propolisin antiinflatuvar aktivitesi üzerinde daha fazla etkili olan fenolik bileşiklerin ise artepilin C, galangin, kuersetin ve kafeik asit fenil-etil esteri olduğu bildirilmiştir (Araujo vd. 2012).

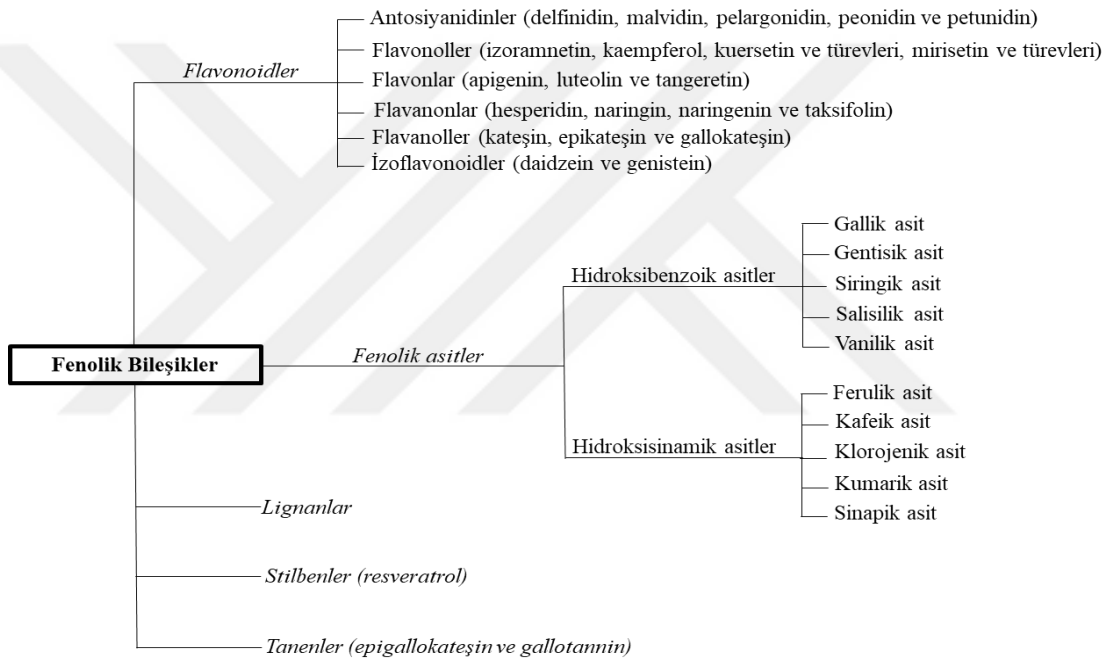
Propolisin apoptozu ve hücre döngüsünün durdurulmasını indükleyebildiği ve kanser hücrelerinin proliferasyonunu, canlılığını, istilasını, göçünü ve kemo direncini azaltabildiği rapor edilmiştir (Forma ve Brys 2021). Yapılan farklı çalışmalarda propolisin farklı akciğer, kolon, prostat, gırtlak ve göğüs kanseri hücre hatları üzerinde etkili olduğu bildirilmiştir (Sepulveda vd. 2020). Propolisin antikanser aktivitesi kimyasal kompozisyonlarındaki farklılık nedeniyle türlerine göre değişebilmekte olup, bu aktivitenin çoğunlukla fenolik bileşik miktar ve kompozisyonu ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Avrupa, Uzak Doğu ve Yeni Zelanda propolisinde bulunan kafeik asit fenil-etil esteri, yeşil Brezilya propolisindeki artepillin C ve kırmızı Brezilya propolisinde bulunan benzofenonun antikanserojen aktivite üzerinde etken bileşikler olduğu bildirilmiştir (Santos vd. 2020). Bunların yanı sıra krisinin DU145 ve PC-3 prostat kanseri hücrelerinde apoptozisi indüklediği, galanginin HEP-2 cilt kanseri hücresinde apoptozisi indüklediği ve kanser hücrelerinin göçünü inhibe ettiği, ferulik ve *p*-kumarik

asitlerin ise *CAL 27* cilt kanseri hücrelerinin apoptozisini indüklediği rapor edilmiştir (Forma ve Brys 2021).

2.5. Fenolik Bileşikler

2.5.1. Fenolik bileşiklerin kimyasal özellikleri

Fenolik bileşikler doğada yaygın olarak bulunan ikincil metabolit sınıfı bileşikler arasındadır. Birçok fenolik bileşik fenilalanin veya tirozin aminoasitlerine dayanan ortak bir kökenden gelmektedir. Bu aminoasitler, fenilpropanoid yolağına giren sinnamik asitlere deamine edilir. Bu biyosentetik yolda bir veya daha fazla hidroksil grubu fenil halkasına katılarak benzoik asitler (C6-C1), sinnamik asitler (C6-C3) ve flavonoidler (C6-C3-C6) gibi çok çeşitli fenolik bileşikler üretebilmektedir (Castellano vd. 2012). Fenolik bileşik grupları ve bu grupların bazı üyeleri Şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1. Fenolik bileşiklerin sınıflandırılması (Albuquerque 2021; Maqsood vd. 2013; Saldamlı 2017)

Hidroksibenzoik asitler, bir fenol üzerinde ikame edilmiş bir karboksil grubunun varlığı ile karakterize edilmektedir. Bu grubun örnekleri arasında *p*-hidroksibenzoik asit, gallik asit, protokatekuik asit, salisilik asit ve vanilik asit bulunmaktadır. Hidroksibenzoik asitler gıdalarda genellikle çeşitli bileşiklere bağlı olarak bulunurlar. Ancak bazı meyvelerde bazı fenolik bileşikler hurmada bulunan gallik asit gibi serbest halde olabilirler veya meyve veya sebzelerin işlenmesi sırasında serbest hale geçebilirler (Vermeris ve Nicholson 2008; Vuolo vd. 2019).

Hidroksisinnamik asitler fenil propan yapısında olup, *p*-kumarik asit, kafeik asit, ferulik asit ve sinapik asit bu grubun üyeleri arasındadır. Hidroksisinnamik asitler yan zincirde *cis* veya *trans* konfigürasyonuna sahip olabilen bir çift bağ ile gıdalarda genellikle monomerler, dimerler veya polimerler olarak bulunurlar. Ayrıca

hidroksisinnamik asitler; alkoller, hidroksi asitler veya mono- ve disakkaritler ile esterleşebilir veya aminlerle kondensasyon yoluyla amidler oluşturabilirler (Saldamlı 2017; Vuolo vd. 2019).

Flavonoidler 8000 adetten fazla bileşik ile en çok üyesi olan fenolik bileşik grubudur. Kimyasal yapıları heterosiklik bir piran halkasına bağlanan iki benzen halkasında yerleşik olan on beş karbon atomundan (C6-C3-C6) oluşmaktadır (Vuolo vd. 2019). Benzen halkaları arasındaki bağlara ve piran yer değiştirme şekillerine göre flavonoller, flavonlar, flavanoller, flavanonlar, izoflavonoidler ve antosiyanidinler olmak üzere altı farklı alt gruba ayrılmaktadırlar (Albuquerque vd. 2021).

Flavonoller, ikinci ve üçüncü karbon atomları arasında bir çift bağa sahip ve üçüncü karbon atomunda bir hidroksil grubu ile dördüncü karbon atomunda ise bir karboksil grubu bulunan flavonoid bileşiklerdir. Bu grubun üyeleri kaempferol, mirisetin ve kuersetin olup, birçok yenilebilir ve tıbbi bitkide bulunmaktadır. Flavonlar ise flavonollerden farklı olarak üçüncü karbon atomunda bir hidroksil grubu içermeyen ve apigenin ve luteolin gibi üyeleri olan bir flavonoid madde grubudur. Flavonoidlerin en büyük alt grubu olan flavanoller sadece halkanın üçüncü karbon atomunda bulunan fonksiyonel bir hidroksil grubunun varlığı ile karakterize edilmektedir. Bu grubun ana bileşikleri genellikle çayda (*Camellia sinensis* L.) tanımlanan kateşin ve epikateşinlerdir. Flavanonlar ise flavonlardan farklı olarak ikinci ve üçüncü karbon atomları arasındaki çift bağa sahip değildir. Genellikle turuncgillerde bulunan bu grubun, 160 adetten fazla tanımlanan üyesi olduğu ve birçok flavonoid maddenin öncüleri oldukları rapor edilmiştir. İzoflavonoidler, üçüncü karbon atomunda benzen halkası içeren tek flavonoid madde grubudur ve bu durum onlara endojen östrojenlere benzer bir özellik kazandırmaktadır. Antosiyanidinler ise üçüncü karbon atomunda bir hidroksil grubuna sahip olan flavonollerden türetilmektedir. Bu yapıya ek olarak iki çift bağa sahiptirler ve yapılarındaki bir keton oksijeni eksikliği nedeniyle flavilyum iyonu olarak tanımlanmaktadır. Doğada 17 farklı antosiyanidin tanımlanmış olup, en yaygınları ise siyanidin, delfinidin, petunidin, peonidin, pelargonidin ve malvidin antosiyanidinleridir (Albuquerque vd. 2021).

Lignanlar, monolignollerin (*p*-kumaril alkol, koniferil alkol ve sinapil alkol) koniferil alkol ile eşleşmesi ile oluşan dimerler veya oligomerlerdir. Lignan biyosentezinde kullanılan en yaygın monolignol koniferil alkol olup, lignanlar eğrelti otlarında, keten tohumu ve susamda bulunmaktadır. Bu bileşiklerin bazıları tıbbi özelliklere sahip olmakla birlikte genellikle böcek caydırıcı olarak kullanılmaktadırlar (Vermerris ve Nicholson 2008).

Stilbenler, C6-C2-C6 kimyasal yapısı ile karakterize edilir ve bu yapıda iki benzen halkası bir çift bağla birbirlerine bağlanmaktadır. Bu çift bağa göre de Z ve E izomerlerine ayrılabilmeyle birlikte izomerizasyon tipinin değiştirilmesi genellikle biyolojik aktivitelerinin azalmasına yol açmaktadır. Bilinen 400 adetten fazla stilben bulunmakta olup çilek, üzüm ve fıstıkta bulunan resveratrol en bilinen stilben grubu fenolik bileşiktir (Albuquerque vd. 2021).

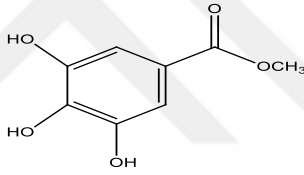
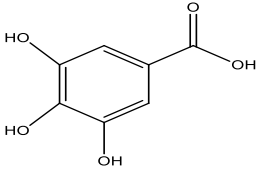
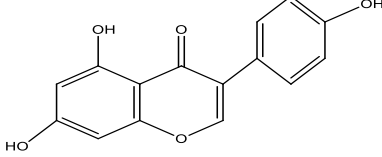
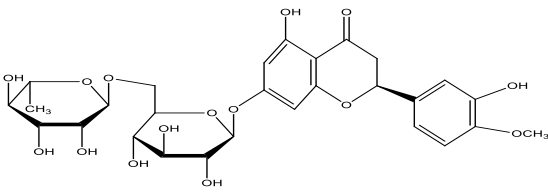
Yaygın olarak tannik asit olarak adlandırılan tanenler, çok sayıda hidroksil veya diğer fonksiyonel grupları içeren ve moleküler ağırlıkları 500-3000 Da arasında değişiklik gösteren fenolik bileşiklerdir (Vuolo vd. 2019). Tanenlerin fenolik grupları,

peptitlerin ve proteinlerin -NH gruplarıyla çok sıkı bir şekilde bağlanarak bunların midede hidrolizini ve sindirimini engellediklerinden doğaları gereği antibesinsel fenolik maddelerdir (Maqsood vd. 2013). Bu grup fenolik bileşikler genellikle otçul böceklerle karşı antimikrobiyal ajan olarak bitkiler ve ekosistemleri arasındaki etkileşimleri düzenlemek amacıyla kullanılırlar (Vuolo vd. 2019).

2.5.2. Bal, polen ve propolisin fenolik bileşik içerikleri

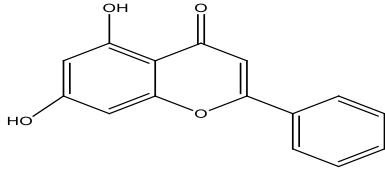
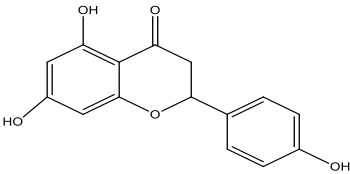
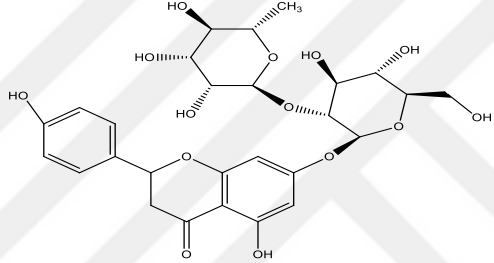
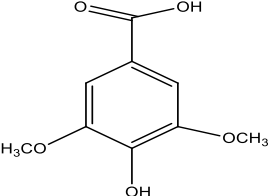
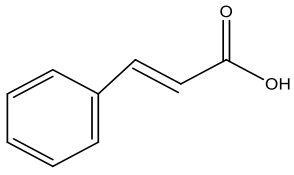
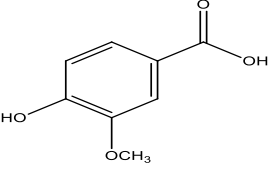
Arıcılık ürünlerinin sağlık üzerine olumlu antioksidan, antimikrobiyal, antiinflamatuvar aktivite gibi biyolojik aktivitelerinin kaynağı genellikle fenolik bileşiklere atfedilmektedir. Bu bileşikler kanser, kardiyovasküler hastalıklar, inflamatuvar bozukluklar, nörolojik dejenerasyon, yara iyileşmesi, enfeksiyon hastalıkları ve yaşlanma gibi farklı hastalıklara karşı çeşitli koruyucu etkiler göstermektedirler (Alvarez-Suarez 2017). Bu nedenle fenolik bileşikler ve metabolik etkileri bal, polen ve propoliste araştırmalara en çok konu olan bileşenler arasında gelmektedir. Arıcılık ürünlerinde tanımlanmış olan bazı fenolik bileşiklerin kimyasal yapıları Çizelge 2.3'te verilmiştir.

Çizelge 2.3. Arıcılık ürünlerinde tespit edilen bazı fenolik bileşikler ve bunların kimyasal yapıları

Fenolik bileşik adı	Kimyasal yapısı
Metil-3,4,5-trihidroksibenzoat	
Gallik asit	
Genistein	
Hesperidin	

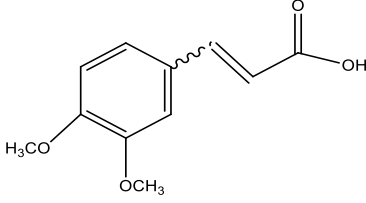
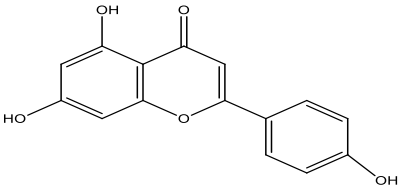
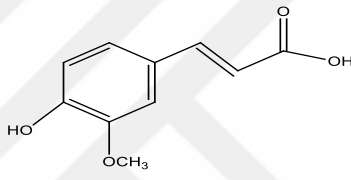
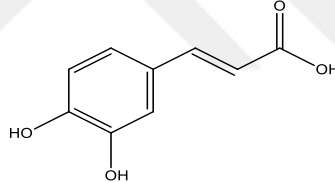
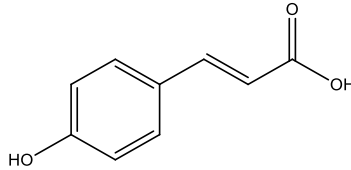
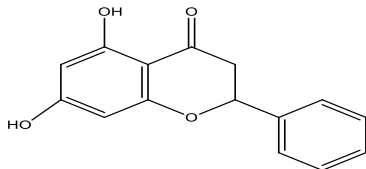
(Devamı Arkada)

Çizelge 2.3'ün devamı

Fenolik bileşik adı	Kimyasal yapısı
Krisin	
Naringenin	
Naringin	
Siringik asit	
Trans sinnamik asit	
Vanilik asit	

(Devamı Arkada)

Çizelge 2.3'ün devamı

Fenolik bileşik adı	Kimyasal yapısı
3,4-dimetoksisinnamik asit	
Apigenin	
Ferulik asit	
Kafeik asit	
<i>p</i> -kumarik asit	
Pinosembrin	

(Devamı Arkada)

Çizelge 2.3'ün devamı

Fenolik bileşik adı	Kimyasal yapısı
Rozmarinik asit	
Kaempferol	
Kuersetin	
Luteolin	
Mirisetin	
Rutin	

Baldaki fenolik bileşiklerin kaynağı nektardır. Manuka, akasya, tualang, koca yemiş, yonca, funda, kekik, biberiye ve çam balları gibi farklı bal türlerinde absisik, 2-hidroksisinnamik, kafeik, klorojenik, sinnamik, ellajik, ferulik, gallik, *p*-kumarik, *p*-hidroksibenzoik, protokateşik, sinapik, sirinik ve vanilik asit gibi fenolik asitler ve apigenin, kateşin, krisin, galangin, genistein, isoramnetin, kaempferol, luteolin, mirisetin, pinobanksin, pinosembrin, kuersetin ve rutin gibi flavonoidlerin bulunduğu rapor edilmiştir (Cianciosi vd. 2018).

Ülkemizde yapılan bir çalışmada ise kestane, funda, hayıt ağacı, ormangülü, misket limonu, yonca, meşe, çam, lavanta, boz şavlak, geven, akasya ve boğa diken balları ile yedi farklı karışık bal örneğinin fenolik bileşikleri araştırılmış ve örneklerde gallik, protokateşik, *p*-hidroksi benzoik, *p*-kumarik, vanilik, kafeik, klorojenik, sirinik ve ferulik asitler ile kateşin, epikateşin, rutin, kuersetin, apigenin, kaempferol ve isoramnetin olduğu rapor edilmiştir (Can vd. 2015). Sedir, okaliptüs, ormangülü, hayıt, keçiboynuzu, yonca, çam, ayçiçeği, narenciye, funda, kekik, kestane, dağ çayı, akasya, lavanta, pamuk, sütleğen ve kabak çiçeği monofloral balları ile multifloral balların fenolik kompozisyonları incelenmiş ve tüm bal örneklerinde 3,4-dihidroksibenzaldehit ve 4-hidroksibenzoik, gentisik, homogentisik, 3,4-dihidroksibenzoik, *p*-kumarik, vanilik, gallik, kafeik, ferulik ve sirinik fenolik asitlerinin ve genistein, krisin, apigenin, rutin, vanilin, naringenin, kaempferol, luteolin ve hesperetin flavonoidlerinin tespit edildiği bildirilmiştir (Kıvrak ve Kıvrak 2017).

Polenin fenolik bileşik içeriği yaklaşık %3-5 arasında olup, polen kaynağına bağlı olarak fenolik bileşiklerin miktar ve kompozisyonu önemli ölçüde değişiklik gösterebilmektedir. Arı polenindeki polifenol bileşikler yapılarına göre fenolik asitler ve flavonoidler olarak ayrılabilir. Polende 3,4-dihidroksibenzoik, 4-hidroksibenzoik, klorojenik, ferulik, kafeik, gallik, sirinik, *p*-kumarik ve vanilik asitler ile 4-hidroksibenzoik asit etil esteri gibi fenolik asitler ve türevleri rapor edilmiştir (Rzepecka-Stojko vd. 2015; Thakur ve Nanda 2020). Ayrıca arı poleninde apigenin, epikateşin, hesperetin, isoramnetin, kateşin, kaempferol, luteolin, kuersetin ve naringenin gibi flavonoidlerin de bulunduğu bildirilmiştir (Thakur ve Nanda 2020). Yapılan bir çalışmada mono ve multifloral 25 farklı polen örneğinin fenolik bileşik kompozisyonu araştırılmış ve tüm polen örneklerinde absisik asit, sirinik asit, *p*-kumarik asit, mirisetin ve kuersetin bulunduğu, sinnamik asit, apigenin ve ramnetinin çoğu polen örneğinde tespit edildiği ve sinapik asit, ferulik asit, kateşin ve kaempferol bileşiklerinin de sadece bazı polen örneklerinde değişen miktarlarda bulunduğu rapor edilmiştir (Bridi vd. 2019).

Ülkemizde yapılan bir çalışmada Bayburt ilinden toplanan polen örneklerinin gallik, protokateşik, 2,5-dihidroksibenzoik, kafeik, sirinik, salisilik, klorojenik, trans ferulik ve sinapik asitler ile kateşin, rutin, naringin, etil gallat ve florizin polifenollerini içerdikleri bildirilmiştir (Gerçek vd. 2022). Anzer yaylasından toplanan polen örnekleri ile yapılan bir çalışmada 13 polen örneğinin farklı miktarlarda gallik, protokateşik, *p*-hidroksibenzoik, klorojenik, vanilik, kafeik, sirinik, *p*-kumarik, *o*-kumarik, ferulik, benzoik, sinnamik ve absisik fenolik asitlerini ve kateşin, epikateşin, rutin ve kuersetin flavonoidlerini içerdikleri rapor edilmiştir (Ulusoy ve Kolaylı 2014). Akdeniz ve İç Anadolu Bölgeleri'nin bazı illerinden toplanan polen örneklerinde bulunan majör fenolik bileşiklerin kateşin ve kuersetin olduğu, bunun yanı sıra polen örneklerinin minör miktarlarda sirinik asit, kafeik asit, trans ferulik asit, apigenin, *p*-kumarik asit,

resveratrol, trans sinnamik asit, kaempferol ve isoramnetin içerdiği belirtilmiştir (Özcan vd. 2019).

Propolis ile ilgili yapılan araştırmalarda propoliste bulunan fenolik asitlerin gallik, gentisik, protokateşik, salisilik ve vanilik asitler gibi hidroksibenzoik asitler ve *p*-kumarik, kafeik ve ferulik asitler gibi hidroksisinnamik asitler olduğu rapor edilmiştir. Bu fenolik asitler serbest formlarının yanı sıra benzil-, metilbütenil-, feniletil- ve sinnamil- esterler olarak da bulunmakta olup, kafeik asit fenil etil ester bileşiği poplar (kavak) tipi ılıman propolisin ana bileşeni olarak belirtilmiştir. Ülkemizde de bulunan propolis olan kavak tipi propolisin içerdiği ana flavonoid türlerinin ise pinosembirin, pinobanksin, galangin ve krisin flavonoidleri olduğu, bunların dışında propolisin bileşiminde pinostrobin, naringenin, apigenin, kaempferol, kuersetin ve fisetin gibi flavonoid grubu bileşiklerin de bulunabileceği bildirilmiştir (Alvarez-Suarez 2017). Yapılan bir çalışmada Polonya'dan toplanan propolis örneklerinde gallik, kafeik, *p*-kumarik, ferulik ve gentisik asitler ile hesperetin, naringenin, galangin, kuersetin, kaempferol ve krisin flavonoidlerinin tespit edildiği rapor edilmiştir (Socha vd. 2015). Brezilya'dan temin edilen 16 farklı propolis örneğinin incelendiği bir araştırmada ise propolis örneklerinde kafeik asit, *p*-kumarik asit, ferulik asit, izoferulik asit, 5-*o*-kafeoil kuinik asit gibi fenolik asit esterleri, dikafeoil kuinik asit, trikafeoil kuinik asit ve dihidrokoniferil *p*-kumarat, drupanin, kapillartemis A ve artepilin C gibi terpenik fenolik asitlerin bulunduğu bildirilmiştir (Coelho vd. 2017).

Ülkemizde yapılan bir çalışmada Muğla ilinden temin edilen propolis örneğinin ekstraktında gallik, protokateşik, sinnamik, benzoik, *p*-hidroksibenzoik, klorojenik, kafeik, siringik, *p*-kumarik, ferulik ve rozmarinik fenolik asitleri ve epikateşin, apigenin, luteolin ve kaempferol flavonoidlerinin tespit edildiği rapor edilmiştir (Kahraman vd. 2022). Bir diğer çalışmada ise 10 farklı propolise ait metanolik propolis ekstraktlarında benzoik, ferulik, absisik, kafeik ve *p*-kumarik asit konsantrasyonlarının yüksek miktarlarda; gallik, vanilik, protokateşik, klorojenik ve *p*-hidroksibenzoik asit konsantrasyonlarının düşük miktarlarda ve siringik ve *o*-kumarik asitlerin ise iz miktarlarda tespit edildiği, örneklerdeki majör flavonoidin ise kuersetin olduğu bildirilmiştir (Aliyazıcıoğlu vd. 2013). Özdal vd. (2019) farklı illerden (Ankara, Ardahan, Düzce, Muğla, Kırklareli ve Konya) topladıkları 11 propolis örneği ile gerçekleştirdikleri çalışmalarında propolis örneklerinin gallik, benzoik, trans sinnamik, ellajik, kafeik, ferulik, *t*-ferulik, trans-3-hidroksisinnamik, 3,4-dimetoksisinnamik, *p*-kumarik, miristik, siringik, rozmarinik, klorojenik, sinapik, protokateşik ve protokatekuik asitleri ile kafeik asit fenil etil ester ve hesperidin, naringenin, apigenin, luteolin, emodin, diadzein, biyokanın, kateşin, kuersetin, pinobanksin, pinostrobin, kaempferol, kalkon ve trans-kalkon flavonoidlerini içerdikleri bildirmiş ve örneklerin luteolin, pinobanksin ve pinostrobin flavonoidlerini diğer flavonoidlere göre daha yüksek miktarlarda içerdikleri belirtmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Bal, polen ve propolis örneklerinin temini

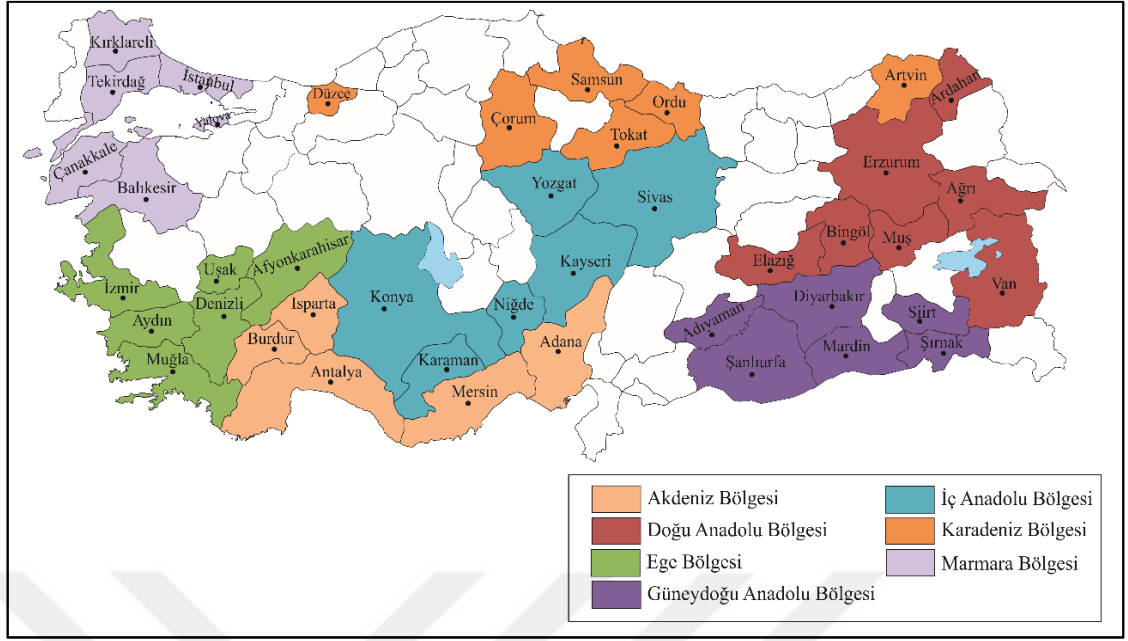
Türkiye'nin 7 farklı coğrafi bölgesinden 2 yıl tekrarlı ve her yıl 25'er adet olmak üzere toplamda 50 adet bal, 50 adet polen ve 50 adet propolis örneği 2018-2019 ve 2019-2020 hasat dönemlerinde temin edilmiştir. Örneklerin toplanmasında Altıparmak Gıda San. ve Tic. A.Ş. ve Ordu Arıcılık Araştırma Enstitüsü'nden destek alınmıştır. Birinci ve ikinci yıl temin edilen tüm bal örneklerine ait bölge, şehir, örnek sayısı ve örnek kod bilgileri yıllarına göre sırasıyla Çizelge 3.1 ve 3.2'de verilmiştir. Bal örneklerinin temin edildiği şehirlerin haritası Şekil 3.1'de ve yıllara göre bölge dağılımları ise Şekil 3.2 ve 3.3'te belirtilmiştir. Ayrıca çizelgelerde verilen örnek kodları örneğin temin edildiği bölge adının ilk harfi (A, D, E, G, İ, K veya M) ve sırasıyla örnekleme yılı (1. veya 2. yıl) ve örnek sırasını temsil edecek şekilde düzenlenmiştir. Örneğin; bal örnekleri için A1-4 kodlu örnek, Akdeniz Bölgesi'nden 1. örnekleme yılında temin edilen 4 numaralı örneği (Isparta Şarkikaraağaç) ifade etmektedir.

Çizelge 3.1. Birinci yıl temin edilen bal örneklerinin menşei ve verilen örnek kodu

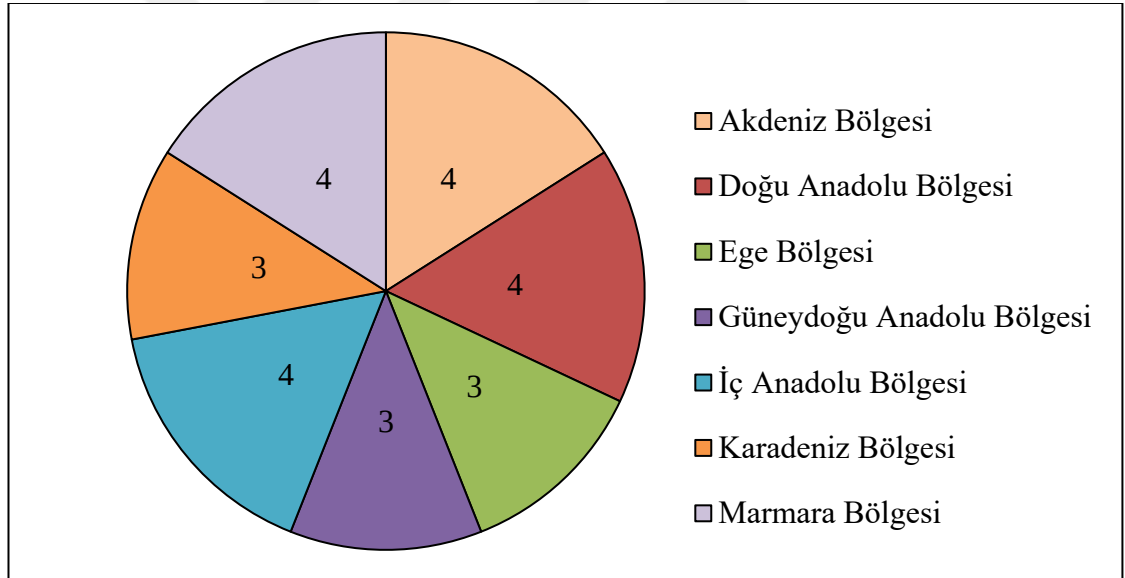
Akdeniz Bölgesi	Örnek Kodu
Adana Çukurova Karaisalı	A1-1
Adana Karataş-1	A1-2
Adana Karataş-2	A1-3
Isparta Şarkikaraağaç	A1-4
Doğu Anadolu Bölgesi	
Bingöl Genç	D1-1
Elazığ Sivrice	D1-2
Erzurum Aşkale	D1-3
Ardahan Posof	D1-4
Ege Bölgesi	
Afyon Sultandağı	E1-1
Muğla Milas	E1-2
Uşak Eşme	E1-3
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	
Diyarbakır Karacadağ	G1-1
Mardin Mazıdağı	G1-2
Şanlıurfa Bozova	G1-3
İç Anadolu Bölgesi	
Karaman	İ1-1
Kayseri Tomarza	İ1-2
Konya	İ1-3
Yozgat Sorgun	İ1-4
Karadeniz Bölgesi	
Tokat Turhal	K1-1
Ordu Korgan Yaylası	K1-2
Samsun Bafra	K1-3
Marmara Bölgesi	
Balıkesir	M1-1
Kırklareli Lüleburgaz	M1-2
Tekirdağ Hayrabolu	M1-3
Çanakkale Bozcaada	M1-4

Çizelge 3.2. İkinci yıl temin edilen bal örneklerinin menşei ve verilen örnek kodu

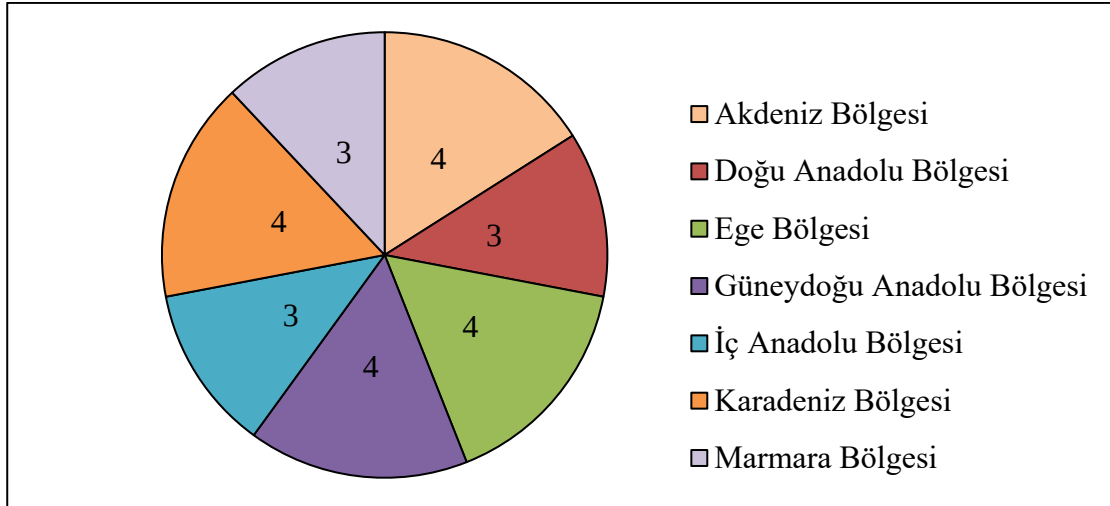
Akdeniz Bölgesi	Örnek Kodu
Antalya İbradı	A2-1
Burdur Bucak	A2-2
Isparta Keçiborlu	A2-3
Mersin Erdemli	A2-4
Doğu Anadolu Bölgesi	
Ağrı	D2-1
Muş Kavlıdere	D2-2
Van Başkale	D2-3
Ege Bölgesi	
Aydın Söke	E2-1
Denizli Çal	E2-2
İzmir Kemalpaşa	E2-3
Muğla Datça	E2-4
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	
Adıyaman	G2-1
Mardin Kızıltepe	G2-2
Siirt Pervari	G2-3
Şırnak Beytüşşebap	G2-4
İç Anadolu Bölgesi	
Karaman Karadağ	İ2-1
Niğde Çamardı	İ2-2
Sivas Zara	İ2-3
Karadeniz Bölgesi	
Artvin Yusufeli	K2-1
Çorum	K2-2
Düzce Yığılca	K2-3
Samsun 19 Mayıs	K2-4
Marmara Bölgesi	
İstanbul Maltepe	M2-1
Kırklareli	M2-2
Yalova Teşvikiye	M2-3



Şekil 3.1. Birinci ve ikinci yıl bal örnekleme haritası



Şekil 3.2. Birinci yıl temin edilen bal örneklerinin bölgelere göre örnek sayısı dağılımı



Şekil 3.3. İkinci yıl temin edilen bal örneklerinin bölgelere göre örnek sayısı dağılımı

Birinci ve ikinci yıl temin edilen tüm polen örneklerine ait bölge, şehir, örnek sayısı ve örnek kod bilgileri yıllarına göre sırasıyla Çizelge 3.3 ve 3.4'te verilmiştir. Polen örneklerinin temin edildiği şehirlerin haritası Şekil 3.4'te ve yıllara göre bölge dağılımları ise sırasıyla Şekil 3.5 ve 3.6'da belirtilmiştir. Örnek kodlamaları bal örneklerine benzer olarak düzenlenmiştir. Polen örneklerinin büyük bir kısmı kuru olarak temin edilmiş olmakla birlikte bazı örnekler ise (A1-2, E1-1, E1-2, A2-1, A2-3, E2-1, E2-3 vd.) yaş olarak temin edilmiş ve tüm polen örnekleri araştırma süresince -18°C sıcaklıkta depolanmıştır.

Çizelge 3.3. Birinci yıl temin edilen polen örneklerinin menşei ve verilen örnek kodu

Akdeniz Bölgesi	Örnek Kodu
Adana	A1-1
Mersin Erdemli	A1-2
Doğu Anadolu Bölgesi	
Ardahan-1	D1-1
Ardahan-2	D1-2
Bingöl	D1-3
Muş	D1-4
Ege Bölgesi	
Afyon Şuhut	E1-1
İzmir Menemen	E1-2
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	
Mardin Derik	G1-1
Siirt	G1-2
Şırnak	G1-3
Şırnak Beytüşşebap	G1-4
İç Anadolu Bölgesi	
Ankara Nallıhan	İ1-1
Kırşehir	İ1-2

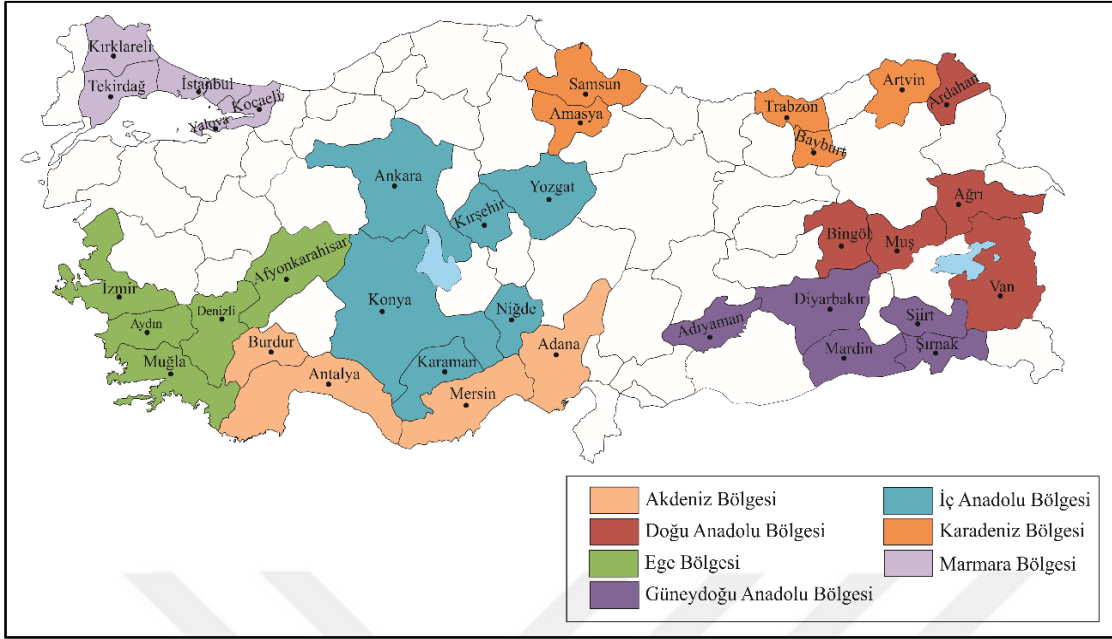
(Devamı Arkada)

Çizelge 3.3'ün devamı

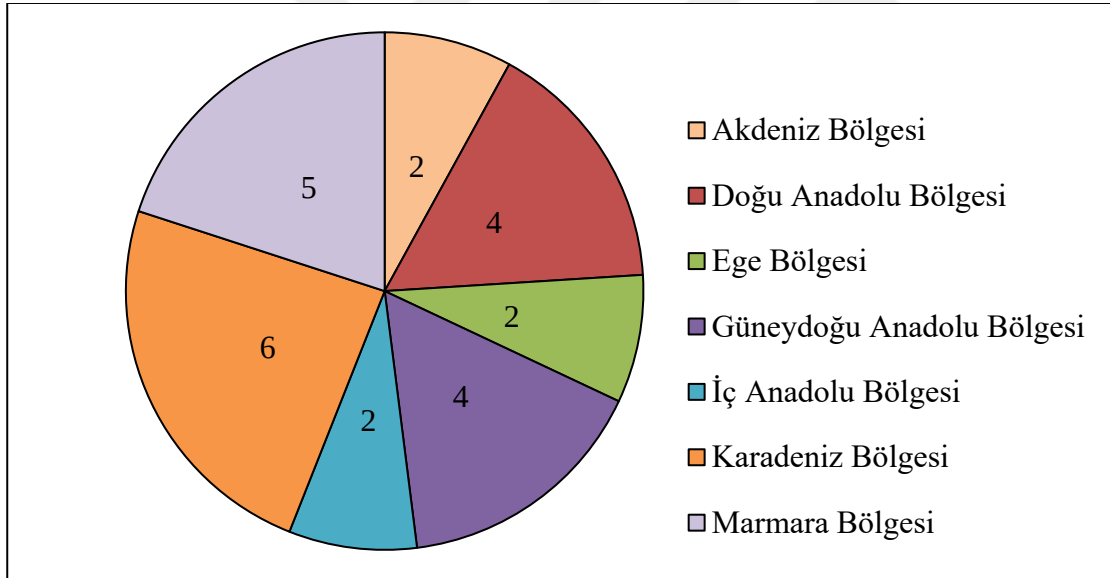
Karadeniz Bölgesi	Örnek Kodu
Artvin Murgul	K1-1
Bayburt Adabaşı	K1-2
Bayburt-1	K1-3
Bayburt-2	K1-4
Trabzon Akçaabat	K1-5
Trabzon Vakıfkebir	K1-6
Marmara Bölgesi	
Kocaeli Umuttepe	M1-1
Tekirdağ Çorlu	M1-2
Yalova Çınarcık-1	M1-3
Yalova Çınarcık-2	M1-4
Yalova	M1-5

Çizelge 3.4. İkinci yıl temin edilen polen örneklerinin menşei ve verilen örnek kodu

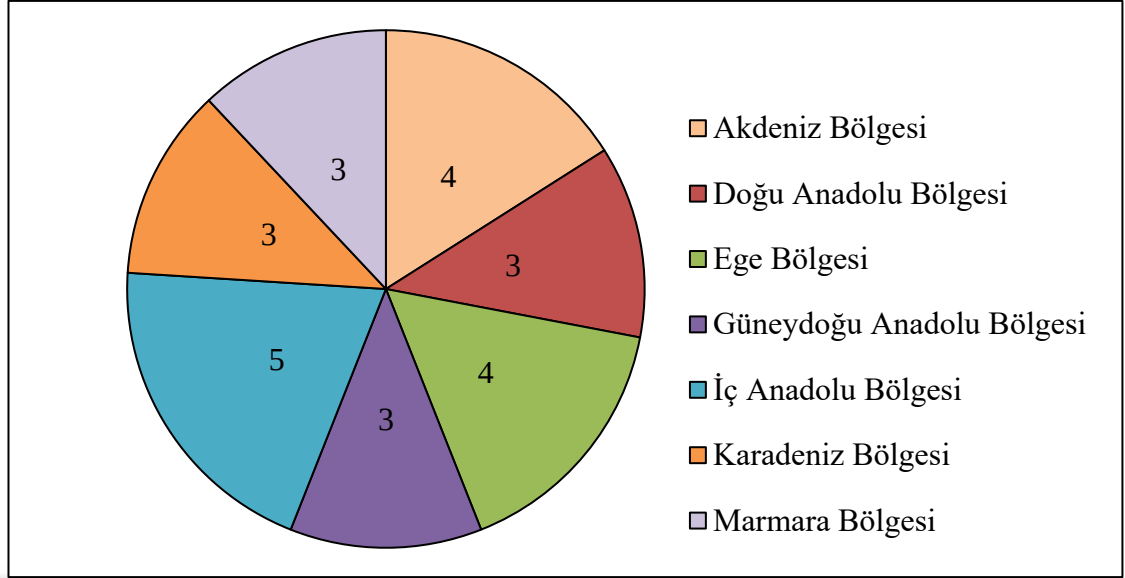
Akdeniz Bölgesi	Örnek Kodu
Antalya Kaş	A2-1
Antalya Kumluca	A2-2
Burdur Bucak	A2-3
Burdur Tefenni	A2-4
Doğu Anadolu Bölgesi	
Ağrı	D2-1
Bingöl Karlıova	D2-2
Van Başkale	D2-3
Ege Bölgesi	
Afyon Sinanpaşa	E2-1
Aydın Nazilli	E2-2
Denizli Çal Denizler	E2-3
Muğla Datça	E2-4
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	
Adıyaman	G2-1
Diyarbakır Sur	G2-2
Şırnak Uludere	G2-3
İç Anadolu Bölgesi	
Karaman Karadağ	İ2-1
Konya Cihanbeyli	İ2-2
Konya Çumra	İ2-3
Niğde	İ2-4
Yozgat Sorgun	İ2-5
Karadeniz Bölgesi	
Amasya Göynük	K2-1
Artvin Yusufeli	K2-2
Samsun Bafra	K2-3
Marmara Bölgesi	
İstanbul Maltepe	M2-1
Kırklareli Demirköy	M2-2
Yalova Kurtköy	M2-3



Şekil 3.4. Birinci ve ikinci yıl polen örnekleme haritası



Şekil 3.5. Birinci yıl temin edilen polen örneklerinin bölgelere göre örnek sayısı dağılımı



Şekil 3.6. İkinci yıl temin edilen polen örneklerinin bölgelere göre örnek sayısı dağılımı

Birinci ve ikinci yıl temin edilen tüm propolis örneklerine ait bölge, şehir, örnek sayısı ve örnek kod bilgileri yıllarına göre sırasıyla Çizelge 3.5 ve 3.6'da verilmiştir. Propolis örneklerinin temin edildiği şehirlerin haritası Şekil 3.7'de ve yıllara göre bölge dağılımları ise sırasıyla Şekil 3.8 ve 3.9'da belirtilmiştir. Örnek kodlamaları bal ve polen örneklerine benzer olarak düzenlenmiş olup, propolis örnekleri araştırma süresince -18°C sıcaklıkta depolanmıştır.

Çizelge 3.5. Birinci yıl temin edilen propolis örneklerinin menşei ve verilen örnek kodu

Akdeniz Bölgesi	Örnek Kodu
Adana Karaisalı	A1-1
Mersin Erdemli	A1-2
Mersin Tarsus	A1-3
Doğu Anadolu Bölgesi	
Ağrı Tutak	D1-1
Erzurum Horasan	D1-2
Malatya Yazahan	D1-3
İğdır Tuzluca	D1-4
Ege Bölgesi	
İzmir Çiğli	E1-1
İzmir Menemen	E1-2
Muğla Marmaris	E1-3
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	
Mardin Derik	G1-1
Şanlıurfa Hilvan	G1-2
Şırnak Beytüşşebap	G1-3
İç Anadolu Bölgesi	
Karaman Ayrancı	İ1-1
Karaman Ermenek	İ1-2
Sivas Zara	İ1-3
Yozgat Sorgun	İ1-4

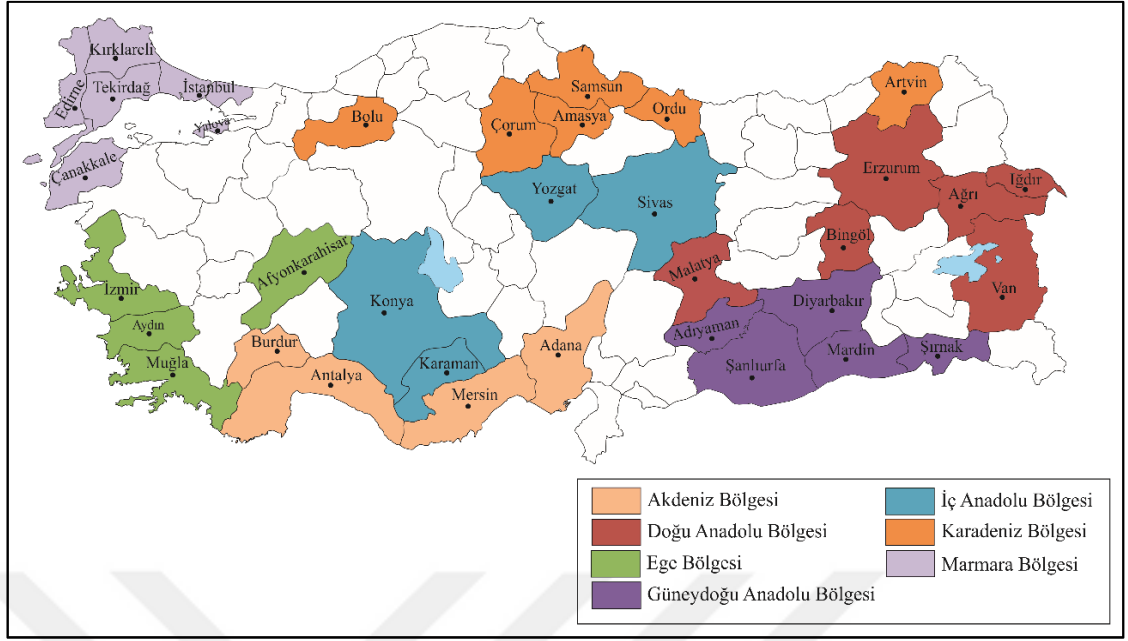
(Devamı Arkada)

Çizelge 3.5'in devamı

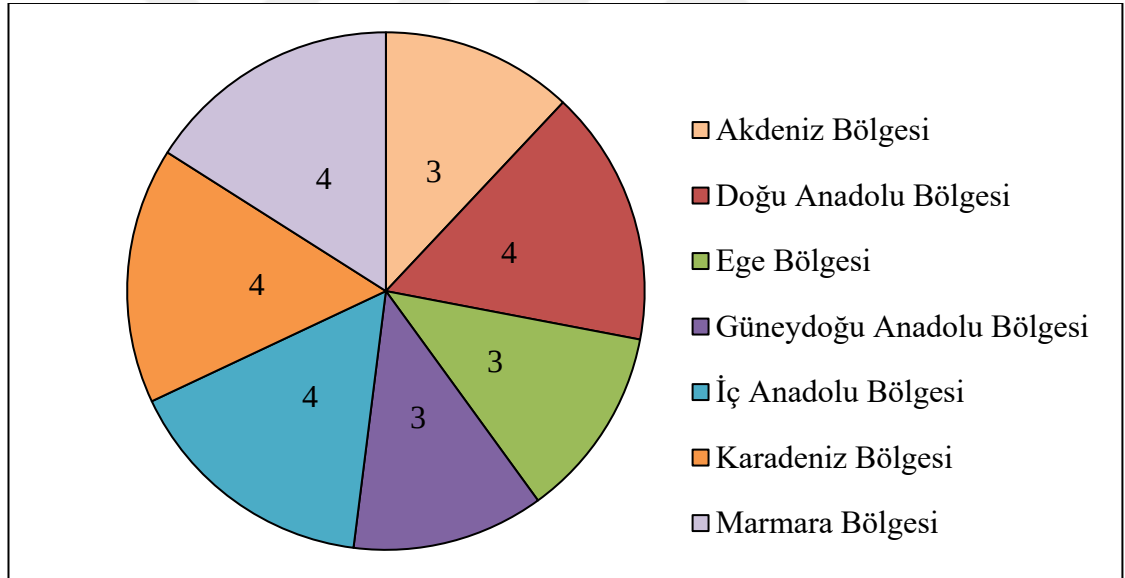
Karadeniz Bölgesi	Örnek Kodu
Amasya Göynücek	K1-1
Artvin Murgul	K1-2
Bolu	K1-3
Ordu Altınordu	K1-4
Marmara Bölgesi	
Edirne Lalapaşa	M1-1
Tekirdağ Muratlı	M1-2
Tekirdağ Süleyman Paşa	M1-3
Yalova Termal	M1-4

Çizelge 3.6. İkinci yıl temin edilen propolis örneklerinin menşei ve verilen örnek kodu

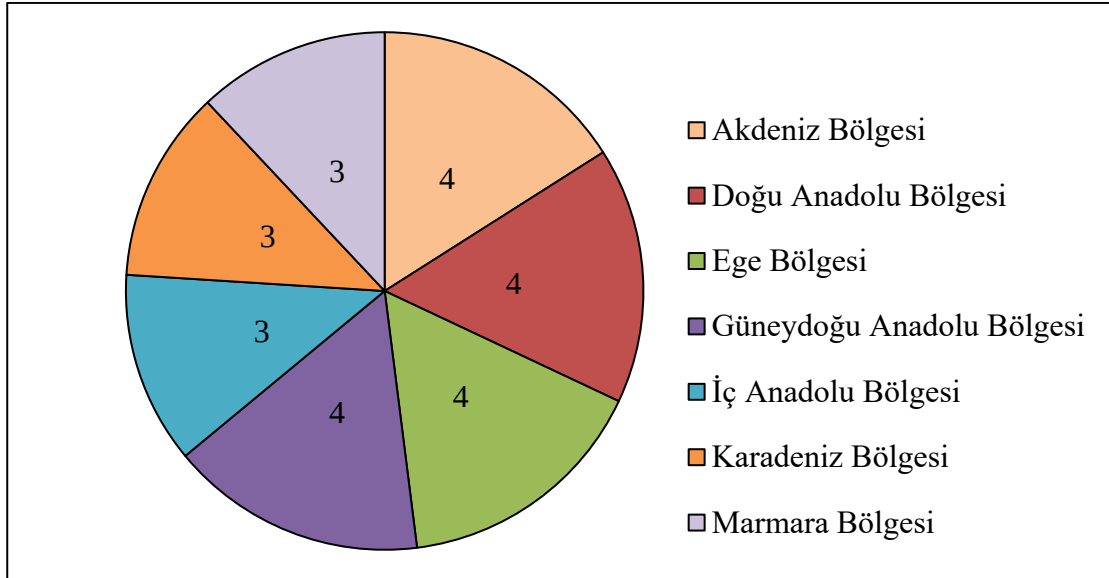
Akdeniz Bölgesi	Örnek Kodu
Antalya Elmalı	A2-1
Antalya Kaş	A2-2
Burdur Bucak	A2-3
Mersin Erdemli	A2-4
Doğu Anadolu Bölgesi	
Ağrı	D2-1
Bingöl Karlıova	D2-2
Iğdır Tuzluca	D2-3
Van Başkale	D2-4
Ege Bölgesi	
Afyon Sinanpaşa	E2-1
Afyon Şuhut	E2-2
Aydın Nazilli	E2-3
İzmir Kemalpaşa	E2-4
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	
Adıyaman-1	G2-1
Adıyaman-2	G2-2
Diyarbakır Sur	G2-3
Şırnak Uludere	G2-4
İç Anadolu Bölgesi	
Karaman Karadağ	İ2-1
Konya Akşehir	İ2-2
Yozgat Sorgun	İ2-3
Karadeniz Bölgesi	
Artvin Yusufeli	K2-1
Çorum	K2-2
Samsun Bafra	K2-3
Marmara Bölgesi	
Çanakkale Gelibolu	M2-1
İstanbul Maltepe	M2-2
Kırklareli Kofçaz	M2-3



Şekil 3.7. Birinci ve ikinci yıl propolis örnekleme haritası



Şekil 3.8. Birinci yıl temin edilen propolis örneklerinin bölgelere göre örnek sayısı dağılımı



Şekil 3.9. İkinci yıl temin edilen propolis örneklerinin bölgelere göre örnek sayısı dağılımı

3.1.2. Sarf malzemeleri

Spektrofotometrik ve kromatografik analizlerde kullanılan kimyasal malzemeler niteliğine uygun olarak analitik ve kromatografik saflıkta temin edilerek kullanılmıştır. Mikrobiyolojik analizlerde ve biyoyararışlılık denemelerinde kullanılan, mikroorganizmalar, hücreler, besiyerleri, kimyasal maddeler ve diğer sarf malzemeleri ise yapılan analizlerin ve işlemlerinin niteliklerine göre yüksek saflıklarda temin edilerek kullanılmıştır. Ayrıca sitotoksisite araştırmasında kullanılan akciğer (A549-pasaj no:73-75 ve H1299-pasaj no:67-69), cilt (A431-pasaj no:94-96), karaciğer (Hep-G2-pasaj no:66-68) ve kolon (Caco-2-pasaj no:36-38) kanseri hücre hatları ile sağlıklı fibroblast hücre hattı (Bj-pasaj no:82-84) Akdeniz Üniversitesi Fen Fakültesi Moleküler Biyoloji Anabilim Dalı'ndan temin edilmiştir.

3.2. Analizler

3.2.1. Bal ve polen örneklerinin palinolojik analizi

Bal örneklerinde polen analizi için bal örneklerinden 10 g alınarak üzerine 20 mL saf su ilave edilmiş ve örnekler sıcaklığı yaklaşık 45°C olan su banyosunda 10-15 dk çözünmeleri için bekletilip karıştırılarak homojen hale getirilmiştir. Elde edilen çözelti 3500 rpm hızla 45 dk santrifüj edilmiş ve üst faz uzaklaştırıldıktan sonra elde edilen çökelti üzerine 1 mm³ bazik-fuksinli gliserin-jelatin bulaştırılarak alınan materyal lam üzerine aktarılmış ve ısıtma tablasında 30-40°C sıcaklıkta ısıtılarak bazik fuksinli gliserin-jelatin karışımının erimesi sağlanmıştır. Karışımın homojen şekilde dağılması sağlandıktan sonra lam üzerine 18x18 mm² boyutunda lamel kapatılmış ve hazırlanan preparatlar ters çevrilerek iki cam baget üzerine yerleştirilerek 12 saat bu şekilde bekletildikten sonra incelemeye hazır hale getirilmiştir. Her örnek için belirtilen şekilde 3 adet preparat hazırlanmıştır (Louveau 1978; Moar 1985; Wodehouse 1935). Bal örneklerinden hazırlanan preparatlar Olympus CX21 (Tokyo, Japonya) mikroskopla

incelenmiş ve her preparatta bal örnekleri için 200 adet polen 3 tekrarlı olarak sayılmıştır.

Arı poleninde polen analizi için karışık polen örneklerinden 2 g tartılarak üzerine 13 mL etanol eklenmiştir. Polen örnekleri homojenize olana kadar girdap karıştırıcı ile karıştırıldıktan sonra elde edilen çözelti 3500 rpm hızla 20 dk santrifüj edilmiş ve üst faz uzaklaştırılmıştır. Çökelti üzerine 13 mL %50 gliserin-su karışımı eklenerek yaklaşık 1 dk girdap karıştırıcı ile karıştırılmış ve 3500 rpm hızla 20 dk daha santrifüj edilmiştir. Santrifüjden sonra üst faz dökülmüş ve tüpler bir kurutma kağıdı üzerine ters çevrilerek tüp içerisinde kalan çökelti kuruyana kadar bekletilmiştir. Kuruyan çökelti üzerine 1 mm³ bazik-fuksinli gliserin-jelatin bulaştırılarak alınan materyal lam üzerine aktarılmış ve ısıtma tablasında 30-40°C sıcaklıkta ısıtılarak bazik fuksinli gliserin-jelatin karışımının erimesi sağlanmıştır. Karışımın homojen şekilde dağılması sağlandıktan sonra lam üzerine 18x18 mm² boyutunda lamel kapatılmış ve hazırlanan preparatlar ters çevrilerek iki cam baget üzerine yerleştirilerek 12 saat bu şekilde bekletildikten sonra incelemeye hazır hale getirilmiştir. Her örnek için belirtilen şekilde 3 adet preparat hazırlanmıştır (Barth vd. 2010). Polen örneklerinden hazırlanan polen preparatları Nikon Eclipse E400 (Tokyo, Japonya) mikroskop ile incelenmiş ve her preparatta polen örnekleri için 500 adet polen 3 tekrarlı olarak sayılmıştır.

Polen tanelerinin teşhisleri için referans preparatlardan ve ilgili kaynaklardan yararlanılmıştır (D'Albore 1997; Erdtman 1969; Mayda vd. 2019; Mayda vd. 2020). Teşhis edilerek sıklıkları belirlenen polenler aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır.

- %45 ve daha fazlası: dominant polen
- %16-44 arası: sekonder polen
- %3-15 arası: minör polen
- %3 ve daha azı: eser polen

Örneklerde hangi bitki poleni %45 oranından çok ise bal veya polen o bitkinin ismi ile adlandırılmıştır (Barth vd. 2010; Mayda vd. 2020).

3.2.2. Nem içeriği ve su aktivitesi analizi

Bal örneklerinin nem içeriği 2 g, polen ve propolis örneklerinin nem içerikleri ise 1 g örneğin etüvde (UN110, Memmert, Almanya) 70°C sıcaklıkta sabit tartıma gelinceye kadar kurutulması yoluyla belirlenmiştir. Temin edilen örneklerin su aktivitesi ise su aktivitesi ölçüm cihazı (Novasina LabSwift-aw, Switzerland) kullanılarak tespit edilmiştir.

3.2.3. Diastaz sayısı analizi

Bal örneklerinin diastaz sayısı Bogdanov (2002) tarafından bildirilen yöntemle göre belirlenmiştir. Buna göre analiz için 2 g bal örneği tartılmış ve üzerine 1 mL 1.59 M (pH 5.3) asetat tampon çözeltisi ve 4 mL saf su eklenerek örnek homojen hale getirilmiştir. Karışımın üzerine 0.6 mL 0.5 N sodyum klorür eklenmiş ve toplam hacim saf su ile 10 mL'ye tamamlanmıştır. Elde edilen karışımdan 2 mL alınmış ve 40°C sıcaklığındaki su banyosunda 15 dk bekletilmiştir. Süre sonunda karışım üzerine 1 mL

%2 nişasta çözeltisi eklenmiş ve bu andan itibaren ilk 15 dakika her 5 dakikada bir ve daha sonra ise her 10 dakikada bir alınan 0.1 mL örnek, 1 mL 0.0007 N iyot çözeltisi ve nişasta standardizasyonu ile belirlenen miktardaki saf suyun 1/5 oranında saf su ile karıştırılarak spektrofotometrede (Cary 60 UV-Vis, Agilent, USA) 660 nm dalga boyunda absorbansı belirlenmiştir. Örnek absorbans değeri 0.235 değerinden daha küçük bir değere ulaşınca kadar belirtilen işlemler tekrarlanmıştır. Daha sonra her örnek için absorbans-süre grafiği çizilerek 0.235 spesifik absorbansa ulaşana kadar geçen süre tespit edilmiş ve bu süre 300 değerine bölünerek bal örneklerinin diastaz sayıları hesaplanmıştır (AOAC 2005; Bogdanov 2002).

3.2.4. Toplam fenolik madde analizi

Bal, polen ve propolis örneklerinin toplam fenolik madde miktarlarının belirlenmesi amacıyla, bal örneklerinden 1 g, polen ve propolis örneklerinden ise 0.5 g tartılarak üzerlerine 9 mL %80 konsantrasyonundaki metanol çözeltisi ilave edilmiş ve örnekler 40°C sıcaklıkta çalkalamalı su banyosunda 2 saat karıştırılarak ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu karışım 7100xg hızla 10 dk santrifüj edilmiş ve üst fazdan alınan 0.5 mL örnek ekstraktı üzerine %10 konsantrasyonundaki 2.5 mL Folin-Ciocalteu çözeltisi ve %7.5 konsantrasyonundaki 2 mL Na₂CO₃ çözeltisi eklenmiştir. Elde edilen karışımlar 50°C sıcaklığındaki su banyosunda 5 dk tutulmuş ve daha sonra örnekler karanlık bir ortamda oda sıcaklığına gelinceye kadar bekletilmiştir. Örnek absorbans değerleri spektrofotometrede (Cary 60 UV-Vis, Agilent, USA) 760 nm dalga boyunda belirlenmiş ve sonuçlar gallik asit ile hazırlanan farklı konsantrasyonlardaki çözeltiler (0.1-10 mg/100g) ile oluşturulan kurve yardımıyla mg GAE/100g örnek olarak hesaplanmıştır (Skerget vd. 2005).

3.2.5. Toplam flavonoid madde analizi

Bal, polen ve propolis örneklerinin toplam flavonoid madde miktarlarının belirlenmesi amacıyla, bal örneklerinden 1 g, polen ve propolis örneklerinden ise 0.5 g tartılarak bal ve polen örnekleri üzerine 9 mL %50 metanol çözeltisi ve propolis örnekleri üzerine ise %85 etanol çözeltisi ilave edilmiş (Mouhoubi-Tafnine vd. 2016) ve örnekler 25°C sıcaklıkta 24 saat yatay şekilde 80 rpm hızla karıştırılarak ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu karışım 7100xg hızla 10 dk santrifüj edilmiş ve üst fazdan alınan 2 mL örnek ekstraktı üzerine 2 mL metanol ile hazırlanan %2 konsantrasyonundaki AlCl₃ çözeltisi eklenmiştir. Elde edilen karışımlar 30 dk oda sıcaklığında ve karanlık bir ortamda bekletildikten sonra bu karışımların absorbans değerleri spektrofotometrede (Cary 60 UV-Vis, Agilent, USA) 415 nm dalga boyunda belirlenmiştir. Sonuçlar kuersetin ile hazırlanan farklı konsantrasyonlardaki standart çözeltiler (0.1-10 mg/100g) ile oluşturulan kurve yardımıyla mg KE/100g örnek olarak hesaplanmıştır (Bueno-Costa vd. 2016).

3.2.6. Antioksidan aktivite analizi

Bal, polen ve propolis örneklerinin antioksidan aktivite analizi TEAC (Troloks Equivalent Antioksidant Capacity) ve CUPRAC (Cupric Reducing Antioxidant Capacity) yöntemlerine göre yapılmıştır.

Antioksidan aktivite analizi için bal örneklerinden 1.0 g, polen örneklerinden 0.5 g ve propolis örneklerinden ise 0.25 g tartılmış ve üzerlerine 10 kat seyreltme olacak şekilde ekstraksiyon çözeltileri ilave edilmiştir. Bal örneklerinin ekstraksiyonu fosfat tamponu (pH 7.4) ve polen ve propolis örneklerinin ekstraksiyonu ise %70 konsantrasyonundaki etanol çözeltisi ile örneklerin oda sıcaklığında 30 dk süresince ve 80 rpm hızla yatay olarak karıştırılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon sonunda örnekler 7100xg kuvvetinde 10 dk santrifüj edilmiştir.

TEAC yöntemi için üstte toplanan berrak kısımdan 5, 10, 15 ve 20 µL alınarak toplam reaktant hacmi 1 mL olacak şekilde ABTS⁺ üzerine eklenmiştir. Analiz sırasında her örnek ölçümünden önce ABTS⁺ reaktifinin absorbansı bal örneklerinin analizinde örnek ekstraksiyon çözgeni olarak kullanılan fosfat tamponu ve polen ve propolis örneklerinin analizinde ise örnek ekstraksiyon çözgeni olarak kullanılan %70 etanol ile 0.700 ± 0.02 değerine ayarlanmıştır. Örneklerin absorbans değerleri 6 dakika sonunda 734 nm dalga boyunda spektrofotometre ile belirlenmiştir (Re vd. 1999).

CUPRAC yöntemi için 10 mM CuCl₂ çözeltisinden 1 mL alınarak, 1 mL 7.5 mM neocuproine ve 1 mL amonyum asetat çözeltisi (pH 7) ile karıştırılmıştır. Daha sonra karışıma örnek absorbanlarını 0.20-0.40 aralığında tutucak miktarda örnek ekstraktı (x mL) ilave edilmiş ve ilave edilen örnek miktarı 1.1 mL miktarından eksiltiyle (1.1-x mL) kalan miktarda saf su eklenmiştir. Örnekler 30 dk oda sıcaklığında ve karanlık bir ortamda bekletilmiş ve süre sonunda örneklerin absorbans değerleri 450 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak belirlenmiştir (Toydemir 2013).

Her iki analiz yöntemi için sonuçlar analiz yönteminin niteliğine göre troloks ile hazırlanan farklı konsantrasyonlardaki standart çözeltiler (0-25 µmol/g) ile oluşturulan kurve yardımıyla µmol TE/g örnek olarak hesaplanmıştır.

3.2.7. Antiinflamatuvar aktivite analizi

Bal, polen ve propolis örneklerinin antiinflamatuvar aktivite analizi Kolaylı vd. (2016) ve Yahaya ve Don (2012) taraflarından bildirilen yöntemler modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. Bal örneği 0.40 g/mL, polen örneği 0.20 g/mL ve propolis örneği ise 0.07 g/mL olacak şekilde saf su içerisinde çözündürülmüş, 24 saat süresince oda sıcaklığında yatay olarak 80 rpm hızla karıştırılarak ekstrakte edilmiş ve elde edilen ekstraktlar 7100xg kuvvetinde 10 dk santrifüj edilerek üst fazları analizde kullanılmıştır. Analiz için hazırlanan 310 U/mL aktiviteye sahip hyaluronidaz enzim çözeltisinden 200 µL alınarak üzerine 200 µL %0.01 sığır serum albümin içeren fosfat tamponu (20 mM, pH 7.0) ve 100 µL örnek ekstraktı ilave edilmiştir. Bu karışım 37°C sıcaklıkta 10 dk inkübasyona bırakılarak enzimin ortama adaptasyonu sağlanmış ve süre sonunda karışım üzerine 200 µL %0.01 konsantrasyonundaki hyaluronik asit sodyum tuzu içeren trisodyum fosfat çözeltisi (0.3 M, pH 5.35) eklenmiştir. Elde edilen karışım hyaluronidaz enziminin hyaluronik asit üzerine etki edebilmesi için 37°C sıcaklıkta 40 dk inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda karışımların üzerine 2 mL asetat tamponu (24 mM sodyum asetat, 79 mM asetik asit ve %0.1 sığır serum albümin, pH 3.75) ilave edilmiş ve karışımlar 10 dk oda sıcaklığında bekletilmiştir. Enzim aktivitesini durdurmak amacıyla örnekler 100°C sıcaklıktaki kaynar su içerisinde 1 dk bekletildikten sonra 4°C sıcaklıktaki su içerisinde 2 dk bekletilerek soğutulmuştur. Daha sonra spektrofotometre ile 600 nm dalga boyunda örnek absorbanları belirlenmiştir. Kontrol örneği olarak bal,

polen veya propolis ekstraktı yerine 100 µL saf su içeren karışım kullanılmıştır (Kolaylı vd. 2016; Şahin 2017).

Örneklerin antiinflamatuvar aktivite değeri hyaluronidaz enziminin inhibisyonu olarak örnek ekstraktının kontrol örneğine göre enzim ünitesinde neden olduğu yüzde (%) azalma dikkate alınarak Eşitlik 3.1'deki gibi hesaplanmıştır.

$$\text{Inhibisyon (\%)} = 100 - \left[\frac{\text{Kontrol absorbansı}}{\text{Örnek absorbansı}} \times 100 \right] \quad (3.1)$$

3.2.8. Antibakteriyel aktivite analizi

Bal, polen ve propolis örneklerinin antibakteriyel aktivite analizi için *Escherichia coli* ATCC 25922 ve *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 suşları kullanılmıştır. Bu suşlar sterilize nutrient broth besiyeri içerisinde 37°C sıcaklıkta 24 saat inkübasyona bırakılmış ve inkübasyon sonunda bakteri kültürlerinin optik yoğunlukları spektrofotometre ile 630 nm dalga boyunda (OD₆₃₀) belirlenmiş ve hücre yoğunlukları 10⁷-10⁸ kob/mL (0.5 McFarland birimi) düzeyinde olacak şekilde steril ringer çözeltisi ile seyreltildikten sonra yaklaşık 20 mL nutrient agar besiyeri üzerine yayılmıştır. İki saat bekleme ile mikroorganizmaların agar içerisine difüze olması sağlanmıştır (Osos vd. 2016). Analizde %70 etanol ile 24 saat süresince oda sıcaklığında yatay şekilde 80 rpm hızla karıştırılarak hazırlanan bal, polen ve propolis örneklerinin sırasıyla 2, 15 ve 150 kat seyreltilmiş ekstraktlarından alınan 100 µL örneğin kör diske difüze edilmesi ile elde edilen örnek diskleri kullanılmıştır (Alotibi vd. 2018; Basim vd. 2006). Örnek içeren diskler bakteri kültürlerini içeren petriler içerisinde 37°C sıcaklıkta 24 saat inkübasyona bırakılmış ve inkübasyon sonunda disklerin etrafında oluşan inhibisyon bölgelerinin en ve boy çapları mm olarak ölçülmüş ve sonuçlar bu ölçümlerin ortalamaları olarak verilmiştir. Analizde %70 etanol ile hazırlanan ve örnek içermeyen disk ve ayrıca ampicilin (10 µg/mL) içeren standart disk kontrol olarak kullanılmıştır (Osos vd. 2016).

3.2.9. Hidroksimetilfurfural içeriği analizi

Bal örneklerinin hidroksimetilfurfural (HMF) içeriğinin belirlenmesi amacıyla 1 g örnek üzerine 10 mL saf su eklenerek girdap karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Elde edilen karışım üzerine Carrez I ve Carrez II çözeltilerinden 1 mL eklenerek berraklaştırılmış ve bu karışım 7100xg kuvvetinde 10 dk santrifüj edilmiştir. Ayrılan üst faz 0.45 µm filtreden geçirilerek viallere alınmış ve 20 µL olarak HPLC cihazına (Agilent 1260 Infinity II, USA) enjekte edilmiştir. Analiz sırasında kolon olarak C18 kolon (3.0x150 mm, 2.7 µm, InfinityLab Poroshell 120 EC-C18, Agilent, USA), dalga boyu 280 nm olarak ayarlanmış DAD dedektör ve izokratik akışta asetonitril:su (5:95) mobil fazı kullanılmıştır. Kolon sıcaklığı 32°C ve mobil faz akış hızı 1 mL/dk olarak ayarlanmıştır. Sonuçlar HMF bileşiği ile hazırlanan farklı konsantrasyonlardaki standart çözeltiler (0.05-100 mg/kg) ile oluşturulan kurve yardımıyla mg/kg örnek olarak hesaplanmıştır (Rufian-Henares vd. 2006).

3.2.10. Şeker kompozisyonu analizi

Bal örneklerinin fruktoz, glikoz, sakkaroz ve maltoz içerikleri Yuan vd. (2021) tarafından bildirilen yöntemde bazı modifikasyonlar yapılarak belirlenmiştir. Bal

örneklerinin fruktoz, glikoz, sakkaroz ve maltoz içeriklerinin belirlenmesi amacıyla 1 g örnek üzerine 100 mL saf su ilave edilmiş ve karıştırılarak homojen hale getirilmiştir. Homojenize edilen örnekler 7100xg kuvvetinde 10 dk santrifüj edildikten sonra berrak kısım 0.45 µm filtreden geçirilerek viallere alınmış ve 10 µL olarak HPLC-RID sistemine enjekte edilmiştir. Analiz sırasında kolon olarak NH₂ kolon (4.6x250 mm, 5 µm, Kromasil 100-5-NH₂, Sweden) ve izokratik akışta asetonitril:su (75:25) mobil fazı kullanılmıştır. Kolon ve dedektör sıcaklığı 30°C ve mobil faz akış hızı 1.0 mL/dk olarak ayarlanmıştır. Sonuçlar fruktoz, glikoz, sakkaroz ve maltoz ile hazırlanan farklı konsantrasyonlardaki standart çözeltiler (0.005-0.75 g/100g) ile oluşturulan kurveler yardımıyla g/100g örnek olarak hesaplanmıştır (Yuan vd. 2021).

3.2.11. Serbest aminoasit kompozisyonu analizi

Bal örneklerinin aminoasit kompozisyonu analizi Li vd. (2016) tarafından bildirilen yöntemde bazı modifikasyonlar yapılarak gerçekleştirilmiştir. Buna göre ekstraksiyon aşaması için örneklerin üzerine %75 etanol ilave edilmiş ve örnekler 1 dk girdap karıştırıcı ile karıştırılarak ve daha sonra ise oda sıcaklığında 10 dk ultrasonikasyon uygulanarak ekstrakte edilmiştir. Elde edilen karışımlar 7100xg kuvvetinde 10 dk santrifüj edilmiş ve ayrılan üst fazdan alınan 360 µL ekstrakt üzerine 200 µL 2,4-dinitroflorobenzen (DNFB 10 mg/mL), 200 µL NaHCO₃ (0.5 M, pH 9.0) ve 40 µL ultra saf su ilave edilerek karıştırılmıştır. Karışım, karanlıkta 60 dk boyunca 60°C sıcaklığındaki bir su banyosunda bekletildikten sonra karanlık bir ortamda tutularak oda sıcaklığına getirilmiş ve üzerine 800 µL KH₂PO₄ (0.01 M, pH 7.0) eklenerek 15 dk daha karanlıkta tutulmuştur. Karışım 0.45 µm filtreden geçirilerek viallere alınmış ve 20 µL olarak HPLC-DAD sistemine enjekte edilmiştir. Analiz sırasında kolon olarak C₁₈ kolon (3.0x150 mm, 2.7 µm, InfinityLab Poroshell 120 EC-C18, Agilent, USA) ve gradient akışta sodyum asetat (5 mM, pH 5.7)/tetrahidrofuran (95:5, mobil faz A) ve metanol/su (80:20, mobil faz B) mobil fazları kullanılmıştır. Gradient akış programı; 0.01 dk %10 B, 0.01-20 dk %10-20 B, 20-25 dk %20-50 B, 25-34 dk %50-55 B, 34-50 dk %55-100 B, 50-55 dk %100-10 B ve 55-60 dk %10 B olarak uygulanmıştır. Kolon sıcaklığı 35°C, mobil faz akış hızı 1 mL/dk ve dedektör dalga boyu ise 360 nm olarak ayarlanmıştır. Sonuçlar aspartik asit, glutamik asit, 4-OH prolin, asparajin, serin, glutamin, histidin, prolin, alanin, valin, metiyonin, sistin, triptofan, izolösin, fenilalanin, lösin, sistein, lisin ve tirozin standartlarına ait karışım ile hazırlanan farklı konsantrasyonlardaki (2.84-113.64 mg/kg) çözeltiler ile oluşturulan kurve yardımıyla mg/kg örnek olarak hesaplanmıştır (Li vd. 2016).

3.2.12. Fenolik bileşik kompozisyonu analizi

Analizde bal örneklerinin ekstraksiyonu için 2 g bal örneği tartılmış ve üzerine 8 mL asitlendirilmiş ultra saf su (pH 2.0) eklenerek 1 dk girdap karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Bu karışıma oda sıcaklığında 30 dk ultrasonikasyon uygulanmış ve ardından 6200xg hızla 10 dk santrifüj edilmiştir. Ayrılan üst faz önceden 6 mL metanol ve 3 mL ultra saf su ile koşullandırılmış SPE C₁₈ (Chromafix C18, Macherey-Nagel, Germany) kartuştan geçirilmiştir. Kartuşta kalan şekerler 15 mL asitlendirilmiş ultra saf suyun (pH 2.0) kartuştan geçirilmesi ile uzaklaştırılmıştır. Fenolik bileşikler ise 6 mL metanolün kartuştan geçirilmesi ile tüplere alınmış ve 35°C sıcaklıkta vakum altında metanol uzaklaştırılana kadar bekletilmiştir. Elde edilen kalıntı 1 mL metanol ile çözündürülmüş ve 0.22 µm filtreden geçirilerek viallere alınmış ve 20 µL olarak HPLC-DAD sistemine

enjekte edilmiştir (Gasic vd. 2014; Marshall vd. 2014).

Polen ve propolis örneklerinin ekstraksiyonu için 0.5 g örnek tartılmış ve üzerine 2 mL metanol eklenerek 1 dk girdap karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Ardından örnekler oda sıcaklığında 24 saat yatay karıştırıcı ile 80 rpm hızla karıştırılarak ekstrakte edilmiştir. Örnekler ekstraksiyon sonunda 6200xg hızla 10 dk santrifüj edilmiş ve ayrılan üst faz uygun oranlarda metanol ile seyreltilip 0.22 µm filtreden geçirilerek viallere alınmış ve 20 µL olarak HPLC-DAD sistemine enjekte edilmiştir (Kaskoniene vd. 2015; Mohdaly vd. 2015).

Analiz sırasında kolon olarak C₁₈ kolon (3.0x150 mm, 2.7 µm, InfinityLab Poroshell 120 EC-C18, Agilent, USA) ve gradient akışta ultra saf su/formik asit (99.5:0.5, mobil faz A) ve metanol (mobil faz B) mobil fazları kullanılmıştır. Gradient akış programı; 0-5 dk %5 B, 5-20 dk %5-30 B, 20-32 dk %30-35 B, 32-45 dk %35-50 B, 45-50 dk %50-80 B ve 50-60 dk %80-5 B olarak uygulanmıştır. Kolon sıcaklığı 30°C, mobil faz akış hızı 0.8 mL/dk ve dedektör dalga boyları ise 280, 320 ve 370 nm olarak ayarlanmıştır. Sonuçlar fenolik bileşik standartları ile hazırlanan farklı konsantrasyonlardaki (0.01-20 mg/100g) çözeltiler ile oluşturulan kurveler yardımıyla mg/100g örnek olarak hesaplanmıştır (Marshall vd. 2014).

3.2.13. Bal, polen ve propolis örneklerinin seçimi ve *in vitro* sindirimi

Bal, polen ve propolis örneklerinin ağız, mide ve bağırsak sindirimleri Minekus vd. (2014) ve Özdal vd. (2019) tarafından bildirilen yöntemlerde bazı modifikasyonlar yapılarak gerçekleştirilmiş ve sindirim aşaması toplam fenolik madde analizi sonuçlarına göre her örnekleme yılından en yüksek toplam fenolik madde içeriğine sahip üçer örnek ile yapılmıştır. Her örnekleme yılı için seçilen bal, polen ve propolis örnekleri Çizelge 3.7’de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Her örnekleme yılı için seçilen bal, polen ve propolis örneklerinin listesi

Örnek grubu	Örnekleme yılı	Örnek kodu
Bal	I	A1-4
	I	D1-3
	I	İ1-1
	II	D2-3
	II	E2-2
	II	K2-4
Polen	I	E1-1
	I	K1-3
	I	M1-3
	II	A2-3
	II	E2-2
	II	M2-3
Propolis	I	D1-2
	I	İ1-4
	I	K1-3
	II	D2-3
	II	K2-2
	II	M2-3

Ağız, mide ve bağırsak sindirimlerinde kullanılmak üzere simüle ağız (SAS), mide (SMS) ve bağırsak (SBS) sıvıları ve sindirim pH değerlerini ayarlamak için ise farklı çözeltiler hazırlanmıştır. Hazırlanan simüle sindirim sıvıları ve çözeltilerin bileşimleri Çizelge 3.8’de verilmiştir. Hazırlanan bu çözeltilerden CaCl_2 çökme olabileceği için sindirim sıvılarına ilave edilmemiş ve karışım içerisine sindirim sırasında gerekli miktarlarda ayrıca eklenmiştir.

Çizelge 3.8. Hazırlanan simüle sindirim sıvılarının bileşimleri

Kimyasal adı	Konsantrasyon (mol/L)	SAS (pH 7.0, mL)	SMS (pH 3.0, mL)	SBS (pH 7.0, mL)
KCl	0.5	15.1	6.9	6.8
KH_2PO_4	0.5	3.7	0.9	0.8
$\text{MgCl}_2(\text{H}_2\text{O})_6$	0.15	0.5	0.4	1.1
NaHCO_3	1.0	6.8	12.5	42.5
NaCl	2.0	-	11.8	9.6
$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	0.5	0.06	0.5	-
H_2O	-	373.84	367.0	339.2
HCl	6.0	-	-	-
HCl	1.0	-	-	-
NaOH	1.0	-	-	-
CaCl_2	0.3	-	-	-

Bal örneklerinin ağız sindirimi için 3 g bal tartılmış ve üzerine 12 mL SAS ve 75 μL CaCl_2 ilave edilmiştir. Polen ve propolis örneklerinin ağız sindirimi için ise 1 g örnek tartılmış ve üzerlerine 7 mL SAS ve 50 μL CaCl_2 ilave edilmiştir. Karışımların pH değeri NaOH ve/veya HCl çözeltileri kullanılarak 7.0 olarak ayarlanmış ve harcanan baz veya asit miktarı kaydedilerek bu miktar bal örnekleri için 2925 μL ve polen ve propolis örnekleri için ise 1950 μL hacminden eksilti olarak karışıma ilgili miktarda saf su ilave edilmiştir. Karışımlar 37°C sıcaklıkta, 100 rpm hızla ve 2 dk karıştırılarak inkübatörde

bekletilmiştir. Süre sonunda bal içeren karışımdan 7 mL ve polen ve propolis içeren karışımlardan ise 4 mL örnek alınmış ve kalan karışım mide sindirimi için kullanılmıştır.

Mide sindirimi için bal örneklerinin ağız sindiriminden alınan karışım üzerine 6 mL SMS, 4 µL CaCl₂ ve SMS ile hazırlanmış 1.28 mL pepsin çözeltisi (25000 U/mL) ilave edilmiştir. HCl kullanılarak karışımın pH değeri 3.0 olarak ayarlanmış ve harcanan asit miktarı kaydedilerek bu miktar 716 µL hacminden eksiltilmiş ve karışıma ilgili miktarda saf su ilave edilmiştir. Mide sindirimi için polen ve propolis örneklerinin ağız sindiriminden alınan karışım üzerine ise 4.5 mL SMS, 3 µL CaCl₂ ve SMS ile hazırlanmış 0.96 mL pepsin çözeltisi (25000 U/mL) ilave edilmiştir. HCl kullanılarak karışımın pH değeri 3.0 olarak ayarlanmış ve harcanan asit miktarı kaydedilerek bu miktar 537 µL hacminden eksiltilmiş ve karışıma ilgili miktarda saf su ilave edilmiştir. Bal, polen veya propolis içeren karışımlar 37°C sıcaklıkta, 100 rpm hızla ve 120 dk karıştırılarak inkübatörde bekletilmiştir. Süre sonunda bal içeren karışımlardan 8 mL ve polen veya propolis içeren karışımlardan ise 4 mL örnek alınmış ve enzim inhibisyonu için 100°C sıcaklıkta 5 dk bekletildikten sonra buz banyosuna alınmıştır. Geriye kalan karışım ise bağırsak sindirimi için kullanılmıştır.

Bağırsak sindirimi için mide sindiriminden alınan karışım üzerine 4.4 mL SBS, 16 µL CaCl₂ ve SBS ile hazırlanmış 2 mL pankreatin çözeltisi (800 U/mL) ve 1 mL safra tuzu ilave edilmiştir. NaOH kullanılarak karışımın pH değeri 7.0 olarak ayarlanmış ve harcanan baz miktarı kaydedilerek bu miktar 584 µL hacminden eksiltilmiş ve karışıma ilgili miktarda saf su ilave edilmiştir. Bu karışım 37°C sıcaklıkta, 100 rpm hızla ve 120 dk karıştırılarak inkübatörde bekletilmiştir. Süre sonunda karışım enzim inhibisyonu için 100°C sıcaklıkta 5 dk bekletildikten sonra buz banyosuna alınmıştır.

Ağız, mide ve bağırsak sindirim aşamalarından alınan örnekler 7100xg hızla 10 dk santrifüj edilmiş ve 0.22 µm filtrelerden geçirilerek toplam fenolik ve flavonoid madde, TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite ve fenolik bileşik profili analizleri ile kanser hücreleri üzerine sitotoksik aktiviteleri belirleninceye kadar -40°C sıcaklıkta depolanmıştır.

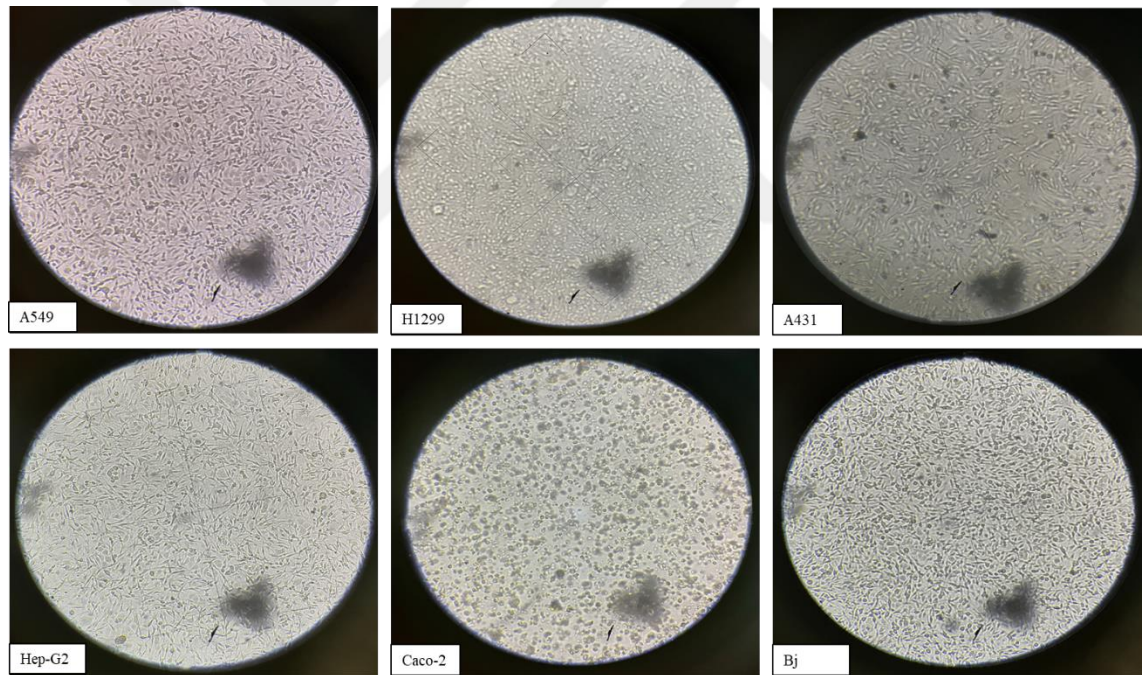
Toplam fenolik ve flavonoid madde, TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite analiz sonuçları ham örneklerle ait veriler ile kıyaslanarak Eşitlik 3.2 yardımıyla sindirilmiş örneklerle ait biyoerişilebilirlik değerleri hesaplanmıştır (Leufroy vd. 2012; Aylanc 2020). Tüm hesaplamalarda sindirim aşamalarındaki kademeli seyreltme oranları dikkate alınmıştır.

$$\text{Biyoerişilebilirlik (\%)} = \frac{\text{Sindirim sonucu açığa çıkan bileşen miktarı}}{\text{Sindirim uygulanmamış ham örneğin bileşen miktarı}} \times 100 \quad (3.2)$$

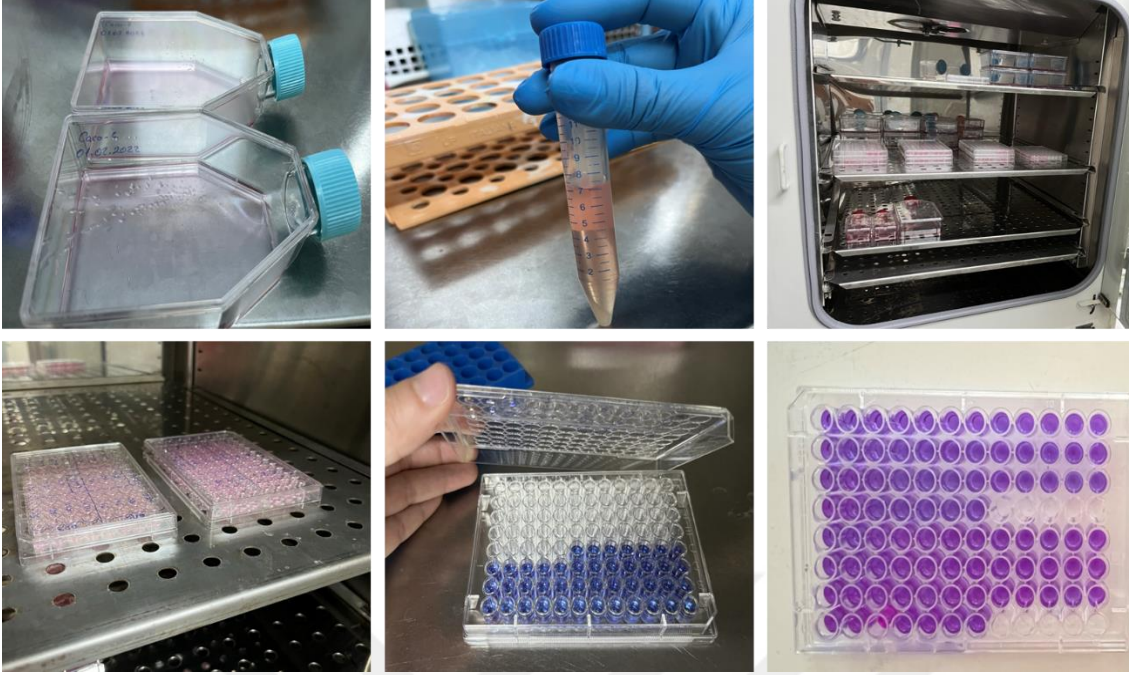
3.2.14. Bal, polen ve propolis örneklerinin bazı hücre hatları üzerine sitotoksik etkilerinin belirlenmesi

Sitotoksikite analizi sindirilmiş bal, polen ve propolis örneklerinin toplam fenolik madde analizi sonuçlarına göre her örnek grubundan ve örnekleme yılından en yüksek toplam fenolik madde içeriğine sahip birer adet olmak üzere seçilen toplam 6 adet örnek ile gerçekleştirilmiştir. Buna göre bal için İ1-1 ve K2-4, polen için K1-3 ve A2-3 ve propolis için ise İ1-4 ve D2-3 kodlu *in vitro* sindirim uygulanmış örneklerin farklı hücre

hatları üzerine sitotoksik etkileri belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan kanser hücreleri (akciğer A549 ve H1299, cilt A431, karaciğer Hep-G2 ve kolon Caco-2) öncelikle %10 fetal bovin serum ve %1 antibiyotik-antimikotik karışımı içeren steril besi ortamında (RPMI 1640) 37°C sıcaklıkta ve CO₂ ve nemli hava karışımı (%5:95) içeren karbondioksit inkübatöründe (NuAire, NU-5510/E, USA) 25 ve 75 cm² yüzey alanına sahip flasklarda kültüre edilerek çoğaltılmıştır. Sağlıklı hücreler olan Bj fibroblast hücrelerinin üretiminde ise besiyeri olarak DMEM kullanılmış olup, besiyeri içerisine aminoasit takviyesi yapılarak bu hücreler de kanser hücreleri ile aynı koşullarda çoğaltılmıştır. Çoğaltılan hücrelerin yoğunluklarına göre 2-3 günde bir hücre ortamına taze besiyeri ilave edilmiş ve yeterli yoğunluğa ulaşan hücrelere tripsin-etilendiamin tetraasetik asit (EDTA) çözeltisi kullanılarak tripsinizasyon işlemi yapılmıştır. Bu işlem ile hücreler tutundukları flask zemininden kaldırıldıktan sonra elde edilen hücre süspansiyonu steril bir tüpe alınarak 1000xg hızla 6 dk santrifüj edilmiştir. Sıvı kısım steril bir şekilde uzaklaştırılmış ve elde edilen hücre çökeltileri steril besiyeri ile süspanse edildikten sonra flasklara bölünerek çoğaltılmaya devam edilmiştir. Çoğaltılan hücrelerin bir kısmı daha sonra kullanılmak üzere 1.5 mL hücre dondurma çözeltisi (%10 gliserol, %50 serum ve %40 serum içermeyen besiyeri) içinde tüplere alınarak -80°C sıcaklıkta saklanmıştır (Ozkan 2007). Hücrelere ait ışık mikroskobu (Olympus CH20, Japan) görüntüleri Şekil 3.10 ve bu aşamalara ilişkin bazı görseller ise Şekil 3.11’de verilmiştir.



Şekil 3.10. Hücrelere ait mikroskop görüntüleri



Şekil 3.11. Bal, polen ve propolis örneklerinin sitotoksik etkileri analizine ait bazı görseller

Çoğaltılan hücreler sitotoksiste uygulaması için sayılmak üzere tripsinize edilerek tutundukları flaskın yüzeyinden kaldırılmış, santrifüj edilmiş ve hücre çökeltisi tripan mavisi ile 1:1 oranında karıştırılmıştır. Canlı hücrelerin boyayı almayıp, ölü hücrelerin boyayı alması esasına dayanan bu yöntemde canlı ve ölü hücreler hemositometre lamı kullanılarak 1 mL hacimde bulunan hücre sayısı olarak hesaplanmıştır.

Hücre sayımından sonra her kuyucukta 1×10^4 hücre olacak şekilde 200 μ L hücre:besiyeri süspansiyonu 96 kuyucuklu plaklara (well plate) dağıtılmıştır. Hücreler 24 saat süre ile 37°C sıcaklıkta inkübasyona bırakılmış ve süre sonunda kuyucuklarda bulunan besiyerleri uzaklaştırılarak hücrelerin üzerine uygun besiyeri ile farklı konsantrasyonlarda (0.025-1.00 mg/mL) hazırlanan sindirilmiş bal, polen veya propolis örneklerinden 200 μ L eklenmiştir. Örnek ile muamele edilmiş hücreler 37°C sıcaklıkta karbondioksitli inkübatörde 24 saat inkübasyona bırakılmıştır.

İnkübasyon sonrasında hücrelerin canlılığı “Cell Titer-Blue® Cell Viability Assay” kiti ile ölçülmüştür. Buna göre farklı konsantrasyonlardaki bal, polen ve propolis örnekleri ile 24 saat inkübe edilen hücrelerin üzerine her bir kuyucuğa 20 μ L olacak şekilde “Cell Titer-Blue® Cell Viability Assay” kitinden eklenmiş ve hücreler 37°C sıcaklıkta 1 saat karbondioksitli inkübatörde bekletilmiştir. Böylece canlı hücrelerin kit içerisinde bulunan rezorurini floresan bir ürün olan resorufine çevirmesi sağlanmıştır. Ölü hücreler ise metabolik kapasitelerini çok çabuk kaybetmelerinden dolayı floresan sinyali oluşturan resorufin üretememektedir. Süre sonunda hücrelerin rezorurini resorufine redüksiyonu floresan spektrofotometre (PelkinElmer LS 55, USA) ile ölçülerek hesaplanmış [560 nm (eksitasyon) ve 590 nm (emisyon)] (Gloeckner 2001) ve sonuçlar ise % canlı hücre olarak ifade edilmiştir. Ayrıca elde edilen sonuçlara göre her hücre için örneklerin kontrole göre %50 oranında sitotoksik etki gösteren konsantrasyon

(IC₅₀) değerleri, konsantrasyon-canlılık oranı grafik denklemleri kullanılarak hesaplanmıştır. Kontrol grubu olarak örnek ile muamele edilmemiş ve sadece besiyeri uygulanmış hücreler kullanılmıştır. Bu aşamada yapılan tüm çalışmalar hücreler logaritmik büyüme fazındayken gerçekleştirilmiş olup, deneyler dört tekrarlı olarak yapılmıştır.

3.2.15. İstatistiksel analiz

Araştırma 2 yıl tekrarlı, analizler ise 2 paralelli olarak gerçekleştirilmiş ve kimyasal analiz sonuçları kurumadde üzerinden hesaplanarak verilmiştir. Tüm istatistik hesaplamalar SAS istatistik programı (SAS Statistical Software, v.9.00, USA) ile yapılmış, elde edilen verilere varyans analizi ve önemli bulunan parametrelere Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmıştır. Sonuçlar ortalama $\pm$ standart hata şeklinde düzenlenmiştir. Verilerde aynı sütunda yer alan ortalamalar arasındaki farklılıkları belirtmek için sayılar üzerinde yapılan harflendirmelerde; büyük harfler (A, B, C vd.), aynı satırda yer alan ortalamalar arasındaki farklılıkları belirtmek için ise küçük harfler (a, b, c vd.) kullanılmıştır. Ayrıca fenolik bileşik kompozisyonundaki bölge değişkeninin anlamlılığını kontrol etmek için SPSS programı (IBM SPSS Statistics 23.0, USA) kullanılarak iki veya daha fazla nesne sınıfını karakterize eden veya ayıran özelliklerin doğrusal bir kombinasyonunu bulmak amacıyla uygulanan lineer diskriminant analizi (LDA) yapılmıştır (Zielinski vd. 2014). LDA analizinde etiket değişkeni olarak kullanılan bölge değişkeninin bal, polen ve propolis örneklerinin fenolik bileşik içeriklerine göre sınıflandırılabilmesi için varyans analizine göre bölge farklılığının önemli bulunduğu fenolik bileşikler bağımsız değişkenler olarak kullanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Palinolojik Analiz Sonuçları

4.1.1. Bal örneklerine ait palinolojik analiz sonuçları

Birinci yıl bal örneklerine ait palinolojik analiz sonuçları Çizelge 4.1’de, ikinci yıl bal örneklerine ait palinolojik analiz sonuçları Çizelge 4.2’de ve bal çeşitlerinin yıllara göre sayıları ise Çizelge 4.3’te verilmiştir.

Çizelge 4.1. Birinci yıl temin edilen bal örneklerine ait palinolojik analiz sonuçları

Örnek kodu	Dominant Polen (>%45)	Sekonder Polen (%16-45)	Minör Polen (%3-15)	Eser Polen (<%3)	Bal Çeşidi
A1-1	-	Rosaceae: 42.25 Asteraceae: 21.12 Fabaceae: 19.71	Cistaceae: 9.85	Apiaceae: 2.81 Brassicaceae: 2.81 Lamiaceae: 1.40	Karışık Çiçek Balı
A1-2	<i>Astragalus</i> spp.: 67.79	-	Poaceae: 10.16 Brassicaceae: 6.77 Cistaceae: 5.08 <i>Plantago</i> spp.: 5.08	Asteraceae: 1.69 <i>Salix</i> spp.: 1.69 Malvaceae: 1.69	Monofloral Geven (<i>Astragalus</i> spp.) Çiçek Balı
A1-3	<i>Citrus</i> spp.: 13.33 Not: Monofloral Narenciye balı için <i>Citrus</i> spp. polenin %10’un üzerinde olması yeterlidir.	Brassicaceae: 42.22 Fabaceae: 17.77	Poaceae: 11.11 Rosaceae: 6.66 Asteraceae: 4.44	Apiaceae: 2.22 <i>Salix</i> spp.: 2.22	Monofloral Narenciye (<i>Citrus</i> spp.) Çiçek Balı
A1-4	<i>Teucrium</i> spp.:56.45	Cistaceae: 17.74	Fabaceae: 9.67 Apiaceae: 3.22 <i>Rumex</i> spp.: 3.22	Asteraceae: 1.61 <i>Onobrychis</i> spp.: 1.61 Lamiaceae: 1.61 Liliaceae: 1.61 Papaveraceae: 1.61 Rosaceae: 1.61	Monofloral Kısamahmut (<i>Teucrium</i> spp.) Çiçek Balı
D1-1	-	Berberidaceae: 30.76 <i>Astragalus</i> spp.: 28.20	Cistaceae: 10.25 <i>Teucrium</i> spp.: 7.69 Fabaceae: 5.12 <i>Salix</i> spp.: 5.12 Apiaceae: 5.12	<i>Campanula</i> spp.: 2.56 <i>Echium</i> spp.: 2.56 Liliaceae: 2.56	Karışık Çiçek Balı
D1-2	<i>Astragalus</i> spp.: 76.92	-	Apiaceae: 7.69 Brassicaceae: 7.69 <i>Echium</i> spp.: 7.69	-	Monofloral Geven (<i>Astragalus</i> spp.) Çiçek Balı
D1-3	-	-	Brassicaceae: 14.66 Lamiaceae: 14.66 Asteraceae: 13.33 Fabaceae: 12 <i>Lotus</i> spp.: 12 <i>Astragalus</i> spp.: 10.66 <i>Anchusa</i> spp.: 9.33 <i>Sanguisorba</i> spp.: 5.33	<i>Cephalaria</i> spp.: 2.66 Rosaceae: 2.66 Berberidaceae: 1.33 <i>Salix</i> spp.: 1.33	Karışık Çiçek Balı
D1-4	<i>Centaurea</i> spp.: 63.04	<i>Astragalus</i> spp.: 34.78	-	Brassicaceae: 2.17	Monofloral Peygamber çiçeği (<i>Centaurea</i> spp.) Çiçek Balı

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.1'in devamı

Örnek kodu	Dominant Polen (>%45)	Sekonder Polen (%16-45)	Minör Polen (%3-15)	Eser Polen (<%3)	Bal Çeşidi
E1-1	<i>Chenopodium</i> spp.: 87.67	-	Asteraceae: 4.10 <i>Helianthus annuus</i> : 4.10	Poaceae: 2.73 <i>Centaurea triumfettii</i> : 1.36	Monofloral Kazayağı çiçeği (<i>Chenopodium</i> spp.) Çiçek Balı
E1-2	BÇE: 480 TPS: 1; BÇE/TPS: 480 (Çok Yoğun Üstün Kaliteli Çam Balı) (Fabaceae poleni içermektedir)				
E1-3	-	<i>Astragalus</i> spp.: 40	<i>Castanea sativa</i> : 10 Liliaceae: 10 <i>Onobrychis</i> spp.: 10 Papaveraceae: 10 <i>Plantago</i> spp.: 10 <i>Salix</i> spp.: 10	-	Karışık Çiçek Balı
G1-1	-	<i>Vicia</i> spp.: 40 <i>Centaurea</i> spp.: 22.85 Rosaceae: 20	-	Apiaceae: 2.85 <i>Astragalus</i> spp.: 2.85 <i>Plantago</i> spp.: 2.85 Poaceae: 2.85 <i>Salix</i> spp.: 2.85 <i>Taraxacum</i> spp.: 2.85	Karışık Çiçek Balı
G1-2	Poaceae: 81.57	-	<i>Astragalus</i> spp.: 5.26 <i>Xanthium</i> spp.: 5.26	Geraniaceae: 2.63 <i>Plantago</i> spp.: 2.63 Malvaceae: 2.63	Monofloral Buğdaygiller (Poaceae) Çiçek Balı
G1-3	Poaceae: 62.29	<i>Chenopodium</i> spp.: 16.39	Asteraceae: 6.55 Malvaceae: 6.55	Cistaceae: 1.63 <i>Euphorbia</i> spp.: 1.63 Geraniaceae: 1.63 <i>Plantago</i> spp.: 1.63 <i>Salix</i> spp.: 1.63	Monofloral Buğdaygiller (Poaceae) Çiçek Balı
İ1-1	-	Rosaceae: 43.47 Asteraceae: 17.39	<i>Centaurea</i> spp.: 13.04 Lamiaceae: 13.04 Poaceae: 8.69 Cistaceae: 4.34	-	Karışık Çiçek Balı
İ1-2	-	Cistaceae: 16.66	<i>Astragalus</i> spp.: 11.11 Berberidaceae: 11.11 <i>Centaurea</i> spp.: 11.11 <i>Hedysarum</i> spp.: 11.11 Poaceae: 11.11 Asteraceae: 5.55 Apiaceae: 5.55 <i>Onobrychis</i> spp.: 5.55 Malvaceae: 5.55 <i>Salix</i> spp.: 5.55	-	Karışık Çiçek Balı
İ1-3	-	<i>Vicia</i> spp.: 43.58 <i>Helianthus annuus</i> : 25.64 <i>Salix</i> spp.: 17.94	<i>Cephalaria</i> spp.: 5.12	<i>Astragalus</i> spp.: 2.56 Brassicaceae: 2.56 <i>Centaurea</i> spp.: 2.56	Karışık Çiçek Balı
İ1-4	-	<i>Salix</i> spp.: 28.57	<i>Trifolium pratense</i> : 12.5 <i>Sanguisorba</i> spp.: 10.71 Fabaceae: 8.92 <i>Onobrychis</i> spp.: 8.92 <i>Echium</i> spp.: 7.14 Liliaceae: 7.14 <i>Astragalus</i> spp.: 5.35 Poaceae: 3.57 Rosaceae: 3.57	Ericaceae: 1.78 <i>Plantago</i> spp.: 1.78	Karışık Çiçek Balı

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.1'in devamı

Örnek kodu	Dominant Polen (>%45)	Sekonder Polen (%16-45)	Minör Polen (%3-15)	Eser Polen (<%3)	Bal Çeşidi
K1-1	<i>Helianthus annuus</i> : 66.66	<i>Castanea sativa</i> : 25.28	Brassicaceae: 5.74	Fabaceae: 1.14 Poaceae: 1.14	Monofloral Ayçiçek (<i>Helianthus annuus</i>) Çiçek Balı
K1-2	<i>Astragalus</i> spp.: 71.42	-	Cistaceae: 14.28 <i>Taraxacum</i> spp.: 14.28	-	Monofloral Geven (<i>Astragalus</i> spp.) Çiçek Balı
K1-3	<i>Astragalus</i> spp.: 69.44	Asteraceae: 16.66	Poaceae: 8.33	Apiaceae: 2.77 Rosaceae: 2.77	Monofloral Geven (<i>Astragalus</i> spp.) Çiçek Balı
M1-1	<i>Helianthus annuus</i> : 46.42	-	<i>Centaurea</i> spp.: 12.5 <i>Xanthium</i> spp.: 12.5 Poaceae: 8.92 Apiaceae: 7.14 Fabaceae: 3.57	Brassicaceae: 1.78 Cephalaria spp.: 1.78 Cistaceae: 1.78 <i>Convolvulus</i> spp.: 1.78 Lamiaceae: 1.78	Monofloral Ayçiçek (<i>Helianthus annuus</i>) Çiçek Balı
M1-2	-	<i>Castanea sativa</i> : 44.64 <i>Helianthus annuus</i> : 44.64	Cistaceae: 5.35	Chenopodiaceae: 2.67 Poaceae: 1.78 Apiaceae: 0.89	Karışık Çiçek Balı
M1-3	<i>Helianthus annuus</i> : 48.88	Cistaceae: 26.66	<i>Salix</i> spp.: 6.66 <i>Centaurea</i> spp.: 4.44 <i>Trifolium</i> spp.: 4.44	Apiaceae: 2.22 Chenopodiaceae: 2.22 <i>Paliurus spinachristi</i> : 2.22 Rosaceae: 2.22	Monofloral Ayçiçek (<i>Helianthus annuus</i>) Çiçek Balı
M1-4	Lamiaceae: 58.82	<i>Trifolium</i> spp.: 22.68	Cistaceae: 14.28	<i>Echium</i> spp.: 1.68 Ericaceae: 0.84 <i>Plantago</i> spp.: 0.84 Scabiosa spp.: 0.84	Monofloral Ballıbabagiller (Lamiaceae) Çiçek Balı

Çizelge 4.2. İkinci yıl temin edilen bal örneklerine ait palinolojik analiz sonuçları

Örnek kodu	Dominant Polen (>%45)	Sekonder Polen (%16-45)	Minör Polen (%3-15)	Eser Polen (<%3)	Bal Çeşidi
A2-1	-	<i>Plantago</i> spp.: 44.44 Fabaceae: 16.66	Cistaceae: 8.33 <i>Salix</i> spp.: 8.33 Lamiaceae: 5.55 <i>Taraxacum</i> spp.: 5.55	Apiaceae: 2.77 <i>Chenopodium</i> spp.: 2.77 <i>Onobrychis</i> spp.: 2.77 Rosaceae: 2.77	Karışık Çiçek Balı
A2-2	-	<i>Astragalus</i> spp.: 27.77 Rosaceae: 22.22 Apiaceae: 16.66 Cistaceae: 16.66	<i>Hedysarum</i> spp.: 5.55 Poaceae: 5.55 <i>Vicia</i> spp.: 5.55	-	Karışık Çiçek Balı
A2-3	Brassicaceae: 46.15	<i>Trifolium</i> spp.: 21.53	Cistaceae: 9.23 <i>Hedysarum</i> spp.: 7.69 Apiaceae: 4.61 Asteraceae: 3.07 Poaceae: 3.07	<i>Cephalaria</i> spp.: 1.53 Ericaceae: 1.53 Liliaceae: 1.53	Monofloral Hardalgiller (Brassicaceae) Çiçek Balı
A2-4	<i>Trifolium</i> spp.: 64.58	-	Cistaceae: 14.58 Caryophyllaceae: 4.16 <i>Citrus</i> spp.: 4.16 Liliaceae: 4.16	Lamiaceae: 2.08 <i>Plantago</i> spp.: 2.08 Rosaceae: 2.08 <i>Taraxacum</i> spp.: 2.08	Monofloral Üçgül (<i>Trifolium</i> spp.) Çiçek Balı

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.2'nin devamı

Örnek kodu	Dominant Polen (>%45)	Sekonder Polen (%16-45)	Minör Polen (%3-15)	Eser Polen (<%3)	Bal Çeşidi
D2-1	<i>Hedysarum</i> spp.: 50	<i>Salix</i> spp.: 30 <i>Onobrychis</i> spp.: 20	-	-	Monofloral Batalak Çiçeği (<i>Hedysarum</i> spp.) Çiçek Balı
D2-2	-	<i>Sanguisorba</i> spp.: 34.37 <i>Astragalus</i> spp.: 28.12 <i>Plantago</i> spp.: 18.75	Poaceae: 9.37 <i>Salix</i> spp.: 6.25 Cistaceae: 3.12 Poaceae: 3.12	-	Karışık Çiçek Balı
D2-3	<i>Astragalus</i> spp.: 75	Apiaceae: 25	-	-	Monofloral Geven (<i>Astragalus</i> spp.) Çiçek Balı
E2-1	-	Cistaceae: 23.33 Fabaceae: 23.33 Rosaceae: 16.66	Lamiaceae: 10 Asteraceae: 6.66 Brassicaceae: 3.33 <i>Lotus</i> spp.: 3.33 Poaceae: 3.33 <i>Trifolium</i> spp.: 3.33 <i>Xanthium</i> spp.: 3.33 <i>Vicia</i> spp.: 3.33	-	Karışık Çiçek Balı
E2-2	Apiaceae: 63.21	-	<i>Trifolium</i> spp.: 9.19 Cistaceae: 8.04 <i>Hedysarum</i> spp.: 4.59 <i>Centaurea</i> spp.: 3.44	<i>Echium</i> spp.: 2.29 Poaceae: 2.29 Rosaceae: 2.29 <i>Onobrychis</i> spp.: 2.29 Asteraceae: 1.14 Brassicaceae: 1.14	Monofloral Maydanozgiller (Apiaceae) Çiçek Balı
E2-3	BÇE: 535 TPS: 19; BÇE/TPS: 28.15 (Çok Yoğun Üstün Kaliteli Çam Balı) (Chenopodiaceae, Fabaceae polenlerini içermektedir.)				
E2-4	Fabaceae: 53.19	<i>Helianthus annuus</i> : 34.04	Brassicaceae: 6.38 Chenopodiaceae: 4.25	Asteraceae: 2.12	Monofloral Baklagiller (Fabaceae) Çiçek Balı
G2-1	Geraniaceae: 81.81	-	<i>Astragalus</i> spp.: 13.63 Apiaceae: 4.54	-	Monofloral Turnagagasıgiller (Geraniaceae) Çiçek Balı
G2-2	-	Asteraceae: 27.77 Geraniaceae: 19.44	Cistaceae: 13.88 Apiaceae: 11.11 <i>Centaurea</i> spp.: 8.33 Poaceae: 6.94 <i>Astragalus</i> spp.: 5.55	<i>Lotus</i> spp.: 2.77 Rosaceae: 2.77 <i>Gossypium</i> spp.: 1.38	Karışık Çiçek Balı
G2-3	Poaceae: 47.36	<i>Plantago</i> spp.: 26.31 <i>Astragalus</i> spp.: 15.78	Apiaceae: 5.26 Cistaceae: 5.26	-	Monofloral Buğdaygiller (Poaceae) Çiçek Balı
G2-4	Poaceae: 76.19	<i>Plantago</i> spp.: 16.66	-	<i>Astragalus</i> spp.: 2.38 Geraniaceae: 2.38 Lamiaceae: 2.38	Monofloral Buğdaygiller (Poaceae) Çiçek Balı

(Devamı Arkada)

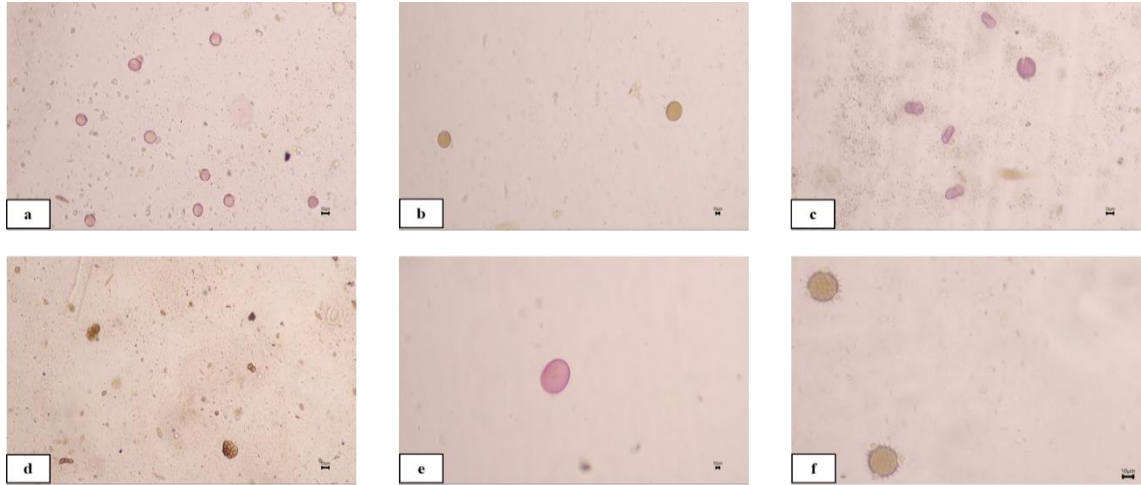
Çizelge 4.2'nin devamı

Örnek kodu	Dominant Polen (>%45)	Sekonder Polen (%16-45)	Minör Polen (%3-15)	Eser Polen (<%3)	Bal Çeşidi
İ2-1	Rosaceae: 62.5	Cistaceae: 25	Papaveraceae: 12.5	-	Monofloral Gülgiller (Rosaceae) Çiçek Balı
İ2-2	Poaceae: 62.5	Asteraceae: 25	Cistaceae: 12.5	-	Monofloral Buğdaygiller (Poaceae) Çiçek Balı
İ2-3	Poaceae: 50	Fabaceae: 25 <i>Sanguisorba</i> spp.: 25	-	-	Monofloral Buğdaygiller (Poaceae) Çiçek Balı
K2-1	-	Fabaceae: 42.85 Cistaceae: 28.57	<i>Plantago</i> spp.: 14.28 Poaceae: 14.28	-	Karışık Çiçek Balı
K2-2	<i>Helianthus annuus</i> : 48.24	<i>Castanea sativa</i> : 41.22	<i>Trifolium</i> spp.: 4.38	Brassicaceae: 1.75 <i>Chenopodium</i> spp.: 0.87 Rosaceae: 0.87 <i>Scabiosa</i> spp.: 0.87 <i>Taraxacum</i> spp.: 0.87 <i>Xanthium</i> spp.: 0.87	Monofloral Ayçiçek (<i>Helianthus annuus</i>) Çiçek Balı
K2-3	Ericaceae: 46.15	Cistaceae: 38.46	Fabaceae: 7.69 Rosaceae: 3.84 <i>Salix</i> spp.: 3.84	-	Monofloral Fundagiller (Ericaceae) Çiçek Balı
K2-4	-	<i>Trifolium</i> spp.: 25.92	Asteraceae: 14.81 <i>Salix</i> spp.: 14.81 Cistaceae: 11.11 Ericaceae: 11.11 <i>Xanthium</i> spp.: 7.40 Apiaceae: 3.70 <i>Castanea sativa</i> : 3.70 Poaceae: 3.70 <i>Teucrium</i> spp.: 3.70	-	Karışık Çiçek Balı
M2-1	-	Cistaceae: 26.19 <i>Trifolium</i> spp.: 17.85	Ericaceae: 7.14 <i>Onobrychis</i> spp.: 7.14 <i>Castanea sativa</i> : 5.95 <i>Salix</i> spp.: 5.95 Asteraceae: 4.76 Brassicaceae: 4.76 Rosaceae: 3.57 <i>Teucrium</i> spp.: 3.57	<i>Echium</i> spp.: 2.38 <i>Hedysarum</i> spp.: 2.38 <i>Centaurea</i> spp.: 1.19 <i>Helianthus annuus</i> : 1.19 Lamiaceae: 1.19 Liliaceae: 1.19 <i>Lotus</i> spp.: 1.19 <i>Plantago</i> spp.: 1.19 <i>Taraxacum</i> spp.: 1.19	Karışık Çiçek Balı
M2-2	-	<i>Helianthus annuus</i> : 42.45 <i>Paliurus spinachristi</i> : 35.84	<i>Trifolium</i> spp.: 4.71	Cistaceae: 2.83 Lamiaceae: 2.83 Asteraceae: 1.88 Rosaceae: 1.88 Chenopodiaceae: 0.94 <i>Centaurea</i> spp.: 0.94 <i>Convolvulus</i> spp.: 0.94 <i>Echium</i> spp.: 0.94 <i>Onobrychis</i> spp.: 0.94 Poaceae: 0.94 <i>Salix</i> spp.: 0.94 <i>Sanguisorba</i> spp.: 0.94	Karışık Çiçek Balı
M2-3	<i>Castanea sativa</i> : 84.74	-	<i>Tilia</i> spp.: 5.08 Rosaceae: 3.38	Cistaceae: 1.69 Lamiaceae: 1.69 <i>Salix</i> spp.: 1.69 <i>Taraxacum</i> spp.: 1.69	Monofloral Kestane (<i>Castanea sativa</i>) Çiçek Balı

Çizelge 4.3. Palinolojik analiz sonuçlarına göre bal çeşitlerinin sayıları (Çizelge 4.1 ve 4.2 özeti)

Tür veya ait olduğu aile	1. yıl	2. yıl	Toplam
Ayçiçeği	3	1	4
Batalak Çiçeği	-	1	1
Çam	1	1	2
Geven	4	1	5
Kazayağı Çiçeği	1	-	1
Kestane	-	1	1
Kısamahmut Çiçeği	1	-	1
Narenciye	1	-	1
Peygamber Çiçeği	1	-	1
Üçgül	-	1	1
Baklagiller	-	1	1
Ballıbabagiller	1	-	1
Buğdaygiller	2	4	6
Fundagiller	-	1	1
Gülgiller	-	1	1
Hardalgiller	-	1	1
Maydanozgiller	-	1	1
Turnagagasıgiller	-	1	1
Karışık	10	9	19

Elde edilen sonuçlara göre 31 adet monofloral ve 19 adet ise multifloral bal örneği temin edildiği belirlenmiştir. Monofloral bal örnek çeşitleri incelendiğinde ise 10 farklı türe ve 8 farklı familyaya ait bal örneği bulunduğu tespit edilmiştir. Türkiye'de üretilen çiçek balının kaynağını oluşturan bitki taksonlarının *Asteraceae* (papatyagiller), *Fabaceae* (baklagiller), *Fagaceae* (kayıngiller), *Myrtaceae* (mersingiller), *Malvaceae* (ebegümecigiller), *Brassicaceae* (turpgiller), *Scrophulariaceae* (sıracaotugiller), *Lamiaceae* (ballıbabagiller) ve *Oleaceae* (zeytingiller) familyalarına ait oldukları rapor edilmiştir (Bayram ve Demir 2018). Bazı monofloral bal örneklerinde bulunan polenlere ait mikroskop görüntüleri Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Bazı monofloral bal örneklerinde bulunan polenlere ait mikroskop görüntüleri; **a)** Kısamahmut poleni; **b)** Geven poleni; **c)** Maydanozgiller poleni; **d)** Çam poleni; **e)** Buğdaygiller poleni; **f)** Ayçiçeği poleni

Lamiaceae familyasının bir üyesi olan kısamahmut bitkisinin polen özelliğinin ekzin yüzeyinde kayık şeklinde açıklar bulunmasından dolayı apertür türünün kolpat olduğu rapor edilmiştir. *Astragalus* familyasının bir üyesi olan geven bitkisinin polenin apertür türünün kolporus ve ornamentasyonunun ise ince retikülat olduğu bildirilmiştir. *Pinaceae* familyasının bir üyesi olan kızıl ve sarı çam bitkilerine ait polenlerin apertür türünün leptoma ve ornamentasyonunun ise skabrat, verrukat ve gemmat, *Asteraceae* familyası üyesi olan ayçiçeği polenin apertür türünün trikolporat, ornamentasyonunun ekinat ve polen renginin ise altın sarısı olduğu rapor edilmiştir (Sorkun 2008; Anonymous 2).

4.1.2. Polen örneklerine ait palinolojik analiz sonuçları

Birinci yıl polen örneklerine ait palinolojik analiz sonuçları Çizelge 4.4'te, ikinci yıl polen örneklerine ait palinolojik analiz sonuçları Çizelge 4.5'te ve polen çeşitlerinin yıllara göre sayıları ise Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.4. Birinci yıl temin edilen polen örneklerine ait palinolojik analiz sonuçları

Örnek kodu	Dominant Polen (>%45)	Sekonder Polen (%16-45)	Minör Polen (%3-15)	Eser Polen (<%3)	Polen Çeşidi
A1-1	-	Asteraceae: 37.66 Cistaceae: 15.58	Apiaceae: 10.38 Mimosaceae: 10.38 <i>Trifolium</i> spp.: 6.49 Poaceae: 5.19 Rosaceae: 5.19 <i>Taraxacum</i> spp.: 5.19	Brassicaceae: 2.59 <i>Centaurea</i> spp.: 1.29	Karışık Çiçek Poleni
A1-2	<i>Paliurus spina-christi</i> : 66.66	-	Rosaceae: 13.33 Cistaceae: 10.66 Asteraceae: 4 <i>Centaurea</i> spp.: 4	<i>Onobrychis</i> spp.: 1.33	Monofloral Karaçalı (<i>Paliurus spina-christi</i>) Poleni

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.4'ün devamı

Örnek kodu	Dominant Polen (>%45)	Sekonder Polen (%16-45)	Minör Polen (%3-15)	Eser Polen (<%3)	Polen Çeşidi
D1-1	-	<i>Echium</i> spp.: 44.44 <i>Trifolium</i> spp.: 37.03	Brassicaceae: 8.14 Chenopodiaceae: 3.70	Lamiaceae: 2.96 Asteraceae: 2.22 Apiaceae: 0.74 <i>Onobrychis</i> spp.: 0.74	Karışık Çiçek Poleni
D1-2	-	Asteraceae: 44.23 <i>Echium</i> spp.: 25.96 <i>Trifolium</i> spp.: 25.96	-	Brassicaceae: 0.96 Cistaceae: 0.96 Lamiaceae: 0.96 <i>Vicia</i> spp.: 0.96	Karışık Çiçek Poleni
D1-3	-	Ranunculaceae: 40.81 Berberidaceae: 26.53 Asteraceae: 20.40	<i>Lineria</i> spp.: 10.20	Rosaceae: 2.04	Karışık Çiçek Poleni
D1-4	<i>Salix</i> spp.: 51.02	Cistaceae: 20.40 Asteraceae: 18.36	Brassicaceae: 5.10 Apiaceae: 3.06	Ericaceae: 1.02 Rosaceae: 1.02	Monofloral Söğüt (<i>Salix</i> spp.) Poleni
E1-1	Brassicaceae: 67.79	-	Cistaceae: 13.55 Rosaceae: 8.47 <i>Centaurea</i> spp.: 5.08 Lamiaceae: 5.08	-	Monofloral Hardalgiller (Brassicaceae) Poleni
E1-2	-	Lamiaceae: 37.31 Rosaceae: 25.37 Brassicaceae: 17.91	Ranunculaceae: 11.94 Cistaceae: 4.47	Asteraceae: 1.49 Fabaceae: 1.49	Karışık Çiçek Poleni
G1-1	Apiaceae: 47.29	Berberidaceae: 17.56	<i>Vicia</i> spp.: 10.81 <i>Trifolium</i> spp.: 8.10 Brassicaceae: 6.75 <i>Plantago</i> spp.: 4.05	<i>Taraxacum</i> spp.: 2.70 Asteraceae: 1.35 <i>Salix</i> spp.: 1.35	Monofloral Maydanozgiller (Apiaceae) Poleni
G1-2	-	Brassicaceae: 44.55 Cistaceae: 29.70	Ranunculaceae: 11.88 Ericaceae: 7.92	Rosaceae: 2.97 Lamiaceae: 0.99 <i>Plantago</i> spp.: 0.99 <i>Salix</i> spp.: 0.99	Karışık Çiçek Poleni
G1-3	Cistaceae: 59.32	-	Brassicaceae: 8.47 <i>Onobrychis</i> spp.: 8.47 <i>Trifolium</i> spp.: 8.47 <i>Plantago</i> spp.: 5.08 Ranunculaceae: 5.08 <i>Hedysarum</i> spp.: 3.38	Asteraceae: 1.69	Monofloral Ladengiller (Cistaceae) Poleni
G1-4	<i>Taraxacum</i> spp.: 52.94	<i>Plantago</i> spp.: 29.41	Asteraceae: 9.41 <i>Scabiosa</i> spp.: 5.88	Caryophyllaceae: 2.35	Monofloral Karahindiba (<i>Taraxacum</i> spp.) Poleni

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.4'ün devamı

Örnek kodu	Dominant Polen (>%45)	Sekonder Polen (%16-45)	Minör Polen (%3-15)	Eser Polen (<%3)	Polen Çeşidi
İ1-1	<i>Salix</i> spp.: 51.13	Fabaceae: 26.13 Cistaceae: 22.72	-	-	Monofloral Söğüt (<i>Salix</i> spp.) Polen
İ1-2	-	Apiaceae: 33.05 Ranunculaceae: 20.66 Cistaceae: 19.83	Fabaceae: 12.39 Asteraceae: 9.91 Brassicaceae: 4.13	-	Karışık Çiçek Polen
K1-1	<i>Trifolium</i> spp.: 52	Rosaceae: 24	Geraniaceae: 12 <i>Linaria</i> spp.: 4.8 Ericaceae: 4	Asteraceae: 0.8 <i>Plantago</i> spp.: 0.8 Poaceae: 0.8 <i>Rumex</i> spp.: 0.8	Monofloral Üçgül (<i>Trifolium</i> spp.) Polen
K1-2	Cistaceae: 47.82	Fabaceae: 18.84 Berberidaceae: 17.39	Rosaceae: 7.24 Asteraceae: 5.79	Poaceae: 2.89	Monofloral Ladengiller (Cistaceae) Polen
K1-3	<i>Castanea sativa</i> : 76.61	-	Apiaceae: 10.48 <i>Linaria</i> spp.: 6.45 Cistaceae: 4.03	Fabaceae: 2.41	Monofloral Kestane (<i>Castanea sativa</i>) Polen
K1-4	-	<i>Salix</i> spp.: 29.70 Brassicaceae: 24.75 Cistaceae: 23.76 <i>Hedysarum</i> spp.: 19.80	-	<i>Sanguisorba</i> spp.: 1.98	Karışık Çiçek Polen
K1-5	-	<i>Salix</i> spp.: 39.21 Cistaceae: 25.49 Fabaceae: 13.72	Poaceae: 9.80 Rosaceae: 5.88 <i>Taraxacum</i> spp.: 3.92	Asteraceae: 1.96	Karışık Çiçek Polen
K1-6	-	Rosaceae: 37.19 Asteraceae: 33.05 Ericaceae: 29.75	-	-	Karışık Çiçek Polen
M1-1	-	Brassicaceae: 35.21 <i>Castanea sativa</i> : 35.21 <i>Trifolium</i> spp.: 21.12	Cistaceae: 7.04	Apiaceae: 1.40	Karışık Çiçek Polen
M1-2	Brassicaceae: 50	<i>Salix</i> spp.: 37.5	Ericaceae: 12.5	-	Monofloral Hardalgiller (Brassicaceae) Polen
M1-3	-	Asteraceae: 31.25 Ranunculaceae: 31.25 Fabaceae: 31.25	Brassicaceae: 5.46	Rosaceae: 0.78	Karışık Çiçek Polen
M1-4	-	Cistaceae: 42.85 Brassicaceae: 28.57 Rosaceae: 21.42	Ericaceae: 7.14	-	Karışık Çiçek Polen
M1-5	<i>Castanea sativa</i> : 77.66	-	<i>Tilia</i> spp.: 9.70	Fabaceae: 2.91 <i>Plantago</i> spp.: 2.91 Rosaceae: 2.91 Asteraceae: 1.94 Lamiaceae: 0.97 <i>Taraxacum</i> spp.: 0.97	Monofloral Kestane (<i>Castanea sativa</i>) Polen

Çizelge 4.5. İkinci yıl temin edilen polen örneklerine ait palinolojik analiz sonuçları

Örnek kodu	Dominant Polen (>%45)	Sekonder Polen (%16-45)	Minör Polen (%3-15)	Eser Polen (<%3)	Polen Çeşidi
A2-1	Brassicaceae: 47.61	Cistaceae: 26.98 Rosaceae: 15.87	Asteraceae: 6.34 Apiaceae: 3.17	-	Monofloral Hardalgiller (Brassicaceae) Poleni
A2-2	-	Fabaceae: 43.20 Rosaceae: 30.86 Asteraceae: 24.69	-	Lamiaceae: 1.23	Karışık Çiçek Poleni
A2-3	Ranunculaceae: 54.79	Asteraceae: 23.28	Brassicaceae: 10.95 <i>Scabiosa</i> spp.: 10.95	-	Monofloral Dügünçiçeğigiller (Ranunculaceae) Poleni
A2-4	Apiaceae: 51.61	Chenopodiaceae: 16.12	<i>Echium</i> spp.: 8.38 Cistaceae: 7.09 Fabaceae: 4.51 Poaceae: 4.51 Ranunculaceae: 4.51	<i>Cephalaria</i> spp.: 1.29 <i>Taraxacum</i> spp.: 1.29 <i>Helianthus annuus</i> : 0.64	Monofloral Maydanozgiller (Apiaceae) Poleni
D2-1	-	Asteraceae: 33.67 Brassicaceae: 29.59 Cistaceae: 20.40	<i>Onobrychis</i> spp.: 4.08 <i>Taraxacum</i> spp.: 4.08 <i>Cephalaria</i> spp.: 3.06	<i>Hedysarum</i> spp.: 2.04 <i>Centaurea</i> spp.: 1.02 Poaceae: 1.02 <i>Scabiosa</i> spp.: 1.02	Karışık Çiçek Poleni
D2-2	<i>Nigella</i> spp.: 65.38	<i>Linaria</i> spp.: 19.23	Poaceae: 5.38 Rosaceae: 5.38	Asteraceae: 2.30 Cistaceae: 1.53 <i>Sanguisorba</i> spp.: 0.76	Monofloral Çörekotu (<i>Nigella</i> spp.) Poleni
D2-3	-	Asteraceae: 43.68 Apiaceae: 36.89	<i>Centaurea</i> spp.: 7.76 Fabaceae: 7.76	<i>Cichorium</i> spp.: 1.94 Lamiaceae: 0.97 <i>Scabiosa</i> spp.: 0.97	Karışık Çiçek Poleni
E2-1	Cistaceae: 65	Brassicaceae: 30	Lamiaceae: 5	-	Monofloral Ladengiller (Cistaceae) Poleni
E2-2	Cistaceae: 81.81	-	Fabaceae: 10.90	Geraniaceae: 2.72 Asteraceae: 1.81 Brassicaceae: 1.81 Apiaceae: 0.90	Monofloral Ladengiller (Cistaceae) Poleni
E2-3	<i>Nigella</i> spp.: 85.22	-	Apiaceae: 9.09 Rosaceae: 3.40	Brassicaceae: 1.13 Cistaceae: 1.13	Monofloral Çörekotu (<i>Nigella</i> spp.) Poleni
E2-4	Brassicaceae: 56.03	Asteraceae: 21.55	Cistaceae: 8.62 <i>Taraxacum</i> spp.: 8.62	Apiaceae: 2.58 <i>Cephalaria</i> spp.: 1.72 Chenopodiaceae : 0.86	Monofloral Hardalgiller (Brassicaceae) Poleni

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.5'in devamı

Örnek kodu	Dominant Polen (>%45)	Sekonder Polen (%16-45)	Minör Polen (%3-15)	Eser Polen (<%3)	Polen Çeşidi
G2-1	-	Brassicaceae: 28.75	<i>Trifolium</i> spp.: 15 Asteraceae: 12.5 <i>Campanula</i> spp.: 12.5 Papaveraceae: 10 Lamiaceae: 7.5 Cistaceae: 6.25 <i>Echium</i> spp.: 6.25	<i>Onobrychis</i> spp.: 1.25	Karışık Çiçek Poleni
G2-2	<i>Trifolium</i> spp.: 75	Asteraceae: 16.66	Rosaceae: 8.33	-	Monofloral Üçgül (<i>Trifolium</i> spp.) Poleni
G2-3	Apiaceae: 52.08	Lamiaceae: 22.91	Asteraceae: 5.20 Cistaceae: 5.20 Caryophyllaceae: 3.12 Fabaceae: 3.12	<i>Centaurea</i> spp.: 2.08 <i>Plantago</i> spp.: 2.08 <i>Sanguisorba</i> spp.: 2.08 Berberidaceae: 1.04 Poaceae: 1.04	Monofloral Maydanozgiller (Apiaceae) Poleni
İ2-1	-	<i>Paliurus spinachristi</i> : 33.33 Asteraceae: 28.57 Cistaceae: 28.57	Brassicaceae: 4.76 Rosaceae: 4.76	-	Karışık Çiçek Poleni
İ2-2	<i>Helianthus annuus</i> : 49.18	Chenopodiaceae: 29.5 Fabaceae: 16.39	Ranunculaceae: 4.09	Poaceae: 0.81	Monofloral Ayçiçeği (<i>Helianthus annuus</i>) Poleni
İ2-3	<i>Helianthus annuus</i> : 71.79	Chenopodiaceae: 16.92	Apiaceae: 4.10 Poaceae: 3.58	<i>Cichorium</i> spp.: 1.53 <i>Cephalaria</i> spp.: 1.02 Fabaceae: 0.51 Ranunculaceae: 0.51	Monofloral Ayçiçeği (<i>Helianthus annuus</i>) Poleni
İ2-4	Asteraceae: 58.25	Ranunculaceae: 34.95	-	Fabaceae: 3.88 Brassicaceae: 2.91	Monofloral Papatyagiller (Asteraceae) Poleni
İ2-5	-	<i>Centaurea</i> spp.: 29.16 Apiaceae: 18.75 <i>Turgenia</i> spp.: 17.70 Brassicaceae: 16.66	Rosaceae: 7.29 <i>Cichorium</i> spp.: 5.20 Lamiaceae: 4.16	Geraniaceae: 1.04	Karışık Çiçek Poleni

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.5'in devamı

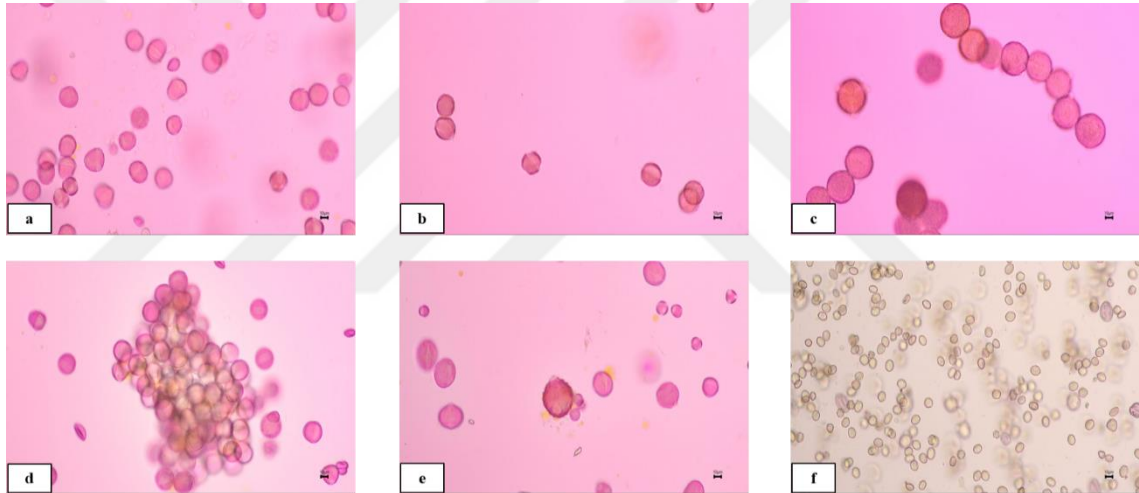
Örnek kodu	Dominant Polen (>%45)	Sekonder Polen (%16-45)	Minör Polen (%3-15)	Eser Polen (<%3)	Polen Çeşidi
K2-1	Papaveraceae: 53.76	Fabaceae: 32.25	Castanea sativa: 5.37 Rosaceae: 5.37 Brassicaceae: 3.22	-	Monofloral Gelincikgiller (Papaveraceae) Polen
K2-2	Onobrychis spp.: 51.61	Cistaceae: 21.50	Taraxacum spp.: 7.52 Apiaceae: 5.37 Malvaceae: 5.37 Geraniaceae: 4.30	Ericaceae: 2.15 Fabaceae: 2.15	Monofloral Korunga (Onobrychis spp.) Polen
K2-3	-	Brassicaceae: 44.44 Cistaceae: 15.74	Rosaceae: 14.81 Salix spp.: 7.40 Echium spp.: 6.48 Cichorium spp.: 5.55 Papaveraceae: 4.62	Fabaceae: 0.92	Karışık Çiçek Polen
M2-1	Helianthus annuus: 67.5	-	Apiaceae: 15 Liliaceae: 7.5 Centaurea spp.: 6.5 Poaceae: 3.5	-	Monofloral Ayçiçeği (Helianthus annuus) Polen
M2-2	-	Asteraceae: 39.06 Fabaceae: 28.12 Teucrium spp.: 18.75	Apiaceae: 9.37 Poaceae: 3.12	Echium spp.: 1.56	Karışık Çiçek Polen
M2-3	Castanea sativa: 82.75	-	Lineria spp.: 6.89	Cistaceae: 2.75 Brassicaceae: 2.06 Fabaceae: 2.06 Geraniaceae: 2.06 Rosaceae: 1.37	Monofloral Kestane (Castanea sativa) Polen

Çizelge 4.6. Palinolojik analiz sonuçlarına göre polen çeşitlerinin sayıları (Çizelge 4.4 ve 4.5 özeti)

Tür veya ait olduğu aile	1. yıl	2. yıl	Toplam
Ayçiçeği	-	3	3
Çörekotu	-	2	2
Karaçalı	1	-	1
Karahindiba	1	-	1
Kestane	2	1	3
Korunga	-	1	1
Söğüt	2	-	2
Üçgül	1	1	2
Düğünçiçeğigiller	-	1	1
Gelincikgiller	-	1	1
Hardalgiller	2	2	4
Ladengiller	2	2	4
Maydanozgiller	1	2	3
Papatyagiller	-	1	1
Karışık	13	8	21

Elde edilen sonuçlara göre 29 adet monofloral ve 21 adet ise multifloral polen örneği temin edildiği belirlenmiştir. Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplanan arı poleni örneklerinin *Asteraceae* (papatyagiller), *Apiaceae* (maydanozgiller), *Berberidaceae* (kadıntuzluğugiller), *Betulaceae* (huşgiller), *Boraginaceae* (hodangiller), *Brassicaceae* (turpgiller), *Caryophyllaceae* (karanfilgiller), *Cistaceae* (ladengiller), *Dipsacaceae* (tarakotugiller), *Fabaceae* (baklagiller), *Fagaceae* (kayıngiller), *Geraniaceae* (turnagagasıgiller), *Hypericaceae* (kantarongiller), *Lamiaceae* (ballıbabagiller), *Lauraceae* (defnegiller), *Myrtaceae* (mersingiller), *Papaveraceae* (gelincikgiller), *Plantaginaceae* (sinirotugiller), *Poaceae* (buğdaygiller), *Polygonaceae* (kuzukulağıgiller), *Ranunculaceae* (dügünçeğigiller), *Rosaceae* (gülgiller), *Tiliaceae* (ıhlamurgiller), *Scrophulariaceae* (sıracaotugiller), *Salicaceae* (söğütgiller), *Ericaceae* (fundagiller) ve *Solanaceae* (patlıcangiller) bitki ailelerine ait oldukları bildirilmiştir (Mayda vd. 2020).

Monofloral polen örnek çeşitleri incelendiğinde ise 8 farklı türe ve 6 farklı familyaya ait polen örneği bulunduğu tespit edilmiştir. Bazı monofloral polen örneklerine ait mikroskop görüntüleri Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Bazı monofloral polen örneklerine ait mikroskop görüntüleri; **a)** Dügünçeğigiller poleni; **b)** Hardalgiller poleni; **c)** Ladengiller poleni; **d)** Çörek otu poleni; **e)** Üçgül poleni; **f)** Kestane poleni

Ranunculaceae familyasının bir üyesi olan çörek otu bitkisinin poleninin apertür türünün kolpus ve ornamentasyonunun ise skabrat, verrukat ve gemmat olduğu bildirilmiştir. *Fabaceae* familyasının bir üyesi olan üçgül bitkisine ait polenlerin apertür türünün kolporus olduğu ve ornamentasyonunun ise bitki alt türlerine göre perforat, retikulat ve psilat gibi şekillerde değişiklik gösterdiği rapor edilmiştir. *Fagaceae* familyası üyesi olan kestane poleninin apertür türünün kolporus, ornamentasyonunun psilat ve polen renginin ise donuk sarı ve yeşilimsi olduğu rapor edilmiştir (Sorkun 2008; Anonymous 2).

4.2. Nem İçeriği ve Su Aktivitesi Analiz Sonuçları

4.2.1. Bal örneklerinin nem içeriği ve su aktivitesi analiz sonuçları

Bal örneklerine ait nem içeriği ve su aktivitesi analizleri, varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.7, 4.8 ve 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.7. Bal örneklerine ait nem içeriği ve su aktivitesi analiz sonuçları

Örnek	I. yıl		Örnek	II. yıl	
	Nem içeriği (g/100g)	Su aktivitesi		Nem içeriği (g/100g)	Su aktivitesi
Akdeniz					
A1-1	15.56	0.56	A2-1	12.42	0.56
A1-2	14.23	0.59	A2-2	12.19	0.53
A1-3	14.06	0.56	A2-3	13.13	0.54
A1-4	11.67	0.58	A2-4	14.67	0.56
A1 _{ortalama}	13.88	0.58	A2 _{ortalama}	13.10	0.55
Doğu Anadolu					
D1-1	10.51	0.50	D2-1	10.27	0.49
D1-2	11.64	0.52	D2-2	12.71	0.54
D1-3	12.31	0.57	D2-3	11.80	0.52
D1-4	11.22	0.58			
D1 _{ortalama}	11.43	0.54	D2 _{ortalama}	11.59	0.52
Ege					
E1-1	11.23	0.52	E2-1	12.08	0.51
E1-2	12.66	0.60	E2-2	13.04	0.55
E1-3	13.92	0.59	E2-3	12.80	0.57
			E2-4	16.64	0.60
E1 _{ortalama}	12.60	0.57	E2 _{ortalama}	13.64	0.56
Güneydoğu Anadolu					
G1-1	10.69	0.50	G2-1	12.59	0.55
G1-2	11.05	0.54	G2-2	12.83	0.53
G1-3	11.94	0.53	G2-3	11.82	0.52
			G2-4	11.90	0.51
G1 _{ortalama}	11.23	0.53	G2 _{ortalama}	12.29	0.53
İç Anadolu					
İ1-1	13.86	0.59	İ2-1	13.06	0.58
İ1-2	11.33	0.54	İ2-2	12.68	0.52
İ1-3	12.56	0.54	İ2-3	12.90	0.55
İ1-4	12.18	0.56			
İ1 _{ortalama}	12.49	0.56	İ2 _{ortalama}	12.88	0.55

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.7'nin devamı

Örnek	I.yıl		Örnek	II.yıl	
	Nem içeriği (g/100g)	Su aktivitesi		Nem içeriği (g/100g)	Su aktivitesi
Karadeniz					
K1-1	14.43	0.58	K2-1	12.76	0.54
K1-2	16.57	0.64	K2-2	13.44	0.58
K1-3	16.07	0.63	K2-3	14.37	0.57
			K2-4	14.10	0.59
K1 _{ortalama}	15.69	0.62	K2 _{ortalama}	13.69	0.57
Marmara					
M1-1	13.60	0.55	M2-1	14.52	0.58
M1-2	15.09	0.60	M2-2	12.03	0.55
M1-3	14.86	0.60	M2-3	14.14	0.58
M1-4	12.38	0.59			
M1 _{ortalama}	13.98	0.58	M2 _{ortalama}	13.56	0.57

Çizelge 4.8. Bal örneklerine ait nem içeriği ve su aktivitesi varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Nem içeriği (g/100g)			Su aktivitesi	
	SD	KO	F	KO	F
Bölgeler	6	17.32	14.55**	0.01	13.49**
Yıllar	1	0.15	0.13	0.01	12.96**
Bölgeler*Yıllar	6	4.15	3.49**	0.00	1.20
Hata	86	1.19		0.00	

Çizelge 4.9. Bal örneklerine ait nem içeriği ve su aktivitesi Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Bölgeler	Nem içeriği (g/100g)		
	I. yıl	II. yıl	Bölge Genel Ortalama
Akdeniz	13.88 ^{Ba} ± 0.53	13.10 ^{BAa} ± 0.37	13.49 ^{CB} ± 0.33
Doğu Anadolu	11.43 ^{DCa} ± 0.26	11.59 ^{Ca} ± 0.45	11.50 ^D ± 0.23
Ege	12.60 ^{Ca} ± 0.49	13.64 ^{Aa} ± 0.67	13.20 ^{CB} ± 0.44
Güneydoğu Anadolu	11.23 ^{Db} ± 0.24	12.29 ^{CBa} ± 0.17	11.83 ^D ± 0.20
İç Anadolu	12.49 ^{Ca} ± 0.35	12.88 ^{BAa} ± 0.07	12.65 ^C ± 0.20
Karadeniz	15.69 ^{Aa} ± 0.42	13.69 ^{Ab} ± 0.24	14.53 ^A ± 0.35
Marmara	13.98 ^{Ba} ± 0.42	13.56 ^{BAa} ± 0.50	13.80 ^{BA} ± 0.31
Yıl Genel Ortalama	13.03^a ± 0.25	13.00^a ± 0.18	
Bölgeler	Su aktivitesi		
	I. yıl	II. yıl	Bölge Genel Ortalama
Akdeniz	0.58 ^{Ba} ± 0.01	0.55 ^{BAb} ± 0.00	0.56 ^{CB} ± 0.00
Doğu Anadolu	0.54 ^{DCa} ± 0.01	0.52 ^{Ca} ± 0.01	0.53 ^D ± 0.01
Ege	0.57 ^{CBa} ± 0.01	0.56 ^{Aa} ± 0.01	0.56 ^{CB} ± 0.01
Güneydoğu Anadolu	0.53 ^{Da} ± 0.01	0.53 ^{CBa} ± 0.01	0.53 ^D ± 0.00
İç Anadolu	0.56 ^{CBa} ± 0.01	0.55 ^{Aa} ± 0.01	0.56 ^C ± 0.01
Karadeniz	0.62 ^{Aa} ± 0.01	0.57 ^{Ab} ± 0.01	0.59 ^A ± 0.01
Marmara	0.58 ^{Ba} ± 0.01	0.57 ^{Aa} ± 0.01	0.58 ^{BA} ± 0.01
Yıl Genel Ortalama	0.57^a ± 0.01	0.55^b ± 0.00	

Varyans analizi sonuçlarına göre bölgeler arasındaki farklılıkların bal örneklerinin nem içeriği üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bir etkisinin olduğu, ancak yıllar arasındaki farklılığın bal örneklerinin nem içeriği üzerinde önemli ($p>0.05$) bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca bal örneklerinin su aktivitesi değerlerinin bölgeler ve yıllar arasındaki farklılıktan istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) düzeyde etkilendiği tespit edilmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nden temin edilen bal örneklerinin nem içeriği ve su aktivitesi değerlerinin diğer bölgelerden temin edilen ballardan daha düşük, Karadeniz ve Marmara Bölgeleri'nden temin edilen balların nem içeriği ve su aktivitesi değerlerinin ise diğer bölgelere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bölgeler arasındaki iklimsel farklılıkların bal örneklerinin nem içeriği ve su aktivitesi değerleri üzerinde önemli bir etkisinin olduğu ve hava nispi nemi düşük olan bölgelerde üretilen bal örneklerinin nem içeriği ve su aktivitesi değerlerinin düşük, hava nispi nemi daha yüksek olan bölgelerde ise bu değerlerin daha yüksek olduğu değerlendirilmiştir.

Nem içeriği balın kalitesi, viskozitesi, kristallenmesi ve tadı üzerine etki etmekte ve balın raf ömrü ile olgunluk düzeyinin belirlenmesinde bir ölçüt olarak kabul edilmektedir (Mutlu vd. 2017). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne (2020/7) göre balın nem içeriği en fazla %20 olmalıdır (Anonim 2). Ayrıca nem içeriğinin yanı sıra balın su aktivitesi değeri de özellikle balda bulunabilen osmotolerant mayaların gelişimini teşvik edebileceğinden oldukça önemlidir ve osmotolerant mayaların gelişimi için sınırlayıcı su aktivitesi değeri 0.61 olarak bildirilmiştir (Zamora vd. 2006). Su içeriği ve aktivitesi yüksek olan ballar mikroorganizmalar tarafından zamanla fermente edilmekte ve bu durum da balda hızla kalite kaybına neden olmaktadır (Singh ve Singh 2018).

İncelenen bal örneklerinin nem içeriği ve su aktivitesi değerlerinin sırasıyla 10.27-16.64 g/100g ve 0.49-0.64 aralıklarında değiştiği ve bal örneklerinin nem içeriklerinin tebliğde (Anonim 2) bildirilen yasal sınırın altında olduğu belirlenmiştir. Su aktivitesi değerleri incelendiğinde ise sadece Karadeniz Bölgesi'nden temin edilen iki adet örneğin 0.63 ve 0.64 su aktivitesi değerleri ile literatürde bildirilen 0.61 sınırının üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan bazı çalışmalarda bal örneklerinin nem içeriği ve su aktivitesi değerlerinin sırasıyla 14.84-16.87 g/100g ve 0.48-0.57 (Akbulut vd. 2009), 7.99-17.40 g/100g ve 0.50-0.69 (Tornuk vd. 2013), 15.00-20.40 g/100g ve 0.47-0.60 (Serin vd. 2018) değerleri arasında olduğu bildirilmiştir. Elde edilen bulguların literatür verileri ile uyumlu olduğu değerlendirilmiştir.

4.2.2. Polen örneklerinin nem içeriği ve su aktivitesi analiz sonuçları

Polen örneklerine ait nem içeriği ve su aktivitesi analizleri, varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.10, 4.11 ve 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.10. Polen örneklerine ait nem içeriği ve su aktivitesi analiz sonuçları

Örnek	I. yıl		Örnek	II. yıl	
	Nem içeriği (g/100g)	Su aktivitesi		Nem içeriği (g/100g)	Su aktivitesi
Akdeniz					
A1-1	4.86	0.33	A2-1	16.02	0.64
A1-2	15.64	0.65	A2-2	8.88	0.46
			A2-3	20.66	0.71
			A2-4	11.61	0.56
A1 _{ortalama}	10.25	0.49	A2 _{ortalama}	14.29	0.60
Doğu Anadolu					
D1-1	5.26	0.34	D2-1	5.12	0.32
D1-2	5.56	0.34	D2-2	10.25	0.51
D1-3	5.24	0.35	D2-3	9.04	0.47
D1-4	4.86	0.32			
D1 _{ortalama}	5.23	0.34	D2 _{ortalama}	8.13	0.43
Ege					
E1-1	19.56	0.74	E2-1	23.67	0.76
E1-2	21.41	0.75	E2-2	10.30	0.53
			E2-3	15.99	0.64
			E2-4	9.22	0.49
E1 _{ortalama}	20.49	0.75	E2 _{ortalama}	14.80	0.61
Güneydoğu Anadolu					
G1-1	11.66	0.55	G2-1	14.62	0.61
G1-2	5.08	0.34	G2-2	8.02	0.41
G1-3	4.90	0.33	G2-3	8.22	0.46
G1-4	11.01	0.54			
G1 _{ortalama}	8.16	0.44	G2 _{ortalama}	10.29	0.49
İç Anadolu					
İ1-1	7.03	0.43	İ2-1	6.98	0.39
İ1-2	6.65	0.40	İ2-2	9.40	0.47
			İ2-3	9.84	0.47
			İ2-4	16.18	0.63
			İ2-5	11.76	0.55
İ1 _{ortalama}	6.84	0.42	İ2 _{ortalama}	10.83	0.51
Karadeniz					
K1-1	7.10	0.42	K2-1	9.75	0.47
K1-2	5.14	0.33	K2-2	4.80	0.27
K1-3	5.37	0.34	K2-3	7.87	0.49
K1-4	4.59	0.32			
K1-5	8.12	0.45			
K1-6	5.58	0.33			
K1 _{ortalama}	5.99	0.37	K2 _{ortalama}	7.47	0.41
Marmara					
M1-1	6.68	0.39	M2-1	10.16	0.47
M1-2	13.05	0.61	M2-2	20.11	0.70
M1-3	5.45	0.34	M2-3	16.43	0.67
M1-4	5.76	0.35			
M1-5	4.56	0.33			
M1 _{ortalama}	7.10	0.40	M2 _{ortalama}	15.56	0.62

Çizelge 4.11. Polen örneklerine ait nem içeriği ve su aktivitesi varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	<i>Nem içeriği</i>			<i>Su aktivitesi</i>	
	SD	KO	F	KO	F
Bölgeler	6	175.03	14.42**	0.12	13.55**
Yıllar	1	136.41	11.24**	0.09	10.43**
Bölgeler*Yıllar	6	54.84	4.52**	0.03	3.80**
Hata	86	12.14		0.01	

Çizelge 4.12. Polen örneklerine ait nem içeriği ve su aktivitesi Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Bölgeler	<i>Nem içeriği (g/100g)</i>		
	I. yıl	II. yıl	Bölge Genel Ortalama
Akdeniz	10.25 ^{Ba} ± 3.11	14.29 ^{BAa} ± 1.69	12.95 ^B ± 1.56
Doğu Anadolu	5.23 ^{Cb} ± 0.10	8.13 ^{Ca} ± 0.98	6.47 ^D ± 0.57
Ege	20.49 ^{Aa} ± 0.54	14.80 ^{BAa} ± 2.17	16.69 ^A ± 1.63
Güneydoğu Anadolu	8.16 ^{CBa} ± 1.21	10.29 ^{CBa} ± 1.37	9.07 ^{DC} ± 0.92
İç Anadolu	6.84 ^{CBb} ± 0.12	10.83 ^{CBAa} ± 1.03	9.69 ^C ± 0.88
Karadeniz	5.99 ^{Ca} ± 0.37	7.47 ^{Ca} ± 0.92	6.48 ^D ± 0.41
Marmara	7.10 ^{CBb} ± 1.02	15.56 ^{Aa} ± 1.84	10.27 ^C ± 1.39
Yıl Genel Ortalama	8.00 ^b ± 0.66	11.79 ^a ± 0.69	

Bölgeler	<i>Su aktivitesi</i>		
	I. yıl	II. yıl	Bölge Genel Ortalama
Akdeniz	0.49 ^{Ba} ± 0.09	0.60 ^{BAa} ± 0.04	0.56 ^B ± 0.04
Doğu Anadolu	0.34 ^{Cb} ± 0.00	0.43 ^{Ca} ± 0.04	0.38 ^D ± 0.02
Ege	0.75 ^{Aa} ± 0.00	0.61 ^{BAb} ± 0.04	0.65 ^A ± 0.03
Güneydoğu Anadolu	0.44 ^{CBa} ± 0.04	0.49 ^{CBa} ± 0.04	0.46 ^C ± 0.03
İç Anadolu	0.42 ^{CBa} ± 0.01	0.51 ^{CBAa} ± 0.03	0.48 ^C ± 0.02
Karadeniz	0.37 ^{Ca} ± 0.02	0.41 ^{Ca} ± 0.04	0.38 ^D ± 0.02
Marmara	0.40 ^{CBb} ± 0.03	0.62 ^{Aa} ± 0.05	0.48 ^C ± 0.04
Yıl Genel Ortalama	0.43 ^b ± 0.02	0.53 ^a ± 0.02	

Varyans analizi sonuçlarına göre bölgeler ve yıllar arasındaki farklılıkların polen örneklerinin nem içeriği ve su aktivitesi değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, Doğu Anadolu ve Karadeniz Bölgeleri'nden temin edilen polen örneklerinin nem içeriği ve su aktivitesi değerlerinin diğer bölgelerden temin edilen polenlerden daha düşük, Ege Bölgesi'nden temin edilen polenlerin nem içeriği ve su aktivitesi değerlerinin ise diğer bölgelere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ege Bölgesi'ndeki polenlerin nem içeriği ve su aktivitesi değerlerindeki belirgin farklılığı, bu bölgeden temin edilen polenlerin çoğunlukla yaş polen olarak temin edilmesinden kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Ayrıca ikinci yıl temin edilen polen örneklerinin birinci yıl örneklerine göre daha yüksek nem içeriği ve su aktivitesi değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun her iki

yılın örnekleme zamanlarında meydana gelen iklimsel koşullar arasındaki farklılıktan kaynaklanabileceği değerlendirilmiştir.

Nem içeriği ve su aktivitesi arı polenin organoleptik özellikleri ve raf ömrü üzerinde önemli bir rol oynamaktadır ve polen örneklerinin nem içeriği ve su aktivitesi değerlerinin yüksek olması polenin küfler ve mayalar tarafından bozulmasını teşvik etmektedir (Morgano vd. 2011). Türk Standartları Enstitüsü Polen Standardı'na (TSE 10255) göre polenlerin su içeriği 10 g/100g değerini geçmemelidir (Anonim 3). İncelenen polen örneklerinin nem içeriği ve su aktivitesi değerlerinin sırasıyla 4.56-23.67 g/100g ve 0.27-0.76 aralıklarında değiştiği ve polen örneklerinden 19 tanesinin nem içeriğinin 10 g/100g değerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca polende yüksek nem içeriğinin yanı sıra 3 g/100g değerinden daha düşük nem içeriği ise polenlerde Maillard reaksiyonu ve lipid oksidasyonu gibi kimyasal reaksiyonların meydana gelmesine, renkte bozulmaya ve sert bir tekstür oluşumuna neden olabileceğinden istenilmemektedir (Nogueira vd. 2012). İncelenen polen örneklerinin nem içeriğinin 3 g/100g değerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ancak polen örneklerinde meydana gelebilecek mikrobiyolojik bozulmaları ve kimyasal reaksiyonları engellemek ve/veya yavaşlatmak amacıyla örnekler -18°C sıcaklıkta depolanmıştır.

Farklı coğrafi bölgelerden temin edilen polen örneklerinin incelendiği bir çalışmada örneklerin nem içeriği ve su aktivitesi değerlerinin sırasıyla 6.02-8.40 g/100g ve 0.26-0.43 aralıklarında olduğu bildirilmiştir (Nogueira vd. 2012). Bir diğer çalışmada ise 22 farklı polen örneğinin su aktivitesi değerlerinin 0.21-0.54 aralığında olduğu rapor edilmiştir (Feas vd. 2012). Bazı örneklerden elde edilen sonuçlar literatürde bildirilen değerlerden oldukça yüksektir. Bu durumun ilgili polenlerin yaş ve işlenmemiş olarak temin edilmesinden kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Polenler kovanlardan toplandıktan sonra kimyasal ve mikrobiyal kalitelerinin korunarak raf ömürlerinin uzatılması amacıyla uygun teknikler ile nem içerikleri genellikle güvenli seviye olarak kabul edilen %5 değerinin altına düşünceye kadar kurutulmaktadır (Song vd. 2020).

4.2.3. Propolis örneklerinin nem içeriği ve su aktivitesi analiz sonuçları

Propolis örneklerine ait nem içeriği ve su aktivitesi analizleri, varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.13, 4.14 ve 4.15'te verilmiştir.

Çizelge 4.13. Propolis örneklerine ait nem içeriği ve su aktivitesi analiz sonuçları

Örnek	I. yıl		Örnek	II. yıl	
	Nem içeriği (g/100g)	Su aktivitesi		Nem içeriği (g/100g)	Su aktivitesi
Akdeniz					
A1-1	1.56	0.61	A2-1	4.55	0.65
A1-2	1.87	0.55	A2-2	2.81	0.61
A1-3	2.48	0.59	A2-3	3.75	0.65
			A2-4	3.04	0.63
A1 _{ortalama}	1.97	0.59	A2 _{ortalama}	3.54	0.63
Doğu Anadolu					
D1-1	5.34	0.84	D2-1	4.00	0.70
D1-2	2.70	0.60	D2-2	4.16	0.71
D1-3	1.67	0.60	D2-3	4.57	0.66
D1-4	2.37	0.58	D2-4	3.10	0.60
D1 _{ortalama}	3.02	0.66	D2 _{ortalama}	3.96	0.67
Ege					
E1-1	3.33	0.60	E2-1	3.92	0.63
E1-2	3.13	0.66	E2-2	3.45	0.65
E1-3	2.54	0.56	E2-3	1.85	0.65
			E2-4	9.16	0.78
E1 _{ortalama}	3.00	0.61	E2 _{ortalama}	4.59	0.68
Güneydoğu Anadolu					
G1-1	4.63	0.59	G2-1	3.36	0.61
G1-2	4.63	0.65	G2-2	1.89	0.66
G1-3	3.72	0.60	G2-3	2.15	0.60
			G2-4	3.58	0.64
G1 _{ortalama}	4.33	0.62	G2 _{ortalama}	2.75	0.63
İç Anadolu					
İ1-1	2.54	0.55	İ2-1	1.65	0.63
İ1-2	1.89	0.68	İ2-2	5.01	0.71
İ1-3	2.46	0.55	İ2-3	3.23	0.64
İ1-4	3.72	0.54			
İ1 _{ortalama}	2.66	0.58	İ2 _{ortalama}	3.30	0.66
Karadeniz					
K1-1	3.80	0.65	K2-1	4.66	0.75
K1-2	3.17	0.56	K2-2	4.27	0.68
K1-3	5.42	0.75	K2-3	2.59	0.77
K1-4	3.59	0.67			
K1 _{ortalama}	3.99	0.66	K2 _{ortalama}	3.84	0.74
Marmara					
M1-1	4.07	0.64	M2-1	3.46	0.64
M1-2	10.18	0.89	M2-2	4.14	0.68
M1-3	3.81	0.74	M2-3	3.58	0.58
M1-4	3.72	0.71			
M1 _{ortalama}	5.45	0.75	M2 _{ortalama}	3.73	0.64

Çizelge 4.14. Propolis örneklerine ait nem içeriği ve su aktivitesi varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	<i>Nem içeriği</i>			<i>Su aktivitesi</i>	
	SD	KO	F	KO	F
Bölgeler	6	5.10	2.50*	0.02	4.61**
Yıllar	1	0.82	0.40	0.02	4.63
Bölgeler*Yıllar	6	6.63	3.25*	0.02	4.26**
Hata	86	2.04		0.00	

Çizelge 4.15. Propolis örneklerine ait nem içeriği ve su aktivitesi Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Bölgeler	<i>Nem içeriği (g/100g)</i>		
	I. yıl	II. yıl	Bölge Genel Ortalama
Akdeniz	1.97 ^{Cb} ± 0.17	3.54 ^{BAa} ± 0.26	2.87 ^B ± 0.27
Doğu Anadolu	3.02 ^{CBa} ± 0.53	3.96 ^{BAa} ± 0.21	3.49 ^B ± 0.30
Ege	3.00 ^{CBa} ± 0.15	4.59 ^{Aa} ± 1.04	3.91 ^{BA} ± 0.62
Güneydoğu Anadolu	4.33 ^{BAa} ± 0.19	2.75 ^{Bb} ± 0.28	3.42 ^B ± 0.28
İç Anadolu	2.66 ^{CBa} ± 0.25	3.30 ^{BAa} ± 0.62	2.93 ^B ± 0.30
Karadeniz	3.99 ^{BAa} ± 0.32	3.84 ^{BAa} ± 0.40	3.93 ^{BA} ± 0.24
Marmara	5.45 ^{Aa} ± 1.04	3.73 ^{BAa} ± 0.14	4.71 ^A ± 0.62
Yıl Genel Ortalama	3.53 ^a ± 0.25	3.68 ^a ± 0.21	

Bölgeler	<i>Su aktivitesi</i>		
	I. yıl	II. yıl	Bölge Genel Ortalama
Akdeniz	0.59 ^{Bb} ± 0.01	0.63 ^{Ba} ± 0.01	0.61 ^C ± 0.01
Doğu Anadolu	0.66 ^{Ba} ± 0.04	0.67 ^{Ba} ± 0.02	0.66 ^{CBA} ± 0.02
Ege	0.61 ^{Bb} ± 0.02	0.68 ^{Ba} ± 0.02	0.65 ^{CB} ± 0.02
Güneydoğu Anadolu	0.62 ^{Ba} ± 0.01	0.63 ^{Ba} ± 0.01	0.62 ^C ± 0.01
İç Anadolu	0.58 ^{Bb} ± 0.02	0.66 ^{Ba} ± 0.02	0.61 ^C ± 0.02
Karadeniz	0.66 ^{Bb} ± 0.03	0.74 ^{Aa} ± 0.02	0.69 ^{BA} ± 0.02
Marmara	0.75 ^{Aa} ± 0.03	0.64 ^{Bb} ± 0.02	0.70 ^A ± 0.03
Yıl Genel Ortalama	0.64 ^a ± 0.01	0.66 ^a ± 0.01	

Varyans analizi sonuçlarına göre bölgeler arasındaki farklılıkların propolis örneklerinin nem içeriği ve su aktivitesi değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$; $p < 0.05$) bir etkisinin olduğu, ancak yıllar arasındaki farklılığın propolis örneklerinin nem içeriği ve su aktivitesi değerleri üzerinde önemli ($p > 0.05$) bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde Akdeniz, Güneydoğu Anadolu ve İç Anadolu Bölgeleri'nden temin edilen propolis örneklerinin nem içeriği ve su aktivitesi değerlerinin diğer bölgelerden temin edilen propolislerden daha düşük, Karadeniz ve Marmara Bölgeleri'nden temin edilen propolislerin nem içeriği ve su aktivitesi değerlerinin ise diğer bölgelere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu sonucun bölgeler arasındaki iklimsel farklılıklardan kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Propolis örnekleri arasındaki nem içeriği ve su aktivitesi farklılıklarının elde edildiği bölgeler arasındaki coğrafi özellikler, flora farklılıkları, nisbi hava nemi, yağış ve sıcaklık farklılıklarına bağlı olarak değişiklik gösterebileceği bildirilmiştir (Pant vd. 2021).

İncelenen propolis örneklerinin nem içeriği ve su aktivitesi değerlerinin sırasıyla 1.56-10.18 g/100g ve 0.54-0.89 aralıklarında değiştiği tespit edilmiştir. Propolis örneklerinin sahip oldukları düşük nem içeriklerine kıyasla yüksek su aktivitesi değerlerine sahip oldukları görülmüştür. Bu durumun propolis örneklerinin sahip oldukları apolar bileşenlerin yoğunluğundan kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Propolis bileşiminde yaklaşık %50 reçine, %30 mum ve %10 uçucu yağlar gibi apolar bileşenler bulunmaktadır (El Menyiy vd. 2021). Propolisin yapısında bulunan su bu bileşenler ile kimyasal olarak bağlanamadığından miktarı düşük olsa dahi yüksek bir aktivite göstermektedir.

Yapılan bazı çalışmalarda propolis örneklerinin nem içeriğinin 3.40-5.40 g/100g (Dias vd. 2012) ve 4.89-7.37 g/100g (Pant vd. 2021) ve su aktivitesi değerinin ise 0.73-0.81 (Pant vd. 2021) aralığında olduğu bildirilmiştir. Elde edilen bulguların literatür verileri ile genel olarak uyumlu olduğu değerlendirilmiştir.

4.3. Diastaz Sayısı Analiz Sonuçları

Bal örneklerine ait diastaz sayısı analizi, varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.16, 4.17 ve 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.16. Bal örneklerine ait diastaz sayısı analiz sonuçları

Örnek	I. yıl <i>Diastaz sayısı</i>	Örnek	II. yıl <i>Diastaz sayısı</i>
Akdeniz			
A1-1	8.39	A2-1	12.21
A1-2	5.39	A2-2	36.98
A1-3	6.88	A2-3	15.54
A1-4	18.83	A2-4	25.91
A1 _{ortalama}	9.87	A2 _{ortalama}	22.66
Doğu Anadolu			
D1-1	16.17	D2-1	12.65
D1-2	16.99	D2-2	25.63
D1-3	38.76	D2-3	24.89
D1-4	72.41		
D1 _{ortalama}	36.08	D2 _{ortalama}	21.05
Ege			
E1-1	17.69	E2-1	10.77
E1-2	16.55	E2-2	21.38
E1-3	17.91	E2-3	8.43
		E2-4	15.62
E1 _{ortalama}	17.38	E2 _{ortalama}	14.05
Güneydoğu Anadolu			
G1-1	13.46	G2-1	27.35
G1-2	13.08	G2-2	16.81
G1-3	13.63	G2-3	10.75
		G2-4	24.63
G1 _{ortalama}	13.39	G2 _{ortalama}	19.88

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.16'nın devamı

Örnek	I. yıl <i>Diastaz sayısı</i>	Örnek	II. yıl <i>Diastaz sayısı</i>
İç Anadolu			
İ1-1	22.16	İ2-1	28.78
İ1-2	11.32	İ2-2	0.79
İ1-3	21.23	İ2-3	25.63
İ1-4	37.87		
İ1 _{ortalama}	23.15	İ2 _{ortalama}	18.40
Karadeniz			
K1-1	10.38	K2-1	25.09
K1-2	28.82	K2-2	9.66
K1-3	43.50	K2-3	15.23
		K2-4	9.67
K1 _{ortalama}	27.57	K2 _{ortalama}	14.91
Marmara			
M1-1	18.47	M2-1	5.66
M1-2	10.84	M2-2	14.18
M1-3	16.02	M2-3	27.57
M1-4	40.14		
M1 _{ortalama}	21.37	M2 _{ortalama}	15.81

Çizelge 4.17. Bal örneklerine ait diastaz sayısı varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	<i>Diastaz sayısı</i>		
	SD	KO	F
Bölgeler	6	279.59	2.28*
Yıllar	1	242.92	1.98
Bölgeler*Yıllar	6	358.99	2.92*
Hata	86	122.80	

Çizelge 4.18. Bal örneklerine ait diastaz sayısı Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Bölgeler	<i>Diastaz sayısı</i>		
	I. yıl	II. yıl	Bölge Genel Ortalama
Akdeniz	9.87 ^{Cb} ± 2.00	22.66 ^{Aa} ± 3.66	16.27 ^B ± 2.61
Doğu Anadolu	36.08 ^{Aa} ± 8.70	21.05 ^{Aa} ± 2.66	29.64 ^A ± 5.36
Ege	17.38 ^{Cba} ± 0.39	14.05 ^{Aa} ± 1.88	15.48 ^B ± 1.15
Güneydoğu Anadolu	13.39 ^{Cbb} ± 0.18	19.88 ^{Aa} ± 2.47	17.10 ^B ± 1.64
İç Anadolu	23.15 ^{CBAa} ± 3.60	18.40 ^{Aa} ± 5.61	21.11 ^B ± 3.10
Karadeniz	27.57 ^{BAA} ± 6.07	14.91 ^{Aa} ± 2.38	20.34 ^B ± 3.29
Marmara	21.37 ^{CBAa} ± 4.24	15.81 ^{Aa} ± 4.03	18.99 ^B ± 2.96
Yıl Genel Ortalama	21.47^a ± 2.10	18.07^a ± 1.24	

Varyans analizi sonuçlarına göre bölgeler arasındaki farklılıkların bal örneklerinin diastaz sayısı değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) bir etkisinin olduğu, ancak farklı örnekleme yıllarının bal örneklerinin diastaz sayısı değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p > 0.05$) bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, Doğu Anadolu Bölgesi'nden temin edilen bal örneklerinin diastaz sayısı değerlerinin diğer bölgelerden temin edilen ballardan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bal örnek türleri açısından diastaz sayıları incelendiğinde geven ballarının (A1-2 kodlu örnek hariç olmak üzere) diastaz sayılarının genellikle yüksek değerlere (16.99-43.50) sahip oldukları belirlenmiştir.

Balda diastaz sayısı değeri bala uygulanan ısıtıl işlemin, depolama süresinin ve uygun olmayan depolama koşullarının değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Mutlu vd. 2017; Sak-Bosnar ve Sakac 2012). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne (2020/7) göre balda diastaz sayısının 8 değerinden yüksek olması gerekmektedir. Ancak narenciye balı gibi yapısında doğal olarak düşük miktarda enzim bulunan balların diastaz sayıları ise 3 değerinden yüksek olmalıdır (Anonim 2). İncelenen bal örneklerinin diastaz sayısı değerinin 0.79-72.41 aralığında bulunduğu ve bal örneklerinden dördünün (A1-2, A1-3, İ2-2 ve M2-1) diastaz sayılarının 8 değerinin altında olduğu tespit edilmiştir. A1-3 kodlu örnek palinolojik analiz sonuçlarına göre narenciye balıdır ve bu bal yapısında doğal olarak düşük miktarda diastaz enzimi içermekte olup 6.88 diastaz sayısı değeri ile kodekste narenciye balları için belirtilen diastaz sayısı limitinin üzerindedir. A1-2, İ2-2 ve M2-1 kodlu örneklerin diastaz sayılarının limitin altında olmasının ise bu örneklerle kristalizasyonu engellemek ve balda akışkanlığı sağlamak için yapılması muhtemel olan ısıtıl işlem uygulanmasından kaynaklanmış olabileceği değerlendirilmiştir. Bal diastaz enzimleri ısıtıl işlemlere karşı dayanıklı olmakla birlikte bal 60°C sıcaklığın üzerinde ısıtıl işleme maruz kaldığında diastaz enzim aktivitesinde önemli düzeyde azalma olabildiği bildirilmiştir (Babacan vd. 2002; Silva vd. 2016; Yücel ve Sultanoglu 2013).

Yapılan bazı çalışmalarda incelenen bal örneklerinin diastaz sayılarının 6.30-13.20 (Can vd. 2015), 8.09-25.67 (Kıvrak vd. 2017), 4.00-39.30 (Akgün vd. 2021), 8.00-18.00 (Pasiyas vd. 2018) ve 14.10-31.40 (Dzугan vd. 2021) aralıklarında olduğu bildirilmiştir. D1-4 kodlu peygamberçiçeği balı örneği dışındaki diğer örnekler için diastaz sayısı verileri literatür verileri ile uyumludur. Bu örneğe ait diastaz sayısı olan 72.41 değeri ise literatür verilerinden oldukça yüksektir. Bu değerin bal nektar kaynağının diastaz enzimi içeriğinden veya bu örneğe dışarıdan diastaz enzim ilavesi yapılmış olmasından dolayı yüksek tespit edilmiş olabileceği değerlendirilmiştir.

4.4. Toplam Fenolik Madde Analiz Sonuçları

4.4.1. Bal örneklerinin toplam fenolik madde analiz sonuçları

Bal örneklerine ait toplam fenolik madde analizi, varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.19, 4.20 ve 4.21'de verilmiştir.

Çizelge 4.19. Bal örneklerine ait toplam fenolik madde analiz sonuçları

Örnek	I. yıl	Örnek	II. yıl
	Fenolik madde (mg GAE/100g)		Fenolik madde (mg GAE/100g)
Akdeniz			
A1-1	37.15	A2-1	26.05
A1-2	33.24	A2-2	80.06
A1-3	32.32	A2-3	49.89
A1-4	78.05	A2-4	39.52
A1ortalama	45.19	A2ortalama	48.88
Doğu Anadolu			
D1-1	38.38	D2-1	23.77
D1-2	30.24	D2-2	37.74
D1-3	75.15	D2-3	88.73
D1-4	20.37		
D1ortalama	41.04	D2ortalama	50.08
Ege			
E1-1	42.58	E2-1	32.98
E1-2	66.73	E2-2	81.44
E1-3	63.94	E2-3	35.74
		E2-4	38.11
E1ortalama	57.75	E2ortalama	47.07
Güneydoğu Anadolu			
G1-1	38.17	G2-1	54.52
G1-2	20.96	G2-2	28.38
G1-3	35.91	G2-3	13.00
		G2-4	39.48
G1ortalama	31.68	G2ortalama	33.85
İç Anadolu			
İ1-1	132.07	İ2-1	33.40
İ1-2	28.86	İ2-2	24.60
İ1-3	27.21	İ2-3	23.04
İ1-4	24.28		
İ1ortalama	53.10	İ2ortalama	27.02
Karadeniz			
K1-1	34.28	K2-1	50.14
K1-2	24.92	K2-2	23.92
K1-3	71.59	K2-3	42.79
		K2-4	115.77
K1ortalama	43.60	K2ortalama	58.16
Marmara			
M1-1	70.98	M2-1	38.55
M1-2	35.09	M2-2	25.86
M1-3	37.03	M2-3	70.83
M1-4	29.42		
M1ortalama	43.13	M2ortalama	45.08

Çizelge 4.20. Bal örneklerine ait toplam fenolik madde varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Toplam fenolik madde		
	SD	KO	F
Bölgeler	6	614.91	0.99
Yıllar	1	14.36	0.02
Bölgeler*Yıllar	6	634.13	1.02
Hata	86	621.43	

Çizelge 4.21. Bal örneklerine ait toplam fenolik madde Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Bölgeler	Toplam fenolik madde (mg GAE/100g)		
	I. yıl	II. yıl	Bölge Genel Ortalama
Akdeniz	45.19 ^{Aa} ± 7.21	48.88 ^{BAa} ± 7.53	47.03 ^A ± 5.06
Doğu Anadolu	41.04 ^{Aa} ± 7.85	50.08 ^{BAa} ± 12.48	44.91 ^A ± 6.80
Ege	57.75 ^{Aa} ± 4.86	47.07 ^{BAa} ± 7.53	51.65 ^A ± 4.85
Güneydoğu Anadolu	31.68 ^{Aa} ± 3.44	33.85 ^{BAa} ± 5.75	32.92 ^A ± 3.49
İç Anadolu	53.10 ^{Aa} ± 17.25	27.02 ^{Ba} ± 2.10	41.92 ^A ± 10.25
Karadeniz	43.60 ^{Aa} ± 9.04	58.16 ^{Aa} ± 13.09	51.92 ^A ± 8.38
Marmara	43.13 ^{Aa} ± 6.18	45.08 ^{BAa} ± 8.47	43.97 ^A ± 4.87
Yıl Genel Ortalama	45.16^a ± 3.58	44.73^a ± 3.46	

Varyans analizi sonuçlarına göre bölgeler ve yıllar arasındaki farklılıkların bal örneklerinin fenolik madde içeriği üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p>0.05$) bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde istatistiksel olarak bir farklılık olmamakla birlikte Ege ve Karadeniz Bölgeleri'nden temin edilen bal örneklerinin fenolik madde içeriklerinin diğer bölgelerden temin edilen ballara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Balların fenolik madde içeriği ve profilinin bitki florasına, temin edildiği coğrafi bölgeye ve yılın üretim mevsimine bağlı olarak değiştiği bildirilmiştir (Kıvrak ve Kıvrak 2017). Ege Bölgesi ballarına ait sonuçlar incelendiğinde birinci yıl temin edilen örneklerle ait toplam fenolik madde ortalamalarının 57.75 mg GAE/100g değeri ile diğer bölgelere göre daha yüksek olduğu ve bu ballar arasında ise E1-2 kodlu çam balı ile E1-3 kodlu multifloral çiçek balı örneklerinin fenolik madde değerlerinin bu ortalamayı arttırdığı belirlenmiştir. Çam balı gibi salgı ballarının toplam fenolik madde içeriklerinin genellikle çiçek balı örneklerinden daha yüksek olduğu rapor edilmiştir. Ancak koyu renge sahip kestane, keçiyoynuzu, meşe balları ile manuka balı gibi bazı çiçek ballarının da fenolik madde içeriklerinin yüksek olduğu bildirilmiştir (Pita-Calvo ve Vázquez 2017). Karadeniz Bölgesi'ne ait balların toplam fenolik madde sonuçları incelendiğinde ise ikinci yıl temin edilen örneklerle ait fenolik madde ortalamalarının 58.16 mg GAE/100g değeri ile diğer bölgelere göre daha yüksek olduğu ve bu ballar arasında ise K2-4 kodlu multifloral çiçek balı örneğinin 115.77 mg GAE/100g değeri ile yüksek bir toplam fenolik madde içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Karışık çiçek balı örneklerinde farklı türlerden nektar kaynakları bulunduğundan bu kaynaklardaki fenolik madde miktarına bağlı olarak bal örneklerinin fenolik madde miktarı ve çeşitliliği farklılık göstermektedir. Tüm örneklerle ait sonuçlar incelendiğinde ise en yüksek toplam fenolik madde içeriğine sahip olan örneğin 132.07 mg GAE/100g değeri ile İ1-1 kodlu karışık çiçek balı örneği olduğu görülmektedir. Bal

örneklerine ait toplam fenolik madde ortalamaları multifloral ve monofloral bal örnekleri için ayrı ayrı değerlendirildiğinde de multifloral bal örneklerinin ortalama toplam fenolik madde içeriklerinin 49.22 mg GAE/100g olduğu ve monofloral bal örneklerinin ortalama fenolik madde içeriklerinin ise 42.30 mg GAE/100g değeri ile multifloral bal örneklerine göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Nektar çeşitliliğinin kaynağına bağlı olarak toplam fenolik madde içeriğini etkilediği değerlendirilmiştir. Karışık ballarda bulunan nektar çeşitliliğinin yüksek fenolik madde içeriklerine neden olabileceği bildirilmiştir (Becerril-Sánchez vd. 2021)

İncelenen bal örneklerinin fenolik madde içeriklerinin 13.00-132.07 mg GAE/100g aralığında olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda incelenen bal örneklerinin toplam fenolik madde içeriklerinin 1.50-108.21 mg GAE/100g (Sagdic vd. 2013), 16.02-120.04 mg GAE/100g (Can vd. 2015) ve 34.24-106.46 mg GAE/100g (Kıvrak vd. 2017) değerleri arasında değiştiği rapor edilmiştir. Elde edilen bulguların literatür verileri ile genel olarak uyumlu olduğu değerlendirilmiştir.

4.4.2. Polen örneklerinin toplam fenolik madde analiz sonuçları

Polen örneklerine ait toplam fenolik madde analizi, varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.22, 4.23 ve 4.24'te verilmiştir.

Çizelge 4.22. Polen örneklerine ait toplam fenolik madde analiz sonuçları

Örnek	I. yıl	Örnek	II. yıl
	Fenolik madde (mg GAE/100g)		Fenolik madde (mg GAE/100g)
Akdeniz			
A1-1	1217.05	A2-1	1190.02
A1-2	1685.65	A2-2	923.54
		A2-3	1279.99
		A2-4	746.71
A1ortalama	1451.35	A2ortalama	1035.06
Doğu Anadolu			
D1-1	1372.42	D2-1	605.88
D1-2	765.32	D2-2	890.81
D1-3	1367.86	D2-3	782.28
D1-4	1251.86		
D1ortalama	1189.37	D2ortalama	759.66
Ege			
E1-1	1794.40	E2-1	551.35
E1-2	1111.66	E2-2	2379.69
		E2-3	1093.98
		E2-4	577.93
E1ortalama	1453.03	E2ortalama	1150.74
Güneydoğu Anadolu			
G1-1	1193.39	G2-1	607.97
G1-2	813.75	G2-2	407.11
G1-3	797.26	G2-3	786.80
G1-4	686.57		
G1ortalama	872.74	G2ortalama	600.63

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.22'nin devamı

Örnek	I. yıl	Örnek	II. yıl
	Fenolik madde (mg GAE/100g)		Fenolik madde (mg GAE/100g)
İç Anadolu			
İ1-1	1492.49	İ2-1	909.99
İ1-2	1174.81	İ2-2	503.21
		İ2-3	518.54
		İ2-4	338.15
		İ2-5	921.49
İ1 _{ortalama}	1333.65	İ2 _{ortalama}	638.28
Karadeniz			
K1-1	1077.16	K2-1	874.75
K1-2	868.52	K2-2	489.47
K1-3	2857.77	K2-3	540.57
K1-4	1043.75		
K1-5	827.23		
K1-6	853.47		
K1 _{ortalama}	1254.65	K2 _{ortalama}	634.93
Marmara			
M1-1	1513.40	M2-1	584.09
M1-2	1732.47	M2-2	624.15
M1-3	2272.46	M2-3	1787.41
M1-4	773.09		
M1-5	1194.00		
M1 _{ortalama}	1497.08	M2 _{ortalama}	998.55

Çizelge 4.23. Polen örneklerine ait toplam fenolik madde varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Toplam fenolik madde		
	SD	KO	F
Bölgeler	6	551713.85	2.62*
Yıllar	1	4754074.57	22.59**
Bölgeler*Yıllar	6	76702.80	0.36
Hata	86	210421.74	

Çizelge 4.24. Polen örneklerine ait toplam fenolik madde Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Bölgeler	Toplam fenolik madde (mg GAE/100g)		
	I. yıl	II. yıl	Bölge Genel Ortalama
Akdeniz	1451.35 ^{Aa} ± 136.20	1035.06 ^{BAb} ± 80.35	1173.83 ^{BA} ± 89.03
Doğu Anadolu	1189.37 ^{Aa} ± 97.75	759.66 ^{BAb} ± 52.82	1005.21 ^{CBA} ± 81.86
Ege	1453.03 ^{Aa} ± 197.32	1150.74 ^{Aa} ± 280.50	1251.50 ^A ± 196.89
Güneydoğu Anadolu	872.74 ^{Aa} ± 72.94	600.63 ^{Bb} ± 69.77	756.12 ^C ± 61.92
İç Anadolu	1333.65 ^{Aa} ± 93.50	638.28 ^{Bb} ± 78.55	836.95 ^{CB} ± 105.92
Karadeniz	1254.65 ^{Aa} ± 219.14	634.93 ^{Ba} ± 76.44	1048.08 ^{CBA} ± 162.20
Marmara	1497.08 ^{Aa} ± 168.69	998.55 ^{BAa} ± 249.87	1310.13 ^A ± 149.53
Yıl Genel Ortalama	1269.51^a ± 71.74	836.63^b ± 63.47	

Varyans analizi sonuçlarına göre bölgeler ve yıllar arasındaki farklılıkların polen örneklerinin fenolik madde içeriği üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$; $p < 0.05$) bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nden temin edilen polen örneklerinin fenolik madde içeriklerinin diğer bölgelerden temin edilen polenlerden daha düşük, Ege ve Marmara Bölgeleri'nden temin edilen polen örneklerinin fenolik madde içeriklerinin ise diğer bölgelerden temin edilen polenlerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ege Bölgesi polen örnekleri incelendiğinde çörekotu poleni ile hardalgiller ve ladengiller ailelerine ait polen örneklerinin toplam fenolik madde içeriklerinin yüksek olmasına bağlı olarak bu bölge örneklerinin fenolik madde içeriklerinin yüksek olduğu ve Marmara Bölgesi polenleri incelendiğinde ise kestane polenleri, hardalgiller ailesi polenleri ve karışık bitki polenlerine ait örneklerin bölgenin ortalama fenolik madde içeriğini arttırdığı belirlenmiştir. Yapılan bir çalışmada hardalgiller familyası polenlerinin 1423.33 mg GAE/100g ortalama değeri ile yüksek bir fenolik madde içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir (Moraes vd. 2011). Ayrıca farklı çalışmalarda kestane polenlerinin de fenolik bileşen içeriğinin bazı karışık bitki polenleri ile söğüt ve sarmaşık polenlerinden yüksek olduğu rapor edilmiştir (Castagna vd. 2020; Mayda vd. 2020). Yıllar arasındaki farklılık değerlendirildiğinde ise birinci örnekleme yılı polenlerinin fenolik madde içeriklerinin, ikinci örnekleme yılı polenlerinin fenolik madde içeriklerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Yıllar arası bitki kaynaklarındaki ve iklimsel koşullardaki farklılıkların polen örneklerinin bileşimini ve fenolik bileşen içeriğini etkilediği değerlendirilmiştir. Polen bileşiminin coğrafi ve botanik kökenlerine, toplanma zamanlarına, iklim ve çevre koşullarına göre değişiklik gösterebildiği bildirilmiştir (Mayda vd. 2020; Ozkan vd. 2018).

İncelenen polen örneklerinin fenolik madde içeriklerinin 338.15-2857.77 mg GAE/100g aralığında olduğu belirlenmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda Türkiye'de toplanan farklı polen örneklerinin toplam fenolik madde içeriklerinin 1200-3670 mg GAE/100g (Yeşiltas vd. 2014), 41.00-1258.00 mg GAE/100g (Saral vd. 2019), 392.70-926.90 mg GAE/100g (Ozkan vd. 2018) ve Portekiz'de toplanan polen örneklerinin toplam fenolik madde içeriklerinin 1050-1680 mg GAE/100g (Moraes vd. 2011) ve Romanya'da toplanan polen örneklerinin toplam fenolik madde içeriklerinin ise 440-1640 mg GAE/100g aralıklarında değiştiği rapor edilmiştir (Marghitaş vd. 2009).

4.4.3. Propolis örneklerinin toplam fenolik madde analiz sonuçları

Propolis örneklerine ait toplam fenolik madde analizi, varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.25, 4.26 ve 4.27'de verilmiştir.

Çizelge 4.25. Propolis örneklerine ait toplam fenolik madde analiz sonuçları

Örnek	I. yıl	Örnek	II. yıl
	Fenolik madde (mg GAE/100g)		Fenolik madde (mg GAE/100g)
Akdeniz			
A1-1	6834.41	A2-1	20973.99
A1-2	508.35	A2-2	8400.62
A1-3	1170.62	A2-3	2989.86
		A2-4	903.33
A1 _{ortalama}	2837.79	A2 _{ortalama}	8316.95
Doğu Anadolu			
D1-1	3419.63	D2-1	8564.14
D1-2	11988.33	D2-2	4566.66
D1-3	2752.28	D2-3	24669.80
D1-4	3075.38	D2-4	7448.77
D1 _{ortalama}	5308.90	D2 _{ortalama}	11312.34
Ege			
E1-1	5004.71	E2-1	9198.42
E1-2	4513.40	E2-2	8902.16
E1-3	9585.90	E2-3	3870.90
		E2-4	776.63
E1 _{ortalama}	6368.00	E2 _{ortalama}	5687.03
Güneydoğu Anadolu			
G1-1	7186.22	G2-1	4609.64
G1-2	1233.14	G2-2	5877.51
G1-3	2114.90	G2-3	19640.59
		G2-4	2974.81
G1 _{ortalama}	3511.42	G2 _{ortalama}	8275.64
İç Anadolu			
İ1-1	2993.63	İ2-1	8624.30
İ1-2	2510.16	İ2-2	13655.09
İ1-3	8489.33	İ2-3	14206.25
İ1-4	11073.31		
İ1 _{ortalama}	6266.61	İ2 _{ortalama}	12161.88
Karadeniz			
K1-1	9523.48	K2-1	4392.22
K1-2	5452.90	K2-2	25999.87
K1-3	10652.07	K2-3	11488.03
K1-4	9616.40		
K1 _{ortalama}	8811.21	K2 _{ortalama}	13960.04
Marmara			
M1-1	10360.65	M2-1	5274.75
M1-2	8834.56	M2-2	15183.41
M1-3	9950.47	M2-3	22198.47
M1-4	8605.66		
M1 _{ortalama}	9437.83	M2 _{ortalama}	14218.88

Çizelge 4.26. Propolis örneklerine ait toplam fenolik madde varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Toplam fenolik madde		
	SD	KO	F
Bölgeler	6	94106633.60	3.07*
Yıllar	1	492696838.80	16.09**
Bölgeler*Yıllar	6	18829749.20	0.62
Hata	86	30616396.00	

Çizelge 4.27. Propolis örneklerine ait toplam fenolik madde Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Bölgeler	Toplam fenolik madde (mg GAE/100g)		
	I. yıl	II. yıl	Bölge Genel Ortalama
Akdeniz	2837.79 ^{Ba} ± 1270.24	8316.95 ^{Aa} ± 2949.67	5968.74 ^B ± 1873.13
Doğu Anadolu	5308.90 ^{Ba} ± 1466.80	11312.34 ^{Aa} ± 2970.42	8310.62 ^{BA} ± 1778.06
Ege	6368.00 ^{BAa} ± 1022.27	5687.03 ^{Aa} ± 1337.57	5978.87 ^B ± 855.27
Güneydoğu Anadolu	3511.42 ^{Ba} ± 1173.75	8275.64 ^{Aa} ± 2511.78	6233.83 ^B ± 1611.19
İç Anadolu	6266.61 ^{BAb} ± 1374.98	12161.88 ^{Aa} ± 1135.07	8793.15 ^{BA} ± 1203.66
Karadeniz	8811.21 ^{Aa} ± 757.70	13960.04 ^{Aa} ± 4022.71	11017.85 ^A ± 1828.51
Marmara	9437.83 ^{Aa} ± 288.24	14218.88 ^{Aa} ± 3108.12	11486.85 ^A ± 1431.27
Yıl Genel Ortalama	6298.00 ^b ± 511.08	10215.61 ^a ± 1046.75	

Varyans analizi sonuçlarına göre bölgeler ve yıllar arasındaki farklılıkların propolis örneklerinin fenolik madde içeriği üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$; $p<0.05$) bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde Akdeniz, Ege ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nden temin edilen propolis örneklerinin fenolik madde içeriklerinin diğer bölgelerden temin edilen propolislerden daha düşük, Karadeniz ve Marmara Bölgeleri'nden temin edilen propolis örneklerinin fenolik madde içeriklerinin ise diğer bölgelerden temin edilen propolislerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca ikinci örnekleme yılı propolislerinin fenolik madde içeriklerinin, birinci örnekleme yılı propolislerinin fenolik madde içeriklerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Özkök vd. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada Akdeniz ve Ege Bölgeleri şehirlerinden temin edilen propolis örneklerinin ortalama fenolik madde içeriklerinin sırası ile 8621.50 ve 10270.00 mg GAE/100g olduğu ve Karadeniz ve Marmara Bölgeleri'nden temin edilen propolis örneklerinin ortalama fenolik madde içeriklerinin ise sırası ile 15008.00 ve 18438.00 mg GAE/100g değerleri ile diğer bölgelere göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Propolis örneklerinin kimyasal bileşiminin bal arısı türleri ve kovanın yerleştirildiği çevrenin florası, coğrafi ve iklimsel özellikleri gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterdiği ve farklı konumlardan, hatta aynı ülke veya aynı şehirden toplanan propolis örneklerinin toplam fenolik ve toplam flavonoid madde içerikleri, kompozisyonları ve antioksidan aktivitelerinde büyük farklılıklar olabildiği bildirilmiştir (Özdal vd. 2019).

İncelenen propolis örneklerinin fenolik madde içeriklerinin 508.35-25999.87 mg GAE/100g aralığında olduğu belirlenmiştir. Yapılan bir çalışmada farklı bölgelerden temin edilen 11 farklı propolis örneğinin fenolik madde içeriğinin 2748.60- 19969.90 mg GAE/100g aralığında olduğu bildirilmiştir (Özdal vd. 2019). Bir diğer çalışmada ise farklı bölge ve şehirlerden temin edilen 23 adet propolis örneğinin toplam fenolik madde

içeriğinin 3453-25940 mg GAE/100g aralığında olduğu rapor edilmiştir (Özkök vd. 2021). Ayrıca farklı ülkelerde yapılan çalışmalarda propolis örneklerinin toplam fenolik madde içeriklerinin 11100-28000 mg GAE/100g (Dias vd. 2012), 15005-19714 mg GAE/100g (Socha vd. 2015) ve 210.17-313.67 mg GAE/100g (Shehata vd. 2020) değerleri arasında değiştiği bildirilmiştir. Sonuçlar arasındaki farklılıkların propolis örneklerinin farklı alanlardan ve zamanlarda temin edilmesinin yanı sıra ekstraksiyon koşullarına bağlı olarak ortaya çıkabileceği değerlendirilmiştir. Propolis ekstraktlarındaki fenolik bileşik içeriğinin ekstraksiyonda kullanılan çözügen türü, konsantrasyonu ve ortamın pH değerinden etkilendiği rapor edilmiştir (Mello ve Hubinger 2012).

4.5. Toplam Flavonoid Madde Analiz Sonuçları

4.5.1. Bal örneklerinin toplam flavonoid madde analiz sonuçları

Bal örneklerine ait toplam flavonoid madde analizi, varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.28, 4.29 ve 4.30'da verilmiştir.

Çizelge 4.28. Bal örneklerine ait toplam flavonoid madde analiz sonuçları

Örnek	I. yıl	Örnek	II. yıl
	Flavonoid madde (mg KE/100g)		Flavonoid madde (mg KE/100g)
Akdeniz			
A1-1	3.83	A2-1	2.58
A1-2	2.12	A2-2	5.71
A1-3	1.45	A2-3	0.97
A1-4	5.31	A2-4	1.38
A1 _{ortalama}	3.18	A2 _{ortalama}	2.66
Doğu Anadolu			
D1-1	1.90	D2-1	1.90
D1-2	2.94	D2-2	1.39
D1-3	3.18	D2-3	1.30
D1-4	3.72		
D1 _{ortalama}	2.94	D2 _{ortalama}	1.53
Ege			
E1-1	2.41	E2-1	2.18
E1-2	3.60	E2-2	2.92
E1-3	3.07	E2-3	0.75
		E2-4	2.71
E1 _{ortalama}	3.03	E2 _{ortalama}	2.14
Güneydoğu Anadolu			
G1-1	1.84	G2-1	3.55
G1-2	1.33	G2-2	2.76
G1-3	1.92	G2-3	2.25
		G2-4	1.42
G1 _{ortalama}	1.69	G2 _{ortalama}	2.50

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.28'nin devamı

Örnek	I. yıl	Örnek	II. yıl
	Flavonoid madde (mg KE/100g)		Flavonoid madde (mg KE/100g)
İç Anadolu			
İ1-1	7.30	İ2-1	1.32
İ1-2	1.88	İ2-2	2.09
İ1-3	2.00	İ2-3	3.30
İ1-4	2.89		
İ1 _{ortalama}	3.52	İ2 _{ortalama}	2.24
Karadeniz			
K1-1	2.19	K2-1	2.14
K1-2	2.25	K2-2	2.17
K1-3	6.31	K2-3	2.38
		K2-4	2.15
K1 _{ortalama}	3.59	K2 _{ortalama}	2.21
Marmara			
M1-1	3.69	M2-1	3.83
M1-2	2.22	M2-2	0.97
M1-3	2.12	M2-3	6.51
M1-4	3.24		
M1 _{ortalama}	2.82	M2 _{ortalama}	3.77

Çizelge 4.29. Bal örneklerine ait toplam flavonoid madde varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	<i>Toplam flavonoid madde</i>		
	SD	KO	F
Bölgeler	6	2.46	1.30
Yıllar	1	6.89	3.63*
Bölgeler*Yıllar	6	3.53	1.86
Hata	86	1.90	

Çizelge 4.30. Bal örneklerine ait toplam flavonoid madde Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Bölgeler	<i>Toplam flavonoid madde (mg KE/100g)</i>		
	I. yıl	II. yıl	Bölge Genel Ortalama
Akdeniz	3.18 ^{BAa} ± 0.58	2.66 ^{BAa} ± 0.70	2.92 ^A ± 0.44
Doğu Anadolu	2.94 ^{BAa} ± 0.26	1.53 ^{Bb} ± 0.12	2.33 ^A ± 0.25
Ege	3.03 ^{BAa} ± 0.24	2.14 ^{Ba} ± 0.32	2.52 ^A ± 0.24
Güneydoğu Anadolu	1.69 ^{Bb} ± 0.12	2.50 ^{BAa} ± 0.29	2.15 ^A ± 0.20
İç Anadolu	3.52 ^{Aa} ± 0.84	2.24 ^{BAa} ± 0.36	2.97 ^A ± 0.52
Karadeniz	3.59 ^{Aa} ± 0.86	2.21 ^{BAa} ± 0.04	2.80 ^A ± 0.40
Marmara	2.82 ^{BAa} ± 0.25	3.77 ^{Aa} ± 1.01	3.23 ^A ± 0.45
Yıl Genel Ortalama	2.99^a ± 0.21	2.43^b ± 0.19	

Varyans analizi sonuçlarına göre yıllar arasındaki farklılığın bal örneklerinin flavonoid madde içeriği üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) bir etkisinin olduğu, ancak bölgeler arasındaki farklılıkların bal örneklerinin flavonoid madde içeriği üzerinde önemli ($p > 0.05$) bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, Marmara Bölgesi'nden temin edilen bal örneklerinin flavonoid madde içeriklerinin diğer bölgelerden temin edilen ballara kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Marmara Bölgesi örneklerine ait sonuçlar incelendiğinde ikinci yıl temin edilen örneklere ait toplam flavonoid madde ortalamalarının 3.77 mg KE/100g değeri ile diğer bölgelere göre daha yüksek olduğu ve bu ballar arasında ise M2-3 kodlu kestane balı örneğinin 6.51 mg KE/100g olan flavonoid madde değerinin bu ortalamayı arttırdığı belirlenmiştir. Benzer olarak Can vd. (2015) tarafından farklı bal örnekleri ile gerçekleştirilen bir çalışmada kestane balının toplam flavonoid madde içeriği 8.10 mg KE/100g olarak belirlenmiş ve bu balın akasya, çam, lavanta, meşe, yonca gibi diğer ballara göre daha yüksek bir flavonoid madde içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir.

Birinci örnekleme yılına ait bal örneklerinin flavonoid madde içeriğinin, ikinci örnekleme yılı ballarına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Yıllar arasındaki farklılıkların bal örneklerinin nektar kaynaklarındaki farklılıklardan dolayı ortaya çıktığı değerlendirilmiştir. Farklı bitkilerin içerdikleri fenolik madde türleri ve miktarları farklılıklar göstermektedir ve bu durum da bal örneklerinin toplam fenolik ve flavonoid madde içeriklerindeki farklılıklar üzerinde önemli düzeyde etkili olmaktadır (Pichichero vd. 2009).

İncelenen bal örneklerinin flavonoid madde içeriklerinin 0.75-7.30 mg KE/100g aralığında olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda bal örneklerinin toplam flavonoid madde içeriklerinin 0.65-8.10 mg KE/100g (Can vd. 2015) ve 1.12-9.24 mg KE/100g (Kıvrak vd. 2017) değerleri aralığında değiştiği rapor edilmiştir. Elde edilen bulguların literatür verileri ile genel olarak uyumlu olduğu değerlendirilmiştir.

4.5.2. Polen örneklerinin toplam flavonoid madde analiz sonuçları

Polen örneklerine ait toplam flavonoid madde analizi, varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.31, 4.32 ve 4.33'te verilmiştir.

Çizelge 4.31. Polen örneklerine ait toplam flavonoid madde analiz sonuçları

Örnek	I. yıl	Örnek	II. yıl
	Flavonoid madde (mg KE/100g)		Flavonoid madde (mg KE/100g)
Akdeniz			
A1-1	326.65	A2-1	410.70
A1-2	544.20	A2-2	199.05
		A2-3	408.26
		A2-4	248.23
A1 _{ortalama}	435.43	A2 _{ortalama}	316.56
Doğu Anadolu			
D1-1	96.49	D2-1	157.90
D1-2	102.34	D2-2	370.15
D1-3	282.63	D2-3	159.82
D1-4	397.88		
D1 _{ortalama}	219.84	D2 _{ortalama}	229.29

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.31'in devamı

Ege			
E1-1	221.47	E2-1	336.94
E1-2	273.81	E2-2	434.31
		E2-3	424.74
		E2-4	405.15
E1 _{ortalama}	247.64		400.29
Güneydoğu Anadolu			
G1-1	222.74	G2-1	238.50
G1-2	305.94	G2-2	84.72
G1-3	274.72	G2-3	355.47
G1-4	95.99		
G1 _{ortalama}	224.85	G2 _{ortalama}	226.23
İç Anadolu			
İ1-1	314.00	İ2-1	369.03
İ1-2	272.22	İ2-2	149.14
		İ2-3	182.26
		İ2-4	90.61
		İ2-5	112.90
İ1 _{ortalama}	293.11	İ2 _{ortalama}	180.79
Karadeniz			
K1-1	279.14		383.22
K1-2	263.28	K2-1	227.32
K1-3	432.57	K2-2	232.44
K1-4	259.48	K2-3	
K1-5	274.10		
K1-6	214.17		
K1 _{ortalama}	287.12	K2 _{ortalama}	281.00
Marmara			
M1-1	268.70	M2-1	136.62
M1-2	343.57	M2-2	241.20
M1-3	339.46	M2-3	322.31
M1-4	263.59		
M1-5	391.81		
M1 _{ortalama}	321.42	M2 _{ortalama}	233.38

Çizelge 4.32. Polen örneklerine ait toplam flavonoid madde varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	<i>Toplam flavonoid madde</i>		
	SD	KO	F
Bölgeler	6	36790.37	4.52**
Yıllar	1	11911.13	1.46
Bölgeler*Yıllar	6	25367.14	3.11*
Hata	86	8143.97	

Çizelge 4.33. Polen örneklerine ait toplam flavonoid madde Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Bölgeler	Toplam flavonoid madde (mg KE/100g)		
	I. yıl	II. yıl	Bölge Genel Ortalama
Akdeniz	435.43 ^{Aa} ± 62.81	316.56 ^{BAa} ± 35.87	356.18 ^A ± 34.49
Doğu Anadolu	219.84 ^{Ba} ± 48.37	229.29 ^{CBa} ± 44.61	223.89 ^{CB} ± 32.40
Ege	247.64 ^{Bb} ± 16.03	400.29 ^{Aa} ± 14.66	349.40 ^A ± 24.19
Güneydoğu Anadolu	224.85 ^{Ba} ± 30.32	226.23 ^{CBa} ± 49.68	225.44 ^{CB} ± 26.26
İç Anadolu	293.11 ^{Ba} ± 12.20	180.79 ^{Ca} ± 33.09	212.88 ^C ± 27.37
Karadeniz	287.12 ^{Ba} ± 21.06	281.00 ^{CBa} ± 32.64	285.08 ^{CBA} ± 17.21
Marmara	321.42 ^{Ba} ± 16.31	233.38 ^{CBb} ± 34.10	288.41 ^{BA} ± 19.14
Yıl Genel Ortalama	282.44 ^a ± 14.13	267.24 ^a ± 16.23	

Varyans analizi sonuçlarına göre bölgeler arasındaki farklılıkların polen örneklerinin flavonoid madde içeriği üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) bir etkisinin olduğu, ancak yıllar arasındaki farklılığın polen örneklerinin flavonoid madde içeriği üzerinde önemli ($p > 0.05$) bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, İç Anadolu Bölgesi'nden temin edilen polen örneklerinin flavonoid madde içeriklerinin diğer bölgelerden temin edilen polenlerden daha düşük, Akdeniz ve Ege Bölgeleri'nden temin edilen polen örneklerinin flavonoid madde içeriklerinin ise diğer bölgelerden temin edilen polenlerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Akdeniz Bölgesi polenlerine ait sonuçlar incelendiğinde birinci yıl temin edilen örnekler için toplam flavonoid madde ortalamalarının 435.43 mg KE/100g değeri ile diğer bölgelere göre daha yüksek olduğu ve bu polenler arasında ise en yüksek toplam flavonoid madde içeriğine sahip örnek olan A1-2 kodlu karaçalı polenine ait 544.20 mg KE/100g flavonoid madde değerinin bu ortalamayı arttırdığı belirlenmiştir. Karaçalı bitkisinin ekstraktlarının incelendiği bir çalışmada bitkinin tamamında rutin, izokuersetin, kuersetin-3-rutinozid-7-ramnozid, kaempferol-3-glikozit, epigallokatekol, gallokokatekol ve katekol gibi flavonoidlerin bulunduğu bildirilmiştir (Brantner ve Males 1999; Malkoç vd. 2019). Ege Bölgesi polenlerine ait sonuçlar incelendiğinde ise ikinci yıl temin edilen örnekler için toplam flavonoid madde ortalamalarının 400.29 mg KE/100g değeri ile diğer bölgelere göre daha yüksek olduğu ve çörek otu poleni ile hardalgiller ve ladengiller ailesine ait polen örneklerinin bu ortalamayı arttırdığı belirlenmiştir.

İncelenen polen örneklerinin flavonoid madde içeriklerinin 84.72-544.20 mg KE/100g aralığında olduğu belirlenmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda Türkiye'de toplanan farklı polen örneklerinin toplam flavonoid madde içeriklerinin 253.00-499.00 mg KE/100g (Sarı vd. 2019), 122.40-194.00 mg KE/100g (Ozkan vd. 2018), 262.00-444.00 mg KE/100g (Mayda vd. 2020) ve Romanya'da toplanan polen örneklerinin toplam flavonoid madde içeriklerinin ise 60.00-1360.00 mg KE/100g aralığında değiştiği rapor edilmiştir (Marghitaş vd. 2009). Elde edilen bulguların literatür verileri ile genel olarak uyumlu olduğu değerlendirilmiştir.

4.5.2. Propolis örneklerinin toplam flavonoid madde analiz sonuçları

Propolis örneklerine ait toplam flavonoid madde analizi, varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.34, 4.35 ve 4.36’da verilmiştir.

Çizelge 4.34. Propolis örneklerine ait toplam flavonoid madde analiz sonuçları

Örnek	I. yıl	Örnek	II. yıl
	Flavonoid madde (mg KE/100g)		Flavonoid madde (mg KE/100g)
Akdeniz			
A1-1	2756.70	A2-1	6466.67
A1-2	216.01	A2-2	2072.54
A1-3	415.65	A2-3	737.04
		A2-4	217.15
A1ortalama	1129.46	A2ortalama	2373.35
Doğu Anadolu			
D1-1	2444.98	D2-1	3394.44
D1-2	7354.20	D2-2	1575.44
D1-3	1775.10	D2-3	6268.25
D1-4	1784.66	D2-4	3430.42
D1ortalama	3339.73	D2ortalama	3667.14
Ege			
E1-1	3308.92	E2-1	4287.94
E1-2	2480.26	E2-2	4318.63
E1-3	5225.72	E2-3	1067.22
		E2-4	324.85
E1ortalama	3671.64	E2ortalama	2499.66
Güneydoğu Anadolu			
G1-1	6029.27	G2-1	1100.84
G1-2	252.50	G2-2	1113.21
G1-3	482.94	G2-3	7183.90
		G2-4	701.89
G1ortalama	2254.91	G2ortalama	2524.96
İç Anadolu			
İ1-1	1376.97	İ2-1	3239.23
İ1-2	1251.20	İ2-2	5272.52
İ1-3	3998.91	İ2-3	4240.52
İ1-4	7348.95		
İ1ortalama	3494.01	İ2ortalama	4250.76
Karadeniz			
K1-1	6821.80	K2-1	1262.28
K1-2	3449.68	K2-2	6399.04
K1-3	6399.80	K2-3	4522.15
K1-4	8546.48		
K1ortalama	6304.44	K2ortalama	4061.16
Marmara			
M1-1	6971.22	M2-1	1900.74
M1-2	7365.07	M2-2	5102.77
M1-3	6722.21	M2-3	7583.41
M1-4	4370.85		
M1ortalama	6357.34	M2ortalama	4862.31

Çizelge 4.35. Propolis örneklerine ait toplam flavonoid madde varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Toplam flavonoid madde		
	SD	KO	F
Bölgeler	6	26905919.70	5.66*
Yıllar	1	2673095.90	0.56*
Bölgeler*Yıllar	6	5855825.50	1.23
Hata	86	4753723.60	

Çizelge 4.36. Propolis örneklerine ait toplam flavonoid madde Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Bölgeler	Toplam flavonoid madde (mg KE/100g)		
	I. yıl	II. yıl	Bölge Genel Ortalama
Akdeniz	1129.46 ^{Ca} ± 515.88	2373.35 ^{Aa} ± 929.50	1840.25 ^D ± 582.11
Doğu Anadolu	3339.73 ^{Cba} ± 882.05	3667.14 ^{Aa} ± 634.89	3503.44 ^{DC} ± 526.66
Ege	3671.64 ^{Ba} ± 514.53	2499.66 ^{Aa} ± 689.30	3001.94 ^{DC} ± 464.44
Güneydoğu Anadolu	2254.91 ^{Cba} ± 1194.32	2524.96 ^{Aa} ± 1018.67	2409.22 ^{DC} ± 745.51
İç Anadolu	3494.01 ^{Cba} ± 937.94	4250.76 ^{Aa} ± 371.27	3818.33 ^{CB} ± 551.54
Karadeniz	6304.44 ^{Aa} ± 693.65	4061.16 ^{Aa} ± 949.38	5343.03 ^{BA} ± 625.59
Marmara	6357.34 ^{Aa} ± 442.84	4862.31 ^{Aa} ± 1040.89	5716.61 ^A ± 530.13
Yıl Genel Ortalama	3966.00 ^a ± 378.10	3351.32 ^a ± 326.17	

Varyans analizi sonuçlarına göre bölgeler ve yıllar arasındaki farklılıkların propolis örneklerinin flavonoid madde içeriği üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, Akdeniz Bölgesi'nden temin edilen propolis örneklerinin toplam flavonoid madde içeriklerinin diğer bölgelerden temin edilen propolislerden daha düşük, Marmara Bölgesi'nden temin edilen propolis örneklerinin flavonoid madde içeriklerinin ise diğer bölgelerden temin edilen propolislerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Propolisin kimyasal bileşiminin, kovanı çevreleyen bitki türleri ve kovadaki bal arısı türü ve coğrafi ve iklimsel özelliklere bağlı olarak değişken ve karmaşık nitelikte olduğu bildirilmiştir (Özdal vd. 2019).

İncelenen propolis örneklerinin flavonoid madde içeriklerinin 216.01-8546.48 mg KE/100g aralığında olduğu belirlenmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda ülkemizden toplanan propolis örneklerinin flavonoid madde içeriklerinin 388.00-5831.00 mg KE/100g (Degirmencioglu vd. 2019), 3073.90-29175.00 mg KE/100g (Özdal vd. 2019) ve 4119.00-7019.00 mg KE/100g (Al-Juhaimi vd. 2022), farklı ülkelerden toplanan propolis örneklerinin flavonoid madde içeriklerinin ise 1330.00-4260.00 mg KE/100g (Moreno vd. 2000), 250.00-17600.00 mg KE/100g (Kumazawa vd. 2004) ve 3564.00-6204.00 mg KE/100g (Socha vd. 2015) değerleri arasında değiştiği bildirilmiştir. Elde edilen bulguların literatür verileri ile genel olarak uyumlu olduğu ve bazı farklılıkların ise propolis örneklerinin bileşen farklılıklarının yanı sıra ekstraksiyon koşullarındaki farklılıklardan kaynaklanabileceği değerlendirilmiştir. Bazı çalışmalarda kullanılan çözücü türü ve konsantrasyonunun propolis örneklerinin toplam flavonoid madde içeriği üzerine önemli düzeyde etkili olduğu ve etanol ile gerçekleştirilen ekstraksiyonun ekstraktaki flavonoid madde verimini arttırdığı rapor edilmiştir (Cottica vd. 2011; Mouhoubi-Tafnine vd. 2016).

4.6. Antioksidan Aktivite Analiz Sonuçları

4.6.1. Bal örneklerinin antioksidan aktivite analiz sonuçları

Bal örneklerine ait antioksidan aktivite analizi, varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.37, 4.38 ve 4.39’da verilmiştir.

Çizelge 4.37. Bal örneklerine ait antioksidan aktivite analiz sonuçları

Örnek	I. yıl		Örnek	II. yıl	
	TEAC ($\mu\text{mol TE/g}$)	CUPRAC ($\mu\text{mol TE/g}$)		TEAC ($\mu\text{mol TE/g}$)	CUPRAC ($\mu\text{mol TE/g}$)
Akdeniz					
A1-1	2.41	4.96	A2-1	4.80	1.36
A1-2	1.69	3.23	A2-2	5.28	7.64
A1-3	1.09	2.60	A2-3	3.07	1.87
A1-4	5.75	5.16	A2-4	2.50	2.75
A1 _{ortalama}	2.73	3.99	A2 _{ortalama}	3.91	3.41
Doğu Anadolu					
D1-1	2.58	5.10	D2-1	2.91	0.83
D1-2	2.23	4.57	D2-2	2.39	2.42
D1-3	5.62	6.30	D2-3	4.49	4.08
D1-4	1.95	5.05			
D1 _{ortalama}	3.09	5.26	D2 _{ortalama}	3.26	2.44
Ege					
E1-1	2.75	4.89	E2-1	1.76	1.84
E1-2	4.31	6.85	E2-2	4.90	5.86
E1-3	3.94	5.67	E2-3	2.12	3.27
			E2-4	2.33	4.71
E1 _{ortalama}	3.67	5.81	E2 _{ortalama}	2.78	3.92
Güneydoğu Anadolu					
G1-1	2.77	5.33	G2-1	2.92	2.95
G1-2	1.26	3.22	G2-2	3.97	1.27
G1-3	1.93	6.23	G2-3	0.93	1.30
			G2-4	3.08	2.63
G1 _{ortalama}	1.99	4.93	G2 _{ortalama}	2.73	2.04
İç Anadolu					
İ1-1	7.99	13.12	İ2-1	2.34	1.59
İ1-2	1.57	3.32	İ2-2	2.27	2.09
İ1-3	1.63	3.20	İ2-3	1.87	2.94
İ1-4	1.36	3.53			
İ1 _{ortalama}	3.14	5.79	İ2 _{ortalama}	2.16	2.21
Karadeniz					
K1-1	2.64	3.22	K2-1	4.03	2.74
K1-2	2.28	3.89	K2-2	1.35	1.15
K1-3	5.71	10.54	K2-3	3.11	5.50
			K2-4	7.40	16.94
K1 _{ortalama}	3.54	5.89	K2 _{ortalama}	3.97	6.58
Marmara					
M1-1	3.27	7.50	M2-1	2.98	3.05
M1-2	2.05	2.76	M2-2	1.66	1.78
M1-3	2.47	5.69	M2-3	3.96	7.68
M1-4	1.96	4.96			
M1 _{ortalama}	2.44	5.23	M2 _{ortalama}	2.86	4.17

Çizelge 4.38. Bal örneklerine ait antioksidan aktivite varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	TEAC			CUPRAC	
	SD	KO	F	KO	F
Bölgeler	6	3.27	1.33*	12.69	1.58*
Yıllar	1	0.58	0.24	73.42	9.14**
Bölgeler*Yıllar	6	2.34	0.95	7.91	0.99
Hata	86	2.46		8.03	

Çizelge 4.39. Bal örneklerine ait TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Bölgeler	TEAC ($\mu\text{mol TE/g}$)		
	I. yıl	II. yıl	Bölge Genel Ortalama
Akdeniz	2.73 ^{Aa} $\pm$ 0.68	3.91 ^{Aa} $\pm$ 0.44	3.32 ^{BA} $\pm$ 0.42
Doğu Anadolu	3.09 ^{Aa} $\pm$ 0.56	3.26 ^{BAa} $\pm$ 0.40	3.17 ^{BA} $\pm$ 0.35
Ege	3.67 ^{Aa} $\pm$ 0.30	2.78 ^{BAa} $\pm$ 0.47	3.16 ^{BA} $\pm$ 0.31
Güneydoğu Anadolu	1.99 ^{Aa} $\pm$ 0.30	2.73 ^{BAa} $\pm$ 0.42	2.41 ^B $\pm$ 0.28
İç Anadolu	3.14 ^{Aa} $\pm$ 1.06	2.16 ^{Ba} $\pm$ 0.09	2.72 ^{BA} $\pm$ 0.60
Karadeniz	3.54 ^{Aa} $\pm$ 0.69	3.97 ^{Aa} $\pm$ 0.83	3.79 ^A $\pm$ 0.54
Marmara	2.44 ^{Aa} $\pm$ 0.24	2.86 ^{BAa} $\pm$ 0.42	2.62 ^{BA} $\pm$ 0.22
Yıl Genel Ortalama	2.93 ^a $\pm$ 0.24	3.14 ^a $\pm$ 0.20	

Bölgeler	CUPRAC ($\mu\text{mol TE/g}$)		
	I. yıl	II. yıl	Bölge Genel Ortalama
Akdeniz	3.99 ^{Aa} $\pm$ 0.42	3.41 ^{BAa} $\pm$ 0.94	3.70 ^B $\pm$ 0.50
Doğu Anadolu	5.26 ^{Aa} $\pm$ 0.24	2.44 ^{Bb} $\pm$ 0.59	4.05 ^{BA} $\pm$ 0.48
Ege	5.81 ^{Aa} $\pm$ 0.36	3.92 ^{BAb} $\pm$ 0.57	4.73 ^{BA} $\pm$ 0.43
Güneydoğu Anadolu	4.93 ^{Aa} $\pm$ 0.56	2.04 ^{Bb} $\pm$ 0.29	3.28 ^B $\pm$ 0.49
İç Anadolu	5.79 ^{Aa} $\pm$ 1.60	2.21 ^{Ba} $\pm$ 0.25	4.26 ^{BA} $\pm$ 1.02
Karadeniz	5.89 ^{Aa} $\pm$ 1.48	6.58 ^{Aa} $\pm$ 2.34	6.28 ^A $\pm$ 1.43
Marmara	5.23 ^{Aa} $\pm$ 0.68	4.17 ^{BAa} $\pm$ 1.13	4.78 ^{BA} $\pm$ 0.61
Yıl Genel Ortalama	5.24 ^a $\pm$ 0.34	3.61 ^b $\pm$ 0.47	

Varyans analizi sonuçlarına göre bölgeler arasındaki farklılıkların bal örneklerinin TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca yıllar arasındaki farklılıkların bal örneklerinin CUPRAC antioksidan aktivite değerleri üzerinde de istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nden temin edilen bal örneklerinin TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite değerlerinin diğer bölgelerden temin edilen ballardan daha düşük, Karadeniz Bölgesi'nden temin edilen bal örneklerinin TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite değerlerinin ise diğer bölgelerden temin edilen ballardan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca birinci yıl temin edilen bal örneklerinin CUPRAC antioksidan aktivite değerlerinin ikinci yıl temin edilen bal örneklerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu bulgular toplam fenolik ve flavonoid madde sonuçları ile birlikte incelendiğinde Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nden temin edilen bal örneklerinin toplam fenolik ve flavonoid madde içeriklerinin düşük olduğu ve bu durumun antioksidan aktivite sonuçlarına da yansıdığı değerlendirilmiştir. Benzer şekilde Karadeniz Bölgesi

ballarının bu bileşenlerce zengin olmasının da bu bal örneklerinin TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite değerlerini arttırdığı şeklinde yorumlanmıştır. Bal, glikoz oksidaz ve katalaz gibi enzimler, fenolik asitler, flavonoidler, vitaminler, proteinler ve Maillard reaksiyon ürünleri gibi antioksidan aktiviteye katkı sağlayan maddeleri yapısında bulundurması nedeniyle antioksidan aktiviteye sahiptir. Fenolik bileşikler balın antioksidan aktivitesine önemli düzeyde katkıda sağlayan bileşenlerdir ancak bunların yanı sıra balın antioksidan aktivitesi nektar kaynağına, toplanma mevsimine ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Yalçın 2021).

İncelenen bal örneklerinin TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite değerlerinin sırasıyla 0.93-7.99 ve 0.83-16.94 $\mu\text{mol TE/g}$ aralıklarında olduğu tespit edilmiştir. En yüksek TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite değerlerine sahip örneklerin ise İ1-1 ve K2-4 kodlu karışık bal örnekleri olduğu ve bu sonuçların da toplam fenolik madde analiz sonuçları ile uyumlu olduğu değerlendirilmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda farklı bal örneklerinin TEAC antioksidan aktivite değerlerinin 0.97-7.46 $\mu\text{mol TE/g}$ (Sancho vd. 2016) ve 0.34-7.01 $\mu\text{mol TE/g}$ (Sant'Ana vd. 2012) aralıklarında olduğu rapor edilmiştir. Ülkemizde gerçekleştirilen bir çalışmada ise incelenen 14 adet çiçek ve 6 adet salgı balı olmak üzere 20 farklı bal örneğinin CUPRAC antioksidan aktivite değerlerinin 1.10-23.80 $\mu\text{mol TE/g}$ aralığında değiştiği (Kaygusuz vd. 2016) ve Romanya'dan toplanan bal örnekleri ile yapılan bir diğer çalışmada ise bal örneklerinin antioksidan aktivite değerlerinin 0.27-1.45 $\mu\text{mol TE/g}$ (Dumbrava vd. 2013) aralığında olduğu bildirilmiştir. Elde edilen bulguların literatür verileri ile genel olarak uyumlu olduğu değerlendirilmiştir.

4.6.2. Polen örneklerinin antioksidan aktivite analiz sonuçları

Polen örneklerine ait antioksidan aktivite analizi, varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.40, 4.41 ve 4.42'de verilmiştir.

Çizelge 4.40. Polen örneklerine ait antioksidan aktivite analiz sonuçları

Örnek	I. yıl		Örnek	II. yıl	
	TEAC ($\mu\text{mol TE/g}$)	CUPRAC ($\mu\text{mol TE/g}$)		TEAC ($\mu\text{mol TE/g}$)	CUPRAC ($\mu\text{mol TE/g}$)
Akdeniz					
A1-1	139.36	68.48	A2-1	152.65	97.00
A1-2	184.58	126.12	A2-2	147.52	55.23
			A2-3	133.49	40.85
			A2-4	121.29	37.08
A1ortalama	161.97	97.30	A2ortalama	138.74	57.54
Doğu Anadolu					
D1-1	124.26	57.67	D2-1	116.84	35.22
D1-2	127.07	58.93	D2-2	128.35	39.58
D1-3	146.81	57.63	D2-3	131.69	44.96
D1-4	177.12	118.00			
D1ortalama	143.82	73.06	D2ortalama	125.63	39.92
Ege					
E1-1	212.36	172.17	E2-1	101.20	28.87
E1-2	204.65	97.04	E2-2	68.34	56.52
			E2-3	397.48	34.92
			E2-4	119.42	43.32
E1ortalama	208.51	134.61	E2ortalama	171.61	40.91

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.40'ın devamı

Örnek	I. yıl		Örnek	II. yıl	
	TEAC ($\mu\text{mol TE/g}$)	CUPRAC ($\mu\text{mol TE/g}$)		TEAC ($\mu\text{mol TE/g}$)	CUPRAC ($\mu\text{mol TE/g}$)
Güneydoğu Anadolu					
G1-1	141.11	75.98	G2-1	159.05	69.44
G1-2	128.16	66.49	G2-2	230.87	57.42
G1-3	122.08	64.07	G2-3	200.26	28.77
G1-4	94.99	42.72			
G1 _{ortalama}	121.58	62.32	G2 _{ortalama}	196.73	51.87
İç Anadolu					
İ1-1	185.38	125.16	İ2-1	102.82	53.99
İ1-2	125.21	64.94	İ2-2	100.41	25.58
			İ2-3	96.16	27.22
			İ2-4	120.07	37.36
			İ2-5	112.09	51.65
İ1 _{ortalama}	155.30	95.06	İ2 _{ortalama}	106.31	39.16
Karadeniz					
K1-1	85.03	43.73	K2-1	108.47	38.09
K1-2	90.01	47.24	K2-2	106.16	23.23
K1-3	292.54	289.80	K2-3	125.62	84.71
K1-4	145.46	54.14			
K1-5	97.94	46.01			
K1-6	135.96	69.60			
K1 _{ortalama}	141.16	91.75	K2 _{ortalama}	113.41	48.68
Marmara					
M1-1	148.66	77.54	M2-1	138.49	43.22
M1-2	166.99	72.52	M2-2	107.85	42.50
M1-3	189.16	104.79	M2-3	287.60	207.12
M1-4	126.16	58.68			
M1-5	286.67	127.99			
M1 _{ortalama}	183.52	88.30	M2 _{ortalama}	177.98	97.62

Çizelge 4.41. Polen örneklerine ait antioksidan aktivite varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	TEAC			CUPRAC	
	SD	KO	F	KO	F
Bölgeler	6	7927.16	2.34*	2700.64767	1.36
Yıllar	1	3319.19	0.98	32332.74818	16.30**
Bölgeler*Yıllar	6	5525.43	1.63	3366.19855	1.70
Hata	86	3384.20		1983.74	

Çizelge 4.42. Polen örneklerine ait TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Bölgeler	TEAC ($\mu\text{mol TE/g}$)		
	I. yıl	II. yıl	Bölge Genel Ortalama
Akdeniz	161.97 ^{BAa} $\pm$ 13.24	138.74 ^{BAa} $\pm$ 4.71	146.48 ^{BA} $\pm$ 6.02
Doğu Anadolu	143.82 ^{BAa} $\pm$ 8.43	125.63 ^{BAa} $\pm$ 3.28	136.02 ^{BA} $\pm$ 5.47
Ege	208.51 ^{Aa} $\pm$ 9.06	171.61 ^{BAa} $\pm$ 49.78	183.91 ^A $\pm$ 32.96
Güneydoğu Anadolu	121.58 ^{Bb} $\pm$ 6.67	196.73 ^{Aa} $\pm$ 13.23	153.79 ^{BA} $\pm$ 12.21
İç Anadolu	155.30 ^{BAa} $\pm$ 17.66	106.31 ^{Bb} $\pm$ 3.48	120.31 ^B $\pm$ 8.01
Karadeniz	141.16 ^{Ba} $\pm$ 21.65	113.41 ^{Ba} $\pm$ 3.93	131.91 ^B $\pm$ 14.62
Marmara	183.52 ^{BAa} $\pm$ 18.75	177.98 ^{BAa} $\pm$ 35.14	181.44 ^A $\pm$ 16.93
Yıl Genel Ortalama	155.11 ^a $\pm$ 7.53	144.57 ^a $\pm$ 9.81	

Bölgeler	CUPRAC ($\mu\text{mol TE/g}$)		
	I. yıl	II. yıl	Bölge Genel Ortalama
Akdeniz	97.30 ^{BAa} $\pm$ 16.81	57.54 ^{Bb} $\pm$ 9.00	70.79 ^A $\pm$ 9.59
Doğu Anadolu	73.06 ^{BAa} $\pm$ 9.89	39.92 ^{Bb} $\pm$ 1.99	58.86 ^A $\pm$ 7.17
Ege	134.61 ^{Aa} $\pm$ 21.74	40.91 ^{Bb} $\pm$ 3.93	72.14 ^A $\pm$ 15.06
Güneydoğu Anadolu	62.32 ^{Ba} $\pm$ 4.83	51.87 ^{Ba} $\pm$ 7.70	57.84 ^A $\pm$ 4.36
İç Anadolu	95.06 ^{BAa} $\pm$ 17.48	39.16 ^{Bb} $\pm$ 4.00	55.13 ^A $\pm$ 8.78
Karadeniz	91.75 ^{BAa} $\pm$ 26.96	48.68 ^{Ba} $\pm$ 11.72	77.39 ^A $\pm$ 18.74
Marmara	88.30 ^{BAa} $\pm$ 8.37	97.62 ^{Aa} $\pm$ 34.64	91.80 ^A $\pm$ 13.33
Yıl Genel Ortalama	87.50 ^a $\pm$ 7.51	52.15 ^b $\pm$ 5.16	

Varyans analizi sonuçlarına göre bölgeler arasındaki farklılıkların polen örneklerinin TEAC antioksidan aktivite değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) bir etkisinin olduğu belirlenirken, yıllar arasındaki farkın ise polen örneklerinin CUPRAC antioksidan aktivite değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, İç Anadolu Bölgesi'nden temin edilen polen örneklerinin TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite değerlerinin diğer bölgelerden temin edilen polenlerden daha düşük, Marmara Bölgesi'nden temin edilen polen örneklerinin TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite değerlerinin ise diğer bölgelerden temin edilen polenlerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca birinci yıl temin edilen polen örneklerinin TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite değerlerinin, ikinci yıl temin edilen polen örneklerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu bulgular toplam fenolik madde sonuçları ile birlikte değerlendirildiğinde İç Anadolu Bölgesi'nden temin edilen polen örneklerinin toplam fenolik ve flavonoid madde içeriklerinin düşük olduğu ve bu durumun antioksidan aktivite sonuçlarına da yansıdığı değerlendirilmiştir. Benzer şekilde Marmara Bölgesi polenlerinin fenolik bileşenlerce zengin olmasının bu polen örneklerinin TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite değerlerini de arttırdığı şeklinde yorumlanmıştır. Arı polenin bileşimi botanik kaynağının yanı sıra bulunduğu bölgenin toprak özellikleri ve iklim koşulları gibi diğer faktörlere de bağlıdır ve bu faktörler polenin antioksidan özelliklerini önemli düzeyde etkilemektedir (Pascoal vd. 2014; Tütün vd. 2021).

İncelenen polen örneklerinin TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite değerlerinin sırasıyla 68.34-397.48 ve 23.23-289.80 $\mu\text{mol TE/g}$ aralıklarında değiştiği tespit edilmiştir. Polen örneklerine ait TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite

değerlerine bakıldığında K1-3 kodlu kestane poleni örneğinin hem TEAC hem de CUPRAC antioksidan aktivite değerlerinin toplam fenolik ve flavonoid madde analiz sonuçlarına da paralel olarak yüksek olduğu belirlenmiştir. Kestane polenlerinin antioksidan aktivitelerinin yüksek olduğu çeşitli araştırmalarda da bildirilmiştir (Kalaycıoğlu vd. 2017; Özkök ve Silici 2017). Yapılan bazı çalışmalarda farklı polen örneklerinin TEAC antioksidan aktivite değerlerinin 6.20-111.40 $\mu\text{mol TE/g}$ (Dülger Altın vd. 2020), 10.00-1060.00 $\mu\text{mol TE/g}$ (Zhang vd. 2015) ve 48.80-224.60 $\mu\text{mol TE/g}$ (Rocchetti vd. 2019) aralıklarında olduğu rapor edilmiştir. Polen örneklerinin CUPRAC antioksidan aktivite değerlerinin ise 33.10-91.80 $\mu\text{mol TE/g}$ (Ulusoy ve Kolaylı 2014), 20.00-240.00 $\mu\text{mol TE/g}$ (Saral vd. 2019) ve 6.25-257.27 $\mu\text{mol TE/g}$ (Dülger Altın vd. 2020) aralıklarında değiştiği bildirilmiştir.

4.6.3. Propolis örneklerinin antioksidan aktivite analiz sonuçları

Propolis örneklerine ait antioksidan aktivite analizi, varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.43, 4.44 ve 4.45'te verilmiştir.

Çizelge 4.43. Propolis örneklerine ait antioksidan aktivite analiz sonuçları

Örnek	I. yıl		Örnek	II. yıl	
	TEAC ($\mu\text{mol TE/g}$)	CUPRAC ($\mu\text{mol TE/g}$)		TEAC ($\mu\text{mol TE/g}$)	CUPRAC ($\mu\text{mol TE/g}$)
Akdeniz					
A1-1	2229.18	858.93	A2-1	6126.39	1404.10
A1-2	146.26	54.31	A2-2	2981.54	729.50
A1-3	407.11	200.78	A2-3	1010.35	244.06
			A2-4	673.67	207.13
A1 _{ortalama}	927.52	371.34	A2 _{ortalama}	2697.99	646.20
Doğu Anadolu					
D1-1	1104.48	383.29	D2-1	2602.02	836.00
D1-2	3348.02	3248.78	D2-2	1379.20	362.43
D1-3	830.82	427.55	D2-3	6819.20	2026.94
D1-4	1332.10	467.41	D2-4	2252.33	835.49
D1 _{ortalama}	1653.86	1131.76	D2 _{ortalama}	3263.19	1015.22
Ege					
E1-1	1698.04	563.43	E2-1	4329.87	793.56
E1-2	1455.76	520.18	E2-2	3389.05	782.15
E1-3	2996.79	2518.00	E2-3	1762.59	344.30
			E2-4	585.99	214.48
E1 _{ortalama}	2050.20	1200.53	E2 _{ortalama}	2516.88	533.62
Güneydoğu Anadolu					
G1-1	1724.86	676.29	G2-1	1622.77	501.46
G1-2	813.47	363.39	G2-2	2048.11	709.40
G1-3	989.42	252.47	G2-3	4138.23	1188.62
			G2-4	1042.60	257.91
G1 _{ortalama}	1175.92	430.72	G2 _{ortalama}	2212.93	664.35
İç Anadolu					
İ1-1	918.96	408.49	İ2-1	3938.46	858.77
İ1-2	736.07	334.42	İ2-2	4433.11	1319.45
İ1-3	2054.80	1016.40	İ2-3	6506.77	2177.74
İ1-4	2515.91	2999.54			
İ1 _{ortalama}	1556.44	1189.71	İ2 _{ortalama}	4959.45	1451.99

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.43'ün devamı

Örnek	I. yıl		Örnek	II. yıl	
	TEAC ($\mu\text{mol TE/g}$)	CUPRAC ($\mu\text{mol TE/g}$)		TEAC ($\mu\text{mol TE/g}$)	CUPRAC ($\mu\text{mol TE/g}$)
Karadeniz					
K1-1	2045.77	801.07	K2-1	1509.89	507.75
K1-2	1739.43	653.35	K2-2	5443.91	1576.97
K1-3	2312.91	987.56	K2-3	3998.71	923.69
K1-4	1765.96	732.74			
K1 _{ortalama}	1966.02	793.68	K2 _{ortalama}	3650.84	1002.80
Marmara					
M1-1	2301.75	926.76	M2-1	2784.48	550.61
M1-2	1585.88	728.60	M2-2	6725.01	2009.54
M1-3	2285.70	870.34	M2-3	8113.13	1996.15
M1-4	1990.76	764.20			
M1 _{ortalama}	2041.03	822.47	M2 _{ortalama}	5874.21	1518.77

Çizelge 4.44. Propolis örneklerine ait antioksidan aktivite varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	TEAC			CUPRAC	
	SD	KO	F	KO	F
Bölgeler	6	8874150.52	4.31**	1284538.43	2.78*
Yıllar	1	95282230.91	46.25**	398470.41	0.86
Bölgeler*Yıllar	6	5101728.43	2.48*	618098.05	1.34
Hata	86	2060284.20		462799.69	

Çizelge 4.45. Propolis örneklerine ait TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Bölgeler	TEAC ($\mu\text{mol TE/g}$)		
	I. yıl	II. yıl	Bölge Genel Ortalama
Akdeniz	927.52 ^{Ba} ±414.37	2697.99 ^{Ca} ±819.11	1939.21 ^{CB} ±542.03
Doğu Anadolu	1653.86 ^{BAA} ±375.77	3263.19 ^{CBa} ±794.64	2458.52 ^{CB} ±472.71
Ege	2050.20 ^{Aa} ±302.85	2516.87 ^{Ca} ±547.07	2316.87 ^{CB} ±333.63
Güneydoğu Anadolu	1175.92 ^{BAA} ±176.61	2212.93 ^{Ca} ±441.96	1768.49 ^C ±292.40
İç Anadolu	1556.44 ^{BAb} ±283.42	4959.45 ^{BAA} ±503.92	3014.87 ^{BA} ±533.60
Karadeniz	1966.02 ^{Ab} ±88.77	3650.84 ^{CBa} ±729.09	2688.08 ^{CBA} ±378.84
Marmara	2041.03 ^{Ab} ±110.28	5874.21 ^{Aa} ±1010.30	3683.82 ^A ±669.92
Yıl Genel Ortalama	1653.21 ^b ±110.47	3448.70 ^a ±305.06	
Bölgeler	CUPRAC ($\mu\text{mol TE/g}$)		
	I. yıl	II. yıl	Bölge Genel Ortalama
Akdeniz	371.34 ^{Aa} ±157.04	646.20 ^{Ba} ±182.94	528.40 ^C ±125.64
Doğu Anadolu	1131.76 ^{Aa} ±462.16	1015.21 ^{BAa} ±232.99	1073.49 ^{CBA} ±250.46
Ege	1200.53 ^{Aa} ±417.44	533.62 ^{Ba} ±98.16	819.44 ^{CBA} ±200.17
Güneydoğu Anadolu	430.72 ^{Aa} ±80.71	664.34 ^{Ba} ±129.43	564.22 ^{CB} ±85.18
İç Anadolu	1189.71 ^{Aa} ±407.56	1451.99 ^{Aa} ±245.78	1302.12 ^A ±249.73
Karadeniz	793.68 ^{Aa} ±46.92	1002.81 ^{BAa} ±197.23	883.31 ^{CBA} ±88.96
Marmara	822.47 ^{Ab} ±32.50	1518.77 ^{Aa} ±306.68	1120.88 ^{BA} ±157.99
Yıl Genel Ortalama	870.33 ^a ±114.90	934.33 ^a ±86.81	

Varyans analizi sonuçlarına göre bölgeler ve yıllar arasındaki farklılıkların propolis örneklerinin TEAC antioksidan aktivite değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bir etkisinin olduğu, CUPRAC antioksidan aktivite sonuçlarının ise yalnızca bölgesel farklılıklardan önemli düzeyde ($p<0.05$) etkilendiği belirlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nden temin edilen propolis örneklerinin TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite değerlerinin diğer bölgelerden temin edilen propolislerden daha düşük ve İç Anadolu, Karadeniz ve Marmara Bölgeleri'nden temin edilen propolis örneklerinin TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite değerlerinin ise diğer bölgelerden temin edilen propolislerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçların bölgeler arası toplam fenolik madde içerikleri ile uyumlu olduğu değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmalarda propolis örneklerinin fenolik madde içeriği ile antioksidan aktivitesi arasında bir korelasyon olduğu rapor edilmiştir (Asem vd. 2020; Degirmencioglu vd. 2019; Socha vd. 2015). Bir araştırmada Marmara Bölgesi'nden temin edilen propolis örneklerinin DPPH ve CUPRAC yöntemleri ile elde edilen antioksidan aktivite bulgularının Akdeniz, Doğu Anadolu ve İç Anadolu Bölgeleri'nden temin edilen propolis örneklerine göre daha yüksek olduğu rapor edilmiştir (Özdağ vd. 2019). Propolisin kimyasal bileşimi ve biyoaktif özelliklerinin üretildiği coğrafi konumdan, iklimden, floradan, arı kolonisinin gücü ve üretim mevsiminden önemli ölçüde etkilendiği ve bu faktörlerin de her ülke ve bölgenin propolisine çeşitlilik ve benzersizlik kazandırdığı bildirilmiştir (Boulechfar vd. 2022; Pant vd. 2021).

Yıllar arasındaki farklılıklar incelendiğinde ikinci yıl temin edilen propolis örneklerinin TEAC antioksidan aktivite değerlerinin birinci yıl örneklerinden daha yüksek olduğu ancak CUPRAC antioksidan aktivite düzeylerinin ise birbirlerine yakın olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılığın örnek bileşimlerindeki biyoaktif maddelerin antioksidan aktivite radikallerine gösterdikleri farklı kimyasal tepkilerden ve reaksiyon mekanizmalarından kaynaklanabileceği değerlendirilmiştir. Antioksidan aktivite analizinde TEAC yöntemi radikal süpürme kabiliyetini ölçmek için kullanılırken, CUPRAC yöntemi ise ekstraktların bakır iyonlarını indirgeme kabiliyetini değerlendirmek için kullanılmaktadır (Boulechfar vd. 2022). Arıcılık ürünlerinin antioksidan kapasitelerinin değerlendirilmesi için uygulanan farklı analiz yöntemleri (CUPRAC, DPPH, FRAP, TEAC vd.) bulunmaktadır. Bu yöntemler arasındaki farklılıkların bazı durumlarda çelişkili sonuçlar ortaya çıkarabileceği ve bu nedenle de antioksidan aktivitenin daha iyi değerlendirilebilmesi için farklı analizlerin aynı anda uygulanmasının gerekliliği belirtilmiştir (Yeşiltas vd. 2014).

İncelenen propolis örneklerinin TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite değerlerinin sırasıyla 146.26-8113.13 ve 54.31-3248.78 $\mu\text{mol TE/g}$ aralıklarında değiştiği tespit edilmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda propolis örneklerinin TEAC antioksidan aktivite değerlerinin 225.43-2264.09 $\mu\text{mol TE/g}$ (Nina vd. 2016) ve 1868.45- 2913.55 $\mu\text{mol TE/g}$ (Andrade vd. 2017) aralıklarında olduğu rapor edilmiştir. Ülkemizde gerçekleştirilen farklı çalışmalarda ise propolis örneklerinin CUPRAC antioksidan aktivite değerlerinin 900.00-2640.00 $\mu\text{mol TE/g}$ (Can 2018), 270.00-400.00 $\mu\text{mol TE/g}$ (Saraç vd. 2019) ve 710.00-8240.00 $\mu\text{mol TE/g}$ (Sarıkahya vd. 2021) aralıklarında olduğu bildirilmiştir. Sonuçlar arasındaki farklılıkların örneklerin bileşim özellikleri açısından meydana gelen farklılıklarının yanı sıra ekstraksiyon koşullarındaki farklılıklardan da kaynaklanabileceği değerlendirilmiştir. Yapılan bir çalışmada ultrasonikasyon,

süperkritik akışkan ve karıştırma-bekletme kombinasyonu şeklinde farklı teknikler ile propolis örneğinin ekstraksiyonu gerçekleştirilmiş ve TEAC antioksidan aktivite sonuçları aynı örnek için sırasıyla 2190.00, 250.00 ve 2130.00 $\mu\text{mol TE/g}$ olarak bildirilmiştir (Yuan vd. 2019).

4.7. Antiinflamatuvar Aktivite Analiz Sonuçları

4.7.1. Bal örneklerinin antiinflamatuvar aktivite analiz sonuçları

Bal örneklerine ait antiinflamatuvar aktivite analizi, varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.46, 4.47 ve 4.48’de verilmiştir.

Çizelge 4.46. Bal örneklerine ait antiinflamatuvar aktivite analiz sonuçları

Örnek	I. yıl	Örnek	II. yıl
	Antiinflamatuvar aktivite (%)		Antiinflamatuvar aktivite (%)
Akdeniz			
A1-1	59.23	A2-1	41.26
A1-2	65.71	A2-2	33.77
A1-3	60.77	A2-3	46.24
A1-4	79.78	A2-4	52.11
A1ortalama	66.37	A2ortalama	43.34
Doğu Anadolu			
D1-1	38.54	D2-1	50.45
D1-2	54.98	D2-2	51.72
D1-3	67.16	D2-3	35.96
D1-4	66.10		
D1ortalama	56.70	D2ortalama	46.04
Ege			
E1-1	55.47	E2-1	59.57
E1-2	66.81	E2-2	51.55
E1-3	48.75	E2-3	58.58
		E2-4	51.15
E1ortalama	57.01	E2ortalama	55.21
Güneydoğu Anadolu			
G1-1	43.80	G2-1	30.19
G1-2	63.10	G2-2	32.26
G1-3	64.81	G2-3	56.51
		G2-4	40.40
G1ortalama	57.24	G2ortalama	39.84
İç Anadolu			
İ1-1	50.34	İ2-1	47.84
İ1-2	51.74	İ2-2	58.67
İ1-3	47.59	İ2-3	50.98
İ1-4	45.05		
İ1ortalama	48.68	İ2ortalama	52.50

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.46'nın devamı

Örnek	I. yıl	Örnek	II. yıl
	<i>Antiinflamatuvar aktivite (%)</i>		<i>Antiinflamatuvar aktivite (%)</i>
Karadeniz			
K1-1	45.11	K2-1	58.40
K1-2	53.59	K2-2	51.39
K1-3	47.75	K2-3	49.31
		K2-4	73.98
K1ortalama	48.82	K2ortalama	58.27
Marmara			
M1-1	48.59	M2-1	44.08
M1-2	53.93	M2-2	42.31
M1-3	36.87	M2-3	68.70
M1-4	31.44		
M1ortalama	42.71	M2ortalama	51.70

Çizelge 4.47. Bal örneklerine ait antiinflamatuvar aktivite varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	<i>Antiinflamatuvar aktivite</i>		
	SD	KO	F
Bölgeler	6	150.81	1.94*
Yıllar	1	468.91	6.02*
Bölgeler*Yıllar	6	604.19	7.75**
Hata	86	77.92	

Çizelge 4.48. Bal örneklerine ait antiinflamatuvar aktivite Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Bölgeler	<i>Antiinflamatuvar aktivite (%)</i>		
	I. yıl	II. yıl	Bölge Genel Ortalama
Akdeniz	66.37 ^{Aa} ± 3.06	43.34 ^{DCb} ± 2.60	54.86 ^A ± 3.55
Doğu Anadolu	56.70 ^{BAa} ± 4.36	46.04 ^{DCBa} ± 3.26	52.13 ^{CBA} ± 3.12
Ege	57.01 ^{BAa} ± 3.34	55.21 ^{BAa} ± 1.52	55.98 ^A ± 1.61
Güneydoğu Anadolu	57.24 ^{BAa} ± 4.27	39.84 ^{Db} ± 3.94	47.30 ^{CB} ± 3.67
İç Anadolu	48.68 ^{CBa} ± 0.98	52.50 ^{CBAa} ± 2.11	50.32 ^{CBA} ± 1.14
Karadeniz	48.82 ^{CBa} ± 1.60	58.27 ^{Aa} ± 3.66	54.22 ^{BA} ± 2.50
Marmara	42.71 ^{Ca} ± 3.40	51.70 ^{CBAa} ± 5.41	46.56 ^C ± 3.15
Yıl Genel Ortalama	53.88^a ± 1.57	49.49^b ± 1.50	

Varyans analizi sonuçlarına göre bölgeler ve yıllar arasındaki farklılıkların bal örneklerinin antiinflamatuvar aktiviteleri üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, Marmara Bölgesi'nden temin edilen bal örneklerinin antiinflamatuvar aktivitelerinin diğer bölgelerden temin edilen ballardan daha düşük, Ege Bölgesi'nden temin edilen bal örneklerinin antiinflamatuvar aktivitelerinin ise diğer bölgelerden temin edilen ballardan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca birinci yıl temin edilen bal örneklerinin

ikinci yıl temin edilen bal örneklerinden daha yüksek bir antiinflamatuvar aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir. Bal örneklerinin fenolik madde sonuçları incelendiğinde istatistiksel olarak bir farklılık olmamakla birlikte Ege Bölgesi ballarının toplam fenolik madde içeriklerinin diğer bölgelere göre nispeten daha yüksek olduğu, yıllar arası farklılık incelendiğinde ise birinci yıl örneklerinin toplam fenolik ve flavonoid madde içeriklerinin ikinci yıl temin edilen bal örneklerinden daha yüksek olduğu belirlenmiş ve bu sonuçların bal örneklerinin antiinflamatuvar aktivitesi üzerinde etkili olabileceği değerlendirilmiştir. Balın antiinflamatuvar aktivitesi reaktif oksijen türlerinin oluşumunun inhibisyonu, lökosit infiltrasyonunun inhibisyonu, siklooksigenaz-2 enziminin inhibisyonu, nitrik oksit sentaz ekspresyonu, keratinositlerde matris metalloproteinaz-9 üretiminin inhibisyonu gibi mekanizmalarla gerçekleşmektedir. Bu aktivitede rol oynayan temel bileşim unsurları ise glikoz oksidaz aktivitesi ile oluşan H_2O_2 ve glikonik asit ile metilglioksal ve fenolik bileşikler olup (Hadagali ve Chua 2014), balın bu bileşenleri nektar kaynağına, çevresel faktörlere ve arı türüne bağlı olarak farklılık göstermektedir (Ranneh vd. 2021).

İncelenen bal örneklerinin antiinflamatuvar aktivitelerinin %30.19-79.78 aralığında olduğu belirlenmiştir. Analiz edilen örnekler ayrı ayrı incelendiğinde ise A1-4 kodlu kısamahmut çiçek balının antiinflamatuvar aktivitesinin diğer örneklere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu örneğe ait toplam fenolik ve flavonoid madde içerikleri ise örneklerin büyük çoğunluğuna göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Ancak bu sonuç üzerine H_2O_2 ve glikonik asit gibi balın diğer bileşenlerinin de etkili olduğu değerlendirilmiştir. Yapılan bir çalışmada 0.75 g/mL konsantrasyonundaki 15 farklı bal örneğinin hyaluronidaz enzimi inhibisyon değerlerinin %12.00-85.00 aralığında olduğu bildirilmiştir (Alevia vd. 2021). Bir diğer çalışmada ise 0.75 g/mL konsantrasyonundaki üç farklı funda balının antiinflamatuvar aktivitesinin %46.60, %53.00 ve %54.20 olarak belirlendiği rapor edilmiştir (Oses vd. 2022). Bu çalışma kapsamında funda balı olarak belirlenen K2-3 kodlu örneğin 0.4 g/mL konsantrasyonundaki çözeltisine ait antiinflamatuvar aktivite değerinin ise %49.31 olduğu belirlenmiş olup, bu sonucun konsantrasyon farklılığına rağmen literatür verisi ile uyumlu olduğu değerlendirilmiştir. Silva vd. (2016) tarafından kocayemiş, narenciye ve lavanta balları ile yapılan bir çalışmada 0.02 g/mL konsantrasyon değerinden sonra örneklere ait antiinflamatuvar aktivite değerinin konsantrasyon artışı ile önemli düzeyde değişmediği bildirilmiştir.

4.7.2. Polen örneklerinin antiinflamatuvar aktivite analiz sonuçları

Polen örneklerine ait antiinflamatuvar aktivite analizi, varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.49, 4.50 ve 4.51’de verilmiştir.

Çizelge 4.49. Polen örneklerine ait antiinflamatuvar aktivite analiz sonuçları

Örnek	I. yıl	Örnek	II. yıl
	Antiinflamatuvar aktivite (%)		Antiinflamatuvar aktivite (%)
Akdeniz			
A1-1	29.57	A2-1	32.81
A1-2	56.85	A2-2	51.21
		A2-3	32.27
		A2-4	-23.21
A1 _{ortalama}	43.21	A2 _{ortalama}	23.27
Doğu Anadolu			
D1-1	1.95	D2-1	9.87
D1-2	-156.65	D2-2	35.35
D1-3	39.55	D2-3	35.28
D1-4	41.51		
D1 _{ortalama}	-18.41	D2 _{ortalama}	26.83
Ege			
E1-1	-94.58	E2-1	59.85
E1-2	-90.82	E2-2	51.16
		E2-3	17.41
		E2-4	-20.08
E1 _{ortalama}	-92.70	E2 _{ortalama}	27.09
Güneydoğu Anadolu			
G1-1	18.19	G2-1	-24.64
G1-2	54.03	G2-2	24.98
G1-3	41.46	G2-3	-8.94
G1-4	-138.31		
G1 _{ortalama}	-6.16	G2 _{ortalama}	-2.87
İç Anadolu			
İ1-1	54.96	İ2-1	17.43
İ1-2	48.10	İ2-2	-102.48
		İ2-3	-153.36
		İ2-4	-150.10
		İ2-5	-7.39
İ1 _{ortalama}	51.53	İ2 _{ortalama}	-79.18
Karadeniz			
K1-1	39.56	K2-1	37.31
K1-2	66.80	K2-2	13.58
K1-3	31.71	K2-3	54.25
K1-4	1.49		
K1-5	42.86		
K1-6	50.48		
K1 _{ortalama}	38.82	K2 _{ortalama}	35.05
Marmara			
M1-1	32.05	M2-1	-52.59
M1-2	-4.20	M2-2	22.21
M1-3	44.43	M2-3	55.17
M1-4	33.69		
M1-5	68.45		
M1 _{ortalama}	34.89	M2 _{ortalama}	8.26

Çizelge 4.50. Polen örneklerine ait antiinflamatuvar aktivite varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Antiinflamatuvar aktivite		
	SD	KO	F
Bölgeler	6	8082.59	3.55**
Yıllar	1	73.53	0.03
Bölgeler*Yıllar	6	16294.75	7.15**
Hata	86	2278.49	

Çizelge 4.51. Polen örneklerine ait antiinflamatuvar aktivite Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Bölgeler	Antiinflamatuvar aktivite (%)		
	I. yıl	II. yıl	Bölge Genel Ortalama
Akdeniz	43.21 ^{BAa} ± 7.88	23.27 ^{Aa} ± 10.61	29.92 ^{BA} ± 7.84
Doğu Anadolu	-18.41 ^{Ba} ± 30.91	26.83 ^{Aa} ± 5.37	0.98 ^{CBA} ± 18.36
Ege	-92.70 ^{Cb} ± 1.88	27.09 ^{Aa} ± 11.94	-12.84 ^{DC} ± 18.73
Güneydoğu Anadolu	-6.16 ^{BAa} ± 29.26	-2.87 ^{Aa} ± 9.37	-4.75 ^{DCB} ± 16.67
İç Anadolu	51.53 ^{Aa} ± 1.99	-79.18 ^{Bb} ± 23.95	-41.83 ^D ± 23.50
Karadeniz	38.82 ^{BAa} ± 6.02	35.05 ^{Aa} ± 7.51	37.56 ^A ± 4.62
Marmara	34.89 ^{BAa} ± 7.83	8.26 ^{Aa} ± 20.22	24.90 ^{CBA} ± 9.23
Yıl Genel Ortalama	12.53 ^a ± 8.82	0.29 ^a ± 8.29	

Varyans analizi sonuçlarına göre bölgeler arasındaki farklılıkların polen örneklerinin antiinflamatuvar aktiviteleri üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) bir etkisinin olduğu, ancak yıllar arasındaki farklılığın polen örneklerinin antiinflamatuvar aktiviteleri üzerinde önemli ($p > 0.05$) bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, İç Anadolu Bölgesi'nden temin edilen polen örneklerinin antiinflamatuvar aktivitelerinin diğer bölgelerden temin edilen polenlerden daha düşük, Karadeniz Bölgesi'nden temin edilen polen örneklerinin antiinflamatuvar aktivitelerinin ise diğer bölgelerden temin edilen polenlerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Polen örneklerinin inflamatuvar etki mekanizmasının dokularda inflamasyon gelişiminden sorumlu olan enzimlerin aktivitesinin inhibe edilmesi ile ilgili olduğu ve bu etkinin ise temel olarak flavonoidler ve fenolik asitlerden kaynaklandığı, ancak bu süreçte yağ asitleri ve fitosterollerin de yer aldığı rapor edilmiştir (Denisow ve Denisow-Pietrzyk 2016). Fenolik ve flavonoid madde sonuçlarına bakıldığında bu bileşenler açısından İç Anadolu Bölgesi polenlerinin nispeten daha düşük ve Karadeniz Bölgesi polenlerinin ise daha yüksek içeriğe sahip olduğu belirlenmiştir. Ancak Ege Bölgesi polenleri için de yüksek toplam fenolik ve flavonoid madde bulguları elde edilmesine rağmen bu bölge polenlerinin genel ortalama açısından hyaluronidaz enzim inhibisyonu etkilerinin düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlardan yola çıkılarak yalnızca bu bileşenler üzerinden değerlendirme yapılamayacağı kanaatine ulaşılmış olup, polen içerisindeki farklı bileşim unsurlarının enzim inhibisyonunu arttırdığı ve/veya fenolik ve flavonoid bileşenlerinin yoğunluğuna rağmen enzim aktivitesine katkı sağladığı değerlendirilmiştir. Propolis örnekleri ile yapılan farklı çalışmalarda da antiinflamatuvar aktivite ile fenolik bileşikler arasında propolis örneklerinin fenolik madde içeriğinin polen örneklerine göre çok daha yoğun olmasına rağmen bir ilişki tespit edilemediği bildirilmiştir (El-Guendouz vd. 2016; Gargouri vd. 2019; Silva vd. 2012).

İncelenen polen örneklerinin antiinflamatuvar aktivitelerinin %-156.65-%68.45 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Örnekler ayrı ayrı incelendiğinde sırasıyla kestane ve ladengiller polenleri olarak tanımlanan M1-5 ve K1-2 kodlu örneklerin antiinflamatuvar aktivitelerinin diğer polen örneklerine göre daha yüksek olduğu ve diğer kestane polenleri (K1-3 ve M2-3) ile ladengiller polenlerinin (G1-3, E2-1 ve E2-2) de yüksek antiinflamatuvar aktivite gösterdiği tespit edilmiştir. Bu örneklerle ait toplam fenolik ve flavonoid madde sonuçları incelendiğinde değerlerin değişken olduğu ve elde edilen antiinflamatuvar aktivite bulgularının yalnızca bu verilerle ilişkilendirilemeyeceği, polen içerisinde bu etkiyi gösteren ve arttıran farklı bileşim unsurlarının da olabileceği değerlendirilmiştir. Elde edilen negatif sonuçlar incelendiğinde ise bazı polen örneklerinin hyaluronidaz enzimini inhibe etmediği aksine aktivasyonuna katkı sağladığı değerlendirilmiştir. Bazı karışık polen örnekleri ve özellikle ayçiçeği olarak tanımlanan polen örneklerinde (İ2-2, İ2-3, M2-1) negatif sonuçlar elde edilmiş olup, bu sonuçların örnekten gelebilecek hyaluronidaz enzimi ve/veya bu enzimin muhtemel aktivatörlerinin varlığı ile ilişkili olabileceği düşünülmüştür. Çünkü bu parametrenin analiz tekniği gereği analiz ortamına ilave edilen enzim miktarının üzerine ilave bir enzim geldiğinde veya mevcut enzimin aktivitesinde artış olduğu zaman örneğin absorbansı kontrol örneğinin absorbansından daha düşük olacağı için matematiksel olarak negatif olabileceği değerlendirilmiştir. Oses vd. (2016) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada bazı bal örnekleri (funda ve karışık) ve bal propolis karışımları için de negatif sonuçlar bildirilmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda da farklı polen örneklerinin antiinflamatuvar aktivitelerinin %12.20-25.17 (Pascoal vd. 2014), %7.80-17.90 (De-Melo vd. 2017) ve %7.00-17.33 (Araujo vd. 2017) aralıklarında olduğu bildirilmiştir. Elde edilen sonuçlar ile literatür bulguları arasındaki farklılığın polen örneklerinin kimyasal bileşimleri arasındaki farklılık ile analiz koşullarındaki farklılıklardan kaynaklanabileceği değerlendirilmiştir. Arı polenin bileşiminin ekolojik habitata ve mevsime bağlı olarak değişkenlik gösterdiği ve bu nedenle arı polenin kimyasal bileşenlerinin miktarlarının ve aktivitelerinin minimum ve maksimum değerleri arasında büyük farklılıklar olabildiği rapor edilmiştir (Denisow ve Denisow-Pietrzyk 2016).

4.7.3. Propolis örneklerinin antiinflamatuvar aktivite analiz sonuçları

Propolis örneklerine ait antiinflamatuvar aktivite analizi, varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.52, 4.53 ve 4.54'te verilmiştir.

Çizelge 4.52. Propolis örneklerine ait antiinflamatuvar aktivite analiz sonuçları

Örnek	I. yıl	Örnek	II. yıl
	Antiinflamatuvar aktivite (%)		Antiinflamatuvar aktivite (%)
Akdeniz			
A1-1	57.19	A2-1	42.81
A1-2	57.61	A2-2	61.02
A1-3	66.03	A2-3	48.04
		A2-4	63.85
A1 _{ortalama}	60.28	A2 _{ortalama}	53.93
Doğu Anadolu			
D1-1	69.85	D2-1	61.45
D1-2	51.31	D2-2	64.45
D1-3	64.90	D2-3	52.08
D1-4	72.83	D2-4	54.72
D1 _{ortalama}	64.72	D2 _{ortalama}	58.18
Ege			
E1-1	63.18	E2-1	56.30
E1-2	52.00	E2-2	55.07
E1-3	51.43	E2-3	10.30
		E2-4	56.76
E1 _{ortalama}	55.54	E2 _{ortalama}	44.61
Güneydoğu Anadolu			
G1-1	68.12	G2-1	41.48
G1-2	63.91	G2-2	67.41
G1-3	65.80	G2-3	48.22
		G2-4	62.29
G1 _{ortalama}	65.95	G2 _{ortalama}	54.85
İç Anadolu			
İ1-1	64.20	İ2-1	52.89
İ1-2	64.68	İ2-2	58.20
İ1-3	57.49	İ2-3	59.36
İ1-4	49.17		
İ1 _{ortalama}	58.88	İ2 _{ortalama}	56.81
Karadeniz			
K1-1	55.33	K2-1	50.01
K1-2	54.32	K2-2	52.35
K1-3	38.55	K2-3	36.60
K1-4	50.81		
K1 _{ortalama}	49.75	K2 _{ortalama}	46.32
Marmara			
M1-1	62.52	M2-1	54.81
M1-2	67.40	M2-2	57.39
M1-3	60.70	M2-3	52.56
M1-4	63.45		
M1 _{ortalama}	63.52	M2 _{ortalama}	54.92

Çizelge 4.53. Propolis örneklerine ait antiinflamatuvar aktivite varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	<i>Antiinflamatuvar aktivite</i>		
	SD	KO	F
Bölgeler	6	380.08	4.82**
Yıllar	1	1201.28	15.24**
Bölgeler*Yıllar	6	41.40	0.53
Hata	86	78.82	

Çizelge 4.54. Propolis örneklerine ait antiinflamatuvar aktivite Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Bölgeler	<i>Antiinflamatuvar aktivite (%)</i>		
	I. yıl	II. yıl	Bölge Genel Ortalama
Akdeniz	60.28 ^{BAa} ± 1.83	53.93 ^{BAa} ± 3.33	56.65 ^A ± 2.17
Doğu Anadolu	64.72 ^{Aa} ± 3.12	58.18 ^{Aa} ± 1.91	61.45 ^A ± 1.96
Ege	55.54 ^{CBa} ± 2.42	44.61 ^{Ba} ± 7.49	49.29 ^B ± 4.53
Güneydoğu Anadolu	65.95 ^{Aa} ± 0.77	54.85 ^{BAb} ± 3.95	59.61 ^A ± 2.69
İç Anadolu	58.88 ^{BAa} ± 2.38	56.81 ^{BAa} ± 1.28	58.00 ^A ± 1.45
Karadeniz	49.75 ^{Ca} ± 2.54	46.32 ^{BAa} ± 3.14	48.28 ^B ± 1.96
Marmara	63.52 ^{Aa} ± 0.95	54.92 ^{BAb} ± 0.91	59.83 ^A ± 1.34
Yıl Genel Ortalama	59.71 ^a ± 1.11	52.82 ^b ± 1.62	

Varyans analizi sonuçlarına göre bölgeler ve yıllar arasındaki farklılıkların propolis örneklerinin antiinflamatuvar aktiviteleri üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, Ege ve Karadeniz Bölgeleri'nden temin edilen propolis örneklerinin antiinflamatuvar aktivitelerinin diğer bölgelerden temin edilen propolislerden daha düşük, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nden temin edilen propolis örneklerinin antiinflamatuvar aktivitelerinin ise diğer bölgelerden temin edilen propolislerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Propolisin birçok biyoaktif özelliği gibi antiinflamatuvar aktivitesi de flavonlar, flavonoller, flavanonlar, dihidroflavonoller, kafeik asit fenil ester ve sinamik asitler ve bunların esterleri gibi fenolik bileşikler ile ilişkilendirilmektedir (Alvarez-Suarez 2017). Ancak elde edilen sonuçlar toplam fenolik ve flavonoid madde sonuçlarının tersi niteliğindedir. Benzer bulgular Silva vd. (2012), El-Guendouz vd. (2016) ve Gargouri vd. (2019) tarafından da bildirilmiş olup, antiinflamatuvar aktivite ile fenolik bileşikler arasında ilişki gözlenmediği, antiinflamatuvar aktivite üzerinde yalnızca fenolik bileşiklerin değil aynı zamanda vitaminler, aminoasitler, proteinler, terpenoidler ve steroidler gibi bileşiklerin de etkili olabileceği belirtilmiştir (Araujo vd. 2012).

İncelenen propolis örneklerinin antiinflamatuvar aktivitelerinin %10.30-72.83 aralığında olduğu belirlenmiştir. Analiz edilen örnekler ayrı ayrı incelendiğinde ise D1-4 kodlu propolis örneğinin antiinflamatuvar aktivitesinin diğer örneklere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu örneğe ait toplam fenolik ve flavonoid madde içeriklerinin diğer örneklere göre ayırt edici şekilde yüksek olmadığı ve bu sonuç üzerine propolis bileşiminde bulunan diğer bileşenlerin de etkili olduğu değerlendirilmiştir. Yapılan bir çalışmada 0.01 g/mL konsantrasyonundaki propolis örneklerinin antiinflamatuvar aktivitelerinin %0.00-68.20 arasında olduğu bildirilmiştir (Oses vd. 2020). Bir diğer

çalışmada ise 0.02 g/mL konsantrasyonundaki propolis örneklerinin antiinflamatuvar aktivitelerinin %12.61-28.46 değerlerinde olduğu rapor edilmiştir (Gargouri vd. 2019). Silva vd. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada ise 0.025 g/mL konsantrasyonundaki propolis örneklerinin antiinflamatuvar aktivitelerinin %53.76-75.79 değerleri aralığında olduğu bildirilmiştir. Tez çalışmasına en yakın propolis konsantrasyonunun kullanıldığı çalışma Dos Santos vd. (2017) tarafından gerçekleştirilmiş ve 0.075 g/mL konsantrasyonundaki propolis örneğinin antiinflamatuvar aktivitesinin %44.70 olduğu rapor edilmiştir. Önceki çalışmalarda farklı propolis örnekleri için değişen aralıklarda sonuçlar bildirilmiş olup, elde edilen ortalamaların genel olarak literatür bulguları ile uyumlu olduğu değerlendirilmiştir.

4.8. Antibakteriyel Aktivite Analiz Sonuçları

4.8.1. Bal örneklerinin antibakteriyel aktivite analiz sonuçları

Bal örneklerinin *E. coli* ATCC 25922 ve *S. aureus* ATCC 25923 suşlarına karşı antibakteriyel aktivite analizi, varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.55, 4.56 ve 4.57’de ve bazı örneklere ait analiz görüntüleri ise Şekil 4.3’te verilmiştir.

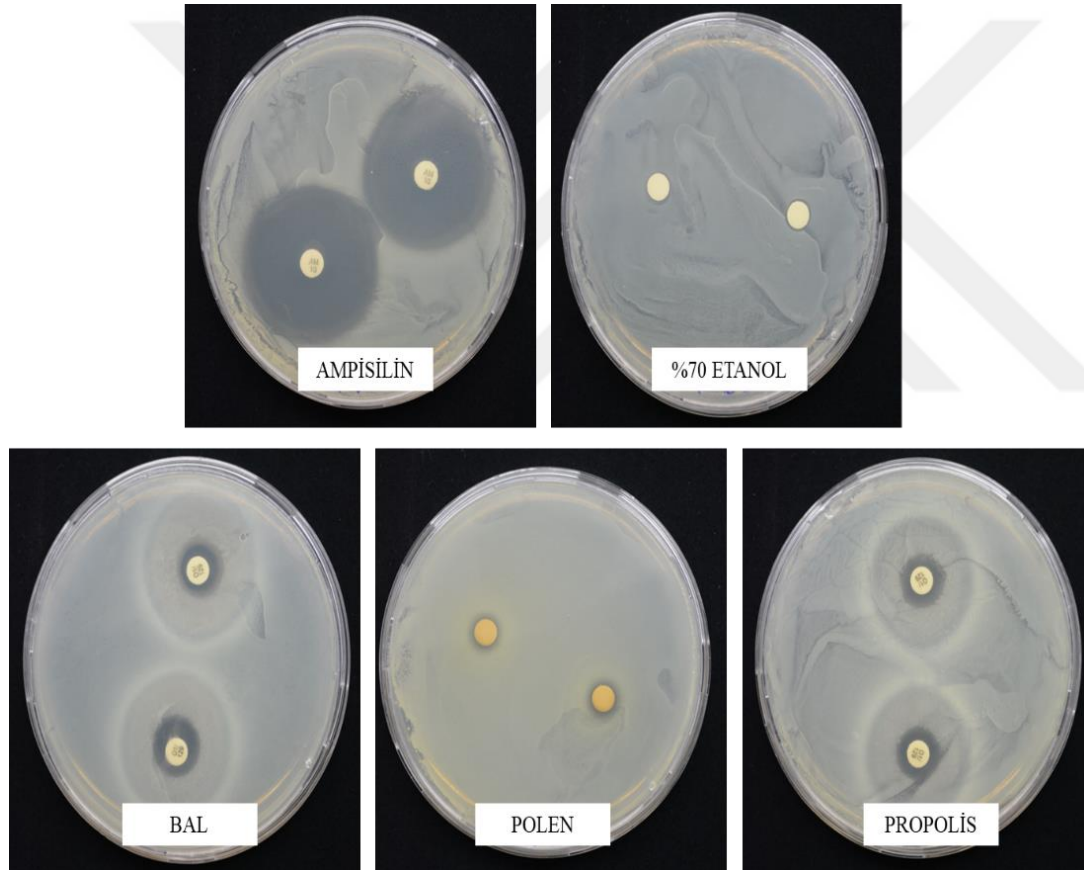
Çizelge 4.55. Bal örneklerine ait *E. coli* ATCC 25922 ve *S. aureus* ATCC 25923 suşlarına karşı antibakteriyel aktivite analiz sonuçları (mm, inhibisyon zonu)

Örnek	I. yıl		Örnek	II. yıl	
	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>		<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
	ATCC 25922	ATCC 25923		ATCC 25922	ATCC 25923
Akdeniz					
A1-1	6.88	12.00	A2-1	6.63	6.00
A1-2	7.25	14.50	A2-2	6.50	8.00
A1-3	6.50	11.63	A2-3	6.25	6.25
A1-4	9.13	13.88	A2-4	7.38	6.25
A1ortalama	7.44	13.00	A2ortalama	6.69	6.63
Doğu Anadolu					
D1-1	6.38	12.25	D2-1	9.00	6.00
D1-2	7.63	12.32	D2-2	7.25	8.00
D1-3	6.25	6.25	D2-3	6.25	8.75
D1-4	7.00	12.75			
D1ortalama	6.81	10.89	D2ortalama	7.50	7.58
Ege					
E1-1	7.19	6.19	E2-1	6.00	6.75
E1-2	6.50	6.32	E2-2	6.00	6.13
E1-3	6.38	6.00	E2-3	6.50	6.19
			E2-4	8.00	6.38
E1ortalama	6.69	6.17	E2ortalama	6.63	6.36
Güneydoğu Anadolu					
G1-1	6.25	6.00	G2-1	6.00	6.00
G1-2	6.13	6.82	G2-2	7.38	6.13
G1-3	6.07	6.00	G2-3	6.00	6.00
			G2-4	6.00	6.00
G1ortalama	6.15	6.27	G2ortalama	6.34	6.03
İç Anadolu					
İ1-1	6.25	6.32	İ2-1	6.00	6.25
İ1-2	6.00	6.75	İ2-2	7.25	6.94
İ1-3	6.19	6.88	İ2-3	6.00	6.88
İ1-4	6.25	6.38			
İ1ortalama	6.17	6.58	İ2ortalama	6.42	6.69

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.55'in devamı

Örnek	I. yıl		Örnek	II. yıl	
	<i>E. coli</i> ATCC 25922	<i>S. aureus</i> ATCC 25923		<i>E. coli</i> ATCC 25922	<i>S. aureus</i> ATCC 25923
Karadeniz					
K1-1	6.13	6.00	K2-1	6.00	6.00
K1-2	6.50	6.88	K2-2	6.25	6.13
K1-3	7.50	7.13	K2-3	8.38	6.00
K1ortalama	6.71	6.67	K2-4	6.50	6.19
			K2ortalama	6.78	6.08
Marmara					
M1-1	6.13	6.25	M2-1	6.38	6.44
M1-2	6.19	6.32	M2-2	6.63	6.00
M1-3	6.50	7.25	M2-3	6.00	9.13
M1-4	6.38	6.13	M2ortalama	6.33	7.19
M1ortalama	6.30	6.49			
Kontrol (%70 etanol)	-	-			
Kontrol (Ampisilin)	19.12	34.77			



Şekil 4.3. Antibakteriyel aktivite analizine ait bazı görseller

Çizelge 4.56. Bal örneklerine ait antibakteriyel aktivite varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	<i>Antibakteriyel aktivite</i>				
	<i>E. coli</i> ATCC 25922			<i>S. aureus</i> ATCC 25923	
	SD	KO	F	KO	F
Bölgeler	6	1.98	2.92*	34.23	25.88**
Yıllar	1	0.09	0.13	45.19	34.17**
Bölgeler*Yıllar	6	0.70	1.03	24.98	18.89**
Hata	86	0.68		1.32	

Çizelge 4.57. Bal örneklerine ait antibakteriyel aktivite Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Bölgeler	<i>E. coli</i> ATCC 25922 (mm)		
	I. yıl	II. yıl	Bölge Genel Ortalama
Akdeniz	7.44 ^{Aa} ± 0.38	6.69 ^{Aa} ± 0.24	7.06 ^A ± 0.24
Doğu Anadolu	6.81 ^{BAa} ± 0.23	7.50 ^{Aa} ± 0.61	7.11 ^A ± 0.29
Ege	6.69 ^{Ba} ± 0.17	6.63 ^{Aa} ± 0.34	6.65 ^{BA} ± 0.20
Güneydoğu Anadolu	6.15 ^{Ba} ± 0.04	6.34 ^{Aa} ± 0.34	6.26 ^B ± 0.19
İç Anadolu	6.17 ^{Ba} ± 0.04	6.42 ^{Aa} ± 0.27	6.28 ^B ± 0.12
Karadeniz	6.71 ^{Ba} ± 0.27	6.78 ^{Aa} ± 0.48	6.75 ^{BA} ± 0.29
Marmara	6.30 ^{Ba} ± 0.06	6.33 ^{Aa} ± 0.22	6.31 ^B ± 0.10
Yıl Genel Ortalama	6.62 ^a ± 0.10	6.66 ^a ± 0.14	
Bölgeler	<i>S. aureus</i> ATCC 25923 (mm)		
	I. yıl	II. yıl	Bölge Genel Ortalama
Akdeniz	13.00 ^{Aa} ± 0.49	6.63 ^{CBAb} ± 0.42	9.81 ^A ± 0.88
Doğu Anadolu	10.89 ^{Ba} ± 1.02	7.58 ^{Ab} ± 0.61	9.47 ^A ± 0.77
Ege	6.17 ^{Ca} ± 0.08	6.36 ^{CBa} ± 0.19	6.28 ^B ± 0.11
Güneydoğu Anadolu	6.27 ^{Ca} ± 0.18	6.03 ^{Ca} ± 0.03	6.13 ^B ± 0.08
İç Anadolu	6.58 ^{Ca} ± 0.11	6.69 ^{CBAa} ± 0.23	6.63 ^B ± 0.11
Karadeniz	6.67 ^{Ca} ± 0.22	6.08 ^{CBb} ± 0.05	6.33 ^B ± 0.12
Marmara	6.49 ^{Ca} ± 0.19	7.19 ^{BAa} ± 0.64	6.79 ^B ± 0.30
Yıl Genel Ortalama	8.21 ^a ± 0.42	6.59 ^b ± 0.14	

Varyans analizi sonuçlarına göre bölgeler arasındaki farklılıkların bal örneklerinin *E. coli* ATCC 25922 ve *S. aureus* ATCC 25923 suşları üzerine antibakteriyel aktivitelerinin istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$; $p < 0.05$) olduğu, yıllar arasındaki farklılığın ise sadece *S. aureus* ATCC 25923 suşu üzerine olan antibakteriyel aktiviteyi önemli ($p < 0.01$) düzeyde etkilediği belirlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nden temin edilen bal örneklerinin antibakteriyel aktivitelerinin diğer bölgelerden temin edilen ballardan daha düşük, Akdeniz ve Doğu Anadolu Bölgeleri'nden temin edilen bal örneklerinin *E. coli* ATCC 25922 ve *S. aureus* ATCC 25923 suşları üzerine antibakteriyel aktivitelerinin diğer bölgelerden temin edilen ballardan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca birinci ve ikinci yıl temin edilen bal örneklerinin *E. coli* ATCC 25922 suşu üzerine antibakteriyel aktivite düzeyleri birbirine yakinken, *S. aureus* ATCC 25923 suşunun inhibisyonu üzerine birinci yıl temin edilen bal örneklerinin daha etkili olduğu belirlenmiştir. Balların antibakteriyel aktivitesi indirgen şeker içeriği, yüksek viskozite ve ozmatik basınç, düşük pH ve su aktivitesi ve

hidrojen peroksit varlığının yanı sıra fenolik bileşikler ve lizozim enzimi ile de ilişkilendirilmektedir. Balın bileşimsel özellikleri ve buna bağlı olarak da antibakteriyel aktivitesi temel olarak nektar kaynağından etkilenmektedir (Libonatti vd. 2014).

İncelenen bal örneklerinin *E. coli* ATCC 25922 ve *S. aureus* ATCC 25923 suşları üzerine etki ettikleri inhibisyon zonlarının sırasıyla 6.00-9.13 ve 6.00-14.50 mm arasında değiştiği ve bal örneklerinin *S. aureus* ATCC 25923 suşu üzerine daha fazla inhibe edici etki gösterdiği belirlenmiştir. Test edilen mikroorganizma türü ve balın uygulanan konsantrasyonunun antibakteriyel etki açısından farklılıklar gözlenmesine neden olduğu bildirilmiştir (Libonatti vd. 2014). Yapılan farklı çalışmalarda bal örneklerinin *S. aureus* ATCC 25923 suşu üzerine antibakteriyel etkisinin daha yüksek olduğu ve genellikle Gram-pozitif bakterilerin balın antibakteriyel etkisine karşı Gram-negatif bakterilerden daha fazla duyarlı olduğu rapor edilmiştir (Kolaylı vd. 2008; Leon-Ruiz vd. 2013; Ulusoy vd. 2010). Gram-negatif bakterilerin, lipopolisakkaritler ve proteinlerden oluşan çift hücre duvarına sahip olmaları nedeniyle arı ürünlerinin antibakteriyel etkisine karşı daha dirençli oldukları bildirilmiştir (Velasquez vd. 2017). Analiz edilen örnekler ayrı ayrı incelendiğinde ise A1-4 kodlu kısamahmut çiçek balının antiinflamatuvar aktivite analizine benzer olarak daha yüksek bir antibakteriyel aktivite gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum da balın eski çağlardan beri yaraların üzerine sürülerek mikroorganizma gelişimine bağlı olarak oluşan inflamasyonu engellemesi amacıyla kullanılmasını açıklamaktadır (Özmen ve Alkın 2006). Farklı bal örnekleri ile yapılan bir çalışmada bal örnekleri difüze edilmiş disklerin etrafında oluşan zon çaplarının *E. coli* ATCC 25922 suşu için 6.00-8.00 mm ve *S. aureus* ATCC 25923 suşu için ise 7.00-10.00 mm aralıklarında olduğu bildirilmiştir (Ulusoy vd. 2010). Bir diğer çalışmada ise seyreltilmemiş 10 farklı bal örneğinin *E. coli* ATCC 25922 ve *S. aureus* ATCC 25923 suşları üzerine etki ettikleri inhibisyon zonlarının sırasıyla 0.00-8.00 ve 4.00-18.00 mm aralıklarında değiştiği rapor edilmiştir (Vica vd. 2021).

4.8.2. Polen örneklerinin antibakteriyel aktivite analiz sonuçları

Polen örneklerinin *E. coli* ATCC 25922 ve *S. aureus* ATCC 25923 suşlarına karşı antibakteriyel aktivite analizi, varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.58, 4.59 ve 4.60'ta verilmiştir.

Çizelge 4.58. Polen örneklerine ait *E. coli* ATCC 25922 ve *S. aureus* ATCC 25923 suşlarına karşı antibakteriyel aktivite analiz sonuçları (mm, inhibisyon zonu)

Örnek	I. yıl		Örnek	II. yıl	
	<i>E. coli</i> ATCC 25922	<i>S. aureus</i> ATCC 25923		<i>E. coli</i> ATCC 25922	<i>S. aureus</i> ATCC 25923
Akdeniz					
A1-1	6.00	6.00	A2-1	6.50	6.06
A1-2	6.00	6.00	A2-2	6.50	6.63
			A2-3	7.50	6.19
			A2-4	6.50	6.63
A1 _{ortalama}	6.00	6.00	A2 _{ortalama}	6.75	6.38
Doğu Anadolu					
D1-1	6.00	6.00	D2-1	6.50	6.32
D1-2	6.00	6.00	D2-2	6.00	6.19
D1-3	6.00	6.25	D2-3	6.50	6.00
D1-4	6.00	6.25			
D1 _{ortalama}	6.00	6.13	D2 _{ortalama}	6.33	6.17
Ege					
E1-1	6.00	6.00	E2-1	6.00	6.13
E1-2	6.00	6.25	E2-2	6.13	6.19
			E2-3	6.00	6.00
			E2-4	6.00	6.00
E1 _{ortalama}	6.00	6.13	E2 _{ortalama}	6.03	6.08
Güneydoğu Anadolu					
G1-1	6.00	6.00	G2-1	6.00	6.25
G1-2	6.00	6.25	G2-2	6.00	6.00
G1-3	6.00	6.25	G2-3	6.00	6.25
G1-4	6.00	6.19			
G1 _{ortalama}	6.00	6.17	G2 _{ortalama}	6.00	6.17
İç Anadolu					
İ1-1	6.00	6.07	İ2-1	6.00	6.19
İ1-2	6.00	6.51	İ2-2	6.00	6.32
			İ2-3	6.00	6.25
			İ2-4	6.00	6.25
			İ2-5	6.00	6.19
İ1 _{ortalama}	6.00	6.29	İ2 _{ortalama}	6.00	6.24
Karadeniz					
K1-1	6.00	6.00	K2-1	6.00	6.19
K1-2	6.00	6.25	K2-2	6.00	6.13
K1-3	6.00	6.25	K2-3	6.00	6.00
K1-4	6.00	6.13			
K1-5	6.00	6.25			
K1-6	6.00	6.00			
K1 _{ortalama}	6.00	6.15	K2 _{ortalama}	6.00	6.11
Marmara					
M1-1	6.50	6.00	M2-1	6.25	6.25
M1-2	6.00	6.19	M2-2	6.00	6.00
M1-3	6.00	6.19	M2-3	6.50	6.00
M1-4	6.00	6.25			
M1-5	6.00	6.19			
M1 _{ortalama}	6.10	6.16	M2 _{ortalama}	6.25	6.08

Çizelge 4.59. Polen örneklerine ait antibakteriyel aktivite varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	<i>Antibakteriyel aktivite</i>				
	<i>E. coli</i> ATCC 25922			<i>S. aureus</i> ATCC 25923	
	SD	KO	F	KO	F
Bölgeler	6	0.24	7.75**	0.03	1.56*
Yıllar	1	0.73	23.47**	0.02	0.84
Bölgeler*Yıllar	6	0.22	7.20**	0.07	3.20*
Hata	86	0.03		0.02	

Çizelge 4.60. Polen örneklerine ait antibakteriyel aktivite Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Bölgeler	<i>E. coli</i> ATCC 25922 (mm)		
	I. yıl	II. yıl	Bölge Genel Ortalama
Akdeniz	6.00 ^{Ab} ± 0.00	6.75 ^{Aa} ± 0.16	6.50 ^A ± 0.15
Doğu Anadolu	6.00 ^{Ab} ± 0.00	6.33 ^{Ba} ± 0.11	6.14 ^{CB} ± 0.06
Ege	6.00 ^{Aa} ± 0.00	6.03 ^{Ca} ± 0.03	6.02 ^{CB} ± 0.02
Güneydoğu Anadolu	6.00 ^{Aa} ± 0.00	6.00 ^{Ca} ± 0.00	6.00 ^C ± 0.00
İç Anadolu	6.00 ^{Aa} ± 0.00	6.00 ^{Ca} ± 0.00	6.00 ^C ± 0.00
Karadeniz	6.00 ^{Aa} ± 0.00	6.00 ^{Ca} ± 0.00	6.00 ^C ± 0.00
Marmara	6.10 ^{Aa} ± 0.07	6.25 ^{CBa} ± 0.11	6.16 ^B ± 0.06
Yıl Genel Ortalama	6.02 ^b ± 0.01	6.20 ^a ± 0.05	

Bölgeler	<i>S. aureus</i> ATCC 25923 (mm)		
	I. yıl	II. yıl	Bölge Genel Ortalama
Akdeniz	6.00 ^{Bb} ± 0.00	6.38 ^{Aa} ± 0.10	6.19 ^{BA} ± 0.09
Doğu Anadolu	6.13 ^{BAA} ± 0.05	6.17 ^{Ba} ± 0.06	6.14 ^{BA} ± 0.04
Ege	6.13 ^{BAA} ± 0.07	6.08 ^{Ba} ± 0.03	6.10 ^B ± 0.03
Güneydoğu Anadolu	6.17 ^{BAA} ± 0.05	6.17 ^{Ba} ± 0.05	6.17 ^{BA} ± 0.04
İç Anadolu	6.29 ^{Aa} ± 0.14	6.24 ^{BAA} ± 0.02	6.25 ^A ± 0.04
Karadeniz	6.15 ^{BAA} ± 0.03	6.11 ^{Ba} ± 0.05	6.13 ^{BA} ± 0.03
Marmara	6.16 ^{BAA} ± 0.03	6.08 ^{Ba} ± 0.05	6.12 ^{BA} ± 0.03
Yıl Genel Ortalama	6.15 ^a ± 0.02	6.18 ^a ± 0.03	

Varyans analizi sonuçlarına göre bölgeler arasındaki farklılıkların polen örneklerinin *E. coli* ATCC 25922 ve *S. aureus* ATCC 25923 suşları üzerine antibakteriyel aktivitelerinin istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$; $p < 0.05$) olduğu, yıllar arasındaki farklılığın ise sadece *E. coli* ATCC 25922 suşu üzerine olan antibakteriyel aktiviteyi önemli ($p < 0.01$) düzeyde etkilediği belirlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, Akdeniz Bölgesi'nden temin edilen polen örneklerinin *E. coli* ATCC 25922 suşu ve İç Anadolu Bölgesi'nden temin edilen polen örneklerinin ise *S. aureus* ATCC 25923 suşu üzerine antibakteriyel aktivitelerinin diğer bölgelerden temin edilen polenlerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca ikinci yıl temin edilen polen örneklerinin antibakteriyel aktivite düzeylerinin birinci yıl polen örneklerinin antibakteriyel aktivite düzeylerine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Polenin antibakteriyel etkisinin bal arıları tarafından üretilen bir enzim olan glikoz oksidaz ve yapısında bulunan fenolik asitler ve flavonoidlerle ilişkili olduğu bildirilmiştir. Fenolik bileşiklerin bakteri ve mantar hücrelerine karşı en önemli inhibe edici etkisinin potasyum iyonlarının kaybı ve hücre

otolizinin başlamasına yol açan stoplazma zarının bozulması olduğu rapor edilmiştir (Denisow ve Denisow-Pietrzyk 2016). Toplam fenolik ve flavonoid madde sonuçları ile birlikte değerlendirme yapıldığında Akdeniz Bölgesi polenlerinin toplam fenolik ve flavonoid madde içeriklerinin yüksek olmasının polen örneklerinin antibakteriyel aktivitelerini de etkileyebileceği değerlendirilmiştir. İç Anadolu Bölgesi polenlerinin antibakteriyel aktivitesi ile yıllar arası farklılığın ise bu bileşiklerin miktarından farklı olarak polen örneklerinin bileşiminde bulunan diğer majör ve/veya minör bileşenlerden kaynaklı olarak değişiklik gösterdiği düşünülmüştür.

Temin edilen polen örneklerinin *E. coli* ATCC 25922 ve *S. aureus* ATCC 25923 suşları üzerine etki ettikleri inhibisyon zonlarının sırasıyla 6.00-7.50 ve 6.00-6.63 mm arasında değiştiği ve her iki mikroorganizma üzerine antibakteriyel aktivitelerinin yaklaşık aynı olduğu belirlenmiştir. Analiz edilen örnekler ayrı ayrı incelendiğinde ise A2-3 kodlu düğünçiçeğigiller (*Ranunculaceae*) poleninin diğer polen örneklerinden farklı olarak *E. coli* ATCC 25922 suşu üzerine daha yüksek bir antibakteriyel aktivite gösterdiği belirlenmiştir. Yapılan bir çalışmada incelenen polen örneğinin *E. coli* ATCC 25922 ve *S. aureus* ATCC 25923 suşları üzerine antibakteriyel etkisinin olmadığı bildirilmiştir (Erkmen ve Özcan 2008). Bazı çalışmalarda ise polen örneklerinin türlerine ve bileşimlerine bağlı olarak *E. coli* ve *S. aureus* mikroorganizmaları üzerine farklı düzeylerde antibakteriyel aktivite gösterdiği rapor edilmiştir (Karadal vd. 2018; Pelka vd. 2021). Polen türünün yanı sıra ekstraktaki polen konsantrasyonu ve ekstraksiyon koşullarının polenin antibakteriyel aktivitesini etkilediği bildirilmiştir (Carpes vd. 2007; Denisow ve Denisow-Pietrzyk 2016).

4.8.3. Propolis örneklerinin antibakteriyel aktivite analiz sonuçları

Propolis örneklerinin *E. coli* ATCC 25922 ve *S. aureus* ATCC 25923 suşlarına karşı antibakteriyel aktivite analizi, varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.61, 4.62 ve 4.63'te verilmiştir.

Çizelge 4.61. Propolis örneklerine ait *E. coli* ATCC 25922 ve *S. aureus* ATCC 25923 suşlarına karşı antibakteriyel aktivite analiz sonuçları (mm, inhibisyon zonu)

Örnek	I. yıl		Örnek	II. yıl	
	<i>E. coli</i> ATCC 25922	<i>S. aureus</i> ATCC 25923		<i>E. coli</i> ATCC 25922	<i>S. aureus</i> ATCC 25923
Akdeniz					
A1-1	6.50	7.19	A2-1	7.50	8.63
A1-2	6.50	6.44	A2-2	6.13	6.88
A1-3	7.00	6.69	A2-3	7.13	7.13
			A2-4	6.00	7.38
A1ortalama	6.67	6.77	A2ortalama	6.69	7.50
Doğu Anadolu					
D1-1	6.00	6.75	D2-1	6.00	7.50
D1-2	9.75	8.75	D2-2	6.00	6.00
D1-3	6.00	6.75	D2-3	7.63	9.63
D1-4	6.00	6.25	D2-4	6.00	7.50
D1ortalama	6.94	7.13	D2ortalama	6.41	7.66

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.61'in devamı

Örnek	I. yıl		Örnek	II. yıl	
	<i>E. coli</i> ATCC 25922	<i>S. aureus</i> ATCC 25923		<i>E. coli</i> ATCC 25922	<i>S. aureus</i> ATCC 25923
Ege					
E1-1	6.00	6.25	E2-1	6.25	7.13
E1-2	6.50	7.07	E2-2	6.00	7.00
E1-3	6.00	6.50	E2-3	6.00	6.25
			E2-4	6.00	6.13
E1ortalama	6.17	6.61	E2ortalama	6.06	6.63
Güneydoğu Anadolu					
G1-1	6.00	8.75	G2-1	6.00	6.00
G1-2	6.50	6.00	G2-2	6.00	6.44
G1-3	6.50	7.75	G2-3	7.38	8.63
			G2-4	6.00	6.75
G1ortalama	6.33	7.50	G2ortalama	6.34	6.95
İç Anadolu					
İ1-1	6.00	6.25	İ2-1	6.00	7.75
İ1-2	6.00	6.07	İ2-2	6.00	7.88
İ1-3	6.00	7.82	İ2-3	6.50	7.13
İ1-4	6.00	7.63			
İ1ortalama	6.00	6.94	İ2ortalama	6.17	7.58
Karadeniz					
K1-1	8.00	7.38	K2-1	6.00	6.75
K1-2	6.00	6.82	K2-2	8.25	9.00
K1-3	6.00	7.19	K2-3	6.13	8.88
K1-4	7.25	7.25			
K1ortalama	6.81	7.16	K2ortalama	6.79	8.21
Marmara					
M1-1	6.00	7.88	M2-1	6.00	7.00
M1-2	6.50	8.25	M2-2	6.00	6.50
M1-3	6.00	7.63	M2-3	6.00	8.63
M1-4	6.50	7.38			
M1ortalama	6.25	7.78	M2ortalama	6.00	7.38

Çizelge 4.62. Propolis örneklerine ait antibakteriyel aktivite varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	<i>Antibakteriyel aktivite</i>				
	<i>E. coli</i> ATCC 25922			<i>S. aureus</i> ATCC 25923	
	SD	KO	F	KO	F
Bölgeler	6	1.34	1.75	1.67	2.14*
Yıllar	1	0.25	0.33	2.04	2.62
Bölgeler*Yıllar	6	0.20	0.26	1.27	1.63
Hata	86	0.76		0.78	

Çizelge 4.63. Propolis örneklerine ait antibakteriyel aktivite Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Bölgeler	<i>E. coli</i> ATCC 25922 (mm)		
	I. yıl	II. yıl	Bölge Genel Ortalama
Akdeniz	6.67 ^{Aa} ± 0.11	6.69 ^{Aa} ± 0.31	6.68 ^A ± 0.18
Doğu Anadolu	6.94 ^{Aa} ± 0.62	6.41 ^{Aa} ± 0.37	6.67 ^A ± 0.35
Ege	6.17 ^{Aa} ± 0.11	6.06 ^{Aa} ± 0.06	6.11 ^A ± 0.06
Güneydoğu Anadolu	6.33 ^{Aa} ± 0.11	6.34 ^{Aa} ± 0.28	6.34 ^A ± 0.16
İç Anadolu	6.00 ^{Aa} ± 0.00	6.17 ^{Aa} ± 0.17	6.07 ^A ± 0.07
Karadeniz	6.81 ^{Aa} ± 0.55	6.79 ^{Aa} ± 0.47	6.80 ^A ± 0.36
Marmara	6.25 ^{Aa} ± 0.16	6.00 ^{Aa} ± 0.00	6.14 ^A ± 0.10
Yıl Genel Ortalama	6.46 ^a ± 0.14	6.36 ^a ± 0.11	

Bölgeler	<i>S. aureus</i> ATCC 25923 (mm)		
	I. yıl	II. yıl	Bölge Genel Ortalama
Akdeniz	6.77 ^{Bb} ± 0.15	7.50 ^{BAa} ± 0.26	7.19 ^{BA} ± 0.19
Doğu Anadolu	7.13 ^{BAa} ± 0.37	7.66 ^{BAa} ± 0.51	7.39 ^A ± 0.31
Ege	6.61 ^{Ba} ± 0.15	6.63 ^{Ba} ± 0.17	6.62 ^B ± 0.11
Güneydoğu Anadolu	7.50 ^{BAa} ± 0.52	6.95 ^{Ba} ± 0.38	7.19 ^{BA} ± 0.31
İç Anadolu	6.94 ^{BAa} ± 0.30	7.58 ^{BAa} ± 0.15	7.22 ^{BA} ± 0.20
Karadeniz	7.16 ^{BAa} ± 0.09	8.21 ^{Aa} ± 0.56	7.61 ^A ± 0.28
Marmara	7.78 ^{Aa} ± 0.14	7.38 ^{BAa} ± 0.41	7.61 ^A ± 0.19
Yıl Genel Ortalama	7.15 ^a ± 0.11	7.38 ^a ± 0.15	

Varyans analizi sonuçlarına göre bölgeler arasındaki farklılıkların propolis örneklerinin sadece *S. aureus* ATCC 25923 suşu üzerindeki antibakteriyel aktivitesini istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) düzeyde etkilediği, yıllar arasındaki farklılığın ise her iki mikroorganizma üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p > 0.05$) düzeyde etkili olmadığı belirlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, Karadeniz Bölgesi'nden temin edilen propolis örneklerinin antibakteriyel aktivitelerinin diğer bölgelerden temin edilen propolislerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Ege Bölgesi propolislerinin *S. aureus* ATCC 25923 suşu üzerine olan antibakteriyel aktivitelerinin ise daha düşük olduğu belirlenmiştir. Toplam fenolik ve flavonoid madde sonuçları ile birlikte değerlendirme yapıldığında Karadeniz Bölgesi'nden temin edilen propolis örneklerinin bu bileşenlerce daha zengin olduğu, Ege Bölgesi propolis örneklerinin ise daha düşük flavonoid madde içerdiği tespit edilmiştir. Propolis örneklerinin biyolojik aktiviteleri botanik kaynağı, üretildiği bölgenin coğrafi koşulları ve iklimsel özelliklerinden etkilenmekte ve farklılık göstermektedir (Shehata vd. 2020). Propolis örneklerinin antibakteriyel aktivitesi çoğunlukla fenolik ve flavonoid madde içeriği ile ilişkilendirilmekte olup, fenolik madde çeşitliliği, bunların bileşimdeki konsantrasyon ve kombinasyonları da antibakteriyel aktivite üzerinde etkili olmaktadır (Zulhendri vd. 2021).

Temin edilen propolis örneklerinin *E. coli* ATCC 25922 ve *S. aureus* ATCC 25923 suşları üzerine etki ettikleri inhibisyon zonlarının sırasıyla 6.00-9.75 ve 6.00-9.63 mm arasında değiştiği ve propolis örneklerinin *S. aureus* ATCC 25923 suşu üzerine daha fazla inhibe edici etki gösterdiği belirlenmiştir. Benzer değerlendirmeler önceki araştırmalarda da rapor edilmiştir (Arserim-Uçar vd. 2020; Przybyłek ve Karpinski 2019;

Silici ve Kutluca 2005). Analiz edilen örnekler ayrı ayrı incelendiğinde ise D1-2 kodlu örneğin *E. coli* ATCC 25922 suşu ve D2-3 kodlu örneğin *S. aureus* ATCC 25923 suşu üzerine daha yüksek bir antibakteriyel aktivite gösterdiği belirlenmiştir. Bu örneklerle ait diğer veriler incelendiğinde ise D1-2 kodlu örneğin flavonoid madde içeriğinin ve D2-3 kodlu örneğin ise fenolik madde içeriğinin yüksek olduğu ve bu bileşenlerin antibakteriyel aktiviteyi arttırdığı değerlendirilmiştir. Propolis örneklerinin toplam fenolik madde miktarlarının ve bileşiminde bulunan fenolik maddelerin moleküler yapılarının antibakteriyel aktivite üzerinde etkili olduğu rapor edilmiştir (Aliyazıcıoğlu vd. 2013). Ülkemizde yapılan bir çalışmada farklı lokasyonlardan temin edilmiş ve farklı konsantrasyonlardaki etanol ile ekstrakte edilmiş iki propolis örneğinin *E. coli* ATCC 25922 suşu üzerine inhibe edici etkisinin gözlenmediği, *S. aureus* ATCC 25923 suşu içeren petripler içerisinde ise 8.00-11.00 mm arasında inhibisyon zonlarının olduğu bildirilmiştir (Kartal vd. 2003). Ülkemizde yapılan bir diğer çalışmada ise farklı alanlardan toplanan propolis örneklerinin *E. coli* ATCC 25922 ve *S. aureus* ATCC 25923 suşları üzerine etki ettikleri inhibisyon zonlarının sırasıyla 8.00-12.00 ve 10.00-22.00 mm arasında değiştiği rapor edilmiştir (Kolaylı vd. 2020). Romanya'dan toplanan propolis örnekleri ile yapılan bir çalışmada ise 0.01 g/mL konsantrasyonundaki propolis ekstraktının *E. coli* ATCC 25922 ve *S. aureus* ATCC 25923 suşları üzerine etki ettikleri inhibisyon zonlarının sırasıyla ortalama 9.75 ve 11.20 mm olduğu bildirilmiştir (Vica vd. 2021). Sonuçlar arasındaki farklılıkların örnek bileşimlerindeki farklılık, ekstraksiyon koşulları ve propolis konsantrasyonlarına bağlı olarak değişiklik gösterdiği değerlendirilmiştir.

4.9. Bal Örneklerinin HMF Analiz Sonuçları

Bal örneklerine ait HMF analizi, varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.64, 4.65 ve 4.66'da verilmiştir.

Çizelge 4.64. Bal örneklerine ait HMF analiz sonuçları

Örnek	I. yıl HMF (mg/kg)	Örnek	II. yıl HMF (mg/kg)
Akdeniz			
A1-1	33.52	A2-1	30.69
A1-2	41.08	A2-2	10.65
A1-3	52.58	A2-3	44.45
A1-4	9.20	A2-4	3.94
A1 _{ortalama}	34.10	A2 _{ortalama}	22.43
Doğu Anadolu			
D1-1	29.06	D2-1	7.65
D1-2	17.28	D2-2	1.39
D1-3	2.27	D2-3	0.72
D1-4	3.21		
D1 _{ortalama}	12.96	D2 _{ortalama}	3.26
Ege			
E1-1	49.65	E2-1	61.44
E1-2	12.13	E2-2	51.31
E1-3	34.15	E2-3	5.19
		E2-4	21.58
E1 _{ortalama}	31.98	E2 _{ortalama}	34.88

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.64'ün devamı

Örnek	I. yıl HMF (mg/kg)	Örnek	II. yıl HMF (mg/kg)
Güneydoğu Anadolu			
G1-1	26.00	G2-1	8.06
G1-2	23.16	G2-2	8.38
G1-3	33.03	G2-3	31.30
		G2-4	6.48
G1 _{ortalama}	27.40	G2 _{ortalama}	13.56
İç Anadolu			
İ1-1	2.43	İ2-1	4.83
İ1-2	37.36	İ2-2	62.10
İ1-3	38.12	İ2-3	6.88
İ1-4	6.31		
İ1 _{ortalama}	21.06	İ2 _{ortalama}	24.61
Karadeniz			
K1-1	61.11	K2-1	2.37
K1-2	19.93	K2-2	2.07
K1-3	9.07	K2-3	16.20
		K2-4	3.25
K1 _{ortalama}	30.03	K2 _{ortalama}	5.97
Marmara			
M1-1	24.25	M2-1	41.03
M1-2	65.61	M2-2	7.93
M1-3	42.47	M2-3	4.46
M1-4	13.70		
M1 _{ortalama}	36.51	M2 _{ortalama}	17.81

Çizelge 4.65. Bal örneklerine ait HMF içeriği varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	HMF		
	SD	KO	F
Bölgeler	6	939.65	3.10*
Yıllar	1	2557.11	8.43**
Bölgeler*Yıllar	6	366.36	1.21
Hata	86	303.44	

Çizelge 4.66. Bal örneklerine ait HMF içeriği Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Bölgeler	HMF (mg/kg)		
	I. yıl	II. yıl	Bölge Genel Ortalama
Akdeniz	34.10 ^{Aa} ± 6.01	22.43 ^{CBaA} ± 6.08	28.27 ^{BA} ± 4.39
Doğu Anadolu	12.96 ^{Ba} ± 4.17	3.26 ^{Ca} ± 1.40	8.80 ^C ± 2.73
Ege	31.98 ^{BAa} ± 6.89	34.88 ^{Aa} ± 8.54	33.64 ^A ± 5.52
Güneydoğu Anadolu	27.40 ^{BAa} ± 1.89	13.56 ^{CBb} ± 3.88	19.49 ^{CBA} ± 2.97
İç Anadolu	21.06 ^{BAa} ± 6.34	24.61 ^{BAa} ± 11.86	22.58 ^{CBA} ± 5.98
Karadeniz	30.03 ^{BAa} ± 10.03	5.97 ^{CBb} ± 2.24	16.29 ^{CB} ± 5.39
Marmara	36.51 ^{Aa} ± 7.45	17.81 ^{CBaA} ± 7.38	28.49 ^{BA} ± 5.71
Yıl Genel Ortalama	27.47^a ± 2.56	17.78^b ± 2.75	

Varyans analizi sonuçlarına göre bölgeler ve yıllar arasındaki farklılıkların bal örneklerinin HMF içeriği üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$; $p<0.05$) bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, Doğu Anadolu Bölgesi'nden temin edilen bal örneklerinin HMF içeriklerinin diğer bölgelerden temin edilen ballardan daha düşük, Ege Bölgesi'nden temin edilen bal örneklerinin HMF içeriklerinin ise diğer bölgelerden temin edilen ballardan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yıllar arasındaki farklılıklar incelendiğinde ise, birinci yıl temin edilen bal örneklerinin HMF içeriklerinin ikinci yıl temin edilen bal örneklerinin HMF içeriklerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bölgeler ve yıllar arası farklılıkların balların işlenmesi, temin sürecindeki depolanma koşulları ve ballarda kristalizasyonu engellemek amacıyla uygulanması muhtemel olan ısıtma işlemlerinden kaynaklanmış olabileceği değerlendirilmiştir. Ayrıca Doğu Anadolu Bölgesi ballarının en düşük HMF içeriği ortalamalarına sahip olmasının ise Doğu Anadolu Bölgesi'nin diğer bölgelere göre ortalama sıcaklığının daha düşük olması ve bunun da Maillard reaksiyonu yoluyla oluşabilecek HMF miktarını azaltmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür.

HMF içeriği diastaz sayısı parametresi ile ballarda tazeliğin, ısıtma işlem uygulamasının ve depolama koşulları ve süresinin göstergesi olarak kabul edilmektedir. Uzun süre ve/veya uygun olmayan koşullarda depolanmış ve ısıtma işlem uygulanmış ballarda HMF içeriği artarken, diastaz enzim aktivitesi ise azalmaktadır (Juszczak vd. 2013). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne (2020/7) göre balda HMF miktarının 40 mg/kg değerinden düşük olması gerekmektedir (Anonim 2). İncelenen bal örneklerinin HMF içeriklerinin 0.72-65.61 mg/kg aralığında olduğu ve bu örneklerden 11 tanesinin HMF içeriğinin 40 mg/kg değerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca diastaz sayısı düşük bulunan A1-2, A1-3, İ2-2 ve M2-1 kodlu örneklerin HMF içeriklerinin de 40 mg/kg değerinden yüksek olduğu belirlenmiştir. Her iki analiz sonucu birlikte değerlendirildiğinde ise bu örneklerin ısıtma işleme maruz kalmış olabileceği düşünülmektedir. Ancak diastaz sayısı değeri yüksek olduğu (>15) halde HMF içeriği yasal limitin üzerinde olan bazı örnekler de (E1-1, M1-3, A2-3 ve E2-2) bulunmaktadır. Bu durumun HMF bileşiğinin içeriğe ve süreye bağlı olarak düşük sıcaklıklarda dahi oluşabilmesinden kaynaklandığı değerlendirilmiştir. HMF bileşiğinin düşük sıcaklıklarda dahi asidik koşullar altında şekerlerin dehidrasyon reaksiyonları ile oluşabildiği bildirilmiştir (Silva vd. 2016).

Yapılan bazı çalışmalarda bal örneklerinin HMF içeriklerinin 0.61-93.31 (Silici 2004), 0.77-35.12 (Derebaşı vd. 2014) ve 0.61-62.24 mg/kg (Can vd. 2015) aralıklarında değiştiği bildirilmiştir. Elde edilen bulguların literatür verileri ile genel olarak uyumlu olduğu değerlendirilmiştir.

4.10. Bal Örneklerinin Şeker Kompozisyonu Analiz Sonuçları

Birinci ve ikinci yıl bal örneklerine ait şeker kompozisyonu analiz sonuçları sırasıyla Çizelge 4.67 ve 4.68’de, varyans analizi sonuçları Çizelge 4.69’da ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise sırasıyla Çizelge 4.70 ve 4.71’de verilmiştir.

Çizelge 4.67. Birinci yıl bal örneklerine ait şeker kompozisyonu analiz sonuçları

Örnek	I. yıl (g/100g)			
	<i>Fruktoz</i>	<i>Glikoz</i>	<i>Sakkaroz</i>	<i>Maltoz</i>
Akdeniz				
A1-1	42.62	44.61	0.85	0.11
A1-2	40.86	38.79	1.20	0.46
A1-3	42.81	39.32	1.45	0.30
A1-4	32.96	24.96	3.52	1.72
A1 _{ortalama}	39.82	36.92	1.76	0.65
Doğu Anadolu				
D1-1	39.82	32.02	2.72	0.66
D1-2	39.17	33.98	2.33	0.14
D1-3	41.07	41.92	1.38	0.11
D1-4	40.82	42.20	1.23	0.39
D1 _{ortalama}	40.22	37.53	1.91	0.33
Ege				
E1-1	41.03	35.06	1.77	0.36
E1-2	34.09	27.82	1.71	0.23
E1-3	41.02	41.06	1.72	0.20
E1 _{ortalama}	38.71	34.64	1.73	0.27
Güneydoğu Anadolu				
G1-1	40.80	35.13	2.45	0.18
G1-2	40.92	38.60	2.32	0.19
G1-3	39.60	38.63	2.00	0.34
G1 _{ortalama}	40.44	37.46	2.26	0.24
İç Anadolu				
İ1-1	39.54	31.55	2.38	0.27
İ1-2	37.97	35.35	1.06	0.19
İ1-3	42.80	45.12	0.04	0.31
İ1-4	40.56	38.03	0.39	0.21
İ1 _{ortalama}	40.21	37.51	0.97	0.25
Karadeniz				
K1-1	44.12	44.95	0.10	0.29
K1-2	39.38	40.14	1.39	0.43
K1-3	34.40	35.13	1.24	0.18
K1 _{ortalama}	39.30	40.08	0.91	0.31
Marmara				
M1-1	38.05	31.54	1.42	0.37
M1-2	41.76	47.70	0.02	0.34
M1-3	40.75	47.97	0.36	0.15
M1-4	41.56	45.52	0.05	0.18
M1 _{ortalama}	40.53	43.18	0.46	0.26

Çizelge 4.68. İkinci yıl bal örneklerine ait şeker kompozisyonu analiz sonuçları

Örnek	II. yıl (g/100g)			
	<i>Fruktoz</i>	<i>Glikoz</i>	<i>Sakkaroz</i>	<i>Maltoz</i>
Akdeniz				
A2-1	43.77	30.80	2.08	0.19
A2-2	42.48	28.04	1.93	2.37
A2-3	41.05	34.40	1.45	0.26
A2-4	44.32	32.95	2.12	0.26
A2 _{ortalama}	42.90	31.55	1.90	0.77
Doğu Anadolu				
D2-1	44.22	29.48	2.54	0.15
D2-2	45.81	34.67	2.27	0.17
D2-3	46.26	35.12	1.20	0.13
D2 _{ortalama}	45.43	33.09	2.00	0.15
Ege				
E2-1	41.41	35.21	2.00	0.26
E2-2	45.17	33.12	1.63	0.23
E2-3	35.88	31.45	1.66	0.13
E2-4	44.49	34.72	1.92	0.23
E2 _{ortalama}	41.74	33.63	1.81	0.21
Güneydoğu Anadolu				
G2-1	45.34	35.45	0.63	0.11
G2-2	43.99	38.45	1.28	0.16
G2-3	41.49	36.49	2.14	0.20
G2-4	49.31	34.85	1.15	0.17
G2 _{ortalama}	45.03	36.31	1.30	0.16
İç Anadolu				
İ2-1	44.54	37.56	1.46	0.18
İ2-2	39.21	35.98	1.99	0.11
İ2-3	44.65	39.75	1.67	0.22
İ2 _{ortalama}	42.80	37.77	1.71	0.17
Karadeniz				
K2-1	40.98	32.07	1.99	0.21
K2-2	47.33	37.72	0.82	0.25
K2-3	42.84	31.21	1.98	1.70
K2-4	34.41	30.17	1.61	0.76
K2 _{ortalama}	41.39	32.79	1.60	0.73
Marmara				
M2-1	43.89	36.24	1.59	0.47
M2-2	45.60	40.31	1.31	0.53
M2-3	36.18	32.05	1.78	0.89
M2 _{ortalama}	41.89	36.20	1.56	0.63

Çizelge 4.69. Bal örneklerine ait şeker kompozisyonu varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Fruktoz			Glikoz		Sakkaroz		Maltoz	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Bölgeler	6	14.49	1.39	55.52	2.61*	1.78	4.91**	0.57	3.49**
Yıllar	1	241.04	23.07**	337.63	15.85**	1.76	4.88*	0.14	0.88
Bölgeler*Yıllar	6	6.27	0.60	32.40	1.52	1.53	4.23**	0.20	1.20
Hata	86	10.45		21.30		0.36		0.16	

Çizelge 4.70. Bal örneklerine ait şeker kompozisyonu Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Bölgeler	Fruktoz (g/100g)		Glikoz (g/100g)	
	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl
Akdeniz	39.82 ^{Aa} ±1.54	42.90 ^{Aa} ±0.52	36.92 ^{BAa} ±2.75	31.55 ^{Ca} ±0.93
Doğu Anadolu	40.22 ^{Ab} ±0.32	45.43 ^{Aa} ±1.05	37.53 ^{BAa} ±1.74	33.09 ^{Ca} ±1.20
Ege	38.71 ^{Aa} ±1.47	41.74 ^{Aa} ±1.43	34.64 ^{Ba} ±2.42	33.63 ^{CBa} ±0.68
Güneydoğu Anadolu	40.44 ^{Ab} ±0.36	45.03 ^{Aa} ±1.14	37.46 ^{BAa} ±0.76	36.31 ^{BAa} ±0.69
İç Anadolu	40.21 ^{Aa} ±0.68	42.80 ^{Aa} ±1.18	37.51 ^{BAa} ±1.88	37.77 ^{Aa} ±0.81
Karadeniz	39.30 ^{Aa} ±1.78	41.39 ^{Aa} ±1.76	40.08 ^{BAa} ±2.38	32.79 ^{Cb} ±1.12
Marmara	40.53 ^{Aa} ±0.59	41.89 ^{Aa} ±1.83	43.18 ^{Aa} ±2.57	36.20 ^{BAa} ±1.53
Yıl Genel Ortalama	39.94^b±0.39	42.99^a±0.52	38.28^a±0.87	34.33^b±0.46
Bölgeler	Sakkaroz (g/100g)		Maltoz (g/100g)	
	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl
Akdeniz	1.76 ^{BAa} ±0.39	1.90 ^{Aa} ±0.11	0.65 ^{Aa} ±0.24	0.77 ^{Aa} ±0.35
Doğu Anadolu	1.91 ^{Aa} ±0.24	2.00 ^{Aa} ±0.26	0.33 ^{BAa} ±0.08	0.15 ^{Ba} ±0.01
Ege	1.73 ^{BAa} ±0.04	1.81 ^{BAa} ±0.08	0.27 ^{Ba} ±0.04	0.21 ^{BAa} ±0.02
Güneydoğu Anadolu	2.26 ^{Aa} ±0.09	1.30 ^{Bb} ±0.21	0.24 ^{Ba} ±0.04	0.16 ^{Ba} ±0.01
İç Anadolu	0.97 ^{CBa} ±0.34	1.71 ^{BAa} ±0.10	0.25 ^{Ba} ±0.03	0.17 ^{Ba} ±0.02
Karadeniz	0.91 ^{CBb} ±0.26	1.60 ^{BAa} ±0.18	0.31 ^{Ba} ±0.05	0.73 ^{BAa} ±0.23
Marmara	0.46 ^{Cb} ±0.22	1.56 ^{BAa} ±0.09	0.26 ^{Bb} ±0.04	0.63 ^{BAa} ±0.08
Yıl Genel Ortalama	1.40^b±0.13	1.69^a±0.06	0.33^a±0.04	0.41^a±0.08

Çizelge 4.71. Bal örneklerine ait şeker kompozisyonu bölge genel ortalamaları Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Bölgeler	Bölge Genel Ortalama (g/100g)			
	Fruktoz	Glikoz	Sakkaroz	Maltoz
Akdeniz	41.36 ^A ± 0.88	34.23 ^B ± 1.57	1.83 ^A ± 0.20	0.71 ^A ± 0.21
Doğu Anadolu	42.45 ^A ± 0.85	35.63 ^B ± 1.24	1.95 ^A ± 0.17	0.25 ^{CB} ± 0.05
Ege	40.44 ^A ± 1.07	34.06 ^B ± 1.06	1.77 ^A ± 0.05	0.24 ^{CB} ± 0.02
Güneydoğu Anadolu	43.07 ^A ± 0.90	36.80 ^{BA} ± 0.52	1.71 ^{BA} ± 0.18	0.19 ^C ± 0.02
İç Anadolu	41.32 ^A ± 0.70	37.62 ^{BA} ± 1.09	1.28 ^{CB} ± 0.22	0.21 ^C ± 0.02
Karadeniz	40.49 ^A ± 1.25	35.91 ^B ± 1.52	1.30 ^{CB} ± 0.17	0.55 ^{BA} ± 0.14
Marmara	41.11 ^A ± 0.83	40.19 ^A ± 1.83	0.93 ^C ± 0.20	0.42 ^{CBA} ± 0.07

Varyans analizi sonuçlarına göre bölge farklılığının bal örneklerinin glikoz, sakkaroz ve maltoz içerikleri üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$; $p<0.05$) bir etkisinin olduğu tespit edilirken, yıl farklılığının ise bal örneklerinin fruktoz, glikoz ve sakkaroz içerikleri üzerinde önemli ($p<0.01$; $p<0.05$) bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, Marmara Bölgesi'nden temin edilen bal örneklerinin glikoz içeriğinin, Akdeniz, Doğu Anadolu ve

Ege Bölgeleri'nden temin edilen bal örneklerinin sakkaroz içeriklerinin ve Akdeniz Bölgesi'nden temin edilen balların maltoz içeriğinin diğer bölgelerden temin edilen ballardan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca yıllar arasındaki farklılıklar incelendiğinde ise, ikinci yıl temin edilen bal örneklerinin fruktoz ve sakkaroz içeriklerinin, birinci yıl temin edilen bal örneklerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılıkların coğrafya, flora ve iklim gibi faktörlerden kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Bal örneklerinin şeker kompozisyon ve miktarlarının bölgesel ve floral kaynaklardaki farklılıklara, iklimsel koşullara, işleme ve depolama koşullarına bağlı olarak değiştiği bildirilmiştir (Can vd. 2015; Silva vd. 2016).

Marmara Bölgesi ballarında glikoz içeriğinin diğer bölge ballarından daha yüksek olmasının bu bölge ballarının ayçiçeği balları veya içerisinde ayçiçeği poleni içeren ballar olmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Ayçiçeği ballarının glikoz içeriğinin yüksek olduğu çeşitli araştırmalarda bildirilmiştir (Escuredo vd. 2014; Juan-Borras vd. 2014; Sobrino-Gregorio vd. 2017). Akdeniz, Doğu Anadolu ve Ege Bölgeleri'nden temin edilen bal örneklerinin sakkaroz içeriklerinin diğer bölgelere göre biraz daha yüksek olmasının ise balın hasat zamanı veya düşük invertaz enzim aktivitesi ile ilişkili olduğu değerlendirilmiştir. Balın sakkaroz konsantrasyonunun yüksek olmasının balın erken hasadı nedeniyle içerdiği sakkarozun invertaz enzimi aktivitesi ile tam olarak glikoz ve fruktoza dönüştürülememesi ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Derebaşı vd. 2014).

Bal örneklerinin şeker içeriklerinin büyük bir kısmını fruktoz ve glikoz monosakkaritleri oluşturmaktadır. İncelenen örneklerin fruktoz içeriklerinin 32.96-49.31 g/100g ve glikoz içeriklerinin ise 24.96-47.97 g/100g aralıklarında değiştiği tespit edilmiştir. Yapılan bir çalışmada farklı bitkisel orjinli çiçek balı örneklerinin fruktoz içeriklerinin 29.80-44.49 g/100g ve glikoz içeriklerinin ise 25.93-35.98 g/100g aralıklarında olduğu bildirilmiştir (Tornuk vd. 2013). Bir diğer çalışmada ise Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nden temin edilen 68 farklı bal örneğinin fruktoz içeriklerinin 34.35-46.47 g/100g ve glikoz içeriklerinin ise 26.78-37.35 g/100g aralıklarında değiştiği rapor edilmiştir (Gürbüz vd. 2020). Elde edilen bulguların literatür verileri ile uyumlu olduğu değerlendirilmiştir. Ayrıca Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne (2020/7) göre çiçek ballarının fruktoz ve glikoz içerikleri toplamının 60 g/100g ve salgı ballarının ise 45 g/100g değerlerinden yüksek olması gerekmektedir. Sonuçlar incelendiğinde kısımahmut çiçeği balı olan A1-4 kodlu örneğin fruktoz ve glikoz içeriği toplamının 57.92 g/100g değeri ile bildirilen limitin altında olduğu, diğer bal örneklerinin ise kodeks limitlerine uygun olduğu belirlenmiştir. A1-4 kodlu örneğin sakkaroz ve maltoz içeriklerinin ise kodekse uygun olmakla birlikte diğer bal örneklerine göre daha yüksek olduğu ve invertaz ve diastaz enzim aktiviteleri ve örneğin olgunluk düzeyine bağlı olarak fruktoz ve glikoz içerikleri toplamının limitin altında kaldığı değerlendirilmiştir.

İncelenen bal örneklerinin sakkaroz içeriğinin 0.02-3.52 g/100g aralığında ve maltoz içeriğinin ise 0.11-2.37 g/100g aralığında olduğu tespit edilmiştir. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne (2020/7) göre balda sakkaroz ve maltoz miktarlarının sırasıyla 5 g/100g ve 4 g/100g değerlerinden düşük olması gerekmektedir (Anonim 2). Buna göre örneklerin sakkaroz ve maltoz içeriklerinin bal kodeksine uygun olduğu belirlenmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda bal örneklerinin sakkaroz ve maltoz içeriklerinin sırasıyla 0.10-3.91 ve 0.54-0.76 g/100g (Tosun ve Keles 2021) ve 0.00-4.10 ve 0.00-5.50 g/100g (Gürbüz vd. 2020) değerlerinde olduğu bildirilmiştir.

4.11. Bal rneklerinin Serbest Aminoasit Kompozisyonu Analiz Sonuçları

Birinci ve ikinci yıl bal örneklerine ait serbest aminoasit kompozisyonu analiz sonuçları sırasıyla izelge 4.72 ve 4.73'te, varyans analizi sonuçları izelge 4.74'te ve Duncan oklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise sırasıyla izelge 4.75 ve 4.76'da verilmiştir.



Çizelge 4.72. Birinci yıl bal örneklerine ait serbest aminoasit kompozisyonu analiz sonuçları (mg/kg)

Örnek	Aspartik asit	Glutamik asit	4-OH prolin	Asparajin	Serin	Glutamin	Histidin	Prolin	Alanin	Valin	Metiyonin	Sistin	Triptofan	İzölösün	Fenilalanin	Lösün	Sistein	Lisin	Tirozin
Akdeniz																			
A1-1	10.07	19.07	4.39	5.34	11.62	15.92	8.81	431.64	34.46	19.91	2.74	2.11	0.80	182.09	21.26	11.34	1.62	16.35	8.55
A1-2	10.67	17.70	3.20	7.77	24.55	10.43	6.80	391.05	42.22	13.05	2.63	1.38	0.78	186.52	12.01	17.96	1.40	12.25	8.89
A1-3	11.91	10.42	1.84	7.63	26.04	8.25	6.04	380.78	24.03	6.64	2.73	0.87	0.55	188.32	6.29	5.09	1.07	13.50	4.72
A1-4	8.07	13.91	6.51	8.08	12.06	6.47	5.60	739.95	29.73	6.72	2.23	1.81	0.90	186.47	6.78	36.49	1.31	3.51	15.48
A1 _{ortalama}	10.18	15.27	3.99	7.21	18.57	10.27	6.81	485.86	32.61	11.58	2.58	1.54	0.76	185.85	11.59	17.72	1.35	11.40	9.41
Doğu Anadolu																			
D1-1	9.00	11.43	2.00	8.91	26.61	14.17	13.53	567.34	25.54	11.31	2.34	1.27	0.66	164.48	12.29	99.67	1.29	10.69	23.77
D1-2	8.59	12.24	1.02	10.33	24.90	10.27	7.22	462.24	23.74	7.44	2.11	1.46	0.66	186.17	7.88	33.55	1.29	13.64	13.41
D1-3	7.09	6.95	2.09	7.30	14.25	9.36	8.57	631.00	19.10	7.40	1.60	1.59	0.54	155.08	24.21	95.71	2.36	12.20	61.94
D1-4	6.47	10.11	2.54	8.17	31.12	25.67	9.35	1005.56	41.58	16.25	2.36	3.06	0.66	170.53	18.70	9.98	2.30	27.56	12.22
D1 _{ortalama}	7.79	10.18	1.91	8.68	24.22	14.87	9.67	666.54	27.49	10.60	2.11	1.85	0.63	169.06	15.77	59.73	1.81	16.02	27.84
Ege																			
E1-1	12.80	10.10	5.64	5.68	12.97	26.58	15.64	982.13	28.38	17.31	2.40	t.e.	0.91	123.80	30.34	15.75	1.34	15.98	9.21
E1-2	7.37	7.26	5.88	5.86	5.96	11.38	13.98	663.20	29.33	3.58	2.37	t.e.	0.95	149.67	14.73	17.43	0.31	3.21	7.23
E1-3	15.41	7.84	2.18	5.67	9.14	16.97	10.17	771.53	23.95	8.15	2.97	1.01	2.11	135.09	16.38	64.17	0.27	32.73	25.39
E1 _{ortalama}	11.86	8.40	4.57	5.74	9.36	18.31	13.26	805.62	27.22	9.68	2.58	0.34	1.33	136.19	20.48	32.45	0.64	17.31	13.95
Güneydoğu Anadolu																			
G1-1	38.77	11.83	2.84	10.15	8.79	11.02	12.58	305.94	13.52	4.94	1.77	1.09	0.56	214.11	17.22	16.43	0.93	10.25	5.50
G1-2	16.60	8.24	1.25	7.17	8.70	6.15	6.96	361.38	11.08	3.40	2.40	0.95	0.73	155.17	13.84	8.14	0.46	7.24	3.24
G1-3	19.72	12.14	2.10	7.47	7.85	5.95	6.07	483.35	10.92	3.93	3.10	0.84	0.77	136.58	12.44	16.43	0.41	6.57	7.43
G1 _{ortalama}	25.04	10.74	2.06	8.26	8.45	7.71	8.54	383.56	11.84	4.09	2.42	0.96	0.69	168.62	14.50	13.67	0.60	8.02	5.39
İç Anadolu																			
İ1-1	15.16	8.53	1.49	8.14	12.88	6.51	10.44	621.43	16.26	6.60	2.04	1.08	0.59	138.91	t.e.	164.72	0.27	4.02	70.87
İ1-2	23.78	7.97	2.04	8.19	10.17	10.18	14.79	473.35	18.47	8.91	1.99	1.50	0.64	145.44	18.54	35.51	0.33	10.22	17.21
İ1-3	16.52	7.67	2.06	4.38	9.65	10.41	8.76	479.98	15.12	4.80	1.87	1.42	0.61	147.40	20.67	13.11	0.28	16.61	8.78
İ1-4	14.04	6.91	2.26	6.10	11.96	14.98	10.66	967.33	18.83	8.97	2.25	1.72	0.86	147.19	18.53	52.06	0.30	24.22	24.91
İ1 _{ortalama}	17.38	7.77	1.96	6.70	11.17	10.52	11.17	635.52	17.17	7.32	2.04	1.43	0.68	144.73	14.44	66.35	0.30	13.77	30.44
Karadeniz																			
K1-1	12.63	23.19	3.00	4.94	8.34	12.48	9.57	389.11	18.17	11.12	3.64	1.30	0.73	172.04	19.16	12.87	0.95	14.44	8.99
K1-2	5.73	4.78	2.60	7.79	9.48	11.80	36.29	750.97	18.36	8.70	2.18	1.52	0.95	155.04	18.07	7.46	1.07	11.84	5.80
K1-3	4.37	5.44	7.18	8.08	6.66	1.87	8.14	946.19	20.49	6.64	2.34	1.49	0.69	157.49	16.72	9.00	1.23	5.22	6.15
K1 _{ortalama}	7.58	11.14	4.26	6.94	8.16	8.72	18.00	695.42	19.01	8.82	2.72	1.44	0.79	161.52	17.98	9.78	1.08	10.50	6.98
Marmara																			
M1-1	3.54	4.42	8.76	7.62	13.19	16.98	26.89	916.60	51.78	19.04	2.44	1.61	1.21	152.59	33.25	7.23	0.42	3.51	6.51
M1-2	12.60	4.44	5.57	4.81	10.43	11.15	7.65	423.60	24.35	13.48	3.10	1.88	0.77	156.26	32.37	7.67	0.43	11.38	7.46
M1-3	4.65	4.35	3.27	6.67	9.61	20.85	14.12	655.82	38.68	23.36	2.50	1.88	0.89	168.05	33.52	8.14	0.48	14.47	7.31
M1-4	12.34	4.20	2.01	4.84	7.01	13.57	11.12	1002.33	13.41	10.02	2.78	2.05	0.67	154.50	t.e.	106.38	0.41	27.80	52.03
M1 _{ortalama}	8.28	4.36	4.90	5.99	10.06	15.64	14.94	749.59	32.06	16.47	2.71	1.86	0.88	157.85	24.79	32.36	0.43	14.29	18.33

Çizelge 4.73. İkinci yıl bal örneklerine ait serbest aminoasit kompozisyonu analiz sonuçları (mg/kg)

Örnek	Aspartik asit	Glutamik asit	4-OH prolin	Asparajin	Serin	Glutamin	Histidin	Prolin	Alanin	Valin	Metiyonin	Sistin	Triptofan	İzoleisin	Fenilalanin	Lösin	Sistein	Lisin	Tirozin
Akdeniz																			
A2-1	32.36	9.22	t.e.	2.90	5.95	4.79	4.79	560.37	22.11	t.e.	t.e.	3.01	t.e.	4.19	7.75	1.12	1.41	1.11	251.97
A2-2	17.04	8.04	7.04	8.23	13.38	42.56	40.53	1408.12	46.04	15.59	4.77	7.74	3.39	68.39	94.28	108.70	t.e.	21.95	30.83
A2-3	30.48	7.40	0.31	2.96	8.61	12.97	13.08	1099.73	22.54	15.13	1.85	t.e.	t.e.	137.23	52.58	65.94	0.46	16.61	52.85
A2-4	24.88	7.78	5.61	1.26	23.89	14.82	20.49	898.26	28.68	15.79	1.46	t.e.	t.e.	146.66	40.11	55.26	1.05	18.41	41.42
A2 _{ortalama}	26.19	8.11	3.24	3.84	12.96	18.78	19.73	991.62	29.84	11.63	2.02	2.69	0.85	89.12	48.68	57.76	0.73	14.52	94.27
Doğu Anadolu																			
D2-1	25.29	8.45	t.e.	1.03	7.60	7.08	7.49	617.34	12.80	6.31	1.46	t.e.	t.e.	140.45	55.08	73.75	0.87	14.68	46.69
D2-2	15.46	7.12	2.89	2.49	27.83	14.70	8.21	685.73	19.71	6.20	4.93	1.51	t.e.	110.99	59.94	56.89	1.17	21.49	30.04
D2-3	6.99	7.13	t.e.	3.21	6.07	11.72	5.85	623.21	14.28	5.66	3.01	1.90	t.e.	127.29	46.72	19.34	2.40	24.96	14.97
D2 _{ortalama}	15.91	7.57	0.96	2.25	13.84	11.17	7.19	642.09	15.60	6.06	3.14	1.14	t.e.	126.24	53.92	49.99	1.48	20.38	30.57
Ege																			
E2-1	t.e.	7.79	1.69	2.36	5.21	7.36	6.48	653.50	17.40	6.23	3.19	t.e.	t.e.	93.28	510.21	335.92	t.e.	9.76	21.19
E2-2	t.e.	7.21	2.14	7.05	6.76	25.78	18.86	1259.50	30.49	11.74	2.49	t.e.	t.e.	127.33	36.80	35.22	1.22	12.80	24.24
E2-3	t.e.	7.97	8.65	6.52	6.09	2.34	4.25	308.65	12.09	1.90	3.20	t.e.	t.e.	165.10	51.65	6.23	0.24	3.16	4.23
E2-4	23.67	9.27	4.23	5.01	5.94	11.78	10.33	749.11	34.40	19.88	8.51	2.25	0.90	165.19	58.93	27.03	0.49	12.71	7.07
E2 _{ortalama}	5.92	8.06	4.18	5.23	6.00	11.82	9.98	742.69	23.60	9.94	4.35	0.56	0.23	137.72	164.40	101.10	0.49	9.61	14.18
Güneydoğu Anadolu																			
G2-1	58.77	8.64	0.42	4.63	6.09	9.32	9.72	756.89	17.83	16.76	14.51	0.95	2.51	116.64	491.34	182.79	0.68	31.67	36.74
G2-2	68.88	9.16	0.86	5.63	11.08	6.98	3.84	713.72	20.04	8.45	7.79	1.35	t.e.	127.85	583.80	45.00	0.32	24.25	36.67
G2-3	50.43	8.43	1.25	t.e.	20.71	9.02	8.75	647.09	12.94	5.89	4.96	1.10	t.e.	172.96	47.07	17.11	0.40	18.14	12.09
G2-4	61.69	8.07	t.e.	7.72	4.72	6.01	9.15	693.97	11.59	5.51	5.92	1.47	t.e.	170.00	112.98	35.49	t.e.	30.19	24.12
G2 _{ortalama}	59.94	8.57	0.63	4.50	10.65	7.83	7.87	702.92	15.60	9.15	8.30	1.22	0.63	146.86	308.80	70.10	0.35	26.06	27.41
İç Anadolu																			
İ2-1	13.81	7.24	4.76	4.07	31.81	7.83	7.01	797.53	27.29	6.59	5.37	3.03	t.e.	130.62	178.13	166.35	0.42	27.16	82.24
İ2-2	16.56	6.71	0.58	1.05	2.99	3.13	5.91	261.10	10.37	4.85	3.18	1.05	t.e.	154.49	64.71	16.51	t.e.	12.37	11.78
İ2-3	7.75	6.74	2.08	1.74	32.86	19.60	25.36	1103.27	30.40	9.89	7.83	1.99	t.e.	140.79	56.20	26.08	t.e.	30.82	34.09
İ2 _{ortalama}	12.70	6.90	2.48	2.29	22.56	10.19	12.76	720.64	22.69	7.11	5.46	2.02	t.e.	141.97	99.68	69.65	0.14	23.45	42.70
Karadeniz																			
K2-1	4.27	5.46	4.41	2.95	10.02	12.62	4.39	877.07	17.13	4.92	2.29	1.63	t.e.	148.74	51.89	13.09	0.62	14.99	22.29
K2-2	t.e.	4.79	3.30	2.09	5.06	3.59	10.03	280.73	17.34	4.48	1.80	2.74	t.e.	155.09	49.81	12.03	0.40	23.82	5.92
K2-3	1.73	4.63	2.38	2.19	5.99	4.49	10.60	401.04	9.19	3.89	1.57	1.57	t.e.	166.66	50.86	10.76	1.18	17.29	8.55
K2-4	t.e.	6.74	17.33	7.17	20.14	4.70	5.04	367.00	28.15	5.72	2.42	t.e.	t.e.	156.81	43.99	5.30	t.e.	4.57	5.22
K2 _{ortalama}	1.50	5.41	6.85	3.60	10.30	6.35	7.51	481.46	17.95	4.75	2.02	1.48	t.e.	156.82	49.14	10.30	0.55	15.17	10.50
Marmara																			
M2-1	t.e.	3.94	16.59	4.13	12.23	14.31	4.34	621.01	14.43	5.84	3.92	2.89	t.e.	142.68	65.75	16.45	t.e.	11.44	14.15
M2-2	3.66	3.50	13.10	3.61	10.31	7.66	10.67	267.98	9.21	9.24	4.46	t.e.	t.e.	140.34	54.42	26.97	t.e.	10.45	12.44
M2-3	t.e.	5.35	21.21	2.63	16.99	5.54	4.14	334.78	13.16	7.63	3.29	1.95	t.e.	140.28	56.17	12.78	t.e.	9.14	7.86
M2 _{ortalama}	1.22	4.27	16.97	3.46	13.18	9.17	6.38	407.93	12.27	7.57	3.89	1.61	t.e.	141.10	58.78	18.73	t.e.	10.34	11.48

Çizelge 4.74. Bal örneklerine ait serbest aminoasit kompozisyonu varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	SD	Aspartik asit		Glutamik asit		4-OH prolin		Asparajin		Serin	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Bölgeler	6	2352.02	65.44**	73.93	10.23**	153.97	20.05**	5.16	1.59	266.12	6.38**
Yıllar	1	622.66	17.32**	180.05	24.90**	68.06	8.86**	296.54	91.56**	0.13	0.00
Bölgeler*Yıllar	6	872.33	24.27**	27.61	3.82**	78.69	10.25**	11.13	3.44**	173.96	4.17**
Hata	86	35.94		7.23		7.68		3.24		41.69	
Varyasyon kaynağı	SD	Glutamin		Histidin		Prolin		Alanin		Valin	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Bölgeler	6	131.18	2.91*	57.07	1.23	104257.74	1.90*	448.89	7.48**	72.92	3.62**
Yıllar	1	57.45	1.28	60.27	1.30	35709.39	0.65	445.61	7.42*	76.49	3.80*
Bölgeler*Yıllar	6	100.51	2.23*	221.04	4.77**	318567.64	5.80**	270.02	4.50**	69.05	3.43**
Hata	86	45.04		46.33		54959.92		60.04		20.15	
Varyasyon kaynağı	SD	Metiyonin		Sistin		Tryptofan		İzolösin		Fenilalanin	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Bölgeler	6	15.90	5.92**	4.13	2.92*	0.62	1.72	1119.52	1.92*	31999.24	3.52**
Yıllar	1	72.11	26.86**	0.87	0.62	8.21	22.69**	16925.78	28.99**	220350.07	24.24**
Bölgeler*Yıllar	6	18.77	6.99**	1.29	0.91	0.69	1.91	4542.26	7.78**	32648.14	3.59**
Hata	86	2.68		1.41		0.36		583.76		9089.77	
Varyasyon kaynağı	SD	Lösin		Sistein		Lisin		Tirozin			
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F		
Bölgeler	6	6295.78	1.90*	3.59	22.63**	106.39	2.10	3546.57	3.53**		
Yıllar	1	10595.43	3.20	3.06	19.29**	397.94	7.86*	7052.41	7.02*		
Bölgeler*Yıllar	6	3899.27	1.18	0.12	0.76	246.29	4.86**	3793.24	3.77**		
Hata	86	3310.83		0.16		50.64		1005.09			

Çizelge 4.75. Bal örneklerine ait serbest aminoasit kompozisyonu Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları (mg/kg)

Bölgeler	<i>Aspartik asit</i>		<i>Glutamik asit</i>		<i>4-OH prolin</i>		<i>Asparajin</i>	
	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl
Akdeniz	10.18 ^{Cb} ±0.53	26.19 ^{Ba} ±2.37	15.27 ^{Aa} ±1.29	8.11 ^{BAb} ±0.31	3.99 ^{Aa} ±0.65	3.24 ^{CBa} ±1.19	7.21 ^{CBa} ±0.41	3.84 ^{BAb} ±1.02
Doğu Anadolu	7.79 ^{Cb} ±0.41	15.91 ^{Ca} ±3.37	10.18 ^{Ba} ±0.78	7.57 ^{CBb} ±0.28	1.91 ^{Ba} ±0.21	0.96 ^{Ca} ±0.62	8.68 ^{Aa} ±0.45	2.25 ^{Bb} ±0.41
Ege	11.86 ^{Ca} ±1.55	5.92 ^{EDa} ±3.92	8.40 ^{CBa} ±0.56	8.06 ^{BAa} ±0.31	4.57 ^{Aa} ±0.76	4.18 ^{CBa} ±1.05	5.74 ^{Ca} ±0.06	5.23 ^{Aa} ±0.69
Güneydoğu Anadolu	25.04 ^{Ab} ±4.44	59.94 ^{Aa} ±2.70	10.74 ^{Ba} ±0.80	8.57 ^{Ab} ±0.16	2.06 ^{Ba} ±0.30	0.63 ^{Cb} ±0.19	8.26 ^{BAa} ±0.60	4.50 ^{BAb} ±1.07
İç Anadolu	17.38 ^{Ba} ±1.46	12.70 ^{DCa} ±1.71	7.77 ^{CBa} ±0.26	6.90 ^{Cb} ±0.15	1.96 ^{Ba} ±0.11	2.48 ^{Ca} ±0.78	6.70 ^{CBa} ±0.60	2.29 ^{Bb} ±0.58
Karadeniz	7.58 ^{Ca} ±1.65	1.50 ^{Eb} ±0.75	11.14 ^{Ba} ±3.82	5.41 ^{Da} ±0.32	4.26 ^{Aa} ±0.93	6.85 ^{Ba} ±2.30	6.94 ^{CBa} ±0.65	3.60 ^{BAb} ±0.79
Marmara	8.28 ^{Ca} ±1.60	1.22 ^{Eb} ±0.77	4.36 ^{Ca} ±0.04	4.27 ^{Ea} ±0.36	4.90 ^{Ab} ±0.97	16.97 ^{Aa} ±1.49	5.99 ^{Ca} ±0.47	3.46 ^{BAb} ±0.28
Yıl Genel Ortalama	12.32 ^b ±1.04	18.55 ^a ±2.99	9.65 ^a ±0.68	7.07 ^b ±0.23	3.35 ^b ±0.29	4.83 ^a ±0.84	7.08 ^a ±0.23	3.71 ^b ±0.32
Bölgeler	<i>Serin</i>		<i>Glutamin</i>		<i>Histidin</i>		<i>Prolin</i>	
	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl
Akdeniz	18.57 ^{Ba} ±2.56	12.96 ^{Ba} ±2.60	10.27 ^{CBa} ±1.34	18.78 ^{Aa} ±5.39	6.81 ^{Cb} ±0.50	19.73 ^{Aa} ±5.05	485.86 ^{CBb} ±56.07	991.62 ^{Aa} ±116.54
Doğu Anadolu	24.22 ^{Aa} ±2.37	13.84 ^{Bb} ±4.45	14.87 ^{BAa} ±2.48	11.17 ^{BAa} ±1.43	9.67 ^{CBa} ±0.90	7.19 ^{Ba} ±0.58	666.54 ^{BAa} ±77.82	642.09 ^{CBa} ±15.73
Ege	9.36 ^{Ca} ±1.31	6.00 ^{Bb} ±0.32	18.31 ^{Aa} ±2.91	11.82 ^{BAa} ±3.36	13.26 ^{CBa} ±1.32	9.98 ^{Ba} ±2.13	805.62 ^{Aa} ±60.44	742.69 ^{BAa} ±128.82
Güneydoğu Anadolu	8.45 ^{Ca} ±0.20	10.65 ^{Ba} ±2.38	7.71 ^{Ca} ±1.07	7.83 ^{Ba} ±0.53	8.54 ^{CBa} ±1.29	7.87 ^{Ba} ±0.90	383.56 ^{Cb} ±33.59	702.92 ^{CBa} ±15.35
İç Anadolu	11.17 ^{Ca} ±0.58	22.56 ^{Aa} ±6.20	10.52 ^{CBa} ±1.16	10.19 ^{BAa} ±3.11	11.17 ^{CBa} ±0.85	12.76 ^{BAa} ±3.99	635.52 ^{BAa} ±75.80	720.64 ^{CBa} ±155.76
Karadeniz	8.16 ^{Ca} ±0.71	10.30 ^{Ba} ±2.26	8.72 ^{Ca} ±2.17	6.35 ^{Ba} ±1.38	18.00 ^{Aa} ±5.83	7.51 ^{Ba} ±1.09	695.42 ^{BAa} ±103.24	481.46 ^{CBa} ±87.97
Marmara	10.06 ^{Ca} ±0.84	13.18 ^{Ba} ±1.26	15.64 ^{BAa} ±1.39	9.17 ^{BAb} ±1.68	14.94 ^{BAa} ±2.75	6.38 ^{Bb} ±1.37	749.59 ^{Aa} ±85.97	407.93 ^{Cb} ±68.49
Yıl Genel Ortalama	13.36 ^a ±1.01	12.33 ^a ±1.25	12.38 ^a ±0.83	10.83 ^a ±1.21	11.59 ^a ±0.96	10.37 ^a ±1.17	632.15 ^a ±32.45	679.47 ^a ±43.34
Bölgeler	<i>Alanin</i>		<i>Valin</i>		<i>Metiyonin</i>		<i>Sistin</i>	
	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl
Akdeniz	32.61 ^{Aa} ±2.53	29.84 ^{Aa} ±3.68	11.58 ^{Ba} ±2.07	11.63 ^{Aa} ±2.54	2.58 ^{BAa} ±0.09	2.02 ^{Ca} ±0.68	1.54 ^{Aa} ±0.18	2.69 ^{Aa} ±1.20
Doğu Anadolu	27.49 ^{BAa} ±3.22	15.60 ^{CBb} ±1.39	10.60 ^{Ba} ±1.38	6.06 ^{BAb} ±0.19	2.11 ^{CBa} ±0.13	3.14 ^{CBa} ±0.65	1.85 ^{Aa} ±0.27	1.14 ^{BAa} ±0.37
Ege	27.22 ^{BAa} ±1.09	23.60 ^{BAa} ±3.49	9.68 ^{Ba} ±2.56	9.94 ^{BAa} ±2.55	2.58 ^{BAa} ±0.13	4.35 ^{CBa} ±0.93	0.34 ^{Ca} ±0.21	0.56 ^{Ba} ±0.37
Güneydoğu Anadolu	11.84 ^{Cb} ±0.62	15.60 ^{CBa} ±1.35	4.09 ^{Cb} ±0.29	9.15 ^{BAa} ±1.72	2.42 ^{CBa} ±0.25	8.30 ^{Aa} ±1.42	0.96 ^{Ba} ±0.06	1.22 ^{BAa} ±0.10
İç Anadolu	17.17 ^{Ca} ±0.65	22.69 ^{BAa} ±3.96	7.32 ^{CBa} ±0.66	7.11 ^{BAa} ±0.94	2.04 ^{Cb} ±0.07	5.46 ^{Ba} ±0.85	1.43 ^{BAa} ±0.09	2.02 ^{BAa} ±0.36
Karadeniz	19.01 ^{CBa} ±0.50	17.95 ^{CBa} ±2.55	8.82 ^{CBa} ±0.83	4.75 ^{Bb} ±0.26	2.72 ^{Aa} ±0.31	2.02 ^{Cb} ±0.14	1.44 ^{BAa} ±0.05	1.48 ^{BAa} ±0.37
Marmara	32.06 ^{Aa} ±5.48	12.27 ^{Cb} ±1.00	16.47 ^{Aa} ±1.93	7.57 ^{BAb} ±0.62	2.71 ^{Ab} ±0.10	3.89 ^{CBa} ±0.23	1.86 ^{Aa} ±0.08	1.61 ^{BAa} ±0.55
Yıl Genel Ortalama	24.46 ^a ±1.48	19.99 ^b ±1.29	10.07 ^a ±0.76	8.16 ^b ±0.70	2.44 ^b ±0.07	4.17 ^a ±0.43	1.40 ^a ±0.09	1.53 ^a ±0.23

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.75'in devamı

Bölgeler	Tryptofan		İzolösin		Fenilalanin		Lösin	
	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl
Akdeniz	0.76 ^{Ba} ±0.05	0.85 ^{Aa} ±0.56	185.85 ^{Aa} ±1.31	89.12 ^{Bb} ±21.78	11.59 ^{Bb} ±2.28	48.68 ^{Ba} ±11.78	17.72 ^{CBb} ±4.45	57.76 ^{BAa} ±14.54
Doğu Anadolu	0.63 ^{Ba} ±0.02	0.00 ^{Ab} ±0.00	169.06 ^{Ba} ±4.33	126.24 ^{Ab} ±5.49	15.77 ^{BAb} ±2.37	53.92 ^{Ba} ±2.45	59.73 ^{BAa} ±14.70	49.99 ^{BAa} ±10.29
Ege	1.33 ^{Aa} ±0.25	0.23 ^{Ab} ±0.15	136.19 ^{Da} ±5.11	137.72 ^{Aa} ±11.40	20.48 ^{BAA} ±3.18	164.40 ^{BAa} ±75.55	32.45 ^{CBAA} ±10.04	101.10 ^{Aa} ±51.45
Güneydoğu Anadolu	0.69 ^{Ba} ±0.04	0.63 ^{Aa} ±0.41	168.62 ^{Ba} ±14.97	146.86 ^{Aa} ±9.46	14.50 ^{BAb} ±0.92	308.80 ^{Aa} ±87.84	13.67 ^{Ca} ±1.75	70.10 ^{BAa} ±24.89
İç Anadolu	0.68 ^{Ba} ±0.04	0.00 ^{Ab} ±0.00	144.73 ^{DCa} ±1.88	141.97 ^{Aa} ±4.42	14.44 ^{BAB} ±3.20	99.68 ^{Ba} ±24.89	66.35 ^{Aa} ±22.10	69.65 ^{BAa} ±30.65
Karadeniz	0.79 ^{Ba} ±0.05	0.00 ^{Ab} ±0.00	161.52 ^{CBa} ±3.47	156.82 ^{Aa} ±2.47	17.98 ^{BAb} ±0.47	49.14 ^{Ba} ±1.25	9.78 ^{Ca} ±1.02	10.30 ^{Ba} ±1.14
Marmara	0.88 ^{Ba} ±0.08	0.00 ^{Ab} ±0.00	157.85 ^{CBa} ±2.29	141.10 ^{Ab} ±0.66	24.79 ^{Ab} ±5.41	58.78 ^{Ba} ±2.33	32.36 ^{CBAA} ±16.16	18.73 ^{BAa} ±2.72
Yıl Genel Ortalama	0.81 ^a ±0.04	0.27 ^b ±0.12	161.16 ^a ±2.94	134.00 ^b ±5.09	17.01 ^b ±1.29	116.85 ^a ±22.23	34.89 ^a ±5.72	54.88 ^a ±10.51
Bölgeler	Sistein		Lisin		Tirozin			
	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl		
Akdeniz	1.35 ^{Ba} ±0.08	0.73 ^{Bb} ±0.21	11.40 ^{Aa} ±1.82	14.52 ^{CBa} ±3.03	9.41 ^{CBb} ±1.46	94.27 ^{Aa} ±34.56		
Doğu Anadolu	1.81 ^{Aa} ±0.20	1.48 ^{Aa} ±0.31	16.02 ^{Aa} ±2.55	20.38 ^{BAa} ±1.94	27.84 ^{BAa} ±7.64	30.57 ^{Ba} ±5.80		
Ege	0.64 ^{Ca} ±0.22	0.49 ^{CBa} ±0.17	17.31 ^{Aa} ±5.41	9.61 ^{Ca} ±1.49	13.95 ^{CBAA} ±3.65	14.18 ^{Ba} ±3.28		
Güneydoğu Anadolu	0.60 ^{Ca} ±0.11	0.35 ^{CBa} ±0.09	8.02 ^{Ab} ±0.75	26.06 ^{Aa} ±2.02	5.39 ^{Cb} ±0.77	27.41 ^{Ba} ±3.87		
İç Anadolu	0.30 ^{Ca} ±0.01	0.14 ^{Ca} ±0.09	13.77 ^{Aa} ±2.84	23.45 ^{Aa} ±3.57	30.44 ^{Aa} ±9.09	42.70 ^{Ba} ±13.15		
Karadeniz	1.08 ^{Ba} ±0.05	0.55 ^{CBb} ±0.16	10.50 ^{Aa} ±1.74	15.17 ^{CBa} ±2.62	6.98 ^{Ca} ±0.66	10.50 ^{Ba} ±2.62		
Marmara	0.43 ^{Ca} ±0.01	0.00 ^{Cb} ±0.00	14.29 ^{Aa} ±3.32	10.34 ^{Ca} ±0.44	18.33 ^{CBAA} ±7.36	11.48 ^{Ba} ±1.19		
Yıl Genel Ortalama	0.90 ^a ±0.09	0.53 ^b ±0.09	13.18 ^b ±1.11	16.96 ^a ±1.20	16.92 ^b ±2.54	33.59 ^a ±6.87		

Çizelge 4.76. Bal örneklerine ait serbest aminoasit kompozisyonu bölge genel ortalama Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Bölgeler	Bölge Genel Ortalama			
	<i>Aspartik asit</i>	<i>Glutamik asit</i>	<i>4-OH prolin</i>	<i>Asparajin</i>
Akdeniz	18.18 ^B ± 2.38	11.69 ^A ± 1.13	3.61 ^{DCB} ± 0.66	5.52 ^A ± 0.69
Doğu Anadolu	11.27 ^{DC} ± 1.78	9.06 ^B ± 0.57	1.50 ^{ED} ± 0.31	5.92 ^A ± 0.93
Ege	8.47 ^{ED} ± 2.41	8.20 ^B ± 0.29	4.34 ^{CB} ± 0.66	5.45 ^A ± 0.39
Güneydoğu Anadolu	44.98 ^A ± 5.33	9.50 ^B ± 0.45	1.24 ^E ± 0.26	6.11 ^A ± 0.82
İç Anadolu	15.37 ^{CB} ± 1.24	7.40 ^B ± 0.20	2.18 ^{EDC} ± 0.33	4.81 ^A ± 0.73
Karadeniz	4.10 ^E ± 1.15	7.86 ^B ± 1.75	5.74 ^B ± 1.38	5.03 ^A ± 0.69
Marmara	5.25 ^E ± 1.35	4.32 ^C ± 0.15	10.07 ^A ± 1.84	4.90 ^A ± 0.45
	<i>Serin</i>	<i>Glutamin</i>	<i>Histidin</i>	<i>Prolin</i>
Akdeniz	15.76 ^{BA} ± 1.90	14.52 ^A ± 2.90	13.27 ^A ± 2.96	738.74 ^{BA} ± 90.37
Doğu Anadolu	19.77 ^A ± 2.65	13.28 ^A ± 1.57	8.60 ^A ± 0.65	656.06 ^{BA} ± 43.77
Ege	7.44 ^C ± 0.73	14.60 ^A ± 2.38	11.39 ^A ± 1.38	769.66 ^A ± 76.05
Güneydoğu Anadolu	9.71 ^C ± 1.35	7.78 ^{CB} ± 0.53	8.15 ^A ± 0.73	566.05 ^B ± 46.69
İç Anadolu	16.05 ^{BA} ± 2.98	10.38 ^{CB} ± 1.42	11.85 ^A ± 1.70	672.00 ^{BA} ± 76.83
Karadeniz	9.38 ^C ± 1.32	7.37 ^C ± 1.21	12.01 ^A ± 2.83	573.16 ^{BA} ± 70.71
Marmara	11.40 ^{CB} ± 0.81	12.87 ^{BA} ± 1.36	11.28 ^A ± 2.00	603.16 ^{BA} ± 72.43
	<i>Alanin</i>	<i>Valin</i>	<i>Metiyonin</i>	<i>Sistin</i>
Akdeniz	31.23 ^A ± 2.19	11.60 ^{BA} ± 1.58	2.30 ^B ± 0.34	2.12 ^A ± 0.60
Doğu Anadolu	22.39 ^{CB} ± 2.49	8.65 ^{CB} ± 0.99	2.55 ^B ± 0.31	1.54 ^{BA} ± 0.23
Ege	25.15 ^B ± 2.05	9.83 ^{CB} ± 1.75	3.59 ^B ± 0.57	0.47 ^C ± 0.22
Güneydoğu Anadolu	13.99 ^D ± 0.94	6.98 ^C ± 1.19	5.78 ^A ± 1.13	1.11 ^{CB} ± 0.07
İç Anadolu	19.53 ^{DCB} ± 1.81	7.23 ^C ± 0.53	3.50 ^B ± 0.58	1.69 ^{BA} ± 0.18
Karadeniz	18.41 ^{DC} ± 1.44	6.49 ^C ± 0.67	2.32 ^B ± 0.18	1.46 ^{BA} ± 0.21
Marmara	23.58 ^{CB} ± 4.10	12.66 ^A ± 1.65	3.21 ^B ± 0.20	1.75 ^{BA} ± 0.23
	<i>Triptofan</i>	<i>İzolösin</i>	<i>Fenilalanin</i>	<i>Lösin</i>
Akdeniz	0.80 ^A ± 0.27	137.48 ^B ± 16.34	30.13 ^B ± 7.52	37.74 ^{BA} ± 8.98
Doğu Anadolu	0.36 ^A ± 0.09	150.71 ^{BA} ± 6.73	32.12 ^B ± 5.49	55.55 ^{BA} ± 9.26
Ege	0.70 ^A ± 0.20	137.07 ^B ± 6.66	102.72 ^B ± 46.35	71.68 ^A ± 30.33
Güneydoğu Anadolu	0.65 ^A ± 0.23	156.19 ^{BA} ± 8.57	182.67 ^A ± 63.29	45.91 ^{BA} ± 15.85
İç Anadolu	0.39 ^A ± 0.10	143.55 ^{BA} ± 2.11	50.97 ^B ± 15.56	67.76 ^A ± 17.47
Karadeniz	0.34 ^A ± 0.11	158.84 ^A ± 2.07	35.79 ^B ± 4.34	10.08 ^B ± 0.76
Marmara	0.50 ^A ± 0.13	150.67 ^{BA} ± 2.64	39.36 ^B ± 5.63	26.52 ^{BA} ± 9.22
	<i>Sistein</i>	<i>Lisin</i>	<i>Tirozin</i>	
Akdeniz	1.04 ^B ± 0.13	12.96 ^A ± 1.75	51.84 ^A ± 19.98	
Doğu Anadolu	1.67 ^A ± 0.17	17.89 ^A ± 1.72	29.01 ^{BA} ± 4.86	
Ege	0.55 ^{DC} ± 0.13	12.91 ^A ± 2.57	14.08 ^B ± 2.35	
Güneydoğu Anadolu	0.46 ^{ED} ± 0.08	18.33 ^A ± 2.74	17.97 ^B ± 3.72	
İç Anadolu	0.23 ^E ± 0.04	17.92 ^A ± 2.52	35.70 ^{BA} ± 7.53	
Karadeniz	0.78 ^{CB} ± 0.12	13.17 ^A ± 1.74	8.99 ^B ± 1.55	
Marmara	0.25 ^{ED} ± 0.06	12.60 ^A ± 1.93	15.39 ^B ± 4.22	

Varyans analizi sonuçlarına göre bölgeler ve yıllar arasındaki farklılıkların bal örneklerinin aspartik asit, glutamik asit, 4-OH prolin, alanin, valin, metiyonin, izolösin, fenilalanin, sistein ve tirozin aminoasitleri içeriği üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$; $p < 0.05$) bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca sadece bölgeler arasındaki farklılıkların serin, glutamin, prolin, sistin ve lösin miktarları üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$; $p < 0.05$) bir etkisinin olduğu, sadece yıllar arasındaki farklılığın ise bal örneklerinin asparajin, triptofan ve lisin aminoasitlerini istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$; $p < 0.05$) düzeyde etkilediği tespit edilmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, Akdeniz Bölgesi'nden temin edilen bal örneklerinin glutamik asit, glutamin, alanin, sistin ve tirozin içeriklerinin; Doğu Anadolu Bölgesi'nden temin edilen bal örneklerinin serin, glutamin ve sistein içeriklerinin, Ege Bölgesi'nden temin edilen bal örneklerinin glutamin, prolin ve lösün içeriklerinin; Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nden temin edilen bal örneklerinin aspartik asit, metiyonin ve fenilalanin içeriklerinin, İç Anadolu Bölgesi'nden temin edilen bal örneklerinin lösün içeriklerinin, Karadeniz Bölgesi'nden temin edilen bal örneklerinin izolösün içeriklerinin ve Marmara Bölgesi'nden temin edilen bal örneklerinin 4-OH prolin ve valin içeriklerinin diğer bölgelerden temin edilen ballardan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yıllar arasındaki farklılıklar incelendiğinde ise, birinci yıl temin edilen bal örneklerinin glutamik asit, asparajin, alanin, valin, triptofan, izolösün ve sistein içeriklerinin ikinci yıl temin edilen bal örneklerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Yapılan farklı çalışmalar incelendiğinde bal örneklerinin aminoasit miktarlarının geniş bir aralıkta ve nektar kaynağına bağlı olarak farklılık gösterdiği değerlendirilmiştir (Belay vd. 2017; Biluca vd. 2019; Kıvrak 2015). Ancak kaynakları ve miktarları farklılık gösterse de balda miktarı yüksek olan hakim aminoasitlerin prolin, fenilalanin, izolösün, lösün ve tirozin olduğu rapor edilmiştir (Kıvrak 2015). Ayrıca bal örneklerinin metiyonin, sistein ve triptofan aminoasit miktarlarının ise düşük olduğu bildirilmiştir (Belay vd. 2017; Biluca vd. 2019; Kıvrak 2015; Silici ve Karaman 2014). Genel ortalamalar incelendiğinde bal örneklerinde yüksek miktarlarda bulunan aminoasitlerin sırasıyla prolin, izolösün, fenilalanin, lösün ve tirozin aminoasitleri olduğu ve bal örneklerinin sistein, metiyonin, sistin ve triptofan içeriklerinin de literatüre benzer olarak düşük miktarlarda olduğu belirlenmiştir.

Baldaki en yüksek miktara sahip olan prolin aminoasidi miktarı balın doğallığının ve olgunlaşmasının bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Silva vd. 2016). Prolin esas olarak nektarın bala dönüştürülmesi sırasında bal arılarının (*Apis mellifera* L.) tükürük salgılarından kaynaklanmakta olup (Silva vd. 2016), miktarının nektar kaynağına göre de değişiklik gösterdiği ve nektar yerine şekerli su ile beslenen arılardan elde edilen balların düşük prolin değerlerine sahip olduğu rapor edilmiştir (Can vd. 2015). Bu nedenle Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne (2020/7) göre balda prolin miktarının 300 mg/kg değerinden yüksek olması gerekmektedir. İncelenen bal örneklerinin prolin miktarı değerinin 261.10-1408.12 mg/kg aralığında olduğu ve bal örneklerinden üçünün (İ2-2, K2-2 ve M2-2) prolin miktarının yasal sınırın altında olduğu tespit edilmiştir. İ2-2 kodlu örneğe ait diğer analiz sonuçları da incelendiğinde bu örneğin HMF içeriğinin yüksek olduğu ve prolin aminoasidinin yanı sıra lizin içeriğinin de düşük olması birlikte değerlendirildiğinde örnekte meydana gelen Maillard reaksiyonu nedeniyle prolin miktarının yasal limitin altına düşmüş olabileceği düşünülmüştür. Maillard reaksiyonu, bal gibi yüksek şekerli veya aminoasitli gıdaların depolanması sırasında melanoidinleri oluşturan Amadori bileşiklerinin oluşumunun ilk aşamasıdır ve bu bileşikler lizin, prolin, γ -aminobütirik asit ve arginin aminoasitlerinden üretilmektedir (Iglesias vd. 2006; Silva vd. 2016). K2-2 ve M2-2 kodlu örneklerin prolin sonuçları şeker kompozisyonu analiz sonuçları ile birlikte değerlendirildiğinde ise bu örneklerin toplam şeker içeriklerinin yüksek olduğu (>85 g/100g) tespit edilmiştir ve bal arılarının nektar yerine ve/veya yanı sıra şeker şurupları ile de beslenmiş olabileceği değerlendirilmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda ülkemizde üretilen bal örneklerinin prolin içeriklerinin 282.00-845.00 mg/kg (Can vd. 2015) ve 897.72-1419.63 mg/kg (Kıvrak 2015) aralıklarında olduğu bildirilmiştir.

4.12. Fenolik Bileşik Kompozisyonu Analiz Sonuçları

4.12.1. Bal örneklerinin fenolik bileşik kompozisyonu analiz sonuçları

Birinci ve ikinci yıl bal örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu analiz sonuçları sırasıyla Çizelge 4.77 ve 4.78’de, varyans analizi sonuçları Çizelge 4.79’da ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise sırasıyla Çizelge 4.80 ve 4.81’de verilmiştir.



Çizelge 4.77. Birinci yıl bal örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu analiz sonuçları (mg/100g)

Örnek	Galik asit	Metil-3,4,5-trihidroksibenzoat	Vanilik asit	Siringik asit	Naringin	Hesperidin	Trans sinnamik asit	Naringenin	Genistein	Karvakrol	Kafeik asit	p-kumarik asit	Ferulik asit	3,4-dimetoksisinamik asit	Rozmarinik asit	Apigenin	Pinosebrin	Rutin	Mirisetin	Kueretin	Luteolin
Akdeniz																					
A1-1	7.86	t.e.	t.e.	2.80	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.81	t.e.	0.75	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
A1-2	4.93	3.26	5.51	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
A1-3	5.47	3.42	t.e.	1.24	2.59	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
A1-4	2.39	1.68	t.e.	0.97	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.65	0.51	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
A1 _{ortalama}	5.16	2.09	1.38	1.25	0.65	0.42	0.22	t.e.	t.e.	t.e.	0.36	0.13	0.19	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Doğu Anadolu																					
D1-1	4.14	4.09	t.e.	2.20	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.48	t.e.	t.e.	t.e.	2.03	t.e.	t.e.	t.e.
D1-2	4.23	2.28	3.16	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	1.54	t.e.	t.e.	t.e.
D1-3	2.30	2.48	t.e.	0.89	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.59	0.54	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.52	t.e.	t.e.
D1-4	4.38	t.e.	t.e.	1.28	7.63	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.22	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.92	t.e.	t.e.	t.e.
D1 _{ortalama}	3.76	2.21	0.79	1.09	1.91	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.15	0.19	t.e.	0.12	t.e.	t.e.	t.e.	1.12	0.13	t.e.	t.e.
Ege																					
E1-1	6.94	6.25	t.e.	2.51	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	8.48	t.e.	t.e.	t.e.
E1-2	3.56	t.e.	t.e.	1.14	3.28	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.52	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	2.81	t.e.	t.e.	t.e.
E1-3	9.19	7.23	t.e.	4.84	3.35	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
E1 _{ortalama}	6.56	4.49	t.e.	2.83	2.21	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.17	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	3.76	t.e.	t.e.	t.e.
Güneydoğu Anadolu																					
G1-1	4.61	1.63	t.e.	t.e.	6.46	t.e.	t.e.	t.e.	5.70	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	2.70	t.e.	t.e.	t.e.
G1-2	5.67	2.56	t.e.	1.53	3.46	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.46	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
G1-3	6.70	4.45	t.e.	2.61	2.89	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.55	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
G1 _{ortalama}	5.66	2.88	t.e.	1.38	4.27	t.e.	t.e.	t.e.	1.90	t.e.	t.e.	0.34	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.90	t.e.	t.e.	t.e.

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.77'nin devamı

Örnek	Gallik asit	Metil-3,4,5-trihidroksibenzoat	Vanilik asit	Siringik asit	Naringin	Hesperidin	Trans sînnamik asit	Naringenin	Genistein	Karvakrol	Kafeik asit	p-kumarik asit	Ferulik asit	3,4-dimetoksisînnamik asit	Rozmarinik asit	Apigenin	Pinosembrin	Rutin	Mirisetin	Kuersetin	Luteolin
İç Anadolu																					
İ1-1	t.e.	t.e.	t.e.	1.64	4.53	t.e.	0.61	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.64	t.e.	1.16	t.e.	1.00	t.e.	3.45	t.e.	t.e.	t.e.
İ1-2	7.08	3.20	t.e.	1.53	5.91	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.58	0.33	0.18	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
İ1-3	6.38	3.77	t.e.	1.83	1.42	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.31	t.e.	6.18	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
İ1-4	1.63	t.e.	t.e.	t.e.	1.20	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.45	0.51	0.23	0.27	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
İ1 _{ortalama}	3.77	1.74	t.e.	1.25	3.26	t.e.	0.15	t.e.	t.e.	t.e.	0.26	0.37	0.18	0.36	1.54	0.25	t.e.	0.86	t.e.	t.e.	t.e.
Karadeniz																					
K1-1	6.25	t.e.	t.e.	t.e.	2.19	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.61	0.49	0.66	12.02	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
K1-2	10.11	5.37	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.71	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
K1-3	3.40	2.90	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	1.11	t.e.	t.e.	1.15	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	6.58	t.e.	t.e.	t.e.
K1 _{ortalama}	6.59	2.76	t.e.	t.e.	0.73	t.e.	t.e.	0.37	t.e.	t.e.	0.38	0.44	0.16	0.22	4.01	t.e.	t.e.	2.19	t.e.	t.e.	t.e.
Marmara																					
M1-1	3.35	3.55	t.e.	6.00	3.26	t.e.	t.e.	1.64	t.e.	t.e.	t.e.	1.11	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
M1-2	4.44	t.e.	t.e.	t.e.	1.76	t.e.	t.e.	3.87	t.e.	t.e.	1.13	t.e.	0.69	t.e.	15.67	t.e.	21.15	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
M1-3	5.24	5.20	t.e.	2.98	2.72	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.58	t.e.	14.36	t.e.	21.16	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
M1-4	5.21	1.54	t.e.	1.74	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.53	t.e.	0.48	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
M1 _{ortalama}	4.56	2.57	t.e.	2.68	1.93	t.e.	t.e.	1.38	t.e.	t.e.	0.28	0.41	0.32	0.12	7.51	t.e.	10.58	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.

t.e. : tespit edilemedi

Çizelge 4.78. İkinci yıl bal örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu analiz sonuçları (mg/100g)

Örnek	Gallik asit	Metil-3,4,5-trihidroksibenzoat	Vanilik asit	Siringik asit	Naringin	Hesperidin	Trans sinamik asit	Naringenin	Genistein	Karvakrol	Kafeik asit	p-kumarik asit	Ferulik asit	3,4-dimetoksisinamik asit	Rozmarinik asit	Apigenin	Pinosembrin	Rutin	Mirisetin	Kuersetin	Luteolin
Akdeniz																					
A2-1	2.98	0.99	t.e.	t.e.	6.52	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	1.13	t.e.	t.e.	t.e.
A2-2	4.61	t.e.	t.e.	4.41	5.42	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	3.22	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.66	0.91
A2-3	7.91	2.63	t.e.	t.e.	3.53	5.76	t.e.	t.e.	5.42	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.14	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
A2-4	3.79	t.e.	t.e.	t.e.	5.30	1.60	t.e.	t.e.	2.44	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
A2 _{ortalama}	4.82	0.90	t.e.	1.10	5.19	1.84	t.e.	t.e.	1.97	t.e.	t.e.	0.80	t.e.	0.03	t.e.	t.e.	t.e.	0.28	t.e.	0.17	0.23
Doğu Anadolu																					
D2-1	1.14	t.e.	t.e.	t.e.	0.81	0.53	t.e.	t.e.	0.72	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
D2-2	0.60	t.e.	1.53	t.e.	1.06	t.e.	t.e.	t.e.	0.62	t.e.	0.63	0.54	0.37	t.e.	t.e.	t.e.	3.95	1.80	t.e.	t.e.	t.e.
D2-3	1.48	t.e.	2.25	t.e.	t.e.	2.39	t.e.	t.e.	4.21	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
D2 _{ortalama}	1.07	t.e.	1.26	t.e.	0.62	0.97	t.e.	t.e.	1.85	t.e.	0.21	0.18	0.12	t.e.	t.e.	t.e.	1.32	0.60	t.e.	t.e.	t.e.
Ege																					
E2-1	3.96	2.53	t.e.	t.e.	4.29	t.e.	t.e.	t.e.	0.73	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
E2-2	t.e.	3.63	t.e.	3.47	t.e.	t.e.	1.13	t.e.	5.40	t.e.	2.09	0.81	0.74	0.60	t.e.	t.e.	8.07	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
E2-3	2.36	2.27	t.e.	1.64	5.06	0.70	t.e.	t.e.	1.54	t.e.	t.e.	0.48	t.e.	0.47	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
E2-4	2.79	3.00	t.e.	t.e.	2.45	t.e.	t.e.	0.99	t.e.	t.e.	0.37	0.38	0.28	0.32	4.47	t.e.	6.93	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
E2 _{ortalama}	2.28	2.86	t.e.	1.28	2.95	0.17	0.28	0.25	1.92	t.e.	0.62	0.42	0.26	0.35	1.12	t.e.	3.75	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Güneydoğu Anadolu																					
G2-1	7.75	5.88	t.e.	2.68	2.13	t.e.	t.e.	t.e.	7.22	t.e.	t.e.	0.48	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
G2-2	5.51	4.75	t.e.	1.14	5.76	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	5.55	7.99	t.e.	t.e.	t.e.
G2-3	1.24	t.e.	t.e.	t.e.	0.81	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
G2-4	1.76	t.e.	t.e.	2.18	4.51	t.e.	t.e.	t.e.	4.13	10.59	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
G2 _{ortalama}	4.07	2.66	t.e.	1.50	3.30	t.e.	t.e.	t.e.	2.84	2.65	t.e.	0.12	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	1.39	2.00	t.e.	t.e.	t.e.

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.78'in devamı

Örnek	Gallik asit	metil-3,4,5-trihidroksibenzoat	Vanilik asit	Siringik asit	Naringin	Hesperidin	Trans sinnamik asit	Naringenin	Genistein	Karvakrol	Kafeik asit	p-kumarik asit	Ferulik asit	3,4-dimetoksisinnamik asit	Rozmarinik asit	Apigenin	Pinosembrin	Rutin	Mirisetin	Kuersetin	Luteolin
İç Anadolu																					
İ2-1	2.63	t.e.	t.e.	t.e.	7.09	t.e.	t.e.	t.e.	2.93	t.e.	0.34	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	1.31	t.e.	t.e.	t.e.
İ2-2	4.08	1.41	t.e.	t.e.	2.65	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	4.50	t.e.	0.26	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	3.03	0.86	t.e.	t.e.	t.e.
İ2-3	2.35	t.e.	2.07	t.e.	1.50	t.e.	t.e.	t.e.	1.31	4.22	1.16	0.48	0.31	0.39	t.e.	t.e.	2.36	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
İ2 _{ortalama}	3.02	0.47	0.69	t.e.	3.74	t.e.	t.e.	t.e.	1.41	2.91	0.50	0.25	0.10	0.13	t.e.	t.e.	1.80	0.73	t.e.	t.e.	t.e.
Karadeniz																					
K2-1	5.35	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.60	0.54	t.e.	t.e.	t.e.	1.42	t.e.	t.e.	t.e.
K2-2	1.37	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.27	t.e.	t.e.	0.22	0.26	0.06	0.21	t.e.	t.e.	1.73	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
K2-3	6.38	1.50	t.e.	1.24	4.86	t.e.	t.e.	t.e.	2.17	t.e.	0.68	t.e.	0.22	1.26	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
K2-4	t.e.	6.85	t.e.	4.08	t.e.	t.e.	0.94	t.e.	t.e.	t.e.	0.64	1.23	0.77	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	4.15	0.98	t.e.	t.e.
K2 _{ortalama}	3.27	2.09	t.e.	1.33	1.22	t.e.	0.24	0.07	0.54	t.e.	0.39	0.37	0.41	0.50	t.e.	t.e.	0.43	1.39	0.24	t.e.	t.e.
Marmara																					
M2-1	6.35	3.00	t.e.	1.78	5.24	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	1.05	0.95	t.e.	12.48	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
M2-2	1.73	t.e.	t.e.	t.e.	1.76	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.68	1.01	0.64	0.71	4.98	t.e.	3.37	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
M2-3	6.64	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	4.14	2.55	t.e.	5.60	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
M2 _{ortalama}	4.91	1.00	t.e.	0.59	2.33	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.23	2.07	1.38	0.24	7.69	t.e.	1.12	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.

t.e. : tespit edilemedi

Çizelge 4.79. Bal örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	<i>Gallik asit</i>			<i>Metil-3,4,5-trihidroksibenzoat</i>		<i>Vanilik asit</i>		<i>Siringik asit</i>		<i>Naringin</i>	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Bölgeler	6	13.33	2.77*	12.58	3.17*	2.43	2.91*	4.60	2.39*	4.60	2.39**
Yıllar	1	79.71	16.55**	38.43	9.69**	0.02	0.03	10.97	5.69*	10.97	5.69
Bölgeler*Yıllar	6	9.98	2.07	1.48	0.37	1.65	1.97	4.72	2.45*	4.72	2.45**
Hata	86	4.82		3.97		0.83		1.93		4.07	
	<i>Hesperidin</i>			<i>Trans sinnamik asit</i>		<i>Naringenin</i>		<i>Genistein</i>		<i>Karvakrol</i>	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Bölgeler	6	2.83	4.35**	0.05	0.94	0.85	2.95*	7.80	2.98*	6.38	2.83*
Yıllar	1	3.29	5.07*	0.01	0.20	1.26	4.35*	37.16	14.21**	15.43	6.85*
Bölgeler*Yıllar	6	1.27	1.96	0.12	2.10	0.99	3.41**	2.05	0.78	6.38	2.83*
Hata	86	0.65		0.06		0.29		2.62		2.25	
	<i>Kafeik asit</i>			<i>p-kumarik asit</i>		<i>Ferulik asit</i>		<i>3,4-dimetoksisinamik asit</i>		<i>Rozmarinik asit</i>	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Bölgeler	6	0.25	1.44	1.80	4.22**	1.16	12.14**	0.24	3.32*	105.06	11.10**
Yıllar	1	0.12	0.70	2.33	5.46*	1.01	10.61**	0.09	1.28	9.05	0.96
Bölgeler*Yıllar	6	0.33	1.87	1.54	3.60**	0.60	6.27**	0.14	1.99	9.83	1.04
Hata	86	0.81		0.43		0.10		0.07		9.47	
	<i>Apigenin</i>			<i>Pinosembrin</i>		<i>Rutin</i>		<i>Mirisetin</i>		<i>Kuersetin</i>	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Bölgeler	6	0.03	1.76	57.19	4.34**	8.05	2.36*	0.03	1.52	0.02	1.98
Yıllar	1	0.03	1.79	0.30	0.02	7.38	2.17	0.01	0.30	0.01	1.77
Bölgeler*Yıllar	6	0.03	1.76	63.11	4.78**	8.21	2.41*	0.04	1.99	0.02	1.98
Hata	86	0.02		13.19		3.41		0.02		0.01	
	<i>Luteolin</i>										
	SD	KO	F								
Bölgeler	6	0.03	1.88								
Yıllar	1	0.03	1.69								
Bölgeler*Yıllar	6	0.03	1.88								
Hata	86	0.02									

Çizelge 4.80. Bal örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları (mg/100g)

Bölgeler	Gallik asit		Metil-3,4,5-trihidroksibenzoat		Vanilik asit		Siringik asit	
	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl
Akdeniz	5.16 ^{BAa} ±0.74	4.82 ^{Aa} ±0.75	2.09 ^{BAa} ±0.52	0.90 ^{CAa} ±0.41	1.38 ^{Aa} ±0.90	0.00 ^{Ca} ±0.00	1.25 ^{CBa} ±0.38	1.10 ^{Aa} ±0.74
Doğu Anadolu	3.76 ^{Ba} ±0.33	1.07 ^{Bb} ±0.18	2.21 ^{BAa} ±0.56	0.00 ^{Cb} ±0.00	0.79 ^{Aa} ±0.52	1.26 ^{Aa} ±0.43	1.09 ^{CBa} ±0.30	0.00 ^{Ab} ±0.00
Ege	6.56 ^{Aa} ±1.08	2.28 ^{BAb} ±0.55	4.49 ^{Aa} ±1.43	2.86 ^{Aa} ±0.31	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ca} ±0.00	2.83 ^{Aa} ±0.70	1.28 ^{Aa} ±0.54
Güneydoğu Anadolu	5.66 ^{BAa} ±0.40	4.07 ^{Aa} ±1.04	2.88 ^{BAa} ±0.53	2.66 ^{BAa} ±1.02	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ca} ±0.00	1.38 ^{CBa} ±0.48	1.50 ^{Aa} ±0.43
İç Anadolu	3.77 ^{Ba} ±1.15	3.02 ^{BAa} ±0.40	1.74 ^{Ba} ±0.67	0.47 ^{CBa} ±0.31	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.69 ^{Ba} ±0.44	1.25 ^{CBa} ±0.28	0.00 ^{Ab} ±0.00
Karadeniz	6.59 ^{Aa} ±1.33	3.27 ^{BAa} ±1.01	2.76 ^{BAa} ±1.01	2.09 ^{CBa} ±1.07	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ca} ±0.00	0.00 ^{Ca} ±0.00	1.33 ^{Aa} ±0.63
Marmara	4.56 ^{BAa} ±0.38	4.91 ^{Aa} ±1.01	2.57 ^{BAa} ±0.75	1.00 ^{CBa} ±0.63	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ca} ±0.00	2.68 ^{BAa} ±0.87	0.59 ^{Aa} ±0.37
Yıl Genel Ortalama	5.02 ^a ±0.33	3.39 ^b ±0.34	2.59 ^a ±0.33	1.54 ^b ±0.29	0.35 ^a ±0.17	0.23 ^a ±0.09	1.51 ^a ±0.22	0.90 ^b ±0.20
Bölgeler	Naringin		Hesperidin		Trans sinamik asit		Naringenin	
	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl
Akdeniz	0.65 ^{Bb} ±0.43	5.19 ^{Aa} ±0.41	0.42 ^{Aa} ±0.28	1.84 ^{Aa} ±0.89	0.22 ^{Aa} ±0.14	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00
Doğu Anadolu	1.91 ^{BAa} ±1.25	0.62 ^{Da} ±0.21	0.00 ^{Bb} ±0.00	0.97 ^{BAa} ±0.46	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00
Ege	2.21 ^{BAa} ±0.70	2.95 ^{DCBa} ±0.74	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.17 ^{Ba} ±0.11	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.28 ^{Aa} ±0.18	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.25 ^{Aa} ±0.16
Güneydoğu Anadolu	4.27 ^{Aa} ±0.71	3.30 ^{CBa} ±0.74	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00
İç Anadolu	3.26 ^{Aa} ±0.76	3.74 ^{BAa} ±1.08	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.15 ^{Aa} ±0.01	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.10	0.00 ^{Ba} ±0.00
Karadeniz	0.73 ^{Ba} ±0.46	1.22 ^{DCa} ±0.80	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.24 ^{Aa} ±0.15	0.37 ^{Ba} ±0.25	0.07 ^{BAa} ±0.04
Marmara	1.93 ^{BAa} ±0.47	2.33 ^{DCBa} ±0.97	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	1.38 ^{Aa} ±0.61	0.00 ^{Ba} ±0.00
Yıl Genel Ortalama	2.11 ^a ±0.32	2.83 ^a ±0.33	0.07 ^b ±0.05	0.44 ^a ±0.17	0.06 ^a ±0.03	0.08 ^a ±0.04	0.27 ^a ±0.11	0.05 ^b ±0.03
Bölgeler	Genistein		Karvakrol		Kafeik asit		p-kumarik asit	
	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl
Akdeniz	0.00 ^{Bb} ±0.00	1.97 ^{BAa} ±0.84	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.36 ^{Aa} ±0.14	0.00 ^{Bb} ±0.00	0.13 ^{Aa} ±0.08	0.80 ^{Ba} ±0.53
Doğu Anadolu	0.00 ^{Bb} ±0.00	1.85 ^{BAa} ±0.75	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.15 ^{Aa} ±0.10	0.21 ^{BAa} ±0.13	0.19 ^{Aa} ±0.08	0.18 ^{Ba} ±0.11
Ege	0.00 ^{Ba} ±0.00	1.92 ^{BAa} ±0.79	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.62 ^{Aa} ±0.33	0.17 ^{Aa} ±0.11	0.42 ^{Ba} ±0.11
Güneydoğu Anadolu	1.90 ^{Aa} ±1.20	2.84 ^{Aa} ±1.25	0.00 ^{Aa} ±0.00	2.65 ^{Aa} ±1.73	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.34 ^{Aa} ±0.11	0.12 ^{Ba} ±0.08
İç Anadolu	0.00 ^{Bb} ±0.00	1.41 ^{BAa} ±0.54	0.00 ^{Ab} ±0.00	2.91 ^{Aa} ±0.92	0.26 ^{Aa} ±0.10	0.50 ^{BAa} ±0.22	0.37 ^{Aa} ±0.09	0.25 ^{Ba} ±0.09
Karadeniz	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.54 ^{BAa} ±0.36	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.38 ^{Aa} ±0.24	0.39 ^{BAa} ±0.11	0.44 ^{Aa} ±0.14	0.37 ^{Ba} ±0.19
Marmara	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.28 ^{Aa} ±0.18	0.23 ^{BAa} ±0.14	0.41 ^{Ab} ±0.18	2.07 ^{Aa} ±0.66
Yıl Genel Ortalama	0.23 ^b ±0.16	1.55 ^a ±0.30	0.00 ^b ±0.00	0.77 ^a ±0.33	0.22 ^a ±0.05	0.27 ^a ±0.07	0.29 ^b ±0.05	0.57 ^a ±0.14

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.80'in devamı

Bölgeler	<i>Ferulik asit</i>		<i>3,4-dimetoksisinnamik asit</i>		<i>Rozmarinik asit</i>		<i>Apigenin</i>	
	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl
Akdeniz	0.19 ^{BAa} ±0.12	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.03 ^{CBa} ±0.02	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00
Doğu Anadolu	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.12 ^{Ba} ±0.08	0.12 ^{BAa} ±0.08	0.00 ^{Ca} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00
Ege	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.26 ^{Ba} ±0.11	0.00 ^{Bb} ±0.00	0.35 ^{BAa} ±0.08	0.00 ^{Ba} ±0.00	1.12 ^{Ba} ±0.73	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00
Güneydoğu Anadolu	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ca} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00
İç Anadolu	0.18 ^{BAa} ±0.04	0.10 ^{Ba} ±0.06	0.36 ^{Aa} ±0.18	0.13 ^{CBa} ±0.08	1.54 ^{Ba} ±1.01	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.25 ^{Aa} ±0.16	0.00 ^{Aa} ±0.00
Karadeniz	0.16 ^{BAa} ±0.10	0.41 ^{Ba} ±0.11	0.22 ^{BAa} ±0.14	0.50 ^{Aa} ±0.18	4.01 ^{BAa} ±2.53	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00
Marmara	0.32 ^{Ab} ±0.12	1.38 ^{Aa} ±0.38	0.12 ^{BAa} ±0.08	0.24 ^{CBa} ±0.15	7.51 ^{Aa} ±2.88	7.69 ^{Aa} ±1.54	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00
Yıl Genel Ortalama	0.13 ^b ±0.03	0.30 ^a ±0.08	0.12 ^a ±0.04	0.19 ^a ±0.04	1.93 ^a ±0.67	1.10 ^a ±0.41	0.04 ^a ±0.03	0.00 ^a ±0.00
Bölgeler	<i>Pinosembrin</i>		<i>Rutin</i>		<i>Mirisetin</i>		<i>Kuersetin</i>	
	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl
Akdeniz	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.28 ^{Aa} ±0.19	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.17 ^{Aa} ±0.11
Doğu Anadolu	0.00 ^{Ba} ±0.00	1.32 ^{BAa} ±0.85	1.12 ^{Ba} ±0.29	0.60 ^{Aa} ±0.38	0.13 ^{Aa} ±0.09	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00
Ege	0.00 ^{Ba} ±0.00	3.75 ^{Aa} ±1.48	3.76 ^{Aa} ±1.58	0.00 ^{Ab} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00
Güneydoğu Anadolu	0.00 ^{Ba} ±0.00	1.39 ^{BAa} ±0.94	0.90 ^{Ba} ±0.57	2.00 ^{Aa} ±1.31	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00
İç Anadolu	0.00 ^{Bb} ±0.00	1.80 ^{BAa} ±0.58	0.86 ^{Ba} ±0.56	0.73 ^{Aa} ±0.24	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00
Karadeniz	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.43 ^{Ba} ±0.28	2.19 ^{BAa} ±1.40	1.39 ^{Aa} ±0.64	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.24 ^{Aa} ±0.16	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00
Marmara	10.58 ^{Aa} ±4.03	1.12 ^{BAa} ±0.71	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00
Yıl Genel Ortalama	1.69 ^a ±0.82	1.40 ^a ±0.35	1.14 ^a ±0.31	0.75 ^a ±0.25	0.02 ^a ±0.01	0.04 ^a ±0.03	0.00 ^a ±0.00	0.03 ^a ±0.02
Bölgeler	<i>Luteolin</i>							
	I. yıl	II. yıl						
Akdeniz	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.23 ^{Aa} ±0.15						
Doğu Anadolu	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00						
Ege	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00						
Güneydoğu Anadolu	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00						
İç Anadolu	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00						
Karadeniz	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00						
Marmara	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00						
Yıl Genel Ortalama	0.00 ^a ±0.00	0.04 ^a ±0.03						

Çizelge 4.81. Bal örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu bölge genel ortalama Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları (mg/100g)

Bölgeler	Bölge Genel Ortalama			
	<i>Gallik asit</i>	<i>Metil-3,4,5-trihidroksibenzoat</i>	<i>Vanilik asit</i>	<i>Siringik asit</i>
Akdeniz	4.99 ^A ± 0.51	1.49 ^B ± 0.36	0.69 ^{BA} ± 0.47	1.18 ^{BA} ± 0.40
Doğu Anadolu	2.61 ^B ± 0.42	1.26 ^B ± 0.43	0.99 ^A ± 0.34	0.63 ^B ± 0.23
Ege	4.12 ^{BA} ± 0.79	3.56 ^A ± 0.65	0.00 ^B ± 0.00	1.94 ^A ± 0.46
Güneydoğu Anadolu	4.75 ^A ± 0.64	2.75 ^{BA} ± 0.60	0.00 ^B ± 0.00	1.45 ^{BA} ± 0.31
İç Anadolu	3.45 ^{BA} ± 0.67	1.20 ^B ± 0.43	0.30 ^{BA} ± 0.20	0.71 ^B ± 0.23
Karadeniz	4.69 ^A ± 0.90	2.38 ^{BA} ± 0.73	0.00 ^B ± 0.00	0.76 ^B ± 0.40
Marmara	4.71 ^A ± 0.46	1.90 ^B ± 0.53	0.00 ^B ± 0.00	1.79 ^{BA} ± 0.58
Bölgeler	<i>Naringin</i>	<i>Hesperidin</i>	<i>Trans sinnamik asit</i>	<i>Naringenin</i>
Akdeniz	2.92 ^{BA} ± 0.65	1.13 ^A ± 0.49	0.11 ^A ± 0.07	0.00 ^B ± 0.00
Doğu Anadolu	1.36 ^{CB} ± 0.72	0.42 ^B ± 0.23	0.00 ^A ± 0.00	0.00 ^B ± 0.00
Ege	2.63 ^{CBA} ± 0.51	0.10 ^B ± 0.07	0.16 ^A ± 0.11	0.14 ^B ± 0.10
Güneydoğu Anadolu	3.72 ^A ± 0.52	0.00 ^B ± 0.00	0.00 ^A ± 0.00	0.00 ^B ± 0.00
İç Anadolu	3.47 ^A ± 0.61	0.00 ^B ± 0.00	0.09 ^A ± 0.06	0.00 ^B ± 0.00
Karadeniz	1.01 ^C ± 0.48	0.00 ^B ± 0.00	0.13 ^A ± 0.09	0.20 ^B ± 0.11
Marmara	2.11 ^{CBA} ± 0.48	0.00 ^B ± 0.00	0.00 ^A ± 0.00	0.79 ^A ± 0.39
Bölgeler	<i>Genistein</i>	<i>Karvakrol</i>	<i>Kafeik asit</i>	<i>p-kumarik asit</i>
Akdeniz	0.98 ^B ± 0.48	0.00 ^B ± 0.00	0.18 ^{BA} ± 0.08	0.47 ^B ± 0.27
Doğu Anadolu	0.79 ^B ± 0.40	0.00 ^B ± 0.00	0.17 ^{BA} ± 0.08	0.18 ^B ± 0.07
Ege	1.10 ^B ± 0.51	0.00 ^B ± 0.00	0.35 ^A ± 0.20	0.31 ^B ± 0.08
Güneydoğu Anadolu	2.44 ^A ± 0.81	1.51 ^A ± 1.03	0.00 ^B ± 0.00	0.21 ^B ± 0.07
İç Anadolu	0.61 ^B ± 0.29	1.25 ^{BA} ± 0.55	0.36 ^A ± 0.11	0.32 ^B ± 0.06
Karadeniz	0.31 ^B ± 0.21	0.00 ^B ± 0.00	0.38 ^A ± 0.12	0.40 ^B ± 0.12
Marmara	0.00 ^B ± 0.00	0.00 ^B ± 0.00	0.26 ^{BA} ± 0.12	1.12 ^A ± 0.36
Bölgeler	<i>Ferulik asit</i>	<i>3,4-dimetoksisinamik asit</i>	<i>Rozmarinik asit</i>	<i>Apigenin</i>
Akdeniz	0.09 ^{CB} ± 0.06	0.02 ^C ± 0.01	0.00 ^B ± 0.00	0.00 ^B ± 0.00
Doğu Anadolu	0.05 ^{CB} ± 0.04	0.07 ^{CB} ± 0.05	0.00 ^B ± 0.00	0.00 ^B ± 0.00
Ege	0.15 ^{CB} ± 0.07	0.20 ^{CBA} ± 0.07	0.64 ^B ± 0.43	0.00 ^B ± 0.00
Güneydoğu Anadolu	0.00 ^C ± 0.00	0.00 ^C ± 0.00	0.00 ^B ± 0.00	0.00 ^B ± 0.00
İç Anadolu	0.15 ^{CB} ± 0.04	0.26 ^{BA} ± 0.11	0.88 ^B ± 0.60	0.14 ^A ± 0.10
Karadeniz	0.31 ^B ± 0.08	0.38 ^A ± 0.12	1.72 ^B ± 1.17	0.00 ^B ± 0.00
Marmara	0.77 ^A ± 0.22	0.17 ^{CBA} ± 0.08	7.58 ^A ± 1.71	0.00 ^B ± 0.00
Bölgeler	<i>Pinosembrin</i>	<i>Rutin</i>	<i>Mirisetin</i>	<i>Kuersetin</i>
Akdeniz	0.00 ^B ± 0.00	0.14 ^{CB} ± 0.10	0.00 ^B ± 0.00	0.08 ^A ± 0.06
Doğu Anadolu	0.56 ^B ± 0.39	0.90 ^{CBA} ± 0.23	0.07 ^{BA} ± 0.05	0.00 ^B ± 0.00
Ege	2.14 ^B ± 0.97	1.61 ^{BA} ± 0.82	0.00 ^B ± 0.00	0.00 ^B ± 0.00
Güneydoğu Anadolu	0.79 ^B ± 0.56	1.53 ^{CBA} ± 0.78	0.00 ^B ± 0.00	0.00 ^B ± 0.00
İç Anadolu	0.77 ^B ± 0.34	0.80 ^{CBA} ± 0.33	0.00 ^B ± 0.00	0.00 ^B ± 0.00
Karadeniz	0.25 ^B ± 0.17	1.74 ^A ± 0.68	0.14 ^A ± 0.09	0.00 ^B ± 0.00
Marmara	6.53 ^A ± 2.60	0.00 ^C ± 0.00	0.00 ^B ± 0.00	0.00 ^B ± 0.00
Bölgeler	<i>Luteolin</i>			
Akdeniz	0.11 ^A ± 0.08			
Doğu Anadolu	0.00 ^B ± 0.00			
Ege	0.00 ^B ± 0.00			
Güneydoğu Anadolu	0.00 ^B ± 0.00			
İç Anadolu	0.00 ^B ± 0.00			
Karadeniz	0.00 ^B ± 0.00			
Marmara	0.00 ^B ± 0.00			

Varyans analizi sonuçlarına göre bölgeler ve yıllar arasındaki farklılıkların bal örneklerinin gallik asit, metil-3,4,5-trihidroksibenzoat, siringik asit, hesperidin, naringenin, genistein, karvakrol, *p*-kumarik asit ve ferulik asit içerikleri üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$; $p < 0.05$) bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca sadece bölgeler arasındaki farklılıkların vanilik asit, naringin, 3,4-dimetoksisinamik asit, rozmarinik asit, pinosembrin ve rutin miktarları üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$; $p < 0.05$) bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, Akdeniz Bölgesi'nden temin edilen bal örneklerinin gallik asit, hesperidin, kuersetin ve luteolin içeriklerinin; Doğu Anadolu Bölgesi'nden temin edilen bal örneklerinin vanilik asit içeriklerinin; Ege Bölgesi'nden temin edilen bal örneklerinin metil-3,4,5-trihidroksibenzoat ve sirinik asit içeriklerinin; Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nden temin edilen bal örneklerinin genistein ve karvakrol içeriklerinin; İç Anadolu Bölgesi'nden temin edilen bal örneklerinin apigenin içeriklerinin; Karadeniz Bölgesi'nden temin edilen bal örneklerinin kafeik asit, 3,4-dimetoksisinnamik asit, rutin ve mirisetin içeriklerinin ve Marmara Bölgesi'nden temin edilen bal örneklerinin naringenin, *p*-kumarik asit, ferulik asit, rozmarinik asit ve pinosembren içeriklerinin diğer bölgelerden temin edilen ballardan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca yıllar arasındaki farklılıklar incelendiğinde ise birinci yıl temin edilen bal örneklerinin gallik asit, metil-3,4,5-trihidroksibenzoat, sirinik asit ve naringenin içeriklerinin, ikinci yıl temin edilen bal örneklerinin ise hesperidin, genistein, karvakrol, *p*-kumarik asit ve ferulik asit içeriklerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Bölgelere göre bal örneklerinin fenolik bileşik kompozisyonlarının ayrımlarını belirlemek için istatistiksel olarak bölge farklılıkları önemli bulunan fenolik bileşiklerin seçilmesi ile yapılan lineer diskriminant analizi sonucuna göre %58.0 doğruluk oranı ile bir sınıflandırma yapılabildiği belirlenmiştir. Belirlenen doğruluk oranının düşük olması nedeniyle incelenen bal örneklerinin fenolik bileşik kompozisyonları dikkate alınarak bölgelere göre ayırım yapılamayacağı değerlendirilmiştir.

Bal örneklerine ait sonuçlar incelendiğinde bal örneklerinin gallik asit, metil-3,4,5-trihidroksibenzoat ve naringenin miktarlarına ait ortalamaların diğer fenolik bileşiklerden daha yüksek (>2.00 mg/100g) ve trans sinamik asit, apigenin, mirisetin, kuersetin ve luteolin içeriklerinin ise daha düşük (<0.07 mg/100g) olduğu belirlenmiştir. Bal örnek türlerine göre bir değerlendirme yapıldığında ise Akdeniz ve Doğu Anadolu Bölgeleri'nden temin edilen bal örneklerinin vanilik asit içeriklerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca peygamberçiçeği balının naringenin, kazayağı balının rutin, hardalgiller balının hesperidin, maydanozgiller balının trans sinamik ve kafeik asit, turnagagasigiller balının genistein, fundagiller balının 3,4-dimetoksisinnamik asit ve kestane balının ise *p*-kumarik ve ferulik asit içeriklerinin diğer örneklere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte ikinci örnekleme yılında temin edilen 3 adet buğdaygiller familyasına ait bal örneğinde karvakrol tespit edilirken aynı türden olan diğer örneklerde ise bu bileşene rastlanılmamıştır. Bu durumun buğday tarlalarını birbirinden ayıran sınırlarda yetişebilen kekik bitkisinden kaynaklanmış olabileceği değerlendirilmiştir.

Yapılan bir çalışmada farklı lokasyonlardan temin edilen 19 farklı çeşide ait 60 bal örneğinde yapılan fenolik kompozisyonu analiz sonuçlarına göre bal örneklerinde genistein, pirogallol, 4-hidroksibenzoik asit, 3,4-dihidroksibenzaldehit, gentisik asit, 3,4-dihidroksibenzoik asit, *p*-kumarik asit, vanilik asit, homogentisik asit, gallik asit, kafeik asit, ferulik asit, sirinik asit, apigenin, rutin, vanilin, naringenin, kaempferol, luteolin, hesperetin ve krisin bileşiklerinin bulunduğu ve ferulik, homogentisik, gentisik ve protokateşik asit miktarlarının diğer fenolik bileşiklere göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Kıvrak ve Kıvrak 2017). Bildirilen bu çalışmada örneklerin gallik, vanilik, sirinik, *p*-kumarik, kafeik ve ferulik asit gibi fenolik asit içeriklerinin sırasıyla 0.02-0.47, 0.68-4.64, 0.91-34.48, 0.41-1.83, 1.07-7.73, 0.63-44.84 mg/100g ve apigenin, rutin,

naringenin ve luteolin içeriklerinin ise 0.00-0.14, 0.01-0.48, 0.01-0.37 ve 0.01-0.46 mg/100g aralığında olduğu rapor edilmiştir. Tez araştırmasından elde edilen sonuçlar bu araştırma ile karşılaştırıldığında tezde araştırılan bal örneklerinin vanilik ve *p*-kumarik asit içeriklerine ait ortalamaların bildirilen çalışma ile benzer, gallik asit, naringenin ve rutin içeriklerine ait ortalamaların daha yüksek ve siringik, kafeik ve ferulik asit içeriklerine ait ortalamaların ise daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Bir diğer çalışmada ise Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplanan akasya, çam, funda, geven, kestane, lavanta, meşe, ormangülü ve yonca balı gibi 13 farklı çeşit ve karışık ballar da dahil olmak üzere 62 bal örneğinde fenolik bileşik kompozisyonu araştırılmış ve örneklerde gallik asit, protokatekuik asit, *p*-hikroksibenzoik asit, kateşin, klorojenik asit, vanillik asit, kafeik asit, siringik asit, epikateşin, *p*-kumarik asit, ferulik asit, rutin, kuersetin, apigenin, kaempferol ve izoramnetin fenolik bileşiklerinin bulunduğu rapor edilmiştir. Bildirilen bu çalışmada örneklerin gallik, vanilik, kafeik, siringik, *p*-kumarik ve ferulik asit gibi fenolik asit içeriklerinin sırasıyla 0.01-8.25, 0.04-2.00, 0.08-2.68, 0.46-1.88, 0.20-1.60 ve 0.04-0.94 mg/100g ve rutin, kuersetin, apigenin ve kaempferol flavonoidlerinin miktarlarının ise sırasıyla 0.46-53.86, 0.35-2.11, 0.05-3.48 ve 0.04-0.75 mg/100g aralıklarında olduğu bildirilmiştir (Can vd. 2015). Tez çalışmasında elde edilen sonuçlar bu araştırma ile karşılaştırıldığında; tezde araştırılan bal örneklerinin gallik, vanilik, kafeik, siringik, *p*-kumarik, ferulik asit ve rutin (meşe balı hariç) içeriklerine ait ortalamaların bildirilen çalışma ile uyumlu olduğu değerlendirilmiştir.

Cheung vd. (2019) tarafından farklı floral lokasyonlardan (Almanya, Brezilya, Çin, Güney Kore, İspanya, İtalya, Kanada ve Yeni Zelanda) temin edilen 40 farklı bal örneği ile yapılan bir çalışmada bal örneklerindeki hakim fenolik bileşiğin gallik asit olduğu ve örneklerin hidroksibenzoik asit türevleri açısından zengin, ancak flavonoid bileşik miktarlarının fenolik asitlere göre daha düşük olduğu rapor edilmiştir. Örneklerin gallik, siringik, kafeik ve *p*-kumarik asit içeriklerinin sırasıyla 2.06-6.62, 0.15-8.77, 0.66-2.36 ve 0.87-1.36 mg/100g ve apigenin, hesperidin, naringin ve naringenin içeriklerinin ise sırasıyla 0.02-0.07, 0.05-0.47, 0.01-1.92 ve 0.10-0.21 mg/100g aralıklarında değiştiği bildirilmiştir. Tez çalışmasında elde edilen sonuçlar bu araştırma ile karşılaştırıldığında; ilgili fenolik asitlere ait sonuçların genel olarak bildirilen bu çalışma ile uyumlu olduğu, ancak tezde elde edilen flavonoid bileşik miktarlarına ait sonuçların literatürde bildirilen bu çalışmadan daha yüksek olduğu değerlendirilmiştir.

Elde edilen sonuçlar ile literatürde bildirilen sonuçlar arasındaki farklılıkların bal nektar kaynakları ve temin edildiği bölgenin coğrafik ve iklimsel özelliklerinin değişimi gibi farklı etkilere bağlı olarak olabileceği değerlendirilmiştir. Balın fenolik bileşik içeriğinin nektar kaynağına bağlı olduğu ancak aynı nektar kaynaklarında balın fenolik bileşik miktar ve kompozisyonlarının farklılık gösterebilmesi nedeniyle bu faktörün yanı sıra balın üretildiği bölgenin coğrafi özellikleri (Can vd. 2015) ve üretim mevsiminin de balın fenolik bileşik miktar ve kompozisyonunu etkilediği bildirilmiştir (Kıvrak ve Kıvrak 2017). Cheung vd. (2019) yaptıkları çalışmada balda bulunan flavonoid miktarının temel olarak çiçek kaynaklarıyla, ancak flavonoid kompozisyonunun ise esas olarak coğrafi konum ile ilişkili olduğunu değerlendirmişlerdir.

4.12.2. Polen rneklerinin fenolik bileşik kompozisyonu analiz sonuçları

Birinci ve ikinci yıl polen örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu analiz sonuçları sırasıyla izelge 4.82 ve 4.83'te, varyans analizi sonuçları izelge 4.84'te ve Duncan oklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise sırasıyla izelge 4.85 ve 4.86'da verilmiştir.



Çizelge 4.82. Birinci yıl polen örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu analiz sonuçları (mg/100g)

Örnek	<i>Gallik asit</i>	<i>Metil-3,4,5-trihidroksibenzoat</i>	<i>Vanilik asit</i>	<i>Siringik asit</i>	<i>Hesperidin</i>	<i>Trans sinamik asit</i>	<i>Naringenin</i>	<i>Genistein</i>	<i>Kafeik asit</i>	<i>p-kumarik asit</i>	<i>Ferulik asit</i>	<i>3,4-dimetoksisinnamik asit</i>	<i>Rozmarinik asit</i>	<i>Apigenin</i>	<i>Pinosembrin</i>	<i>Rutin</i>	<i>Mirisetin</i>	<i>Kuersein</i>	<i>Luteolin</i>	<i>Kaempferol</i>
Akdeniz																				
A1-1	t.e.	11.87	t.e.	11.25	t.e.	t.e.	56.91	t.e.	1.58	t.e.	t.e.	11.73	t.e.	37.44	t.e.	38.92	7.71	7.02	t.e.	t.e.
A1-2	t.e.	2.15	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	8.09	t.e.	t.e.	t.e.	48.47	18.48	7.28	t.e.	t.e.
A1 _{ortalama}	t.e.	7.01	t.e.	5.63	t.e.	t.e.	28.46	t.e.	0.79	t.e.	t.e.	9.91	t.e.	18.72	t.e.	43.69	13.09	7.15	t.e.	t.e.
Doğu Anadolu																				
D1-1	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	102.08	t.e.	0.48	t.e.	t.e.	3.79	234.90	107.39	33.21	9.99	2.25	2.36	t.e.	t.e.
D1-2	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	56.51	200.42	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	38.26	t.e.	284.56	2.88	3.27	1.26	t.e.	t.e.
D1-3	t.e.	t.e.	8.26	t.e.	t.e.	t.e.	31.70	t.e.	t.e.	5.07	t.e.	t.e.	t.e.	115.82	t.e.	23.23	t.e.	8.17	82.45	t.e.
D1-4	t.e.	2.82	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	60.52	t.e.	t.e.	26.44	t.e.	9.93	653.23	80.28	90.95	44.75	t.e.	4.65	39.95	t.e.
D1 _{ortalama}	t.e.	0.70	2.06	t.e.	t.e.	t.e.	62.70	50.10	0.12	7.88	t.e.	3.43	231.60	75.87	102.18	20.21	1.38	4.11	30.60	t.e.
Ege																				
E1-1	t.e.	4.37	t.e.	t.e.	t.e.	7.93	t.e.	t.e.	t.e.	4.50	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	14.77	t.e.	5.94	t.e.	9.71
E1-2	t.e.	1.82	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	29.13	t.e.	t.e.	7.99	t.e.	5.97	264.27	t.e.	t.e.	43.48	10.28	21.26	t.e.	t.e.
E1 _{ortalama}	t.e.	3.10	t.e.	t.e.	t.e.	3.97	14.57	t.e.	t.e.	6.25	t.e.	2.99	132.13	t.e.	t.e.	29.13	5.14	13.60	t.e.	4.85
Güneydoğu Anadolu																				
G1-1	t.e.	9.43	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	66.45	t.e.	t.e.	11.13	t.e.	12.01	780.52	150.37	t.e.	9.87	t.e.	t.e.	7.36	t.e.
G1-2	t.e.	4.30	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	22.75	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	158.77	10.93	t.e.	54.85	8.32	36.67	4.98	t.e.
G1-3	t.e.	4.04	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	30.33	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	84.91	16.94	t.e.	51.99	11.10	37.24	4.14	t.e.
G1-4	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	39.05	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	3.36	80.77	t.e.	t.e.	8.64	t.e.	3.14	t.e.	t.e.
G1 _{ortalama}	t.e.	4.44	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	39.65	t.e.	t.e.	2.78	t.e.	3.84	276.24	44.56	t.e.	31.34	4.86	19.26	4.12	t.e.

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.82'nin devamı

Örnek	Galik asit	Metil-3,4,5-trihidroksibenzoat	Vanilik asit	Siringik asit	Hesperidin	Trans sînnamik asit	Naringenin	Genistein	Kafeik asit	p-kumarik asit	Ferulik asit	3,4-dimetoksisînnamik asit	Rozmarinik asit	Apigenin	Pinosembirin	Rutin	Mirisetin	Kuersetin	Luteolin	Kaempferol
İç Anadolu																				
İ1-1	t.e.	2.23	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	2.92	t.e.	48.70	t.e.	t.e.	t.e.	30.55	9.97	3.74	t.e.	t.e.
İ1-2	t.e.	2.58	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	26.81	t.e.	1.57	4.63	t.e.	23.64	t.e.	28.45	t.e.	22.97	t.e.	41.70	19.70	t.e.
İ1 ortalama	t.e.	2.41	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	13.40	t.e.	0.78	3.78	t.e.	36.17	t.e.	14.23	t.e.	26.76	4.98	22.72	9.85	t.e.
Karadeniz																				
K1-1	t.e.	2.20	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	85.69	t.e.	t.e.	2.49	t.e.	t.e.	t.e.	33.42	t.e.	15.29	t.e.	2.98	57.46	13.17
K1-2	t.e.	2.05	t.e.	t.e.	t.e.	11.55	106.08	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	51.74	t.e.	53.64	t.e.	24.80	t.e.	13.93
K1-3	t.e.	8.48	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	3.96	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	29.89	t.e.	8.87	36.87	t.e.
K1-4	t.e.	2.90	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	55.51	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	28.46	692.72	186.75	t.e.	23.40	7.39	t.e.	39.40	5.99
K1-5	t.e.	4.16	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	28.08	t.e.	t.e.	4.23	t.e.	t.e.	228.82	30.01	t.e.	22.56	4.77	42.67	t.e.	10.41
K1-6	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	9.20	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	41.17	t.e.	16.71	t.e.	49.50	76.11	t.e.
K1 ortalama	t.e.	3.30	t.e.	t.e.	1.53	1.93	45.89	t.e.	t.e.	1.78	t.e.	4.74	153.59	57.18	t.e.	26.92	2.03	21.47	34.98	7.25
Marmara																				
M1-1	t.e.	5.75	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	59.00	t.e.	t.e.	2.87	t.e.	t.e.	213.54	58.13	t.e.	50.44	7.40	53.02	t.e.	t.e.
M1-2	t.e.	4.57	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	94.00	430.72	t.e.	t.e.	57.04	16.22	t.e.	t.e.	t.e.
M1-3	t.e.	6.71	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	8.65	4.32	10.60	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	26.04	t.e.	8.12	13.00	t.e.
M1-4	t.e.	4.35	7.54	t.e.	t.e.	t.e.	60.02	t.e.	t.e.	2.92	t.e.	t.e.	269.30	t.e.	t.e.	40.98	t.e.	42.67	t.e.	17.44
M1-5	t.e.	11.58	t.e.	t.e.	34.12	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	8.81	13.61	1053.34	27.64	t.e.	35.81	19.01	14.31	t.e.	5.59
M1 ortalama	t.e.	6.59	1.51	t.e.	6.82	t.e.	23.80	t.e.	1.73	2.02	3.88	21.52	393.38	17.15	t.e.	42.06	8.53	23.62	2.60	4.61

Çizelge 4.83. İkinci yıl polen örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu analiz sonuçları (mg/100g)

Örnek	<i>Gallik asit</i>	<i>Metil-3,4,5-trihidroksibenzoat</i>	<i>Vanilik asit</i>	<i>Siringik asit</i>	<i>Hesperidin</i>	<i>Trans sînnamik asit</i>	<i>Naringenin</i>	<i>Genistein</i>	<i>Kafeik asit</i>	<i>p-kumarik asit</i>	<i>Ferulik asit</i>	<i>3,4-dimetoksisînnamik asit</i>	<i>Rozmarinik asit</i>	<i>Apigenin</i>	<i>Pinosembriin</i>	<i>Rutin</i>	<i>Mirisetin</i>	<i>Kuersetin</i>	<i>Luteolin</i>	<i>Kaempferol</i>
Akdeniz																				
A2-1	t.e.	4.05	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	70.63	t.e.	3.38	t.e.	t.e.	39.12	173.26	t.e.	t.e.	29.41	t.e.	42.49	t.e.	t.e.
A2-2	t.e.	6.33	t.e.	t.e.	t.e.	4.87	47.37	t.e.	t.e.	3.76	t.e.	49.37	t.e.	17.42	62.62	t.e.	t.e.	4.47	9.67	t.e.
A2-3	27.49	7.59	9.31	4.74	32.15	24.65	t.e.	t.e.	1.84	7.74	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	74.26	36.79	t.e.	t.e.	25.81	3.72
A2-4	t.e.	0.31	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	50.89	t.e.	2.61	3.03	t.e.	13.34	214.95	43.99	264.86	10.64	t.e.	5.80	t.e.	1.96
A2 _{ortalama}	6.87	4.57	2.33	1.18	8.04	7.38	42.22	t.e.	1.96	3.63	t.e.	25.46	97.05	15.35	100.44	19.21	t.e.	13.19	8.87	1.42
Doğu Anadolu																				
D2-1	t.e.	2.81	t.e.	t.e.	t.e.	24.88	112.71	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	4.47	249.20	77.81	t.e.	17.06	t.e.	15.71	11.90	t.e.
D2-2	t.e.	0.30	t.e.	5.98	46.09	t.e.	t.e.	t.e.	5.22	21.29	t.e.	t.e.	t.e.	59.28	t.e.	138.99	t.e.	t.e.	37.85	t.e.
D2-3	t.e.	0.30	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	47.18	38.39	31.43	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	57.73	t.e.	8.23	t.e.	2.16	7.49	t.e.
D2 _{ortalama}	t.e.	1.14	t.e.	1.99	15.36	8.29	53.30	12.80	12.22	7.10	t.e.	1.49	83.07	64.94	t.e.	54.76	t.e.	5.96	19.08	t.e.
Ege																				
E2-1	t.e.	7.13	t.e.	3.89	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	2.73	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	53.60	t.e.	64.84	t.e.	7.81
E2-2	t.e.	9.43	5.85	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	2.55	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	39.06	11.25	26.33	t.e.	7.44
E2-3	t.e.	4.46	t.e.	t.e.	45.85	t.e.	50.76	t.e.	t.e.	10.14	t.e.	t.e.	t.e.	51.47	t.e.	108.77	t.e.	t.e.	79.99	t.e.
E2-4	t.e.	4.21	t.e.	t.e.	t.e.	31.76	125.84	t.e.	t.e.	3.82	t.e.	5.32	215.70	t.e.	t.e.	40.86	6.34	16.77	t.e.	t.e.
E2 _{ortalama}	t.e.	6.31	1.46	0.97	11.46	7.94	44.15	t.e.	t.e.	4.81	t.e.	1.33	53.92	12.87	t.e.	60.57	4.40	26.98	20.00	3.81
Güneydoğu Anadolu																				
G2-1	t.e.	5.18	t.e.	9.85	19.41	t.e.	134.98	t.e.	t.e.	7.76	t.e.	21.73	236.43	t.e.	t.e.	19.03	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
G2-2	t.e.	3.30	t.e.	t.e.	30.15	t.e.	47.45	t.e.	t.e.	4.17	t.e.	8.02	163.28	t.e.	t.e.	13.04	t.e.	2.13	8.60	t.e.
G2-3	t.e.	3.81	t.e.	t.e.	t.e.	14.45	107.57	t.e.	t.e.	5.78	t.e.	7.62	t.e.	132.39	t.e.	11.68	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
G2 _{ortalama}	t.e.	4.10	t.e.	3.28	16.52	4.82	96.67	t.e.	t.e.	5.90	t.e.	12.46	133.24	44.13	t.e.	14.58	t.e.	0.71	2.87	t.e.

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.83'ün devamı

Örnek	Galik asit	Metil-3,4,5-trihidroksibenzoat	Vanilik asit	Siringik asit	Hesperidin	Trans sinnamik asit	Naringenin	Genistein	Kafeik asit	p-kumarik asit	Ferulik asit	3,4-dimetoksisinnamik asit	Rozmarinik asit	Apigenin	Pinoembrin	Rutin	Mirisetin	Kuersetin	Luteolin	Kaempferol
İç Anadolu																				
İ2-1	t.e.	5.72	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	104.86	t.e.	t.e.	5.46	t.e.	10.73	155.69	t.e.	t.e.	45.63	7.39	42.90	t.e.	17.17
İ2-2	t.e.	7.25	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	49.41	t.e.	6.46	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	32.82	t.e.	3.44	t.e.	t.e.
İ2-3	t.e.	6.85	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	10.74	58.06	t.e.	6.51	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	34.82	2.68	3.05	t.e.	t.e.
İ2-4	t.e.	3.05	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	35.56	54.79	123.63	t.e.	3.27	t.e.	13.65	t.e.	t.e.	31.07	t.e.	1.47	3.94	t.e.
İ2-5	t.e.	0.31	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	131.35	94.92	1.47	5.26	t.e.	11.30	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	3.49	5.02	t.e.
İ2 _{ortalama}	t.e.	4.64	t.e.	t.e.	t.e.	9.26	79.70	43.71	2.89	2.80	t.e.	7.14	31.14	t.e.	t.e.	28.87	2.01	10.87	1.79	3.43
Karadeniz																				
K2-1	t.e.	4.56	t.e.	2.81	79.67	t.e.	93.99	t.e.	t.e.	7.64	t.e.	41.11	t.e.	25.38	t.e.	69.67	t.e.	30.41	15.95	15.80
K2-2	t.e.	4.61	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	23.44	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	25.59	320.25	16.06	t.e.	t.e.	t.e.	3.27	25.06	t.e.
K2-3	t.e.	3.51	t.e.	t.e.	72.48	t.e.	102.92	t.e.	t.e.	6.32	t.e.	14.06	856.27	t.e.	t.e.	18.96	t.e.	12.24	t.e.	5.60
K2 _{ortalama}	t.e.	4.23	t.e.	0.94	50.72	t.e.	73.45	t.e.	t.e.	4.65	t.e.	26.92	392.17	13.81	t.e.	29.55	t.e.	15.30	13.67	7.13
Marmara																				
M2-1	t.e.	3.60	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	33.42	142.98	t.e.	6.95	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	93.44	85.97	t.e.	4.64	t.e.	t.e.
M2-2	t.e.	11.85	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	86.21	79.97	3.38	t.e.	t.e.	6.35	t.e.	t.e.	18.83	t.e.	3.29	289.38	t.e.
M2-3	t.e.	20.31	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	35.44	t.e.	1.72	4.54	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	73.56	t.e.	6.43	31.31	t.e.
M2 _{ortalama}	t.e.	11.92	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	11.14	88.21	26.66	4.02	1.51	t.e.	2.12	t.e.	t.e.	31.15	59.45	t.e.	4.79	106.89

t.e. : tespit edilemedi

Çizelge 4.84. Polen örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	<i>Gallik asit</i>			<i>Metil-3,4,5-trihidroksibenzoat</i>		<i>Vanilik asit</i>		<i>Siringik asit</i>		<i>Hesperidin</i>	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Bölgeler	6	18.54	1.41	91.96	9.70**	3.40	0.78	16.78	3.90**	1081.28	5.10**
Yıllar	1	21.48	1.63	39.67	4.19*	0.02	0.00	3.42	0.79	3994.44	18.83**
Bölgeler*Yıllar	6	18.54	1.41	20.42	2.15	7.16	1.64	17.04	3.96**	1211.74	5.71**
Hata	86	13.19		9.48		4.35		4.31		212.16	
	<i>Trans sinnamik asit</i>			<i>Naringenin</i>		<i>Genistein</i>		<i>Kafeik asit</i>		<i>p-kumarik asit</i>	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Bölgeler	6	43.56	0.53	2337.38	1.71	2196.08	1.88	68.62	4.24**	55.60	2.24*
Yıllar	1	838.14	10.11**	28235.32	20.65**	496.67	0.43	141.62	8.76**	15.95	0.64
Bölgeler*Yıllar	6	69.90	0.84	2657.28	1.94	2080.63	1.78	64.00	3.96**	15.70	0.63
Hata	86	82.89		1367.44		1165.69		16.17		24.82	
	<i>Ferulik asit</i>			<i>3,4-dimetoksisinamik asit</i>		<i>Rozmarinik asit</i>		<i>Apigenin</i>		<i>Pinosembrin</i>	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Bölgeler	6	7.87	2.95*	681.73	2.88*	111031.76	2.15	7681.51	5.12**	7106.69	3.26*
Yıllar	1	6.85	2.57	14.73	0.06	71406.75	1.39	2668.20	1.78	392.89	0.18
Bölgeler*Yıllar	6	7.87	2.95*	1117.45	4.72**	152378.53	2.96*	1057.40	0.71	11047.00	5.07**
Hata	86	2.67		236.81		51533.05		1499.01		2178.24	
	<i>Rutin</i>			<i>Mirisetin</i>		<i>Kuersetin</i>		<i>Luteolin</i>		<i>Kaempferol</i>	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Bölgeler	6	1380.94	2.27*	55.67	3.12*	379.40	1.39	4736.07	3.07*	100.12	4.75**
Yıllar	1	999.20	1.64	513.04	28.78**	529.57	1.95	3766.22	2.44	0.38	0.02
Bölgeler*Yıllar	6	1553.62	2.55*	59.92	3.36*	475.86	1.75	6690.98	4.34**	19.92	0.95
Hata	86	608.79		17.83		272.21		1542.67		21.07	

Çizelge 4.85. Polen örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları (mg/100g)

Bölgeler	<i>Gallik asit</i>		<i>Metil-3,4,5-trihidroksibenzoat</i>		<i>Vanilik asit</i>		<i>Siringik asit</i>	
	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl
Akdeniz	0.00 ^{Aa} ±0.00	6.87 ^{Aa} ±4.50	7.01 ^{Aa} ±2.80	4.57 ^{Cba} ±1.05	0.00 ^{Aa} ±0.00	2.33 ^{Aa} ±1.52	5.63 ^{Aa} ±3.25	1.18 ^{BAa} ±0.77
Doğu Anadolu	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.70 ^{Da} ±0.46	1.14 ^{Ca} ±0.53	2.06 ^{Aa} ±1.35	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	1.99 ^{BAa} ±1.26
Ege	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	3.10 ^{DCBb} ±0.74	6.31 ^{Ba} ±0.81	0.00 ^{Aa} ±0.00	1.46 ^{Aa} ±0.96	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.97 ^{BAa} ±0.64
Güneydoğu Anadolu	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	4.44 ^{CBAa} ±1.27	4.10 ^{CBA} ±0.36	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	3.28 ^{Aa} ±2.08
İç Anadolu	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	2.41 ^{Dca} ±0.12	4.64 ^{CBA} ±0.87	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00
Karadeniz	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	3.30 ^{DCBa} ±0.79	4.23 ^{CBA} ±0.24	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Bb} ±0.00	0.94 ^{BAa} ±0.59
Marmara	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	6.59 ^{BAA} ±0.88	11.92 ^{Aa} ±3.05	1.51 ^{Aa} ±1.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00
Yıl Genel Ortalama	0.00 ^a ±0.00	1.10 ^a ±0.77	3.93 ^b ±0.48	5.23 ^a ±0.59	0.63 ^a ±0.31	0.61 ^a ±0.30	0.45 ^a ±0.31	1.09 ^a ±0.35
Bölgeler	<i>Hesperidin</i>		<i>Trans sinnamik asit</i>		<i>Naringenin</i>		<i>Genistein</i>	
	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl
Akdeniz	0.00 ^{Aa} ±0.00	8.04 ^{Ba} ±5.26	0.00 ^{Ba} ±0.00	7.38 ^{Aa} ±3.84	28.46 ^{BAA} ±16.44	42.22 ^{Ba} ±9.81	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00
Doğu Anadolu	0.00 ^{Aa} ±0.00	15.36 ^{Ba} ±9.72	0.00 ^{Ba} ±0.00	8.29 ^{Aa} ±5.25	62.70 ^{Aa} ±9.56	53.30 ^{BAA} ±20.69	50.10 ^{Aa} ±32.80	12.80 ^{BAa} ±8.09
Ege	0.00 ^{Aa} ±0.00	11.46 ^{Ba} ±7.50	3.97 ^{Aa} ±2.29	7.94 ^{Aa} ±5.20	14.57 ^{Ba} ±8.41	44.15 ^{Ba} ±19.47	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00
Güneydoğu Anadolu	0.00 ^{Ab} ±0.00	16.52 ^{Ba} ±5.58	0.00 ^{Ba} ±0.00	4.82 ^{Aa} ±3.05	39.65 ^{BAb} ±6.24	96.67 ^{Aa} ±16.39	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00
İç Anadolu	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	9.26 ^{Aa} ±4.60	13.40 ^{BAA} ±7.74	79.70 ^{BAA} ±10.86	0.00 ^{Aa} ±0.00	43.71 ^{Aa} ±18.11
Karadeniz	1.53 ^{Ab} ±1.03	50.72 ^{Aa} ±16.09	1.93 ^{BAA} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	45.89 ^{Ba} ±12.20	73.45 ^{BAA} ±15.91	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00
Marmara	6.82 ^{Aa} ±4.55	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	11.14 ^{Aa} ±7.06	23.80 ^{BAb} ±9.72	88.21 ^{BAA} ±19.66	0.00 ^{Aa} ±0.00	26.66 ^{BAA} ±16.86
Yıl Genel Ortalama	1.73 ^b ±0.98	13.03 ^a ±3.37	0.78 ^b ±0.38	7.21 ^a ±1.73	36.66 ^b ±4.64	67.15 ^a ±6.30	8.02 ^a ±5.61	13.48 ^a ±4.75
Bölgeler	<i>Kafeik asit</i>		<i>p-kumarik asit</i>		<i>Ferulik asit</i>		<i>3,4-dimetoksisinamik asit</i>	
	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl
Akdeniz	0.79 ^{Aa} ±0.46	1.96 ^{Ba} ±0.47	0.00 ^{Bb} ±0.00	3.63 ^{Aa} ±1.04	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	9.91 ^{Ba} ±1.05	25.46 ^{Aa} ±7.46
Doğu Anadolu	0.12 ^{Ab} ±0.08	12.22 ^{Aa} ±6.15	7.88 ^{Aa} ±4.13	7.10 ^{Aa} ±4.49	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	3.43 ^{Ba} ±1.53	1.49 ^{Ba} ±0.94
Ege	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	6.25 ^{BAA} ±1.01	4.81 ^{Aa} ±1.18	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	2.99 ^{Ba} ±1.73	1.33 ^{Ba} ±0.87
Güneydoğu Anadolu	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	2.78 ^{BAA} ±1.82	5.90 ^{Aa} ±0.66	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	3.84 ^{Bb} ±1.89	12.46 ^{Ba} ±2.93
İç Anadolu	0.78 ^{Aa} ±0.45	2.89 ^{Ba} ±1.00	3.78 ^{BAA} ±0.49	2.80 ^{Aa} ±0.80	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	36.17 ^{Aa} ±7.23	7.14 ^{Bb} ±1.97
Karadeniz	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	1.78 ^{BAb} ±0.56	4.65 ^{Aa} ±1.49	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	4.74 ^{Bb} ±3.20	26.92 ^{Aa} ±4.97
Marmara	1.73 ^{Aa} ±1.15	4.02 ^{Ba} ±0.98	2.02 ^{BAA} ±0.58	1.51 ^{Aa} ±0.96	3.88 ^{Aa} ±1.60	0.00 ^{Aa} ±0.00	21.52 ^{BAA} ±12.22	2.12 ^{Ba} ±1.34
Yıl Genel Ortalama	0.49 ^b ±0.25	2.84 ^a ±0.90	3.34 ^a ±0.79	4.21 ^a ±0.65	0.78 ^a ±0.38	0.00 ^b ±0.00	10.53 ^a ±2.93	10.87 ^a ±1.99

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.85'in devamı

Bölgeler	<i>Rozmarinik asit</i>		<i>Apigenin</i>		<i>Pinosembrin</i>		<i>Rutin</i>	
	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl
Akdeniz	0.00 ^{Ba} ±0.00	97.05 ^{Ba} ±37.11	18.72 ^{BaA} ±10.81	15.35 ^{CBa} ±6.80	0.00 ^{Ba} ±0.00	100.44 ^{Aa} ±37.44	43.69 ^{Aa} ±2.78	19.21 ^{CBb} ±5.53
Doğu Anadolu	231.60 ^{BaA} ±98.00	83.07 ^{Ba} ±52.55	75.87 ^{Aa} ±17.31	64.94 ^{Aa} ±4.15	102.18 ^{Aa} ±41.66	0.00 ^{Ba} ±0.00	20.21 ^{Ba} ±6.02	54.76 ^{BaA} ±26.69
Ege	132.13 ^{BaA} ±76.31	53.92 ^{Ba} ±35.30	0.00 ^{Ba} ±0.00	12.87 ^{CBa} ±8.43	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	29.13 ^{BaA} ±8.29	60.57 ^{Aa} ±10.74
Güneydoğu Anadolu	276.24 ^{BaA} ±110.67	133.24 ^{Ba} ±44.20	44.56 ^{BaA} ±23.20	44.13 ^{BaA} ±27.91	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	31.34 ^{BaA} ±8.36	14.58 ^{Ca} ±1.44
İç Anadolu	0.00 ^{Ba} ±0.00	31.14 ^{Ba} ±20.76	14.23 ^{BaA} ±8.21	0.00 ^{Cb} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	26.76 ^{BaA} ±2.19	28.87 ^{CBaA} ±5.11
Karadeniz	153.59 ^{BaA} ±76.95	392.17 ^{Aa} ±158.00	57.18 ^{BaA} ±18.11	13.81 ^{CBa} ±4.69	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	26.92 ^{BaA} ±3.88	29.55 ^{CBaA} ±13.15
Marmara	393.38 ^{Aa} ±119.28	0.00 ^{Bb} ±0.00	17.15 ^{BaA} ±7.70	0.00 ^{Ca} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	31.15 ^{Ba} ±19.70	42.06 ^{Aa} ±3.63	59.45 ^{Aa} ±13.05
Yıl Genel Ortalama	207.36 ^a ±41.14	103.40 ^b ±26.50	39.06 ^a ±7.22	19.26 ^b ±4.69	16.35 ^a ±8.26	19.81 ^a ±8.01	31.09 ^a ±2.32	37.54 ^a ±4.87
Bölgeler	<i>Mirisetin</i>		<i>Kuersetin</i>		<i>Luteolin</i>		<i>Kaempferol</i>	
	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl	II. yıl	II. yıl	II. yıl	II. yıl
Akdeniz	13.09 ^{Aa} ±3.11	0.00 ^{Bb} ±0.00	7.15 ^{Aa} ±0.09	13.19 ^{BaA} ±6.45	0.00 ^{Ba} ±0.00	8.87 ^{Ba} ±3.99	0.00 ^{Ba} ±0.00	1.42 ^{Ba} ±0.59
Doğu Anadolu	1.38 ^{Ba} ±0.54	0.00 ^{Bb} ±0.00	4.11 ^{Aa} ±1.00	5.96 ^{Ba} ±3.11	30.60 ^{Aa} ±12.89	19.08 ^{Ba} ±6.01	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00
Ege	5.14 ^{Ba} ±2.97	4.40 ^{Aa} ±1.79	13.60 ^{Aa} ±4.42	26.98 ^{Aa} ±9.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	20.00 ^{Ba} ±13.09	4.85 ^{BaA} ±2.80	3.81 ^{BaA} ±1.44
Güneydoğu Anadolu	4.86 ^{Ba} ±1.87	0.00 ^{Bb} ±0.00	19.26 ^{Aa} ±6.70	0.71 ^{Bb} ±0.45	4.12 ^{Ba} ±1.00	2.87 ^{Ba} ±1.81	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00
İç Anadolu	4.98 ^{Ba} ±2.88	2.01 ^{BaA} ±0.96	22.72 ^{Aa} ±10.98	10.87 ^{BaA} ±5.35	9.85 ^{BaA} ±5.69	1.79 ^{Bb} ±0.74	0.00 ^{Ba} ±0.00	3.43 ^{BaA} ±2.29
Karadeniz	2.03 ^{Ba} ±0.89	0.00 ^{Ba} ±0.00	21.47 ^{Aa} ±5.79	15.30 ^{BaA} ±5.05	34.98 ^{Aa} ±8.42	13.67 ^{Ba} ±4.64	7.25 ^{Aa} ±1.73	7.13 ^{Aa} ±2.93
Marmara	8.53 ^{BaA} ±2.65	0.00 ^{Bb} ±0.00	23.62 ^{Aa} ±6.85	4.79 ^{Ba} ±0.58	2.60 ^{Bb} ±1.74	106.89 ^{Aa} ±58.00	4.61 ^{BaA} ±2.26	0.00 ^{Ba} ±0.00
Yıl Genel Ortalama	5.05 ^a ±0.87	1.11 ^b ±0.40	17.09 ^a ±2.52	11.81 ^a ±2.36	15.26 ^a ±3.53	22.08 ^a ±8.20	3.05 ^a ±0.76	2.38 ^a ±0.68

Çizelge 4.86. Polen örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu bölge genel ortalama Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları (mg/100g)

Bölgeler	Bölge Genel Ortalama			
	<i>Gallik asit</i>	<i>Metil-3,4,5-trihidroksibenzoat</i>	<i>Vanilik asit</i>	<i>Siringik asit</i>
Akdeniz	4.58 ^A ± 3.09	5.39 ^B ± 1.14	1.55 ^A ± 1.05	2.66 ^A ± 1.27
Doğu Anadolu	0.00 ^B ± 0.00	0.89 ^C ± 0.34	1.18 ^A ± 0.80	0.85 ^B ± 0.58
Ege	0.00 ^B ± 0.00	5.24 ^B ± 0.73	0.98 ^A ± 0.66	0.65 ^B ± 0.44
Güneydoğu Anadolu	0.00 ^B ± 0.00	4.30 ^B ± 0.72	0.00 ^A ± 0.00	1.41 ^{BA} ± 0.96
İç Anadolu	0.00 ^B ± 0.00	4.00 ^B ± 0.67	0.00 ^A ± 0.00	0.00 ^B ± 0.00
Karadeniz	0.00 ^B ± 0.00	3.61 ^B ± 0.54	0.00 ^A ± 0.00	0.31 ^B ± 0.21
Marmara	0.00 ^B ± 0.00	8.59 ^A ± 1.38	0.94 ^A ± 0.64	0.00 ^B ± 0.00
	<i>Hesperidin</i>	<i>Trans sinamik asit</i>	<i>Naringenin</i>	<i>Genistein</i>
Akdeniz	5.36 ^B ± 3.61	4.92 ^A ± 2.71	37.63 ^A ± 8.32	0.00 ^B ± 0.00
Doğu Anadolu	6.58 ^{BA} ± 4.47	3.56 ^A ± 2.42	58.67 ^A ± 10.02	34.12 ^A ± 19.19
Ege	7.64 ^{BA} ± 5.15	6.62 ^A ± 3.50	34.29 ^A ± 13.60	0.00 ^B ± 0.00
Güneydoğu Anadolu	7.08 ^{BA} ± 3.21	2.07 ^A ± 1.40	64.08 ^A ± 10.84	0.00 ^B ± 0.00
İç Anadolu	0.00 ^B ± 0.00	6.61 ^A ± 3.44	60.76 ^A ± 11.46	31.22 ^A ± 13.86
Karadeniz	17.93 ^A ± 7.58	1.28 ^A ± 0.88	55.08 ^A ± 9.95	0.00 ^B ± 0.00
Marmara	4.27 ^B ± 2.91	4.18 ^A ± 2.86	47.96 ^A ± 12.19	10.00 ^{BA} ± 6.83
	<i>Kafeik asit</i>	<i>p-kumarik asit</i>	<i>Ferulik asit</i>	<i>3,4-dimetoksisinamik asit</i>
Akdeniz	1.57 ^B ± 0.38	2.42 ^B ± 0.85	0.00 ^B ± 0.00	20.27 ^A ± 5.35
Doğu Anadolu	5.30 ^A ± 3.00	7.54 ^A ± 2.93	0.00 ^B ± 0.00	2.60 ^{CB} ± 0.97
Ege	0.00 ^B ± 0.00	5.30 ^{BA} ± 0.85	0.00 ^B ± 0.00	1.88 ^C ± 0.81
Güneydoğu Anadolu	0.00 ^B ± 0.00	4.12 ^{BA} ± 1.13	0.00 ^B ± 0.00	7.53 ^{CBA} ± 1.97
İç Anadolu	2.29 ^{BA} ± 0.76	3.08 ^B ± 0.59	0.00 ^B ± 0.00	15.43 ^{BA} ± 4.31
Karadeniz	0.00 ^B ± 0.00	2.74 ^B ± 0.68	0.00 ^B ± 0.00	12.13 ^{CBA} ± 3.64
Marmara	2.59 ^{BA} ± 0.84	1.83 ^B ± 0.49	2.43 ^A ± 1.09	14.24 ^{CBA} ± 7.88
	<i>Rozmarinik asit</i>	<i>Apigenin</i>	<i>Pinosembrin</i>	<i>Rutin</i>
Akdeniz	64.70 ^{BA} ± 27.83	16.47 ^{CB} ± 5.52	66.96 ^A ± 28.26	27.37 ^B ± 5.08
Doğu Anadolu	167.94 ^{BA} ± 61.86	71.19 ^A ± 9.86	58.39 ^A ± 27.03	35.02 ^{BA} ± 12.29
Ege	79.99 ^{BA} ± 34.38	8.58 ^C ± 5.79	0.00 ^B ± 0.00	50.09 ^A ± 8.67
Güneydoğu Anadolu	214.96 ^A ± 66.90	44.38 ^{BA} ± 17.15	0.00 ^B ± 0.00	24.16 ^B ± 5.21
İç Anadolu	22.24 ^B ± 15.11	4.07 ^C ± 2.76	0.00 ^B ± 0.00	28.27 ^B ± 3.65
Karadeniz	233.12 ^A ± 75.80	42.73 ^{BA} ± 12.97	0.00 ^B ± 0.00	27.79 ^B ± 4.85
Marmara	245.86 ^A ± 88.06	10.72 ^C ± 5.18	11.68 ^B ± 7.98	48.58 ^A ± 5.56
	<i>Mirisetin</i>	<i>Kueretin</i>	<i>Luteolin</i>	<i>Kaempferol</i>
Akdeniz	4.36 ^{BA} ± 2.08	11.18 ^{BA} ± 4.29	5.91 ^B ± 2.89	0.95 ^{CB} ± 0.43
Doğu Anadolu	0.79 ^C ± 0.35	4.90 ^B ± 1.40	25.66 ^{BA} ± 7.72	0.00 ^C ± 0.00
Ege	4.65 ^{BA} ± 1.47	22.52 ^A ± 6.30	13.33 ^{BA} ± 8.99	4.16 ^{BA} ± 1.27
Güneydoğu Anadolu	2.78 ^{CBA} ± 1.23	11.31 ^{BA} ± 4.51	3.58 ^B ± 0.94	0.00 ^C ± 0.00
İç Anadolu	2.86 ^{CBA} ± 1.07	14.25 ^{BA} ± 4.93	4.10 ^B ± 1.85	2.45 ^{CB} ± 1.67
Karadeniz	1.35 ^{CB} ± 0.63	19.42 ^A ± 4.18	27.87 ^{BA} ± 6.21	7.21 ^A ± 1.46
Marmara	5.33 ^A ± 1.94	16.56 ^{BA} ± 4.82	41.71 ^A ± 24.32	2.88 ^{CB} ± 1.50

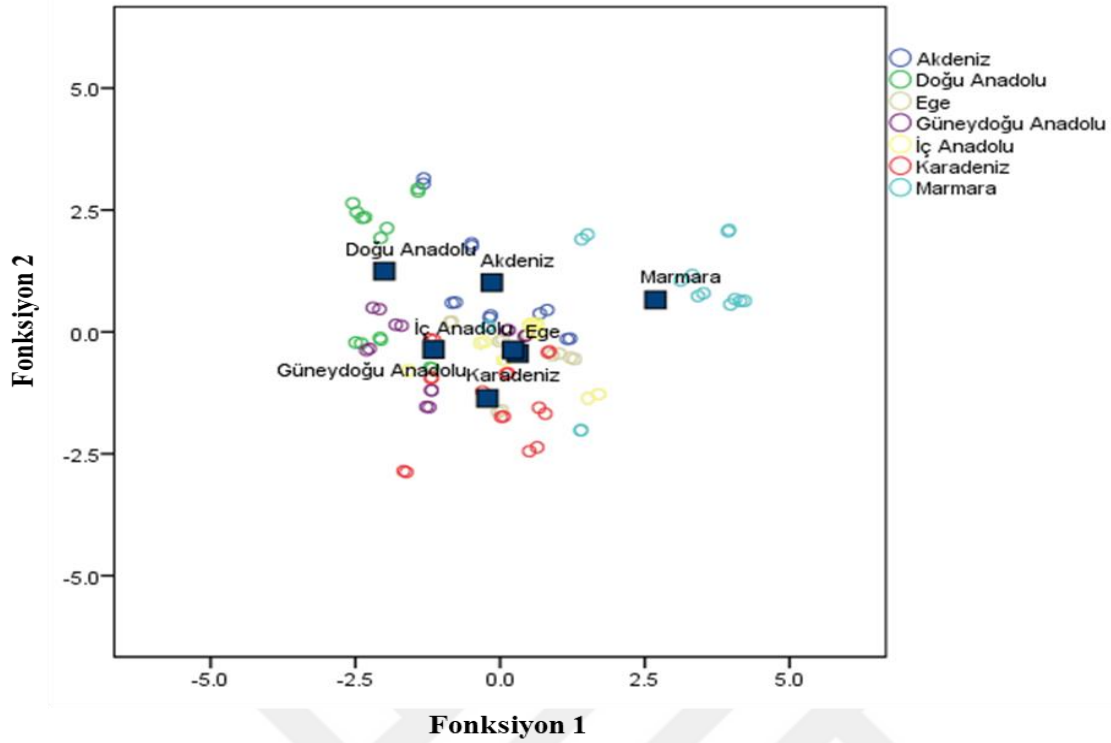
Varyans analizi sonuçlarına göre bölgeler ve yıllar arasındaki farklılıkların polen örneklerinin metil-3,4,5-trihidroksibenzoat, hesperidin, kafeik asit ve mirisetin içerikleri üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$; $p < 0.05$) bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca sadece bölgeler arasındaki farklılıkların siringik asit, *p*-kumarik asit, ferulik asit, 3,4-dimetoksisinamik asit, apigenin, pinosembrin, rutin, luteolin ve kaempferol miktarları ve sadece yıllar arasındaki farklılıkların ise trans sinamik asit ve naringenin miktarları üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$; $p < 0.05$) bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, Akdeniz Bölgesi'nden temin edilen polen örneklerinin gallik asit, siringik asit, 3,4-dimetoksisinnamik asit ve pinosembrin içeriklerinin, Doğu Anadolu Bölgesi'nden temin edilen polen örneklerinin genistein, kafeik asit, *p*-kumarik asit ve apigenin içeriklerinin, Ege Bölgesi'nden temin edilen polen örneklerinin rutin ve kuersetin içeriklerinin, Karadeniz Bölgesi'nden temin edilen polen örneklerinin hesperidin ve kaempferol içeriklerinin ve Marmara Bölgesi'nden temin edilen polen örneklerinin metil-3,4,5-trihidroksibenzoat, ferulik asit, rozmarinik asit, rutin, mirisetin ve luteolin içeriklerinin diğer bölgelerden temin edilen polenlerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yıllar arasındaki farklılıklar incelendiğinde ise birinci yıl temin edilen polen örneklerinin ferulik asit, rozmarinik asit, apigenin ve mirisetin içeriklerinin, ikinci yıl temin edilen polen örneklerinin ise metil-3,4,5-trihidroksibenzoat, hesperidin, trans sinamik asit, naringenin ve kafeik asit içeriklerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Bölgelere göre polen örneklerinin fenolik bileşik kompozisyonlarının ayrımlarını belirlemek için istatistiksel olarak bölge farklılıkları önemli bulunan fenolik bileşiklerin (metil-3,4,5-trihidroksibenzoat ve siringik, kafeik, *p*-kumarik, ferulik, 3,4-dimetoksisinnamik asitler ile hesperidin, apigenin, pinosembrin, rutin, mirisetin, luteolin ve kaempferol) seçilmesi ile yapılan lineer diskriminant analizinde altı fonksiyon elde edilmiştir. Varyansı en yüksek oran ile açıklayan birinci (Wilks's Lambda = 0.064, $\chi^2 = 244.948$, $df = 78$, $p < 0.01$) ve ikinci (Wilks's Lambda = 0.196, $\chi^2 = 145.058$, $df = 60$, $p < 0.01$) fonksiyonun tüm varyansın toplam %71.3 kadarını açıklayabildiği belirlenmiştir. Buna göre; bu modelle %70.0 doğruluk oranı ile fenolik bileşik kompozisyonuna göre bölgeler arasında bir sınıflandırma yapılabildiği tespit edilmiştir. Ayrıca en iyi ayırt edici değişkenleri (fenolik bileşikler) belirlemek için gerçekleştirilen aşamalı diskriminant analizine göre metil-3,4,5-trihidroksibenzoat en uygun diskriminant değişkeni olarak ekstrakte edilmiştir. Bu değişkenin yanı sıra siringik asit, apigenin, pinosembrin ve kaempferol bileşiklerinin de polen örneklerinin bölge ayrımları için kullanılabildiği değerlendirilmiştir. Bölgelerin fenolik kompozisyonu analizi sonuçlarına göre yapılan sınıflandırma sonuçları Çizelge 4.87 ve elde edilen dağılım grafiği ise Şekil 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.87. Polen örneklerinin fenolik kompozisyonu analizi sonuçlarına göre yapılan bölge sınıflandırma sonuçları

		Bölge Örnek Tahminleri							
Bölge Örnekleri (%70)	Bölgeler	Akdeniz	Doğu Anadolu	Ege	Güneydoğu Anadolu	İç Anadolu	Karadeniz	Marmara	Toplam
	Akdeniz	8	0	2	0	2	0	0	12
	Doğu Anadolu	2	8	0	4	0	0	0	14
	Ege	0	0	10	0	2	0	0	12
	Güneydoğu Anadolu	2	0	4	8	0	0	0	14
	İç Anadolu	0	0	2	2	10	0	0	14
	Karadeniz	0	0	0	0	4	14	0	18
	Marmara	0	0	2	0	0	2	12	16
	Çapraz Doğrulama (%55)	Akdeniz	4	2	2	0	4	0	0
Doğu Anadolu		2	8	0	4	0	0	0	14
Ege		0	0	6	0	4	2	0	12
Güneydoğu Anadolu		2	0	4	8	0	0	0	14
İç Anadolu		0	0	2	2	10	0	0	14
Karadeniz		0	2	2	1	4	9	0	18
Marmara		2	0	0	2	0	2	10	16



Şekil 4.4. Polen örneklerinin fenolik bileşik kompozisyonlarına göre bölge dağılım grafiği

Buna göre çizelge ve grafik birlikte değerlendirildiğinde Ege (%83.3), İç Anadolu (%71.4), Karadeniz (%77.8) ve Marmara (%75.0) Bölgeleri'ne ait polenlerin fenolik bileşik kompozisyonları açısından ayrılabilirdiği, ancak diğer bölgelerin ise elde edilen sonuçların birbirine yakın olmaları nedeniyle ayırt edilebilirliklerinin düşük olduğu ve iç içe özellik gösterdikleri değerlendirilmiştir.

Polen örneklerine ait sonuçlar incelendiğinde polen örneklerinin rosmarinik asit, naringenin, rutin ve apigenin miktarlarına ait ortalamaların sırasıyla 155.38, 51.91, 34.31 ve 29.16 mg/100g değerleri ile diğer fenolik bileşiklerden daha yüksek ve siringik, vanilik, gallik ve ferulik asit içeriklerinin ise daha düşük (<0.8 mg/100g) olduğu belirlenmiştir. Polen örnek türlerine göre bir değerlendirme yapıldığında ise çörek otu polen örneklerinin rutin içeriklerinin, ladengiller polen örneklerinin kuersetin ve kestane polenlerinin ise metil-3,4,5-trihidroksibenzoat içeriklerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca düğünçiçeğigiller poleninin gallik ve vanilik asit, papatyagiller poleninin trans sinamik asit, gelincikgiller ve korunga polenlerinin ise hesperidin içeriklerinin diğer örneklere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Ülkemizde yapılan bir çalışmada *Asteraceae*, *Fabacea*, *Campanulaceae*, *Cistaceae* ve *Rosaceae* gibi çeşitli bitki türlerinin polen karışımından oluşan bir arı poleninin fenolik bileşik kompozisyonu araştırılmış ve bu polen karışımının farklı miktarlarda gallik asit, protokateşik asit, siringik asit, 2,5-dihidroksibenzoik asit, kafeik asit, salisilik asit, kateşin, rutin, *p*-kumarik asit, trans ferulik asit, florizin, mirisetin, luteolin, kuersetin, kaempferol ve isoramnetin fenolik bileşiklerini içerdiği bildirilmiştir. Bu karışık polen örneğinin ekstraktındaki başlıca fenolik bileşiğin 11.54 mg/100g

ortalama ile rutin olduğu, miktarı yüksek olan diğer fenolik bileşiklerin ise sırasıyla 0.99, 0.79, 0.22 ve 0.15 mg/100g değerleri ile kaempferol, kuersetin, mirisetin ve *p*-kumarik asit olduğu rapor edilmiştir (Gercek vd. 2022). Tez çalışmasında elde edilen gallik, sirینگik, kafeik ve *p*-kumarik asit ile rutin, mirisetin, kuersetin, luteolin ve kaempferol bileşiklerine ait bulguların literatürde bildirilen bu araştırmaya ait bulgulardan daha yüksek olduğu değerlendirilmiştir. Özcan vd. (2019) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada Antalya (Alanya), Hatay, Karaman (Sarıveliler), Konya (Hadim, Taşkent ve Karapınar) ve Niğde (Bor) illerinden temin edilen polen örneklerinin fenolik bileşik kompozisyonu belirlenmiş ve polen örneklerindeki hakim fenolik bileşiklerin kateşin ve kuersetin olduğu rapor edilmiştir. Örneklerle ait sirینگik, kafeik ve *p*-kumarik asit ile kuersetin ve kaempferol içeriklerinin sırasıyla 5.56-23.77, 6.63-23.86, 1.39-10.46, 61.23-1221.73 ve 1.91-19.90 mg/100g değerleri arasında olduğu bildirilmiştir. Tez çalışmasında elde edilen sirینگik, kafeik ve *p*-kumarik asit ile kaempferol bileşiklerine ait bulguların genel olarak literatürde bildirilen bu araştırma ile uyumlu ancak kuersetin sonuçlarının bildirilen çalışmadan daha düşük olduğu değerlendirilmiştir.

Kahraman vd. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada Muğla ilinden toplanan arı poleni örneklerinin fenolik bileşik kompozisyonları araştırılmış ve benzoik asit ve apigenin fenolik bileşiklerinin polen ekstraktındaki hakim bileşikler olduğu ve rutin bileşiğinin ise örneklerde tespit edilemediği bildirilmiştir. Örneklerin gallik, kafeik, *p*-kumarik, ferulik ve rozmarinik asit içeriklerinin sırasıyla ortalama 8.29, 2.40, 5.35, 7.86 ve 90.26 mg/100g ve apigenin, kuersetin, luteolin ve kaempferol içeriklerinin ise sırasıyla 647.72, 357.51, 393.02 ve 326.45 mg/100g olduğu rapor edilmiştir. Tez çalışmasında elde edilen kafeik ve *p*-kumarik asit bileşiklerine ait bulguların genel olarak literatürde bildirilen bu araştırma ile uyumlu, elde edilen rozmarinik asit içeriği sonuçlarının daha yüksek, ancak gallik asit, apigenin, kuersetin, luteolin ve kaempferol içeriklerinin ise bildirilen çalışmadan daha düşük olduğu değerlendirilmiştir.

De-Melo vd. (2018) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada Brezilya'dan toplanan 7 farklı polen örneğinin (*Alternanthera*, *Anadenanthera*, *Cocos nucifera*, *Mimosa caesalpiniaefolia*, *Myrcia* ve *Mimosa scabrella*;3) fenolik bileşik kompozisyonları belirlenmiş ve örneklerin naringenin, rutin, kuersetin ve kaempferol miktarlarının sırasıyla 4.57-18.36, 3.66-46.80, 1.86-67.91 ve 5.50-44.97 mg/100g aralıklarında olduğu rapor edilmiştir. Tez çalışmasında elde edilen rutin, kuersetin ve kaempferol bileşiklerine ait bulguların genel olarak literatürde bildirilen bu araştırma ile uyumlu, ancak elde edilen naringenin içeriği sonuçlarının ise bildirilen çalışmadan daha yüksek olduğu değerlendirilmiştir.

Güney Şili'den toplanan toplam 12 farklı arı poleni örneğinin fenolik bileşik kompozisyonunun araştırıldığı bir çalışmada örneklerde klorojenik, sirینگik, kafeik, kumarik, ferulik, sinapik, absisik ve sinnamik asitlerin ve epikateşin, naringenin, apigenin, rutin, mirisetin, kuersetin, kaempferol, ramnetin ve galangin flavonoidlerinin tespit edildiği ve örneklerin sirینگik, kafeik, kumarik ve ferulik asit içeriklerinin sırasıyla 4.68-18.85, 1.72-4.48, 0.03-4.31 ve 5.82-43.60 mg/100g ve naringenin, apigenin, rutin, mirisetin, kuersetin ve kaempferol içeriklerinin ise 0.29-16.17, 3.29-125.14, 1.78-90.54, 10.07-689.24, 5.40-109.85 ve 0.42-20.41 mg/100g aralıklarında olduğu bildirilmiştir (Bridi vd. 2022). Tez çalışmasında elde edilen sirینگik, kafeik, *p*-kumarik ve ferulik asitler ile apigenin, rutin, kuersetin ve kaempferol içeriklerine ait bulguların genel olarak literatürde bildirilen bu araştırma ile uyumlu olduğu, ancak elde edilen naringenin içeriği

sonuçlarının daha yüksek ve mirisetin sonuçlarının ise literatürde bildirilen bu çalışmadan daha düşük olduğu değerlendirilmiştir.

Elde edilen sonuçlar arasındaki farklılıkların örneklerin kimyasal karakterizasyonlarının hem nektar kaynağına hem de temin edildikleri coğrafyanın özellikleri arasındaki farklılıklara bağlı olarak değişiklik göstermesi ile ilişkili olduğu değerlendirilmiştir. Arı poleni, *Apis mellifera* L. arıları tarafından hasat edilen binlerce polen tanesinin, arıların tükürük salgılarının yanı sıra nektar ve/veya balın polen tanelerini birbirine tutturmak için kullanması ile elde edilen bir karışımdır. Polenin kimyasal kompozisyonunun ekolojik habitata, coğrafi kökene ve mevsime bağlı olarak çok değişkenlik gösterebildiği bildirilmiştir (Bridi vd. 2022). Aynı örnek türü dahi olsa genotipik ve agronomik farklılıklar, sıcaklık, su stresi ve ışık yoğunluğu gibi iklim koşulları ve ayrıca bu bitkilerin fenolik bileşimini etkileyebilecek toprak koşullarına bağlı olarak polenlerin fenolik bileşik miktar ve kompozisyonlarının farklılık gösterebildiği rapor edilmiştir (De-Melo vd. 2017).

4.12.3. Propolis örneklerinin fenolik bileşik kompozisyonu analiz sonuçları

Birinci ve ikinci yıl propolis örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu analiz sonuçları sırasıyla Çizelge 4.88 ve 4.89’da, varyans analizi sonuçları Çizelge 4.90’da ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise sırasıyla Çizelge 4.91 ve 4.92’de verilmiştir.

Çizelge 4.88. Birinci yıl propolis örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu analiz sonuçları (mg/100g)

Örnek	Metil-3,4,5-trihidroksibenzoat	Vanilik asit	Siringik asit	Hesperidin	Trans sinamik asit	Naringenin	Genistein	Kafeik asit	p-kumarik asit	Ferulik asit	3,4-dimetoksisinamik asit	Rozmarinik asit	Apigenin	Pinosembrin	Rutin	Mirisetin	Kuersetin	Luteolin	Kaempferol	Krisin
Akdeniz																				
A1-1	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	40.42	246.01	t.e.	395.68	185.22	499.03	630.33	t.e.	681.89	t.e.	t.e.	t.e.	35.94	t.e.	69.80	137.23
A1-2	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	10.99	12.98	t.e.	10.03	6.77	3.05	9.56	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	25.58	t.e.	43.69
A1-3	11.70	30.55	t.e.	t.e.	115.49	t.e.	t.e.	25.12	6.11	19.56	26.14	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	56.44	t.e.	t.e.	47.56
A1 _{ortalama}	3.90	10.18	t.e.	t.e.	55.63	86.33	t.e.	143.61	66.03	173.88	222.01	t.e.	227.30	t.e.	t.e.	t.e.	30.79	8.53	23.27	76.16
Doğu Anadolu																				
D1-1	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	174.73	t.e.	172.00	41.25	56.61	62.83	2398.67	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	18.69	t.e.	46.76	125.21
D1-2	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	527.19	t.e.	276.49	73.99	470.95	266.14	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	137.17	111.20
D1-3	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	133.15	t.e.	151.36	46.57	119.29	139.72	367.09	t.e.	t.e.	14.46	t.e.	t.e.	t.e.	41.40	92.43
D1-4	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	97.35	t.e.	96.79	87.21	129.44	36.90	311.09	216.87	t.e.	21.26	t.e.	21.86	t.e.	152.01	86.83
D1 _{ortalama}	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	233.11	t.e.	174.16	62.25	194.07	126.40	769.21	54.22	t.e.	8.93	t.e.	10.14	t.e.	94.34	103.92
Ege																				
E1-1	28.03	t.e.	22.54	t.e.	t.e.	195.03	t.e.	63.09	18.77	220.72	85.48	464.95	276.33	t.e.	26.05	t.e.	154.08	t.e.	128.16	112.73
E1-2	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	38.35	124.73	t.e.	91.19	27.26	72.19	102.90	t.e.	356.01	t.e.	t.e.	t.e.	20.61	t.e.	82.83	132.33
E1-3	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	51.56	189.56	t.e.	847.65	430.88	559.76	719.32	634.48	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	233.56	171.91
E1 _{ortalama}	9.34	t.e.	7.51	t.e.	29.97	169.78	t.e.	333.98	158.97	284.23	302.56	366.47	210.78	t.e.	8.68	t.e.	58.23	t.e.	148.18	138.99
Güneydoğu Anadolu																				
G1-1	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	18.57	204.49	t.e.	102.92	59.31	142.19	244.18	t.e.	401.11	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	96.56	164.00
G1-2	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	28.74	t.e.	31.69	t.e.	66.76	10.09	216.50	t.e.	1754.03	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
G1-3	58.70	85.59	t.e.	t.e.	t.e.	29.34	286.48	9.96	14.00	t.e.	20.54	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
G1 _{ortalama}	19.57	28.53	t.e.	t.e.	6.19	87.52	95.49	48.19	24.44	69.65	91.61	72.17	133.70	584.68	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	32.19	54.67

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.88'in devamı

Örnek	Metil-3,4,5-trihidroksibenzoat	Vanilik asit	Stringik asit	Hesperidin	Trans sînnamik asit	Naringenin	Genistein	Kafeik asit	p-kumarik asit	Ferulik asit	3,4-dimetoksisînnamik asit	Rozmarinik asit	Apigenin	Pinosembrin	Rutin	Mirisetin	Kuersetin	Luteolin	Kaempferol	Krisin
İç Anadolu																				
İ1-1	4.35	t.e.	t.e.	t.e.	34.11	95.33	t.e.	75.27	17.45	54.96	67.57	t.e.	122.57	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	96.18	131.13
İ1-2	6.38	t.e.	t.e.	t.e.	82.30	201.26	t.e.	48.27	37.13	116.02	81.54	t.e.	177.84	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	19.67	36.83
İ1-3	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	286.22	t.e.	304.19	139.21	704.42	684.85	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	125.55	t.e.
İ1-4	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	261.85	350.18	t.e.	791.00	313.37	730.30	645.94	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	86.96	170.40
İ1 _{ortalama}	2.68	t.e.	t.e.	t.e.	94.56	233.25	t.e.	304.68	126.79	401.42	369.98	t.e.	75.10	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	82.09	84.59
Karadeniz																				
K1-1	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	199.21	394.80	t.e.	543.68	197.46	428.14	491.36	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	137.62	t.e.
K1-2	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	316.84	188.33	342.54	163.77	36.72	70.95	185.13	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
K1-3	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	445.01	319.50	t.e.	531.85	447.61	606.53	803.52	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	212.93
K1-4	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	285.95	639.63	483.56	511.17	304.84	238.60	570.73	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
K1 _{ortalama}	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	311.75	385.56	206.53	437.62	246.65	336.06	512.69	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	34.40	53.23
Marmara																				
M1-1	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	458.73	393.48	t.e.	1077.01	247.07	359.24	681.59	t.e.	739.51	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
M1-2	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	343.96	464.51	t.e.	534.48	243.12	380.86	618.04	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
M1-3	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	426.55	418.18	t.e.	909.50	268.98	362.52	610.31	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
M1-4	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	204.55	252.90	t.e.	325.66	273.44	363.20	526.44	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
M1 _{ortalama}	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	358.45	382.27	t.e.	711.66	258.15	366.45	609.10	t.e.	184.88	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.

t.e. : tespit edilemedi

Çizelge 4.89. İkinci yıl propolis örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu analiz sonuçları (mg/100g)

Örnek	Metil-3,4,5-trihidroksibenzoat	Vanilik asit	Siringik asit	Hesperidin	Trans sinnamik asit	Naringenin	Genistein	Kafeik asit	p-kumarik asit	Ferulik asit	3,4-dimetoksisinamik asit	Rozmarinik asit	Apigenin	Pinosenbrin	Rutin	Mirisetin	Kuersetin	Luteolin	Kaempferol	Krisin
Akdeniz																				
A2-1	t.e.	51.32	t.e.	t.e.	393.28	459.94	t.e.	643.54	100.31	286.44	313.60	t.e.	500.54	t.e.	t.e.	t.e.	131.69	t.e.	139.39	t.e.
A2-2	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	745.29	357.69	t.e.	266.86	112.36	626.94	207.73	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	424.86	t.e.	t.e.
A2-3	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	19.26	64.69	t.e.	44.63	13.04	33.03	33.37	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	749.16	t.e.	116.45
A2-4	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	20.66	37.25	t.e.	10.18	3.83	6.51	20.64	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
A2 _{ortalama}	t.e.	12.83	t.e.	t.e.	294.62	229.89	t.e.	241.30	57.39	238.23	143.83	t.e.	125.14	t.e.	t.e.	t.e.	32.92	293.51	34.85	29.11
Doğu Anadolu																				
D2-1	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	44.79	361.48	t.e.	486.88	161.92	176.88	179.66	t.e.	322.78	t.e.	t.e.	t.e.	25.88	t.e.	79.52	t.e.
D2-2	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	18.86	267.75	t.e.	161.55	27.70	112.41	40.09	953.74	360.77	t.e.	t.e.	t.e.	89.99	t.e.	71.17	256.66
D2-3	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	54.57	488.40	t.e.	406.35	161.23	289.25	275.32	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	228.42	t.e.
D2-4	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	25.11	256.20	t.e.	121.93	46.58	228.18	134.19	781.06	290.23	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	117.91	311.50
D2 _{ortalama}	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	35.83	343.46	t.e.	294.18	99.36	201.68	157.31	433.70	243.45	t.e.	t.e.	t.e.	28.97	t.e.	124.25	142.04
Ege																				
E2-1	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	33.01	221.38	t.e.	168.79	72.74	103.52	51.84	t.e.	593.87	t.e.	112.02	t.e.	73.40	t.e.	444.92	t.e.
E2-2	t.e.	t.e.	t.e.	59.26	34.24	210.63	t.e.	160.54	56.12	101.08	61.42	309.26	526.85	832.70	108.00	t.e.	76.02	t.e.	486.25	t.e.
E2-3	t.e.	9.99	t.e.	t.e.	13.57	75.07	t.e.	45.94	12.90	22.85	62.44	t.e.	267.64	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	78.32	t.e.
E2-4	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	37.71	t.e.	18.17	5.78	23.82	20.74	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	25.66	t.e.
E2 _{ortalama}	t.e.	2.50	t.e.	14.81	20.20	136.20	t.e.	98.36	36.88	62.82	49.11	77.31	347.09	208.18	55.01	t.e.	37.35	t.e.	258.79	t.e.
Güneydoğu Anadolu																				
G2-1	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	209.59	t.e.	70.87	10.29	91.02	53.68	261.31	234.40	t.e.	11.13	t.e.	t.e.	153.29	36.58	t.e.
G2-2	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	95.25	t.e.	259.36	32.92	172.70	42.69	221.57	217.93	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	33.67	189.58
G2-3	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	28.04	342.76	t.e.	222.37	120.19	118.26	298.38	t.e.	462.08	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	174.42	t.e.
G2-4	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	112.50	436.74	98.22	10.52	65.35	25.48	t.e.	341.29	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	232.29
G2 _{ortalama}	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	7.01	190.03	109.19	162.70	43.48	111.83	105.06	120.72	313.92	t.e.	2.78	t.e.	t.e.	38.32	61.17	105.47

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.89'un devamı

Örnek	Metil-3,4,5-trihidroksibenzoat	Vanilik asit	Stringik asit	Hesperidin	Trans sînnamik asit	Naringenin	Genistein	Kafeik asit	p-kumarik asit	Ferulik asit	3,4-dimetoksisînnamik asit	Rozmarinik asit	Apigenin	Pinosembrin	Rutin	Mirisetin	Kuersetin	Luteolin	Kaempferol	Krisin
İç Anadolu																				
İ2-1	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	250.19	t.e.	132.81	67.06	398.64	207.65	605.98	339.63	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	57.91	t.e.
İ2-2	t.e.	127.77	t.e.	t.e.	227.31	275.23	t.e.	327.77	260.78	380.00	214.44	t.e.	307.92	t.e.	t.e.	t.e.	323.13	t.e.	315.73	t.e.
İ2-3	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	173.30	295.90	t.e.	935.02	463.93	795.98	699.99	1216.85	395.94	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	161.97	451.62
İ2 _{ortalama}	t.e.	42.59	t.e.	t.e.	133.53	273.77	t.e.	465.20	263.93	524.87	374.03	607.61	347.83	t.e.	t.e.	t.e.	107.71	t.e.	178.54	150.54
Karadeniz																				
K2-1	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	134.04	t.e.	143.81	94.46	57.18	85.97	t.e.	176.50	t.e.	31.12	21.94	t.e.	t.e.	50.06	323.35
K2-2	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	161.69	366.72	t.e.	1225.28	603.63	841.30	974.06	16189.07	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
K2-3	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	157.68	381.98	t.e.	276.32	204.51	158.43	293.13	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	197.89	t.e.
K2 _{ortalama}	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	106.46	294.25	t.e.	548.47	300.86	352.30	451.05	5396.36	58.83	t.e.	10.37	7.31	t.e.	t.e.	82.65	107.78
Marmara																				
M2-1	t.e.	30.83	t.e.	t.e.	166.36	177.29	t.e.	207.00	30.52	102.21	174.96	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	83.55	478.77
M2-2	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	160.44	272.00	t.e.	522.26	182.19	537.14	763.54	t.e.	590.34	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	166.32	t.e.
M2-3	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	675.30	626.91	t.e.	819.16	106.13	270.70	718.49	11939.32	t.e.	1371.74	t.e.	t.e.	t.e.	432.31	210.17	t.e.
M2 _{ortalama}	t.e.	10.28	t.e.	t.e.	334.03	358.73	t.e.	516.14	106.28	303.35	552.33	3979.77	196.78	457.25	t.e.	t.e.	t.e.	144.10	153.35	159.59

t.e. : tespit edilemedi

Çizelge 4.90. Propolis örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	<i>Metil-3,4,5-trihidroksibenzoat</i>			<i>Vanilik asit</i>		<i>Siringik asit</i>		<i>Hesperidin</i>		<i>Trans sinnamik asit</i>	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Bölgeler	6	181.05	2.64*	956.94	2.16	27.756	3.52**	107.90	1.76	219503.88	13.40**
Yıllar	1	629.90	9.20**	434.60	0.98	28.23	3.58	109.72	1.79	2823.20	0.17
Bölgeler*Yıllar	6	181.05	2.64*	1500.33	3.38*	27.76	3.52**	107.90	1.76	58315.92	3.56**
Hata	86	68.46		443.71		7.88		61.27		16384.69	
	<i>Naringenin</i>			<i>Genistein</i>		<i>Kafeik asit</i>		<i>p-kumarik asit</i>		<i>Ferulik asit</i>	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Bölgeler	6	124140.21	7.26**	34829.98	3.96**	462144.71	6.73**	103763.62	8.08**	222741.62	5.29**
Yıllar	1	30879.65	1.81	18592.11	2.11	14870.22	0.22	616.30	0.05	470.47	0.01
Bölgeler*Yıllar	6	26883.46	1.57	21515.19	2.44*	94910.58	1.38	35224.48	2.74*	42498.59	1.01
Hata	86	17107.04		8801.63		68633.32		12843.00		42137.55	
	<i>3,4-dimetoksisinamik asit</i>			<i>Rozmarinik asit</i>		<i>Apigenin</i>		<i>Pinosembrin</i>		<i>Rutin</i>	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Bölgeler	6	491040.28	10.14**	15473097.80	2.42*	83735.08	2.07	214971.81	2.42*	1829.77	5.76**
Yıllar	1	80639.94	1.66	44251692.30	6.91*	279058.66	6.89*	3259.98	0.04	1277.67	4.03*
Bölgeler*Yıllar	6	32430.90	0.67	19053044.40	2.98*	55238.218	1.36	339056.52	3.81**	1153.24	3.63**
Hata	86	48434.17		6402294.10		40510.80		88980.03		317.43	
	<i>Mirisetin</i>			<i>Kuersetin</i>		<i>Luteolin</i>		<i>Kaempferol</i>		<i>Krisin</i>	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Bölgeler	6	26.30	3.49**	7396.18	2.90*	46120.10	3.67**	49357.80	6.30**	9311.62	0.70
Yıllar	1	26.74	3.55	5810.29	2.28	109233.13	8.70**	114779.58	14.66**	16738.86	1.25
Bölgeler*Yıllar	6	26.30	3.49**	6136.10	2.41*	41693.22	3.32*	9540.50	1.22	30628.96	2.29*
Hata	86	7.54		2550.32		12557.11		7830.12		13388.00	

Çizelge 4.91. Propolis örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları (mg/100g)

Bölgeler	<i>Metil-3,4,5-trihidroksibenzoat</i>		<i>Vanilik asit</i>		<i>Siringik asit</i>		<i>Hesperidin</i>	
	<i>I. yıl</i>	<i>II. yıl</i>	<i>I. yıl</i>	<i>II. yıl</i>	<i>I. yıl</i>	<i>II. yıl</i>	<i>I. yıl</i>	<i>II. yıl</i>
Akdeniz	3.90 ^{Ba} ±2.47	0.00 ^{BAa} ±0.00	10.18 ^{Ba} ±6.45	12.83 ^{Ba} ±8.40	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00
Doğu Anadolu	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00
Ege	9.34 ^{BAa} ±5.91	0.00 ^{BAa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	2.50 ^{Ba} ±1.64	7.51 ^{Aa} ±4.75	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	14.81 ^{Aa} ±9.70
Güneydoğu Anadolu	19.57 ^{Aa} ±12.38	0.00 ^{Aa} ±0.00	28.53 ^{Aa} ±18.04	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00
İç Anadolu	2.68 ^{Ba} ±1.05	0.00 ^{BAa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	42.59 ^{Aa} ±26.94	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00
Karadeniz	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00
Marmara	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	10.28 ^{Ba} ±6.50	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00
Yıl Genel Ortalama	4.37 ^a ±1.80	0.00 ^b ±0.00	4.65 ^a ±2.51	8.80 ^a ±3.84	0.90 ^a ±0.63	0.00 ^a ±0.00	0.00 ^a ±0.00	2.37 ^a ±1.66
Bölgeler	<i>Trans sinnamik asit</i>		<i>Naringenin</i>		<i>Genistein</i>		<i>Kafeik asit</i>	
	<i>I. yıl</i>	<i>II. yıl</i>	<i>I. yıl</i>	<i>II. yıl</i>	<i>I. yıl</i>	<i>II. yıl</i>	<i>I. yıl</i>	<i>II. yıl</i>
Akdeniz	55.63 ^{CBa} ±19.68	294.62 ^{BAa} ±114.00	86.33 ^{Ba} ±50.57	229.89 ^{CBAa} ±69.15	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	143.61 ^{CBa} ±79.76	241.30 ^{CBAa} ±95.35
Doğu Anadolu	0.00 ^{Cb} ±0.00	35.83 ^{Ca} ±5.48	233.11 ^{Ba} ±65.01	343.46 ^{BAa} ±35.22	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	174.16 ^{CBa} ±24.64	294.18 ^{CBAa} ±58.88
Ege	29.97 ^{CBa} ±9.78	20.20 ^{Ca} ±5.39	169.78 ^{Ba} ±14.40	136.20 ^{Ca} ±30.62	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	333.98 ^{CBa} ±162.60	98.36 ^{Ca} ±25.36
Güneydoğu Anadolu	6.19 ^{Ca} ±3.91	7.01 ^{Ca} ±4.59	87.52 ^{Ba} ±37.05	190.03 ^{CBA} ±37.20	95.49 ^{BAa} ±60.41	109.19 ^{Aa} ±71.50	48.19 ^{Cb} ±17.76	162.70 ^{CBa} ±30.21
İç Anadolu	94.56 ^{Ba} ±38.14	133.53 ^{CBa} ±43.38	233.25 ^{Ba} ±36.12	273.77 ^{CBAa} ±8.43	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	304.68 ^{CBa} ±112.58	465.20 ^{BAa} ±152.78
Karadeniz	311.75 ^{Aa} ±33.52	106.46 ^{Cb} ±33.70	385.56 ^{Aa} ±62.08	294.25 ^{CBAa} ±50.79	206.53 ^{Aa} ±80.30	0.00 ^{Bb} ±0.00	437.62 ^{Ba} ±59.94	548.47 ^{Aa} ±215.44
Marmara	358.45 ^{Aa} ±37.15	334.03 ^{Aa} ±107.97	382.27 ^{Aa} ±29.83	358.73 ^{Aa} ±86.59	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	711.66 ^{Aa} ±112.29	516.14 ^{Aa} ±111.78
Yıl Genel Ortalama	133.38 ^a ±22.57	126.11 ^a ±28.07	238.71 ^a ±23.41	255.14 ^a ±20.82	44.50 ^a ±17.70	17.47 ^a ±12.23	323.59 ^a ±44.19	311.02 ^a ±43.19
Bölgeler	<i>p-kumarik asit</i>		<i>Ferulik asit</i>		<i>3,4-dimetoksisinnamik asit</i>		<i>Rozmarinik asit</i>	
	<i>I. yıl</i>	<i>II. yıl</i>	<i>I. yıl</i>	<i>II. yıl</i>	<i>I. yıl</i>	<i>II. yıl</i>	<i>I. yıl</i>	<i>II. yıl</i>
Akdeniz	66.03 ^{Ba} ±37.69	57.39 ^{Ba} ±18.61	173.88 ^{BAa} ±102.90	238.23 ^{DCBa} ±94.34	222.01 ^{DCa} ±129.16	143.83 ^{CBa} ±46.41	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00
Doğu Anadolu	62.25 ^{Ba} ±7.21	99.36 ^{Ba} ±23.68	194.07 ^{BAa} ±61.34	201.68 ^{DCBa} ±24.64	126.40 ^{DCa} ±33.69	157.31 ^{CBa} ±32.02	769.21 ^{Aa} ±359.61	433.70 ^{Ba} ±165.54
Ege	158.97 ^{BAa} ±86.00	36.88 ^{Ba} ±10.69	284.23 ^{BAa} ±91.26	62.82 ^{Db} ±14.93	302.56 ^{DCBa} ±131.83	49.11 ^{Cb} ±6.39	366.47 ^{BAa} ±119.95	77.31 ^{Bb} ±50.62
Güneydoğu Anadolu	24.44 ^{Ba} ±11.33	43.48 ^{Ba} ±17.10	69.65 ^{Ba} ±26.00	111.83 ^{DCa} ±15.08	91.61 ^{Db} ±48.34	105.06 ^{Ca} ±42.36	72.17 ^{Ba} ±45.64	120.72 ^{Ba} ±45.94
İç Anadolu	126.79 ^{BAa} ±44.30	263.93 ^{Aa} ±72.47	401.42 ^{Aa} ±119.74	524.87 ^{Aa} ±85.85	369.98 ^{CBAa} ±111.84	374.03 ^{BAa} ±103.09	0.00 ^{Bb} ±0.00	607.61 ^{Ba} ±222.27
Karadeniz	246.65 ^{Aa} ±56.78	300.86 ^{Aa} ±97.84	336.06 ^{Aa} ±75.93	352.30 ^{BAa} ±155.73	512.69 ^{BAa} ±83.67	451.05 ^{Aa} ±169.66	0.00 ^{Ba} ±0.00	5396.36 ^{Aa} ±3492.16
Marmara	258.15 ^{Aa} ±5.02	106.28 ^{Bb} ±27.72	366.45 ^{Aa} ±3.22	303.35 ^{CBAa} ±80.11	609.10 ^{Aa} ±20.87	552.33 ^{Aa} ±119.69	0.00 ^{Ba} ±0.00	3979.77 ^{BAa} ±2517.50
Yıl Genel Ortalama	140.95 ^a ±19.49	118.47 ^a ±20.20	271.01 ^a ±32.05	239.99 ^a ±33.07	332.85 ^a ±40.01	238.14 ^b ±37.36	175.71 ^b ±69.29	1299.13 ^a ±546.65

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.91'in devamı

Bölgeler	<i>Apigenin</i>		<i>Pinosembrian</i>		<i>Rutin</i>		<i>Mirisetin</i>	
	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl
Akdeniz	227.30 ^{Aa} ±143.76	125.14 ^{BaA} ±81.92	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00
Doğu Anadolu	54.22 ^{Ab} ±35.51	243.45 ^{BaA} ±54.07	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	8.93 ^{Aa} ±3.50	0.00 ^{Bb} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00
Ege	210.78 ^{Aa} ±68.25	347.09 ^{Aa} ±88.65	0.00 ^{Ba} ±0.00	208.18 ^{BaA} ±136.28	8.68 ^{Aa} ±5.49	55.01 ^{Aa} ±20.80	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00
Güneydoğu Anadolu	133.70 ^{Aa} ±84.57	313.92 ^{Aa} ±36.97	584.68 ^{Aa} ±369.83	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	2.78 ^{Ba} ±1.84	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00
İç Anadolu	75.10 ^{Ab} ±29.33	347.83 ^{Aa} ±16.40	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00
Karadeniz	0.00 ^{Aa} ±0.00	58.83 ^{Ba} ±37.23	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	10.37 ^{Ba} ±6.58	0.00 ^{Aa} ±0.00	7.31 ^{Aa} ±4.65
Marmara	184.88 ^{Aa} ±121.03	196.78 ^{BaA} ±124.46	0.00 ^{Ba} ±0.00	457.25 ^{Aa} ±289.19	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Aa} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00
Yıl Genel Ortalama	118.89 ^b ±30.19	237.15 ^a ±29.20	70.16 ^a ±49.11	88.18 ^a ±44.08	2.47 ^b ±0.98	10.49 ^a ±4.29	0.00 ^a ±0.00	0.88 ^a ±0.62
Bölgeler	<i>Kuersetin</i>		<i>Luteolin</i>		<i>Kaempferol</i>		<i>Krisin</i>	
	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl	I. yıl	II. yıl
Akdeniz	30.79 ^{BaA} ±10.43	32.92 ^{BaA} ±21.55	8.53 ^{Aa} ±5.39	293.51 ^{Aa} ±119.11	23.27 ^{Da} ±14.72	34.85 ^{Ca} ±22.82	76.16 ^{BaA} ±19.33	29.11 ^{Aa} ±19.08
Doğu Anadolu	10.14 ^{Ba} ±3.86	28.97 ^{Ba} ±13.91	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	94.34 ^{Ba} ±19.11	124.25 ^{CBaA} ±23.77	103.92 ^{BaA} ±5.77	142.04 ^{Aa} ±54.19
Ege	58.23 ^{Aa} ±30.55	37.35 ^{BaA} ±14.12	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	148.18 ^{Aa} ±28.26	258.79 ^{Aa} ±78.67	138.99 ^{Aa} ±11.04	0.00 ^{Ab} ±0.00
Güneydoğu Anadolu	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	38.32 ^{Ba} ±25.10	32.19 ^{DCa} ±20.36	61.17 ^{CBa} ±25.35	54.67 ^{CBa} ±34.58	105.47 ^{Aa} ±40.28
İç Anadolu	0.00 ^{Ba} ±0.00	107.71 ^{Aa} ±68.12	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	82.09 ^{CBb} ±14.66	178.54 ^{BaA} ±47.36	84.59 ^{BaA} ±26.03	150.54 ^{Aa} ±95.21
Karadeniz	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	34.40 ^{DCa} ±22.53	82.65 ^{CBa} ±37.58	53.23 ^{CBa} ±34.86	107.78 ^{Aa} ±68.18
Marmara	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	0.00 ^{Ba} ±0.00	144.10 ^{BaA} ±91.16	0.00 ^{Db} ±0.00	153.35 ^{CBaA} ±23.49	0.00 ^{Ca} ±0.00	159.59 ^{Aa} ±100.94
Yıl Genel Ortalama	12.30 ^a ±4.58	28.80 ^a ±9.94	1.02 ^b ±0.72	70.39 ^a ±26.01	58.17 ^b ±9.27	126.39 ^a ±18.55	71.06 ^a ±9.92	94.41 ^a ±21.79

Çizelge 4.92. Propolis örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu bölge genel ortalama Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları (mg/100g)

Bölgeler	Bölge Genel Ortalama			
	<i>Metil-3,4,5-trihidroksibenzoat</i>	<i>Vanilik asit</i>	<i>Siringik asit</i>	<i>Hesperidin</i>
Akdeniz	1.67 ^B ± 1.14	11.70 ^{BA} ± 5.36	0.00 ^B ± 0.00	0.00 ^B ± 0.00
Doğu Anadolu	0.00 ^B ± 0.00	0.00 ^B ± 0.00	0.00 ^B ± 0.00	0.00 ^B ± 0.00
Ege	4.00 ^{BA} ± 2.72	1.43 ^{BA} ± 0.97	3.22 ^A ± 2.19	8.47 ^A ± 5.75
Güneydoğu Anadolu	8.39 ^A ± 5.70	12.23 ^{BA} ± 8.31	0.00 ^B ± 0.00	0.00 ^B ± 0.00
İç Anadolu	1.53 ^B ± 0.69	18.25 ^A ± 12.40	0.00 ^B ± 0.00	0.00 ^B ± 0.00
Karadeniz	0.00 ^B ± 0.00	0.00 ^B ± 0.00	0.00 ^B ± 0.00	0.00 ^B ± 0.00
Marmara	0.00 ^B ± 0.00	4.40 ^{BA} ± 2.99	0.00 ^B ± 0.00	0.00 ^B ± 0.00
	<i>Trans sinamik asit</i>	<i>Naringenin</i>	<i>Genistein</i>	<i>Kafeik asit</i>
Akdeniz	192.20 ^{CB} ± 71.68	168.36 ^C ± 47.76	0.00 ^B ± 0.00	199.43 ^{DC} ± 63.45
Doğu Anadolu	17.92 ^{ED} ± 5.33	288.28 ^{BA} ± 38.45	0.00 ^B ± 0.00	234.17 ^{DC} ± 34.51
Ege	24.39 ^{ED} ± 5.15	150.59 ^C ± 18.55	0.00 ^B ± 0.00	199.34 ^{DC} ± 74.85
Güneydoğu Anadolu	6.66 ^E ± 3.00	146.10 ^C ± 29.15	103.32 ^A ± 46.67	113.63 ^D ± 24.08
İç Anadolu	111.27 ^{DC} ± 28.04	250.62 ^{CB} ± 21.07	0.00 ^B ± 0.00	373.47 ^{CB} ± 90.73
Karadeniz	223.77 ^B ± 36.43	346.43 ^{BA} ± 42.05	118.01 ^A ± 52.80	485.13 ^{BA} ± 94.80
Marmara	347.98 ^A ± 48.55	372.18 ^A ± 38.99	0.00 ^B ± 0.00	627.87 ^A ± 81.61
	<i>p-kumarik asit</i>	<i>Ferulik asit</i>	<i>3,4-dimetoksisinamik asit</i>	<i>Rozmarinik asit</i>
Akdeniz	61.09 ^B ± 18.50	210.65 ^{CB} ± 67.54	177.34 ^C ± 59.39	0.00 ^B ± 0.00
Doğu Anadolu	80.81 ^B ± 12.88	197.88 ^{CB} ± 31.95	141.86 ^C ± 22.81	601.46 ^{BA} ± 196.08
Ege	89.21 ^B ± 39.18	157.71 ^C ± 48.63	157.73 ^C ± 63.93	201.24 ^B ± 68.81
Güneydoğu Anadolu	35.32 ^B ± 10.86	93.76 ^C ± 14.66	99.29 ^C ± 30.67	99.91 ^B ± 32.21
İç Anadolu	185.56 ^A ± 42.71	454.33 ^A ± 76.90	371.71 ^B ± 74.84	260.40 ^B ± 122.88
Karadeniz	269.89 ^A ± 51.24	343.02 ^{BA} ± 76.01	486.27 ^{BA} ± 83.49	2312.72 ^A ± 1571.19
Marmara	193.07 ^A ± 23.85	339.41 ^{BA} ± 33.71	584.77 ^A ± 50.56	1705.62 ^{BA} ± 1158.91
	<i>Apigenin</i>	<i>Pinosembrin</i>	<i>Rutin</i>	<i>Mirisetin</i>
Akdeniz	168.92 ^{BA} ± 75.29	0.00 ^A ± 0.00	0.00 ^B ± 0.00	0.00 ^B ± 0.00
Doğu Anadolu	148.83 ^{BA} ± 39.66	0.00 ^A ± 0.00	4.46 ^B ± 2.04	0.00 ^B ± 0.00
Ege	288.67 ^A ± 59.46	118.96 ^A ± 80.82	35.15 ^A ± 13.36	0.00 ^B ± 0.00
Güneydoğu Anadolu	236.69 ^A ± 47.02	250.58 ^A ± 170.25	1.59 ^B ± 1.09	0.00 ^B ± 0.00
İç Anadolu	191.99 ^A ± 41.36	0.00 ^A ± 0.00	0.00 ^B ± 0.00	0.00 ^B ± 0.00
Karadeniz	25.21 ^B ± 17.14	0.00 ^A ± 0.00	4.45 ^B ± 3.03	3.13 ^A ± 2.14
Marmara	189.98 ^A ± 84.0	195.96 ^A ± 133.13	0.00 ^B ± 0.00	0.00 ^B ± 0.00
	<i>Kuersetin</i>	<i>Luteolin</i>	<i>Kaempferol</i>	<i>Krisin</i>
Akdeniz	32.01 ^{BA} ± 12.69	171.37 ^A ± 76.81	29.89 ^D ± 14.09	49.28 ^A ± 14.67
Doğu Anadolu	19.55 ^{BA} ± 7.38	0.00 ^B ± 0.00	109.29 ^{CB} ± 15.23	122.98 ^A ± 26.78
Ege	46.30 ^A ± 14.95	0.00 ^B ± 0.00	211.39 ^A ± 47.61	59.57 ^A ± 19.60
Güneydoğu Anadolu	0.00 ^B ± 0.00	21.90 ^B ± 14.88	48.75 ^{DC} ± 16.79	83.70 ^A ± 27.29
İç Anadolu	46.16 ^A ± 31.36	0.00 ^B ± 0.00	123.42 ^B ± 24.72	112.86 ^A ± 42.25
Karadeniz	0.00 ^B ± 0.00	0.00 ^B ± 0.00	55.08 ^{DCB} ± 20.80	76.61 ^A ± 34.58
Marmara	0.00 ^B ± 0.00	61.76 ^B ± 41.97	65.72 ^{DCB} ± 23.11	68.40 ^A ± 46.47

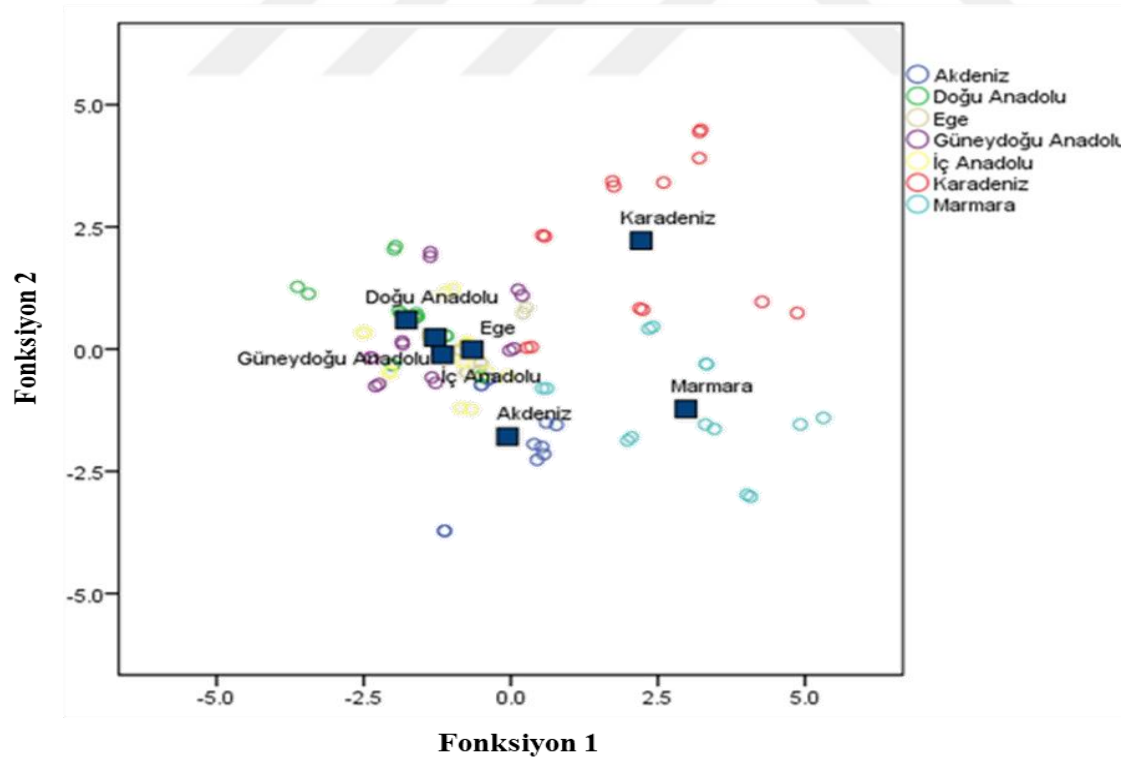
Varyans analizi sonuçlarına göre bölgeler ve yıllar arasındaki farklılıkların propolis örneklerinin metil-3,4,5-trihidroksibenzoat, rozmarinik asit, rutin, luteolin ve kaempferol içerikleri üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$; $p < 0.05$) bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca sadece bölgeler arasındaki farklılıkların siringik asit, trans sinamik asit, naringenin, genistein, kafeik asit, *p*-kumarik asit, ferulik asit, 3,4-dimetoksisinamik asit, pinosembrin, mirisetin ve kuersetin miktarları ve sadece yıllar arasındaki farklılıkların ise apigenin miktarları üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$; $p < 0.05$) bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde, Akdeniz Bölgesi'nden temin edilen propolis örneklerinin luteolin içeriklerinin; Doğu Anadolu Bölgesi'nden temin edilen propolis örneklerinin krisin içeriklerinin; Ege Bölgesi'nden temin edilen propolis örneklerinin siringik asit, hesperidin, apigenin, rutin, kuersetin ve kaempferol içeriklerinin; Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nden temin edilen propolis örneklerinin metil-3,4,5-trihidroksibenzoat ve pinosembrin içeriklerinin; İç Anadolu Bölgesi'nden temin edilen propolis örneklerinin vanilik ve ferulik asit içeriklerinin; Karadeniz Bölgesi'nden temin edilen propolis örneklerinin genistein, *p*-kumarik asit, rozmarinik asit ve mirisetin içeriklerinin ve Marmara Bölgesi'nden temin edilen propolis örneklerinin trans sinnamik asit, naringenin, kafeik asit ve 3,4-dimetoksisinamik asit içeriklerinin diğer bölgelerden temin edilen propolislerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yıllar arasındaki farklılıklar incelendiğinde ise birinci yıl temin edilen propolis örneklerinin metil-3,4,5-trihidroksibenzoat ve 3,4-dimetoksisinamik asit içeriklerinin, ikinci yıl temin edilen propolis örneklerinin ise rozmarinik asit, apigenin, rutin, luteolin ve kaempferol içeriklerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Bölgelere göre propolis örneklerinin fenolik bileşik kompozisyonlarının ayrımlarını belirlemek için istatistiksel olarak bölge farklılıkları önemli bulunan fenolik bileşiklerin (metil-3,4,5-trihidroksibenzoat ve siringik, trans sinnamik, kafeik, *p*-kumarik, ferulik, 3,4-dimetoksisinamik ve rozmarinik asitler ile naringenin, genistein, pinosembrin, rutin, mirisetin, kuersetin, luteolin ve kaempferol) seçilmesi ile yapılan lineer diskriminant analizinde altı fonksiyon elde edilmiştir. Varyansı en yüksek oran ile açıklayan birinci (Wilks's Lambda = 0.017, $\chi^2 = 355.485$, $df = 96$, $p < 0.01$) ve ikinci (Wilks's Lambda = 0.071, $\chi^2 = 231.337$, $df = 75$, $p < 0.01$) fonksiyonun tüm varyansın toplam %67.4 kadarını açıklayabildiği belirlenmiştir. Buna göre bu modelle %74.0 doğruluk oranı ile fenolik bileşik kompozisyonuna göre bölgeler arasında bir sınıflandırma yapılabildiği tespit edilmiştir. Ayrıca en iyi ayırt edici değişkenleri (fenolik bileşikler) belirlemek için gerçekleştirilen aşamalı diskriminant analizine göre trans sinnamik asit en uygun diskriminant değişkeni olarak ekstrakte edilmiştir. Bu değişkenin yanı sıra naringenin, genistein, *p*-kumarik asit, ferulik asit, 3,4-dimetoksisinamik asit, mirisetin ve kaempferol bileşiklerinin de propolis örneklerinin bölge ayrımları için kullanılabildiği değerlendirilmiştir. Bölgelerin fenolik kompozisyonu analizi sonuçlarına göre yapılan sınıflandırma sonuçları Çizelge 4.93 ve elde edilen dağılım grafiği ise Şekil 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.93. Propolis örneklerinin fenolik kompozisyonu analizi sonuçlarına göre yapılan bölge sınıflandırma sonuçları

Bölgeler	Bölge Örnek Tahminleri							Toplam
	Akdeniz	Doğu Anadolu	Ege	Güneydoğu Anadolu	İç Anadolu	Karadeniz	Marmara	
Bölge Örnekleri (%74)	Akdeniz	14	0	0	0	0	0	14
	Doğu Anadolu	0	12	2	2	0	0	16
	Ege	0	0	10	4	0	0	14
	Güneydoğu Anadolu	0	6	0	8	0	0	14
	İç Anadolu	0	4	0	2	8	0	14
	Karadeniz	0	0	0	0	2	12	14
	Marmara	2	0	0	0	0	10	14
Çapraz Doğrulama (%57)	Akdeniz	6	0	0	4	2	2	14
	Doğu Anadolu	2	12	2	0	0	0	16
	Ege	0	0	6	6	2	0	14
	Güneydoğu Anadolu	0	8	0	6	0	0	14
	İç Anadolu	0	4	0	2	8	0	14
	Karadeniz	0	2	0	0	2	9	14
	Marmara	2	0	0	0	0	10	14



Şekil 4.5. Propolis örneklerinin fenolik bileşik kompozisyonlarına göre bölge dağılım grafiği

Buna göre çizelge ve grafik birlikte değerlendirildiğinde Akdeniz (%100), Doğu Anadolu (%75.0), Ege (%71.4), Karadeniz (%85.7) ve Marmara (%71.4) Bölgeleri'ne ait propolislerin fenolik bileşik kompozisyonları açısından ayrılabilirdi, ancak diğer bölgelerin ise elde edilen sonuçların birbirine yakın olmaları nedeniyle ayrılabilirliklerinin düşük olduğu ve iç içe özellik gösterdikleri değerlendirilmiştir.

Propolis örneklerine ait sonuçlar incelendiğinde propolis örneklerinin rozmarinik asit, kafeik asit, 3,4-dimetoksisinnamik asit, ferulik asit ve naringenin miktarlarına ait ortalamaların sırasıyla 737.42, 317.31, 285.49, 255.50 ve 246.92 mg/100g değerleri ile diğer fenolik bileşiklerden daha yüksek ve metil-3,4,5-trihidroksibenzoat, siringik asit, vanilik asit, hesperidin, rutin ve mirisetin içeriklerinin ise daha düşük (<7.0 mg/100g) olduğu belirlenmiştir.

Özdal vd. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada Akdeniz, Doğu Anadolu, İç Anadolu ve Marmara Bölgeleri'nin bazı şehirlerinden toplanan 11 propolis örneğinin fenolik bileşik kompozisyonu incelenmiş ve örneklerin siringik, trans sinamik, kafeik, *p*-kumarik, ferulik, 3,4-dimetoksisinnamik ve rozmarinik asit içeriklerinin sırasıyla 3.30-13.10, 0.37-114.90, 4.10-61.30, 0.12-740.10, 2.81-44.80, 1.10-173.00 ve 0.17-1.56 mg/100g aralıklarında olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca hesperidin, naringenin, apigenin, kuersetin, luteolin ve kaempferol içeriklerinin ise 10.50-22.90, 4.90-82.40, 3.30-52.80, 2.30-462.00, 115.80-506.80 ve 9.60-60.40 mg/100g değerleri arasında değiştiği bildirilmiştir. Tez çalışmasında ise siringik asit yalnızca Ege Bölgesi'nden temin edilen bir örnekte 22.54 mg/100g olarak tespit edilmiş olup, literatürde bildirilen değer aralığından daha yüksektir. Ayrıca trans sinamik ve *p*-kumarik asitler ile kuersetin ve luteolin bileşiklerine ait sonuçların genel olarak literatürde bildirilen çalışma ile uyumlu ancak elde edilen diğer sonuçların daha yüksek olduğu değerlendirilmiştir. Ayrıca 11 farklı propolis örneğinde hakim fenolik asitlerin kafeik, *p*-kumarik ve ferulik asit ve hakim flavonoidlerin ise pinostrobin, luteolin ve pinobanksin olduğu rapor edilmiş olup, tez çalışmasında ise bu fenolik asitlerin yanı sıra rozmarinik asit, trans sinamik asit ve 3,4-dimetoksisinnamik asit miktarlarının da yüksek olduğu ve ayrıca hakim flavonoidlerin ise naringenin ve apigenin olduğu belirlenmiştir.

Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplanan 10 propolis örneğinin fenolik bileşik kompozisyonunun incelendiği bir diğer çalışmada propolis örneklerinin benzoik, ferulik, absisik, kafeik ve *p*-kumarik asit içeriklerinin yüksek miktarda, gallik, vanillik, protokateşik, klorojenik ve *p*-hidroksibenzoik asit içeriklerin düşük miktarlarda ve siringik ve *o*-kumarik asit içeriklerinin ise minör düzeyde olduğu bildirilmiştir. Ayrıca kuersetinin 77.62-1651.68 mg/100g değer aralığı ile propolis örneklerinde hakim flavonoid olduğu ve rutin ise 3.29-55.04 mg/100g değer aralığı ile propolislerde daha düşük miktarlarda bulunduğu rapor edilmiştir (Aliyazıcıoğlu vd. 2013). Elde edilen ferulik, kafeik, *p*-kumarik, vanilik ve siringik asitlerin bulgularına ait ortalamaların bu sonuçlar ile uyumlu olduğu ancak incelenen örneklerde bu araştırmadan farklı olarak gallik asit tespit edilemediği değerlendirilmiştir. Ayrıca propolis örneklerinin kuersetin ve rutin içeriklerinin sırasıyla 18.69-323.13 ve 11.13-112.02 mg/100g aralıklarında oldukları belirlenmiş olup, bazı örneklerde ise bu bileşikler tespit edilememiştir.

Ristivojevic vd. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada Türkiye'nin farklı lokasyonlarından toplanan 48 farklı propolis örneğinin fenolik bileşik kompozisyonu araştırılmış ve propolis örneklerinin *p*-hidroksibenzoik, vanilik, protokatekuik, kafeik, *p*-

kumarik, ferulik ve sinnamik asitler ile apigenin, pinosembirin, rutin, kuersetin, luteolin, kaempferol, krisin ve galangin fenolik bileşiklerini içerdiği rapor edilmiştir. Örneklerin vanilik, kafeik, *p*-kumarik ve ferulik fenolik asit içeriklerinin sırasıyla 27.00-39.00, 396.00-3478.00, 19.00-491.00 ve 100.00-1942.00 mg/100mL ve apigenin, pinosembirin, rutin, kuersetin, luteolin, kaempferol ve krisin flavonoid içeriklerinin ise sırasıyla 54.00-156.00, 94.00-281.00, 16.00-47.00, 111.00-433.00, 31.00-157.00, 44.00-176.00 ve 154.00-222.00 mg/100mL aralıklarında olduğu bildirilmiştir. Tez çalışmasında elde edilen *p*-kumarik ve ferulik asit, rutin, kaempferol ve krisin içeriklerinin ortalamalarına ait bulguların genel olarak literatürde bildirilen bu araştırma ile uyumlu olduğu, ancak elde edilen vanilik asit, apigenin, pinosembirin ve luteolin içeriği sonuçlarının daha yüksek, kafeik asit ve kuersetin sonuçlarının ise literatürde bildirilen bu çalışmadan daha düşük olduğu değerlendirilmiştir.

Yapılan bir çalışmada Kuzey-Doğu Avrupa ülkeleri, Güney-Batı Avrupa ülkeleri ve Güney Amerika tropikal bölgesi olmak üzere farklı coğrafi bölgelerden temin edilen 13 farklı propolis örneğinin gallik asit, kafeik asit, *p*-kumarik asit, ferulik asit ve pinosembirin içeriklerinin sırasıyla 0.00-30.00, 70.00-660.00, 120.00-1220.00, 30.00-1100.00 ve 40.00-5660.00 mg/100g aralıklarında olduğu rapor edilmiştir (Osés vd. 2020).

Elde edilen bulgular ve literatür verileri karşılaştırıldığında hem kompozisyonel özellikler hem de bileşen miktarları arasında farklılıklar olduğu, bu farklılıkların örneklerin temin edildiği bölgeler, toplanma zamanları ve ekstraksiyon koşulları arasındaki farklılıklara bağlı olarak ortaya çıktığı değerlendirilmiştir. Propolisin kimyasal bileşiminin, kovani çevreleyen flora ile yakından ilişkili olduğu ve propolisin temin edildiği bölgenin coğrafi ve iklimsel özellikleri ve propolis üreten bal arısı türlerine bağlı olarak değişken ve karmaşık özellikler gösterdiği bildirilmiştir (Özdal vd. 2019). Ülkemizde de üretilen kavak tipi propolis gibi ılıman propolis örneklerinin karakteristik bileşiklerinin pinosembirin, pinobanksin, galangin ve krisin gibi flavonoidler olduğu ve tropikal propolis örneklerinin flavonoid içeriklerinin fenolik asitlerden daha düşük miktarlarda olduğu bildirilmiştir (Alvarez-Suarez 2017; Salatino vd. 2011).

4.13. Bal, polen ve propolis örneklerinin *in vitro* sindirim aşamaları analiz sonuçları

4.13.1. Bal örneklerinin *in vitro* sindirim aşamaları analiz sonuçları

4.13.1.1. Bal örneklerinin *in vitro* sindirim aşamaları toplam fenolik ve flavonoid madde analiz sonuçları

Bal örneklerinin ağız, mide ve bağırsak sindirim aşamalarına ait toplam fenolik ve flavonoid madde içerikleri analizi, varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.94, 4.95, 4.96 ve 4.97’de verilmiştir.

Çizelge 4.94. Bal örneklerinin ağız, mide ve bağırsak sindirim aşamalarına ait toplam fenolik (mg GAE/100g) ve flavonoid (mg KE/100g) madde içerikleri analiz sonuçları ve biyoerişilebilirlik değerleri

Sindirim aşaması	Örnek	Örnekleme yılı	Fenolik madde	Biyoerişilebilirlik (%)	Flavonoid madde	Biyoerişilebilirlik (%)
Ham bal	A1-4	1	78.05	-	5.31	-
	D1-3	1	75.15	-	3.18	-
	İ1-1	1	132.07	-	7.30	-
	D2-3	2	88.73	-	1.30	-
	E2-2	2	81.44	-	2.92	-
	K2-4	2	115.77	-	2.15	-
Ağız	A1-4	1	43.40	55.60	5.51	104.26
	D1-3	1	29.91	39.87	3.32	104.56
	İ1-1	1	56.59	42.89	6.60	90.33
	D2-3	2	27.41	30.89	1.68	128.78
	E2-2	2	43.07	52.89	3.22	110.25
	K2-4	2	74.63	64.46	9.26	430.68
Mide	A1-4	1	193.84	248.34	17.20	325.47
	D1-3	1	120.57	160.61	9.80	308.48
	İ1-1	1	213.98	162.17	20.39	279.31
	D2-3	2	131.49	148.17	4.22	324.42
	E2-2	2	161.21	197.96	8.85	302.79
	K2-4	2	211.50	182.74	19.79	920.38
Bağırsak	A1-4	1	243.22	311.60	21.76	411.77
	D1-3	1	220.98	293.96	12.57	395.77
	İ1-1	1	266.05	201.58	23.73	325.02
	D2-3	2	201.19	226.75	14.26	1098.27
	E2-2	2	238.44	292.77	11.26	385.50
	K2-4	2	258.39	223.12	26.12	1214.77

Çizelge 4.95. Bal örneklerinin sindirimlerinden elde edilen toplam fenolik ve flavonoid madde ve bu bileşiklerin biyoerişilebilirlik değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Toplam fenolik madde			Biyoerişilebilirlik	
	SD	KO	F	KO	F
Sindirim aşaması	3	85988.33	3538.67**	103052.26	5077.56**
Örnek	5	4790.76	197.15**	3307.49	162.97**
Sindirim aşaması*örnek	15	448.04	18.44**	1314.56	64.77**
Hata	24	24.30		20.30	
Varyasyon kaynağı	Toplam flavonoid madde			Biyoerişilebilirlik	
	SD	KO	F	KO	F
Sindirim aşaması	3	581.79	11681.00**	731521.96	1577.16**
Örnek	5	137.65	2763.79**	268649.35	579.21**
Sindirim aşaması*örnek	15	18.90	379.39**	72804.34	156.97**
Hata	24	0.05		463.82	

Çizelge 4.96. Bal örneklerinin sindirimlerinden elde edilen toplam fenolik madde ve biyoerişilebilirlik değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Örnekler	<i>Toplam fenolik madde (mg GAE/100g)</i>			
	<i>Ham örnek</i>	<i>Ağız</i>	<i>Mide</i>	<i>Bağırsak</i>
A1-4	78.05 ^{Dc} ± 0.03	43.40 ^{Cd} ± 0.13	193.84 ^{Bb} ± 3.11	243.22 ^{Ba} ± 6.15
D1-3	75.15 ^{Dc} ± 2.60	29.91 ^{Dd} ± 0.44	120.57 ^{Eb} ± 0.49	220.98 ^{Dca} ± 9.87
İ1-1	132.07 ^{Ac} ± 3.08	56.59 ^{Bd} ± 0.72	213.98 ^{Ab} ± 3.71	266.05 ^{Aa} ± 1.24
D2-3	88.73 ^{Cc} ± 0.29	27.41 ^{Dd} ± 0.67	131.49 ^{Db} ± 3.96	201.19 ^{Da} ± 1.86
E2-2	81.44 ^{Dc} ± 0.19	43.07 ^{Cd} ± 0.09	161.21 ^{Cb} ± 1.64	238.44 ^{Cba} ± 0.95
K2-4	115.77 ^{Bc} ± 2.33	74.63 ^{Ad} ± 1.79	211.50 ^{Ab} ± 0.81	258.39 ^{Baa} ± 9.05
Sindirim Genel Ortalama	95.20 ^c ± 6.43	45.83 ^d ± 4.85	172.10 ^b ± 11.18	238.04 ^a ± 6.85
Örnekler	<i>Biyoerişilebilirlik (%)</i>			
	<i>Ham örnek</i>	<i>Ağız</i>	<i>Mide</i>	<i>Bağırsak</i>
A1-4	100.00 ^{Ac} ± 0.00	55.60 ^{Bd} ± 0.15	248.34 ^{Ab} ± 3.92	311.60 ^{Aa} ± 7.97
D1-3	100.00 ^{Ac} ± 0.00	39.87 ^{Cd} ± 1.96	160.61 ^{Db} ± 4.92	293.96 ^{Ba} ± 2.96
İ1-1	100.00 ^{Ac} ± 0.00	42.89 ^{Cd} ± 1.55	162.17 ^{Db} ± 6.58	201.58 ^{Da} ± 5.62
D2-3	100.00 ^{Ac} ± 0.00	30.89 ^{Dd} ± 0.66	148.17 ^{Db} ± 3.98	226.75 ^{Ca} ± 2.82
E2-2	100.00 ^{Ac} ± 0.00	52.89 ^{Bd} ± 0.23	197.96 ^{Bb} ± 2.48	292.77 ^{Ba} ± 0.47
K2-4	100.00 ^{Ac} ± 0.00	64.46 ^{Ad} ± 0.25	182.74 ^{Cb} ± 2.98	223.12 ^{Ca} ± 3.33
Sindirim Genel Ortalama	100.00 ^c ± 0.00	47.76 ^d ± 3.36	183.33 ^b ± 10.12	258.30 ^a ± 12.84

Çizelge 4.97. Bal örneklerinin sindirimlerinden elde edilen toplam flavonoid madde ve biyoerişilebilirlik değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Örnekler	<i>Toplam flavonoid madde (mg KE/100g)</i>			
	<i>Ham örnek</i>	<i>Ağız</i>	<i>Mide</i>	<i>Bağırsak</i>
A1-4	5.31 ^{Bc} ± 0.38	5.51 ^{Cc} ± 0.05	17.20 ^{Cb} ± 0.10	21.76 ^{Ca} ± 0.21
D1-3	3.18 ^{Cc} ± 0.04	3.32 ^{Dc} ± 0.03	9.80 ^{Db} ± 0.10	12.57 ^{Ea} ± 0.00
İ1-1	7.30 ^{Ac} ± 0.07	6.60 ^{Bd} ± 0.04	20.39 ^{Ab} ± 0.11	23.73 ^{Ba} ± 0.29
D2-3	1.30 ^{Ec} ± 0.02	1.68 ^{Ec} ± 0.01	4.22 ^{Fb} ± 0.21	14.26 ^{Da} ± 0.34
E2-2	2.92 ^{Cd} ± 0.01	3.22 ^{Dc} ± 0.03	8.85 ^{Eb} ± 0.03	11.26 ^{Fa} ± 0.02
K2-4	2.15 ^{Dd} ± 0.07	9.26 ^{Ac} ± 0.22	19.79 ^{Bb} ± 0.19	26.12 ^{Aa} ± 0.21
Sindirim Genel Ortalama	3.69 ^d ± 0.61	4.93 ^c ± 0.76	13.37 ^b ± 1.83	18.28 ^a ± 1.75
Örnekler	<i>Biyoerişilebilirlik (%)</i>			
	<i>Ham örnek</i>	<i>Ağız</i>	<i>Mide</i>	<i>Bağırsak</i>
A1-4	100.00 ^{Ac} ± 0.00	104.26 ^{CBc} ± 6.38	325.47 ^{Bb} ± 20.99	411.77 ^{Ca} ± 24.94
D1-3	100.00 ^{Ac} ± 0.00	104.56 ^{CBc} ± 2.22	308.48 ^{Bb} ± 0.61	395.77 ^{Dca} ± 4.84
İ1-1	100.00 ^{Ac} ± 0.00	90.33 ^{Cd} ± 0.45	279.31 ^{Bb} ± 1.23	325.02 ^{Da} ± 0.76
D2-3	100.00 ^{Ac} ± 0.00	128.78 ^{Bc} ± 2.11	324.42 ^{Bb} ± 11.80	1098.27 ^{Ba} ± 12.60
E2-2	100.00 ^{Ad} ± 0.00	110.25 ^{CBc} ± 0.68	302.79 ^{Bb} ± 1.74	385.50 ^{Dca} ± 1.84
K2-4	100.00 ^{Ad} ± 0.00	430.68 ^{Ac} ± 23.46	920.38 ^{Ab} ± 37.04	1214.77 ^{Aa} ± 46.91
Sindirim Genel Ortalama	100.00 ^d ± 0.00	161.48 ^c ± 36.59	410.14 ^b ± 69.17	638.52 ^a ± 111.40

Varyans analizi sonuçlarına göre sindirim aşamaları ve örnekler arasındaki farklılıkların bal örneklerinin fenolik ve flavonoid madde içerikleri ve bu bileşenlerin biyoerişilebilirlik değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde biyoerişilebilirlik değerinin sindirimin sonunda toplam fenolik madde için yaklaşık 2.6 kat ve toplam flavonoid madde için ise yaklaşık 6.4 kat arttığı tespit edilmiştir. Fenolik bileşiklerin biyoerişilebilirliği bileşiğin kimyasal durumu, gıda matriksi, diğer bileşenlerle olan etkileşimleri, baskılayıcıların veya kofaktörlerin varlığı gibi birçok faktörden etkilenmekte olup, yalnızca ince ve kalın bağırsakta gıda matriksinden salınan fenolik maddeler insanlar tarafından absorbe edilebilmektedir. Fenolik bileşikler gıdalarda emilemeyen esterler, glikozitler ve polimerler olarak bulunmakta olup, bu nedenle sindirim sistemi enzimleri veya bağırsak mikroflorası tarafından hidrolize edilmeleri gerekmektedir. Bir gıda ile alınan fenolik maddelerin yaklaşık %48 kadarı ince bağırsakta ve %42 kadarı kalın bağırsakta sindirilebilirken yaklaşık %10 kadarı ise besin matriksinde sindirilmeden kalmaktadır (Wojtunik-Kulesza vd. 2020). Bal örneklerinde ise fenolik ve flavonoid madde içeriğinin gıda matriksi ve sindirim koşullarına bağlı olarak değiştiği, fenolik bileşiklerin türlerine göre stabilitelerinin ve miktarlarının mide ve bağırsak pH koşullarına göre değişiklik gösterdiği, fenolik bileşiklerin gıda matriksinde bulunan mineral ve proteinlerle oluşturdıkları komplekslere bağlı olarak da sindirim sırasında korunabildiği veya sindirim koşullarına karşı daha dayanaksız hale gelebildiği belirtilmiştir (Alevia vd. 2021; Seraglio vd. 2021).

Elde edilen analiz sonuçları incelendiğinde sindirilmiş bal örneklerinin toplam fenolik ve flavonoid madde değerlerinin ham bal örneklerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun sindirim ile birlikte açığa çıkan ve/veya kimyasal dönüşüme uğrayan farklı bileşim unsurlarının reaktantlara karşı gösterdikleri farklı kimyasal etkilerden kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Yapılan bir çalışmada bal örneklerinin sindirimden önce ve sonra toplam fenolik madde içeriklerinin sırasıyla 24.00-242.00 mg GAE/100g ve 108.00-211.00 mg GAE/100g değerleri aralığında olduğu, ancak bazı salgı ve funda balı örnekleri ile engerek otu balına ait fenolik madde sonuçlarının ham bala göre yaklaşık 2-4 kat daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Ayrıca bu çalışmada bazı bal örneklerinin fenolik ve flavonoid madde içeriklerinin sindirim ile arttığı, bazı bal örneklerinin fenolik ve flavonoid madde içeriklerinde ise sindirim sonunda azalma olduğu rapor edilmiştir (Alevia vd. 2021). Bir diğer çalışmada ise fenolik asit ve flavonoidlerin örnek türüne de bağlı olarak sindirim aşamalarından farklı düzeylerde etkilendiği ve hem sindirilmemiş örnekte hem de mide ve bağırsak sindirimi aşamalarında farklı bileşiklerin miktarlarında artış ve azalışlar olduğu bildirilmiştir (Seraglio vd. 2017). O'Sullivan vd. (2013) tarafından dört farklı ticari bal örneği ile yapılan bir çalışmada sindirim sonunda fenolik bileşik miktarının manuka balında azaldığı ancak diğer üç bal örneğinin fenolik bileşik içeriğinde artış gözlemlendiği rapor edilmiştir.

İ1-1 ve K2-4 kodlu örneklerin sindirim sonunda biyoerişilebilir toplam fenolik madde miktarları diğer örneklere göre yüksek olduğundan bu örnekler sitotoksikite testi için de kullanılmıştır.

4.13.1.2. Bal örneklerinin *in vitro* sindirim aşamaları antioksidan aktivite analiz sonuçları

Bal örneklerinin ağız, mide ve bağırsak sindirim aşamalarına ait TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite analizi, varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.98, 4.99, 4.100 ve 4.101’de verilmiştir.

Çizelge 4.98. Bal örneklerinin ağız, mide ve bağırsak sindirim aşamalarına ait TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite analiz sonuçları (μmol TE/g)

Sindirim aşaması	Örnek	Örnekleme yılı	TEAC	Biyoerişilebilirlik (%)	CUPRAC	Biyoerişilebilirlik (%)
Ham bal	A1-4	1	5.75	-	5.16	-
	D1-3	1	5.62	-	6.30	-
	İ1-1	1	7.99	-	13.12	-
	D2-3	2	4.49	-	4.08	-
	E2-2	2	4.90	-	5.86	-
	K2-4	2	7.40	-	16.94	-
Ağız	A1-4	1	0.75	12.94	2.44	47.20
	D1-3	1	0.62	10.97	1.26	19.90
	İ1-1	1	1.01	12.61	2.51	19.15
	D2-3	2	0.57	12.61	1.76	43.08
	E2-2	2	0.86	17.51	2.60	44.26
	K2-4	2	1.58	21.40	6.43	37.93
Mide	A1-4	1	2.59	45.04	10.01	194.30
	D1-3	1	2.16	38.33	5.31	84.33
	İ1-1	1	2.67	33.38	10.19	77.67
	D2-3	2	2.35	52.24	6.07	148.97
	E2-2	2	3.23	65.93	9.68	165.12
	K2-4	2	4.42	59.64	18.28	107.92
Bağırsak	A1-4	1	3.35	58.17	7.31	141.78
	D1-3	1	3.04	54.12	5.30	84.21
	İ1-1	1	3.69	46.12	10.03	76.43
	D2-3	2	3.86	85.91	8.05	197.11
	E2-2	2	4.09	83.34	12.13	206.88
	K2-4	2	3.62	48.82	12.75	75.27

Çizelge 4.99. Bal örneklerinin sindirimlerinden elde edilen TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite ve antioksidan aktiviteye sahip bileşiklerin biyoerişilebilirlik değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	TEAC			Biyoerişilebilirlik	
	SD	KO	F	KO	F
Sindirim aşaması	3	53.87	5807.92**	14942.91	5907.39**
Örnek	5	2.64	284.17**	404.53	159.92**
Sindirim aşaması*örnek	15	1.04	112.56**	183.68	72.62**
Hata	24	0.01		2.53	
Varyasyon kaynağı	CUPRAC			Biyoerişilebilirlik	
	SD	KO	F	KO	F
Sindirim aşaması	3	127.40	997.66**	23946.43	689.95**
Örnek	5	89.43	700.30**	6300.31	181.53**
Sindirim aşaması*örnek	15	10.19	79.79**	1945.52	56.05**
Hata	24	0.13		34.71	

Çizelge 4.100. Bal örneklerinin sindirimlerinden elde edilen TEAC antioksidan aktivite ve antioksidan madde biyoerişilebilirlik değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Örnekler	TEAC ($\mu\text{mol TE/g}$)			
	Ham örnek	Ağız	Mide	Bağırsak
A1-4	5.75 ^{Ca} ±0.06	0.75 ^{DCd} ±0.08	2.59 ^{Cc} ±0.04	3.35 ^{DCb} ±0.09
D1-3	5.62 ^{Ca} ±0.01	0.62 ^{EDd} ±0.02	2.16 ^{Dc} ±0.01	3.04 ^{Db} ±0.13
İ1-1	7.99 ^{Aa} ±0.07	1.01 ^{Bd} ±0.04	2.67 ^{Cc} ±0.07	3.69 ^{CBb} ±0.11
D2-3	4.49 ^{Ea} ±0.08	0.57 ^{Ed} ±0.03	2.35 ^{Dc} ±0.02	3.86 ^{BAb} ±0.02
E2-2	4.90 ^{Da} ±0.09	0.86 ^{Cd} ±0.01	3.23 ^{Bc} ±0.05	4.09 ^{Ab} ±0.12
K2-4	7.40 ^{Ba} ±0.10	1.58 ^{Ad} ±0.03	4.42 ^{Ab} ±0.11	3.62 ^{CBc} ±0.06
Sindirim Genel Ortalama	6.03 ^a ±0.38	0.89 ^d ±0.10	2.90 ^c ±0.23	3.61 ^b ±0.11
Örnekler	Biyoerişilebilirlik (%)			
	Ham örnek	Ağız	Mide	Bağırsak
A1-4	100.00 ^{Aa} ±0.00	12.94 ^{Cd} ±1.44	45.04 ^{Dc} ±1.11	58.17 ^{Bb} ±2.14
D1-3	100.00 ^{Aa} ±0.00	10.97 ^{Cd} ±0.23	38.33 ^{Ec} ±0.14	54.12 ^{CBb} ±2.29
İ1-1	100.00 ^{Aa} ±0.00	12.61 ^{Cd} ±0.56	33.38 ^{Fc} ±0.59	46.12 ^{Db} ±0.91
D2-3	100.00 ^{Aa} ±0.00	12.61 ^{Cd} ±0.75	52.54 ^{Cc} ±0.52	85.91 ^{Ab} ±1.94
E2-2	100.00 ^{Aa} ±0.00	17.51 ^{Bd} ±0.40	65.93 ^{Ac} ±2.16	83.34 ^{Ab} ±0.82
K2-4	100.00 ^{Aa} ±0.00	21.40 ^{Ad} ±0.70	59.64 ^{Bb} ±2.27	48.82 ^{DCc} ±0.07
Sindirim Genel Ortalama	100.00 ^a ±0.00	14.67 ^d ±1.12	49.09 ^c ±3.47	62.74 ^b ±4.83

Çizelge 4.101. Bal örneklerinin sindirimlerinden elde edilen CUPRAC antioksidan aktivite ve antioksidan madde biyoerişilebilirlik değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Örnekler	CUPRAC ($\mu\text{mol TE/g}$)			
	Ham örnek	Ağız	Mide	Bağırsak
A1-4	5.16 ^{Ec} ±0.17	2.44 ^{Bd} ±0.03	10.01 ^{Ba} ±0.25	7.31 ^{Cb} ±0.01
D1-3	6.30 ^{Ca} ±0.00	1.26 ^{Dc} ±0.02	5.31 ^{Cb} ±0.18	5.30 ^{Db} ±0.00
İ1-1	13.12 ^{Ba} ±0.03	2.51 ^{Bc} ±0.00	10.19 ^{Bb} ±0.07	10.03 ^{Bb} ±0.43
D2-3	4.08 ^{Fc} ±0.08	1.76 ^{Cd} ±0.04	6.07 ^{Cb} ±0.02	8.05 ^{Ca} ±0.68
E2-2	5.86 ^{Dc} ±0.02	2.60 ^{Bd} ±0.04	9.68 ^{Bb} ±0.17	12.13 ^{Aa} ±0.41
K2-4	16.94 ^{Aa} ±0.03	6.43 ^{Ac} ±0.13	18.28 ^{Aa} ±0.69	12.75 ^{Ab} ±0.27
Sindirim Genel Ortalama	8.58 ^c ±1.43	2.83 ^d ±0.51	9.92 ^a ±1.27	9.26 ^b ±0.81
Örnekler	Biyoerişilebilirlik (%)			
	Ham örnek	Ağız	Mide	Bağırsak
A1-4	100.00 ^{Ac} ±0.00	47.20 ^{Ad} ±1.04	194.30 ^{Aa} ±11.35	141.78 ^{Bb} ±4.58
D1-3	100.00 ^{Aa} ±0.00	19.90 ^{Dc} ±0.26	84.33 ^{Db} ±2.86	84.21 ^{Cb} ±0.04
İ1-1	100.00 ^{Aa} ±0.00	19.15 ^{Dc} ±0.06	77.67 ^{Db} ±0.75	76.43 ^{Cb} ±3.41
D2-3	100.00 ^{Ac} ±0.00	43.08 ^{Bd} ±1.70	148.97 ^{Bb} ±2.23	197.11 ^{Aa} ±13.05
E2-2	100.00 ^{Ac} ±0.00	44.26 ^{BAd} ±0.45	165.12 ^{Bb} ±2.37	206.88 ^{Aa} ±6.30
K2-4	100.00 ^{Aa} ±0.00	37.93 ^{Cc} ±0.79	107.92 ^{Ca} ±4.27	75.27 ^{Cb} ±1.71
Sindirim Genel Ortalama	100.00 ^b ±0.00	35.25 ^c ±3.46	129.72 ^a ±13.03	130.28 ^a ±16.86

Varyans analizi sonuçlarına göre sindirim aşamaları ve örnekler arasındaki farklılıkların bal örneklerinin TEAC ve CUPRAC antioksidan aktiviteleri ve antioksidan aktivite gösteren bileşiklerin biyoerişilebilirlik değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde sindirim sonunda E2-2 kodlu örneğin TEAC ve CUPRAC ve K2-4 kodlu örneğin ise CUPRAC antioksidan aktivite değerlerinin diğer örneklere göre daha yüksek olduğu, sindirim aşamalarında örneklerin birbirlerine göre antioksidan aktivite değerleri değişmekle ve sindirilmemiş örneğe göre genellikle azalmakla birlikte ilerleyen sindirim aşamalarında TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite değerinde artış olduğu belirlenmiştir. Toplam fenolik ve flavonoid madde artışına bağlı olarak örneklerin radikal süpürme kabiliyetinin de arttığı ve ayrıca sindirim sırasında açığa çıkan antioksidan özelliğe sahip diğer bileşenlerin de bu artışa katkı sağladığı değerlendirilmiştir. Fenolik bileşikler gibi antioksidan kapasiteye sahip bileşiklerin birçoğunun mide ortamında olduğu gibi düşük pH değerlerinde çok daha kararlı olduğu, bağırsaktaki gibi nötr pH değerlerinde ise antioksidan kapasiteyi değiştiren farklı kimyasal dönüşümlere uğradığı bildirilmiştir. Balın gastrointestinal sindirimi sırasında, besin matriksinden antioksidan kapasiteye sahip fenolik maddelerin yanı sıra proteinler, vitaminler ve organik asitler gibi çeşitli bileşiklerin de salındığı ve bu bileşiklerin balın antioksidan aktivitesinde artışa neden olduğu rapor edilmiştir (Cianciosi vd. 2020).

Elde edilen analiz sonuçları incelendiğinde sindirilmiş bal örneklerinin ortalama TEAC antioksidan aktivite değerlerinin sindirilmemiş bal örneklerine göre daha düşük, ancak ortalama CUPRAC antioksidan aktivite değerlerinin ise daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca örneklerin antioksidan aktivite değişimlerine bağlı olarak hesaplanan biyoerişilebilirlik değerlerinin de CUPRAC yönteminde TEAC yöntemine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durumun sindirim ile birlikte açığa çıkan, parçalanan veya kimyasal dönüşüme uğrayan farklı bileşim unsurlarının radikallere karşı gösterdikleri farklı kimyasal etkilerden kaynaklandığı değerlendirilmiştir. TEAC antioksidan aktivite analiz yönteminde radikal süpürme kabiliyeti ölçülürken, CUPRAC antioksidan aktivite analiz yönteminde ise ekstraktların bakır iyonlarını indirgeme kabiliyeti değerlendirilmektedir (Boulechfar vd. 2022). Alevia vd. (2021) tarafından TEAC, hidroksil radikaline karşı antioksidan aktivite (AOA) ve oksijen radikaline karşı antioksidan aktivite (ORAC) analiz yöntemleri ile yapılan bir çalışmada sindirilmiş bal örneklerinin antioksidan aktivitelerinin ham bal örneklerine göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Seraglio vd. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada ise mide sindirimi sonunda bal örneklerinin FRAP antioksidan aktivite değerleri artarken, DPPH antioksidan aktivite değerlerinde ise azalma olduğu, mide sindiriminden sonra ise bağırsak sindiriminde tam tersi bir durumun gözlemlendiği bildirilmiştir.

4.13.1.3. Bal örneklerinin *in vitro* sindirim aşamaları fenolik bileşik kompozisyonu analiz sonuçları

Bal örneklerinin *in vitro* sindirim aşamalarına ait fenolik bileşik kompozisyonu analiz sonuçları Çizelge 4.102’de, varyans analizi sonuçları Çizelge 4.103’te ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.104’te verilmiştir.

Çizelge 4.102. Bal örneklerinin ağız, mide ve bağırsak sindirim aşamalarına ait fenolik bileşik kompozisyonu analiz sonuçları (mg/100g)

Sindirim aşaması	Örnek	Gallik asit	Metil-3,4,5-trihidroksibenzoat	Vanilik asit	Siringik asit	Naringin	Hesperidin	Trans sennamik asit	Genistein	Kafeik asit	p-kumarik asit	Ferulik asit	3,4-dimetoksissennamik asit	Apigenin	Pinosembrin	Rutin	Mirisetin
Ham	A1-4	2.39	1.68	t.e.	0.97	t.e.	t.e.	0.87	t.e.	0.65	0.51	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Ağız		0.97	t.e.	t.e.	1.07	t.e.	t.e.	0.51	t.e.	0.25	0.36	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Mide		1.11	t.e.	t.e.	2.25	t.e.	t.e.	0.69	t.e.	1.00	0.91	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Bağırsak		3.76	2.30	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Ham	D1-3	2.30	2.48	t.e.	0.89	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.59	0.54	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.52
Ağız		t.e.	t.e.	t.e.	0.35	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.05	0.15	t.e.	0.15	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Mide		t.e.	t.e.	t.e.	0.90	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.62	0.55	t.e.	0.39	t.e.	t.e.	t.e.	0.90
Bağırsak		t.e.	1.07	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.38	t.e.	0.29	t.e.	t.e.	t.e.	1.10
Ham	İ1-1	t.e.	t.e.	t.e.	1.64	4.53	t.e.	0.61	t.e.	t.e.	0.64	t.e.	1.16	1.00	t.e.	3.45	t.e.
Ağız		t.e.	t.e.	t.e.	1.32	1.87	t.e.	0.55	t.e.	t.e.	0.33	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Mide		t.e.	t.e.	t.e.	2.57	3.46	t.e.	1.20	t.e.	t.e.	0.92	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Bağırsak		t.e.	1.24	t.e.	1.27	2.30	t.e.	0.86	t.e.	t.e.	0.60	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Ham	D2-3	1.48	t.e.	2.25	t.e.	t.e.	2.39	t.e.	4.21	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Ağız		0.66	t.e.	0.95	t.e.	t.e.	0.52	0.30	t.e.	t.e.	0.10	t.e.	0.07	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Mide		1.73	t.e.	2.52	t.e.	t.e.	1.35	1.00	t.e.	0.43	0.44	0.02	0.15	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Bağırsak		t.e.	0.67	t.e.	t.e.	t.e.	0.91	0.82	t.e.	t.e.	0.46	t.e.	0.58	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Ham	E2-2	t.e.	3.63	t.e.	3.47	t.e.	t.e.	1.13	5.40	2.09	0.81	0.74	0.60	t.e.	8.07	t.e.	t.e.
Ağız		t.e.	0.60	t.e.	0.32	t.e.	t.e.	0.42	t.e.	0.18	0.18	t.e.	0.14	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Mide		t.e.	1.41	t.e.	2.23	t.e.	t.e.	1.15	t.e.	1.34	0.60	0.44	0.52	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Bağırsak		t.e.	0.68	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.69	t.e.	0.04	0.45	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Ham	K2-4	t.e.	6.85	t.e.	4.08	t.e.	t.e.	0.94	t.e.	0.64	1.23	0.77	t.e.	t.e.	t.e.	4.15	0.98
Ağız		t.e.	3.43	t.e.	1.28	t.e.	t.e.	0.44	t.e.	t.e.	t.e.	0.13	t.e.	t.e.	t.e.	2.21	0.95
Mide		t.e.	6.91	t.e.	2.80	t.e.	t.e.	1.30	t.e.	0.73	1.21	0.62	t.e.	t.e.	t.e.	2.60	1.58
Bağırsak		t.e.	0.82	t.e.	0.97	t.e.	t.e.	0.75	t.e.	t.e.	0.59	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	1.85	1.39

t.e. : tespit edilemedi

Çizelge 4.103. Bal örneklerinin sindirimlerinden elde edilen fenolik bileşik kompozisyonu değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	<i>Gallik asit</i>			<i>Metil-3,4,5-trihidroksibenzoat</i>		<i>Vanilik asit</i>		<i>Siringik asit</i>	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Sindirim aşaması	3	1.24	199.69**	6.76	83.89**	0.46	99.98**	6.68	1327.12**
Örnek	5	5.35	863.87**	20.48	254.23**	2.73	590.82**	5.45	1083.16**
Sindirim aşaması*örnek	15	1.21	194.51**	4.22	52.40**	0.46	99.98**	1.13	224.24**
Hata	24	0.01		0.08		0.00		0.01	
	<i>Naringin</i>			<i>Hesperidin</i>		<i>Trans sinnamik asit</i>		<i>Genistein</i>	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Sindirim aşaması	3	0.48	381.95**	0.21	918.11**	0.80	1718.06**	7.69	926.03**
Örnek	5	12.31	9736.01**	2.22	9342.32**	0.64	1378.73**	3.15	379.01**
Sindirim aşaması*örnek	15	0.48	381.95**	0.22	918.11**	0.14	311.70**	3.15	379.01**
Hata	24	0.00		0.00		0.00		0.01	
	<i>Kafeik asit</i>			<i>p-kumarik asit</i>		<i>Ferulik asit</i>		<i>3,4-dimetoksisinamik asit</i>	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Sindirim aşaması	3	1.60	1515.12**	0.78	808.19**	0.18	561.16**	0.11	378.96**
Örnek	5	0.82	773.67**	0.25	261.74**	0.25	776.31**	0.15	522.60**
Sindirim aşaması*örnek	15	0.27	252.52**	0.13	131.52**	0.07	226.54**	0.18	629.09**
Hata	24	0.00		0.00		0.00		0.00	
	<i>Apigenin</i>			<i>Pinosembrin</i>		<i>Rutin</i>		<i>Mirisetin</i>	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Sindirim aşaması	3	0.08	10000.00**	5.42	40.01**	2.45	1063.60**	0.19	545.08**
Örnek	5	0.08	10000.00**	5.42	40.01**	9.48	4120.53**	2.11	6006.45**
Sindirim aşaması*örnek	15	0.08	10000.00**	5.42	40.01**	1.11	482.94**	0.09	266.60**
Hata	24	0.00		0.14		0.00		0.00	

Çizelge 4.104. Bal örneklerinin sindirimlerinden elde edilen fenolik bileşik kompozisyonu değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları (mg/100g)

Örnek kodu	A1-4				D1-3			
Sindirim aşaması	Ham	Ağız	Mide	Bağırsak	Ham	Ağız	Mide	Bağırsak
<i>Gallik Asit</i>	2.39 ^b ± 0.03	0.97 ^c ± 0.03	1.11 ^c ± 0.03	3.76 ^a ± 0.11	2.30 ^a ± 0.00	0.00 ^b ± 0.00	0.00 ^b ± 0.00	0.00 ^b ± 0.00
<i>Metil-3,4,5-trihidroksibenzoat</i>	1.68 ^b ± 0.09	0.00 ^c ± 0.00	0.00 ^c ± 0.00	2.30 ^a ± 0.04	2.48 ^a ± 0.20	0.00 ^c ± 0.00	0.00 ^c ± 0.00	1.07 ^b ± 0.00
<i>Vanilik asit</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Siringik asit</i>	0.97 ^c ± 0.05	1.07 ^b ± 0.00	2.25 ^a ± 0.01	0.00 ^d ± 0.00	0.89 ^a ± 0.00	0.35 ^b ± 0.02	0.90 ^a ± 0.05	0.00 ^c ± 0.00
<i>Naringin</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Hesperidin</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Trans sinnamik asit</i>	0.87 ^a ± 0.03	0.51 ^c ± 0.01	0.69 ^b ± 0.02	0.00 ^d ± 0.00	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Genistein</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Kafeik asit</i>	0.65 ^b ± 0.01	0.25 ^c ± 0.02	1.00 ^a ± 0.02	0.00 ^d ± 0.00	0.59 ^a ± 0.07	0.05 ^b ± 0.01	0.62 ^a ± 0.02	0.00 ^b ± 0.00
<i>p-kumarik asit</i>	0.51 ^b ± 0.04	0.36 ^c ± 0.02	0.91 ^a ± 0.02	0.00 ^d ± 0.00	0.54 ^a ± 0.06	0.15 ^c ± 0.01	0.55 ^a ± 0.01	0.38 ^b ± 0.01
<i>Ferulik asit</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>3,4-dimetoksissinamik asit</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.00 ^d ± 0.00	0.15 ^c ± 0.01	0.39 ^a ± 0.02	0.29 ^b ± 0.01
<i>Apigenin</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Pinosembrin</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Rutin</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Mirisetin</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.52 ^c ± 0.00	0.00 ^d ± 0.00	0.90 ^b ± 0.01	1.10 ^a ± 0.01
Örnek kodu	İİ-1				D2-3			
Sindirim aşaması	Ham	Ağız	Mide	Bağırsak	Ham	Ağız	Mide	Bağırsak
<i>Gallik Asit</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	1.48 ^a ± 0.25	0.66 ^b ± 0.02	1.73 ^a ± 0.04	0.00 ^c ± 0.00
<i>Metil-3,4,5-trihidroksibenzoat</i>	0.00 ^b ± 0.00	0.00 ^b ± 0.00	0.00 ^b ± 0.00	1.24 ^a ± 0.04	0.00 ^b ± 0.00	0.00 ^b ± 0.00	0.00 ^b ± 0.00	0.67 ^a ± 0.01
<i>Vanilik asit</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	2.25 ^a ± 0.24	0.95 ^b ± 0.01	2.52 ^a ± 0.02	0.00 ^c ± 0.00
<i>Siringik asit</i>	1.64 ^b ± 0.03	1.32 ^c ± 0.03	2.57 ^a ± 0.08	1.27 ^c ± 0.01	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Naringin</i>	4.53 ^a ± 0.11	1.87 ^d ± 0.05	3.46 ^b ± 0.03	2.30 ^c ± 0.04	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Hesperidin</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	2.39 ^a ± 0.04	0.52 ^d ± 0.04	1.35 ^b ± 0.00	0.91 ^c ± 0.01
<i>Trans sinnamik asit</i>	0.61 ^c ± 0.01	0.55 ^c ± 0.00	1.20 ^a ± 0.03	0.86 ^b ± 0.02	0.00 ^d ± 0.00	0.30 ^c ± 0.00	1.00 ^a ± 0.01	0.82 ^b ± 0.02
<i>Genistein</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	4.21 ^a ± 0.21	0.00 ^b ± 0.00	0.00 ^b ± 0.00	0.00 ^b ± 0.00
<i>Kafeik asit</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.00 ^b ± 0.00	0.00 ^b ± 0.00	0.43 ^a ± 0.01	0.00 ^b ± 0.00
<i>p-kumarik asit</i>	0.64 ^b ± 0.02	0.33 ^d ± 0.01	0.92 ^a ± 0.01	0.60 ^c ± 0.01	0.00 ^c ± 0.00	0.10 ^b ± 0.00	0.44 ^a ± 0.04	0.46 ^a ± 0.03
<i>Ferulik asit</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.00 ^b ± 0.00	0.00 ^b ± 0.00	0.02 ^a ± 0.01	0.00 ^b ± 0.00
<i>3,4-dimetoksissinamik asit</i>	1.16 ^a ± 0.06	0.00 ^b ± 0.00	0.00 ^b ± 0.00	0.00 ^b ± 0.00	0.00 ^d ± 0.00	0.07 ^c ± 0.00	0.15 ^b ± 0.00	0.58 ^a ± 0.01
<i>Apigenin</i>	1.00 ^a ± 0.01	0.00 ^b ± 0.00	0.00 ^b ± 0.00	0.00 ^b ± 0.00	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Pinosembrin</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Rutin</i>	3.45 ^a ± 0.07	0.00 ^b ± 0.00	0.00 ^b ± 0.00	0.00 ^b ± 0.00	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Mirisetin</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.104'ün devamı

Örnek kodu	E2-2				K2-4			
Sindirim aşaması	Ham	Ağız	Mide	Bağırsak	Ham	Ağız	Mide	Bağırsak
<i>Gallik Asit</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Metil-3,4,5-trihidroksibenzoat</i>	3.63 ^a ± 0.81	0.60 ^b ± 0.00	1.41 ^b ± 0.01	0.68 ^b ± 0.01	6.85 ^a ± 0.02	3.43 ^b ± 0.00	6.91 ^a ± 0.52	0.82 ^c ± 0.02
<i>Vanilik asit</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Siringik asit</i>	3.47 ^a ± 0.10	0.32 ^c ± 0.01	2.23 ^b ± 0.05	0.00 ^d ± 0.00	4.08 ^a ± 0.19	1.28 ^c ± 0.02	2.80 ^b ± 0.04	0.97 ^c ± 0.03
<i>Naringin</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Hesperidin</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Trans sinnamik asit</i>	1.13 ^a ± 0.02	0.42 ^c ± 0.01	1.15 ^a ± 0.01	0.69 ^b ± 0.01	0.94 ^b ± 0.05	0.44 ^d ± 0.01	1.30 ^a ± 0.01	0.75 ^c ± 0.00
<i>Genistein</i>	5.40 ^a ± 0.24	0.00 ^b ± 0.00	0.00 ^b ± 0.00	0.00 ^b ± 0.00	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Kafeik asit</i>	2.09 ^a ± 0.06	0.18 ^c ± 0.01	1.34 ^b ± 0.07	0.04 ^c ± 0.01	0.64 ^b ± 0.01	0.00 ^c ± 0.00	0.73 ^a ± 0.00	0.00 ^c ± 0.00
<i>p-kumarik asit</i>	0.81 ^a ± 0.02	0.18 ^d ± 0.00	0.60 ^b ± 0.01	0.45 ^c ± 0.01	1.23 ^a ± 0.05	0.00 ^c ± 0.00	1.21 ^a ± 0.03	0.59 ^b ± 0.00
<i>Ferulik asit</i>	0.74 ^a ± 0.06	0.00 ^c ± 0.00	0.44 ^b ± 0.00	0.00 ^c ± 0.00	0.77 ^a ± 0.01	0.13 ^c ± 0.00	0.62 ^b ± 0.01	0.00 ^d ± 0.00
<i>3,4-dimetoksisinamik asit</i>	0.60 ^a ± 0.01	0.14 ^c ± 0.01	0.52 ^b ± 0.01	0.00 ^d ± 0.00	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Apigenin</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Pinosembrin</i>	8.07 ^a ± 1.28	0.00 ^b ± 0.00	0.00 ^b ± 0.00	0.00 ^b ± 0.00	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Rutin</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	4.15 ^a ± 0.15	2.21 ^c ± 0.03	2.60 ^b ± 0.04	1.85 ^d ± 0.02
<i>Mirisetin</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.98 ^c ± 0.06	0.95 ^c ± 0.02	1.58 ^a ± 0.03	1.39 ^b ± 0.01

t.e. : tespit edilemedi

Varyans analizi sonuçlarına göre sindirim aşamaları ve örnekler arasındaki farklılıkların bal örneklerinin gallik asit, metil-3,4,5-trihidroksibenzoat, vanilik asit, siringik asit, naringin, hesperidin, trans sinnamik asit, genistein, kafeik asit, *p*-kumarik asit, ferulik asit, 3,4-dimetoksisinamik asit, apigenin, pinosembrin, rutin ve mirisetin içerikleri üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde sindirim aşamalarında örneklerin fenolik bileşik kompozisyonları ve miktarlarının değiştiği tespit edilmiştir. Örneğe göre farklılık göstermekle birlikte bazı bileşiklerin sindirim ilerledikçe miktarlarında artış veya azalış meydana geldiği belirlenmiştir. Siringik, trans sinnamik, kafeik ve *p*-kumarik asit miktarlarının mide sindiriminde ve metil-3,4,5-trihidroksibenzoat miktarının ise genellikle bağırsak sindiriminde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bazı ham örneklerde belirlenen genistein, apigenin ve pinosembrin bileşikleri hiçbir sindirim aşamasında tespit edilemezken; A1-4 kodlu örnekte gallik asit ve metil-3,4,5-trihidroksibenzoat, D1-3 kodlu örnekte 3,4-dimetoksisinamik asit ve mirisetin, İ1-1 kodlu örnekte metil-3,4,5-trihidroksibenzoat ve trans sinnamik asit, D2-3 kodlu örnekte metil-3,4,5-trihidroksibenzoat, trans sinnamik asit, *p*-kumarik asit ve 3,4-dimetoksisinamik asit ve K2-4 kodlu örnekte ise mirisetin miktarlarının sindirilmemiş örneklerle göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Seraglio vd. (2017) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada Brezilya'nın 3 farklı lokasyonundan temin edilen 3 salgı balı örneği karışımının mide ve ince bağırsak *in vitro* sindirim aşamaları sırasında fenolik bileşik kompozisyon değişimleri incelenmiş ve örneklerin fenolik bileşik içeriklerinin genellikle bağırsak sindirimi aşamasında arttığı bildirilmiştir. Ancak kafeik asit içeriğinin tez çalışmasındaki sonuçlara benzer olarak iki örnekte de mide sindirimi aşamasında daha yüksek olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca örneğe göre değişmekle birlikte sindirilmiş örneklerdeki bazı fenolik bileşiklerin miktarının sindirilmemiş örneğe göre daha yüksek olduğu ve ayrıca üç örnekte de 3,4-dihidroksibenzoik asit ve salisilik asit içeriklerinin sindirilmiş örneklerde sindirilmemiş örneklerle göre yüksek olduğu rapor edilmiştir.

Cienciosi vd. (2020) tarafından manuka balı ile yapılan bir çalışmada sindirilmiş manuka balının 3,4-dihidroksibenzoik asit içeriğinin sindirilmemiş örnek ile aynı, salisilik asit içeriğinin daha yüksek ve siringik asit, *p*-kumarik asit, ferulik asit ve pinosembrin içeriklerinin çok daha düşük olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca sindirilmemiş örnekte bulunan naringenin ve kuersetin flavonoidlerinin ise sindirim sonunda tespit edilemediği ve fenolik asitlerin sindirim süresince flavonoidlerden daha kararlı olduğu bildirilmiştir. Tez çalışmasında elde edilen bulgulara göre de siringik asit, *p*-kumarik asit ve ferulik asit miktarlarının sindirim ilerledikçe azaldığı ancak yine de genel olarak fenolik asitlerin flavonoidlere göre sindirim sırasında daha stabil kaldığı değerlendirilmiştir.

Bal örneklerine ait fenolik bileşiklerin sindirim aşamalarındaki miktarları ve kompozisyonlardaki değişimlerin sindirim ortamlarındaki iyon dengelerine, pH düzeylerine, enzimlerin etkilerine, örnek matriksine, fenolik bileşiklerin örnekteki karbonhidrat ve proteinler gibi makromoleküller ve/veya mirenaller ile interaksyonlarına bağlı olarak farklılık göstermiş olabileceği değerlendirilmiştir. Fenolik bileşiklerin balın içerdiği mineraller ve proteinler gibi bileşenlerle kompleksler oluşturduğu ve bu komplekslerin fenolik bileşikler için kimyasal yapılarına bağlı olarak sindirim tarafından

uyarılan parçalanma veya dönüşümleri hızlandırabildiği veya engellediği ve bu bileşiklerin biyolojik olarak erişilebilirliklerini ve biyoyararlanımlarını etkilediği bildirilmiştir (Chen vd. 2016; Lorenzo vd. 2019; Seraglio vd. 2021). Ayrıca yapılan araştırmalarda aynı tür balda dahi kimyasal bileşim farklılıklarının mevcut olduğu ve *in vitro* sindirim sırasında bal örneklerinin fenolik bileşik kompozisyonlarının değişimlerinde farklılıkların gözlemlendiği, fenolik bileşiklerinin stabilite düzeyinin *in vitro* sindirim sırasında net olmadığı ve uygulanan sindirim koşulları ve özellikle de pH düzeyine bağlı olarak farklı eğilimler gösterebildiği, fenolik bileşiklerin sindiriminde mide fazında bulunan asidik koşullar altında genellikle daha stabil oldukları ancak sindirimin bağırsak fazında bulunan nötr ve alkali koşullar altında kararsız oldukları ve bu ortamın fenolik bileşiklerin kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştirerek bu bileşikler üzerinde parçalanma veya dönüşümleri teşvik edebildikleri rapor edilmiştir (Lorenzo vd. 2019; Seraglio vd. 2021).

4.13.2. Polen örneklerinin *in vitro* sindirim aşamaları analiz sonuçları

4.13.2.1. Polen örneklerinin *in vitro* sindirim aşamaları toplam fenolik ve flavonoid madde analiz sonuçları

Polen örneklerinin ağız, mide ve bağırsak sindirim aşamalarına ait toplam fenolik ve flavonoid madde içerikleri analizi, varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.105, 4.106 ve 4.107 ve 4.108’de verilmiştir.

Çizelge 4.105. Polen örneklerinin ağız, mide ve bağırsak sindirim aşamalarına ait toplam fenolik (mg GAE/100g) ve flavonoid (mg KE/100g) madde içerikleri analiz sonuçları

Sindirim aşaması	Örnek	Örnekleme yılı	Fenolik madde	Biyoerişilebilirlik (%)	Flavonoid madde	Biyoerişilebilirlik (%)
Ham polen	E1-1	1	1794.40	-	221.47	-
	K1-3	1	2857.77	-	432.57	-
	M1-3	1	2272.46	-	339.46	-
	A2-3	2	1279.99	-	408.26	-
	E2-2	2	2379.69	-	434.31	-
	M2-3	2	1787.41	-	322.31	-
Ağız	E1-1	1	434.67	24.23	121.25	54.75
	K1-3	1	344.98	12.10	129.39	29.93
	M1-3	1	397.02	17.47	74.00	21.83
	A2-3	2	492.27	38.49	194.29	47.60
	E2-2	2	479.16	20.14	214.18	49.34
	M2-3	2	218.21	12.21	148.79	46.19
Mide	E1-1	1	1029.02	57.35	201.17	90.84
	K1-3	1	790.91	27.75	221.81	51.31
	M1-3	1	726.34	31.96	263.45	77.65
	A2-3	2	1336.24	104.45	383.28	93.92
	E2-2	2	622.34	26.15	268.22	61.78
	M2-3	2	882.96	49.42	345.21	107.15
Bağırsak	E1-1	1	1455.03	81.09	289.20	130.65
	K1-3	1	1617.61	56.71	438.77	101.45
	M1-3	1	1407.53	61.94	338.79	99.84
	A2-3	2	1921.34	150.13	526.07	128.88
	E2-2	2	1065.60	44.79	340.49	78.45
	M2-3	2	1410.57	78.94	469.80	145.85

Çizelge 4.106. Polen örneklerinin sindirimlerinden elde edilen toplam fenolik ve flavonoid madde ve bu bileşiklerin biyoerişilebilirlik değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Toplam fenolik madde			Biyoerişilebilirlik	
	SD	KO	F	KO	F
Sindirim aşaması	3	6244422.71	3471.29**	14344.82	6838.45**
Örnek	5	102661.87	57.07**	2853.29	1360.22**
Sindirim aşaması*örnek	15	273969.98	152.30**	637.41	303.86**
Hata	24	1798.88		2.10	
Varyasyon kaynağı	Toplam flavonoid madde			Biyoerişilebilirlik	
	SD	KO	F	KO	F
Sindirim aşaması	3	149716.13	2746.84**	11908.57	2459.76**
Örnek	5	27617.08	506.69**	1313.92	271.39**
Sindirim aşaması*örnek	15	5990.05	109.90**	383.35	79.18**
Hata	24	54.51		4.84	

Çizelge 4.107. Polen örneklerinin toplam fenolik madde ve biyoerişilebilirlik değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Örnekler	Toplam fenolik madde (mg GAE/100g)			
	Ham örnek	Ağız	Mide	Bağırsak
E1-1	1794.40 ^{Ca} ±1.73	434.67 ^{Bd} ±5.63	1029.02 ^{Bc} ±14.77	1455.03 ^{Cb} ±31.25
K1-3	2857.77 ^{Aa} ±125.48	344.98 ^{Dd} ±0.40	790.91 ^{Dc} ±12.32	1617.61 ^{Bb} ±5.26
M1-3	2272.46 ^{Ba} ±10.40	397.02 ^{Cd} ±7.75	726.34 ^{Ec} ±6.33	1407.53 ^{Cb} ±6.19
A2-3	1279.99 ^{Db} ±25.26	492.27 ^{Ac} ±11.92	1336.24 ^{Ab} ±3.38	1921.34 ^{Aa} ±25.49
E2-2	2379.69 ^{Ba} ±38.36	479.16 ^{Ad} ±2.83	622.34 ^{Fc} ±15.58	1065.60 ^{Db} ±4.00
M2-3	1787.41 ^{Ca} ±30.92	218.21 ^{Ed} ±6.78	882.96 ^{Cc} ±1.52	1410.57 ^{Cb} ±1.96
Sindirim Genel Ortalama	2061.95 ^a ±153.54	394.38 ^d ±28.11	897.97 ^c ±70.39	1479.61 ^b ±77.64
Örnekler	Biyoerişilebilirlik (%)			
	Ham örnek	Ağız	Mide	Bağırsak
E1-1	100.00 ^{Aa} ±0.00	24.23 ^{Bd} ±0.34	57.35 ^{Bc} ±0.77	81.09 ^{Bb} ±1.67
K1-3	100.00 ^{Aa} ±0.00	12.10 ^{Ed} ±0.55	27.75 ^{EDc} ±1.65	56.71 ^{Db} ±2.31
M1-3	100.00 ^{Aa} ±0.00	17.47 ^{Dd} ±0.42	31.96 ^{Dc} ±0.13	61.94 ^{Cb} ±0.01
A2-3	100.00 ^{Ab} ±0.00	38.49 ^{Ac} ±1.69	104.45 ^{Ab} ±2.33	150.13 ^{Aa} ±0.98
E2-2	100.00 ^{Aa} ±0.00	20.14 ^{Cd} ±0.21	26.15 ^{Ec} ±0.23	44.79 ^{Eb} ±0.89
M2-3	100.00 ^{Aa} ±0.00	12.21 ^{Ed} ±0.17	49.42 ^{Cc} ±0.94	78.94 ^{Bb} ±1.48
Sindirim Genel Ortalama	100.00 ^a ±0.00	20.77 ^d ±2.72	49.51 ^c ±8.18	78.93 ^b ±10.32

Çizelge 4.108. Polen örneklerinin toplam flavonoid madde ve biyoerişilebilirlik değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Örnekler	Toplam flavonoid madde (mg KE/100g)			
	Ham örnek	Ağız	Mide	Bağırsak
E1-1	221.47 ^{Cb} ±3.59	121.25 ^{Ed} ±1.13	201.17 ^{Ec} ±3.47	289.20 ^{Ea} ±4.45
K1-3	432.57 ^{Aa} ±12.61	129.39 ^{Dc} ±1.59	221.81 ^{Db} ±1.21	438.77 ^{Ca} ±10.55
M1-3	339.46 ^{Ba} ±7.84	74.00 ^{Fc} ±2.21	263.45 ^{Cb} ±0.00	338.79 ^{Da} ±2.88
A2-3	408.26 ^{Ab} ±7.84	194.29 ^{Bd} ±1.40	383.28 ^{Ac} ±0.82	526.07 ^{Aa} ±4.59
E2-2	434.31 ^{Aa} ±10.03	214.18 ^{Ad} ±0.53	268.22 ^{Cc} ±2.46	340.49 ^{Db} ±1.31
M2-3	322.31 ^{Bc} ±7.40	148.79 ^{Cd} ±0.44	345.21 ^{Bb} ±2.25	469.80 ^{Ba} ±2.39
Sindirim Genel Ortalama	359.73 ^b ±22.90	146.98 ^d ±14.07	280.52 ^c ±19.45	400.52 ^a ±25.23

Örnekler	Biyoerişilebilirlik (%)			
	Ham örnek	Ağız	Mide	Bağırsak
E1-1	100.00 ^{Ab} ±0.00	54.75 ^{Ad} ±0.38	90.84 ^{Bc} ±0.10	130.65 ^{Ba} ±4.13
K1-3	100.00 ^{Aa} ±0.00	29.93 ^{Dc} ±0.51	51.31 ^{Eb} ±1.22	101.45 ^{Ca} ±0.52
M1-3	100.00 ^{Aa} ±0.00	21.83 ^{Ec} ±1.16	77.65 ^{Cb} ±1.79	99.84 ^{Ca} ±1.46
A2-3	100.00 ^{Ab} ±0.00	47.60 ^{CBd} ±0.57	93.92 ^{Bc} ±1.61	128.88 ^{Ba} ±1.36
E2-2	100.00 ^{Aa} ±0.00	49.34 ^{Bd} ±1.02	61.78 ^{Dc} ±0.87	78.45 ^{Db} ±2.12
M2-3	100.00 ^{Ab} ±0.00	46.19 ^{Cc} ±1.19	107.15 ^{Ab} ±1.77	145.85 ^{Aa} ±4.09
Sindirim Genel Ortalama	100.00 ^b ±0.00	41.61 ^d ±3.53	80.44 ^c ±5.80	114.19 ^a ±6.94

Varyans analizi sonuçlarına göre sindirim aşamaları ve örnekler arasındaki farklılıkların polen örneklerinin fenolik ve flavonoid madde içerikleri ve bu bileşenlerin biyoerişilebilirlik değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde sindirim sonunda A2-3 kodlu örneğin toplam fenolik ve flavonoid madde içeriklerinin diğer örneklerle göre daha yüksek olduğu, sindirim aşamalarında örneklerin birbirlerine göre toplam fenolik ve flavonoid madde değerleri değişmekle birlikte ilerleyen sindirim aşamalarında bu bileşenlerin sindirim ortamındaki konsantrasyonlarının arttığı belirlenmiştir. Elde edilen analiz sonuçları incelendiğinde A2-3 kodlu sindirilmiş polen örneğinin haricindeki polen örneklerinin toplam fenolik madde değerlerinin ham polen örneklerine göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Toplam flavonoid madde değerlerinin ise E2-2 kodlu polen örneğinin haricindeki sindirilmiş tüm polen örneklerinde ham polen örneklerine göre eşit veya daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durumun fenolik asitlerin ve flavonoidlerin sindirim koşullarından farklı düzeylerde etkilenmesi ve ayrıca diğer bileşiklerle kompleks halde bulunabilen flavonoidlerin ise sindirim enzimlerinin etkisiyle ortama salınması ve miktarlarının buna bağlı olarak artması ile ilişkili olabileceği değerlendirilmiştir. Fenolik bileşiklerin sindirilebilirliği ve emilimi fizyokimyasal özelliklerine, diğer bileşiklerle konjugasyon ve glikozilasyonuna veya polifenol oksidaz gibi enzimler tarafından oksidasyona maruz kalmasına bağlı olarak farklılık göstermekte olup, polen gibi bitkisel kaynaklarda yer alan flavonoidler genellikle ince bağırsakta emilebilen konjuge glikozitler olarak bulunmaktadır (Aylanc vd. 2021). Yapılan bir çalışmada multifloral üç farklı polen örneğinin ağız, mide ve bağırsak sindirim aşamalarında toplam fenolik madde miktarları ölçülmüş ve bir örneğin fenolik bileşik içeriğinde ham polen örneğine göre artış ve diğer iki örnekte ise azalış olduğu, örneklerin fenolik madde içeriklerinin sindirim aşamalarından farklı oranlarda etkilendiği ve azalış ve artışlar olabildiği rapor edilmiştir (Bridi vd. 2022). Dülger-Altın vd. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada ise

Türkiye’den temin edilen 20 farklı polen örneğinin fenolik bileşen içeriğinin sindirim sonunda azaldığı ve ham polenin toplam fenolik madde içeriğinin %36.91-77.87 kadarının sindirim sonunda ortamda bulunduğu bildirilmiştir. Bir diğer çalışmada ise toplam fenolik madde içerikleri 392.70-926.90 mg GAE/100g aralığında olan sindirilmemiş polen örneklerinin mide ve bağırsak sindirimlerinden sonra toplam fenolik madde içeriklerinin sırasıyla 62.70-107.70 ve 37.20-72.30 mg GAE/100g aralıklarında değiştiği ve sindirim aşamaları ile birlikte polen örneklerinin toplam fenolik ve flavonoid madde içeriklerinin azaldığı rapor edilmiştir (Özkan vd. 2018). Yeşiltas vd. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada ise bu tez çalışması ile de uyumlu ancak Özkan vd. (2018) tarafından bildirilen sonucun aksine bir durum bildirilmiş ve mide sindirimine göre bağırsak sindiriminden sonra polen örneklerinin fenolik ve flavonoid madde içeriklerinde artış olduğu ve bu durumun ise bağırsak fazında enzim uygulaması ve iki saat süren inkübasyon sonucunda açığa çıkan fenolik ve flavonoidlerin ekstrakte edilebilirliklerinin artmasından kaynaklanmış olabileceği belirtilmiştir. Sonuçlar arasındaki farklılıkların örneklerin kimyasal bileşimleri ve uygulanan sindirim koşullarındaki farklılıklardan kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

K1-3 ve A2-3 kodlu örneklerin sindirim sonunda biyoerişilebilir toplam fenolik madde miktarları diğer örnekler göre yüksek olduğundan bu örnekler sitotoksikite testi için de kullanılmıştır.

4.13.2.2. Polen örneklerinin *in vitro* sindirim aşamaları antioksidan aktivite analiz sonuçları

Polen örneklerinin ağız, mide ve bağırsak sindirim aşamalarına ait TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite analizi, varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.109, 4.110, 4.111 ve 4.112’de verilmiştir.

Çizelge 4.109. Polen örneklerinin ağız, mide ve bağırsak sindirim aşamalarına ait TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite analiz sonuçları (µmol TE/g)

Sindirim aşaması	Örnek	Örnekleme yılı	TEAC	Biyoerişilebilirlik (%)	CUPRAC	Biyoerişilebilirlik (%)
Ham polen	E1-1	1	212.36	-	172.17	-
	K1-3	1	292.54	-	289.80	-
	M1-3	1	189.16	-	104.79	-
	A2-3	2	133.49	-	40.85	-
	E2-2	2	68.34	-	56.52	-
	M2-3	2	287.60	-	207.12	-
Ağız	E1-1	1	10.04	4.76	15.63	9.09
	K1-3	1	8.46	2.90	18.01	6.26
	M1-3	1	9.43	5.03	13.81	13.19
	A2-3	2	5.42	4.06	21.12	51.77
	E2-2	2	14.17	20.73	32.75	57.93
	M2-3	2	10.10	3.52	20.54	9.92
Mide	E1-1	1	14.49	6.87	40.70	23.64
	K1-3	1	15.32	5.25	37.88	13.12
	M1-3	1	13.91	7.46	41.09	39.29
	A2-3	2	22.07	16.54	52.30	128.15
	E2-2	2	22.71	33.23	34.11	60.34
	M2-3	2	12.66	4.40	45.53	21.99
Bağırsak	E1-1	1	143.56	67.87	61.60	35.80
	K1-3	1	143.28	49.07	76.76	26.67
	M1-3	1	109.40	58.27	62.14	59.41
	A2-3	2	141.21	105.80	73.23	179.31
	E2-2	2	128.97	188.73	54.83	97.02
	M2-3	2	142.28	49.49	68.95	33.29

Çizelge 4.110. Polen örneklerinin sindirimlerinden elde edilen TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite ve antioksidan aktiviteye sahip bileşiklerin biyoerişilebilirlik değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	TEAC			Biyoerişilebilirlik	
	SD	KO	F	KO	F
Sindirim aşaması	3	101283.37	1782.73**	28450.89	5011.83**
Örnek	5	3952.63	69.57**	2578.73	454.26**
Sindirim aşaması*örnek	15	3919.50	68.99**	1219.81	214.88**
Hata	24	56.81		5.68	

Varyasyon kaynağı	CUPRAC			Biyoerişilebilirlik	
	SD	KO	F	KO	F
Sindirim aşaması	3	35670.62	913.76**	12535.67	3401.13**
Örnek	5	4631.96	118.65**	7393.74	2006.04**
Sindirim aşaması*örnek	15	4671.70	119.67**	1411.89	383.07**
Hata	24	39.04		3.69	

Çizelge 4.111. Polen örneklerinin TEAC antioksidan aktivite ve antioksidan madde biyoerişilebilirlik değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Örnekler	TEAC ($\mu\text{mol TE/g}$)			
	Ham örnek	Ağız	Mide	Bağırsak
E1-1	212.36 ^{Ba} ±13.54	10.04 ^{Bc} ±0.29	14.49 ^{Bc} ±0.90	143.56 ^{Ab} ±0.13
K1-3	292.54 ^{Aa} ±13.57	8.46 ^{Cc} ±0.32	15.32 ^{Bc} ±0.00	143.28 ^{Ab} ±0.80
M1-3	189.16 ^{Ba} ±16.91	9.43 ^{CBc} ±0.09	13.91 ^{Bc} ±1.07	109.40 ^{Cb} ±0.64
A2-3	133.49 ^{Cb} ±0.84	5.42 ^{Dd} ±0.16	22.07 ^{Ac} ±0.79	141.21 ^{Aa} ±1.96
E2-2	68.34 ^{Db} ±0.36	14.17 ^{Ad} ±0.58	22.71 ^{Ac} ±0.77	128.97 ^{Ba} ±1.61
M2-3	287.60 ^{Aa} ±3.91	10.10 ^{Bc} ±0.20	12.66 ^{Bc} ±0.35	142.28 ^{Ab} ±1.05
Sindirim Genel Ortalama	197.25 ^a ±24.27	9.60 ^d ±0.79	16.86 ^c ±1.22	134.78 ^b ±3.76

Örnekler	Biyoerişilebilirlik (%)			
	Ham örnek	Ağız	Mide	Bağırsak
E1-1	100.00 ^{Aa} ±0.00	4.76 ^{CBc} ±0.44	6.87 ^{Cc} ±0.86	67.87 ^{Cb} ±4.27
K1-3	100.00 ^{Aa} ±0.00	2.90 ^{Dc} ±0.03	5.25 ^{Cc} ±0.25	49.07 ^{Db} ±2.00
M1-3	100.00 ^{Aa} ±0.00	5.03 ^{Bc} ±0.50	7.46 ^{Cc} ±1.23	58.27 ^{DCb} ±4.87
A2-3	100.00 ^{Ab} ±0.00	4.06 ^{DCBd} ±0.14	16.54 ^{Bc} ±0.70	105.80 ^{Ba} ±2.13
E2-2	100.00 ^{Ab} ±0.00	20.73 ^{Ad} ±0.74	33.23 ^{Ac} ±1.29	188.73 ^{Aa} ±3.34
M2-3	100.00 ^{Aa} ±0.00	3.52 ^{DCc} ±0.12	4.40 ^{Cc} ±0.06	49.49 ^{Db} ±1.04
Sindirim Genel Ortalama	100.00 ^a ±0.00	6.83 ^d ±1.89	12.29 ^c ±3.08	86.54 ^b ±14.98

Çizelge 4.112. Polen örneklerinin CUPRAC antioksidan aktivite ve antioksidan madde biyoerişilebilirlik değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Örnekler	CUPRAC ($\mu\text{mol TE/g}$)			
	Ham örnek	Ağız	Mide	Bağırsak
E1-1	172.17 ^{Ca} ±3.57	15.63 ^{Dd} ±0.55	40.70 ^{Cc} ±0.93	61.60 ^{Cb} ±0.52
K1-3	289.80 ^{Aa} ±20.55	18.01 ^{Cc} ±0.66	37.88 ^{Dcb} ±1.00	76.76 ^{Ab} ±2.03
M1-3	104.79 ^{Da} ±3.54	13.81 ^{Ed} ±0.04	41.09 ^{Cc} ±0.83	62.14 ^{Cb} ±1.27
A2-3	40.85 ^{Ec} ±1.44	21.12 ^{Bd} ±0.01	52.30 ^{Ab} ±0.58	73.23 ^{BAa} ±2.28
E2-2	56.52 ^{Ea} ±0.38	32.75 ^{Ab} ±0.29	34.11 ^{Eb} ±0.45	54.83 ^{Da} ±0.95
M2-3	207.12 ^{Ba} ±1.20	20.54 ^{Bd} ±0.09	45.53 ^{Bc} ±0.75	68.95 ^{Bb} ±0.85
Sindirim Genel Ortalama	145.21 ^a ±26.49	20.31 ^d ±1.85	41.93 ^c ±1.76	66.25 ^b ±2.30

Örnekler	Biyoerişilebilirlik (%)			
	Ham örnek	Ağız	Mide	Bağırsak
E1-1	100.00 ^{Aa} ±0.00	9.09 ^{EDd} ±0.51	23.64 ^{Dc} ±0.05	35.80 ^{Db} ±1.04
K1-3	100.00 ^{Aa} ±0.00	6.26 ^{Ed} ±0.67	13.12 ^{Ec} ±0.59	26.67 ^{Eb} ±2.59
M1-3	100.00 ^{Aa} ±0.00	13.19 ^{Cd} ±0.48	39.29 ^{Cc} ±2.12	59.41 ^{Cb} ±3.21
A2-3	100.00 ^{Ac} ±0.00	51.77 ^{Bd} ±1.80	128.15 ^{Ab} ±3.10	179.31 ^{Aa} ±0.74
E2-2	100.00 ^{Aa} ±0.00	57.93 ^{Ab} ±0.11	60.34 ^{Bb} ±1.19	97.02 ^{Ba} ±2.34
M2-3	100.00 ^{Aa} ±0.00	9.92 ^{Dd} ±0.10	21.99 ^{Dc} ±0.24	33.29 ^{EDb} ±0.22
Sindirim Genel Ortalama	100.00 ^a ±0.00	24.69 ^d ±6.49	47.75 ^c ±11.78	71.92 ^b ±16.14

Varyans analizi sonuçlarına göre örnekler ve sindirim aşamaları arasındaki farklılıkların polen örneklerinin TEAC ve CUPRAC antioksidan aktiviteleri ve antioksidan aktivite gösteren bileşiklerin biyoerişilebilirlik değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde sindirim sonunda E1-1, K1-3, A2-3 ve M2-3 kodlu örneklerin TEAC antioksidan aktivite değerlerinin ve K1-3 ve A2-3 kodlu örneklerin ise CUPRAC antioksidan aktivite değerlerinin diğer örneklerle göre daha yüksek olduğu, sindirim aşamalarında örneklerin birbirlerine göre antioksidan aktivite değerleri değişmekle birlikte ilerleyen sindirim aşamalarında toplam fenolik ve flavonoid madde analiz sonuçlarına da paralel olarak antioksidan aktivitenin arttığı belirlenmiştir.

Elde edilen analiz sonuçları incelendiğinde A2-3 ve E2-2 kodlu örnekler haricindeki sindirilmiş polen örneklerinin TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite değerlerinin ham polen örneklerine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durumun örnek bileşiminde bulunan bileşiklerde meydana gelen değişimler veya sindirim ile birlikte açığa çıkan bileşikler ile bunların yarattıkları sinerjik etkilerden kaynaklanabileceği değerlendirilmiştir. Bridi vd. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada sindirilmiş polen örneklerinin ORAC antioksidan aktivite değerlerinin ham polen örneklerine göre daha düşük olduğu ve sindirim aşamaları arasında ise en yüksek antioksidan aktivitenin bağırsak sindirim aşamasında tespit edildiği bildirilmiştir. Dülger-

Altınır vd. (2020) tarafından ABTS, CUPRAC ve DPPH antioksidan aktivite yöntemleri kullanılarak yapılan bir araştırmada ise sindirim sonunda polen örneklerinde bulunan antioksidan bileşiklerin biyoerişilebilirliklerinin sırasıyla %22.47-65.28, %7.54-95.76 ve 4.59-26.07 olduğu ve yöntemler arası gözlenen farklılıkların polen örneklerinin kimyasal bileşimindeki çeşitlilik ve her yöntemin biyoaktif bileşiklere karşı gösterdiği farklı duyarlılık düzeyleri ile ilişkili olabileceği bildirilmiştir. Bu araştırmada ise A2-3 kodlu örnek haricindeki örneklerin sindirim ile açığa çıkan ve/veya kimyasal değişime uğrayan biyoaktif bileşiklerin bakır radikale karşı daha az duyarlı oldukları ve bu nedenle CUPRAC yöntemi ile ölçülen antioksidan aktivite değişiminin daha düşük olarak belirlendiği değerlendirilmiştir.

4.13.2.3. Polen örneklerinin *in vitro* sindirim aşamaları fenolik bileşik kompozisyonu analiz sonuçları

Polen örneklerinin *in vitro* sindirim aşamalarına ait fenolik bileşik kompozisyonu analiz sonuçları sırasıyla Çizelge 4.113'te, varyans analizi sonuçları Çizelge 4.114'te ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.115'te verilmiştir.

Çizelge 4.113. Polen örneklerinin ağız, mide ve bağırsak sindirim aşamalarına ait fenolik bileşik kompozisyonu analiz sonuçları (mg/100g)

Sindirim aşaması	Örnek	Gallik asit	Metil-3,4,5-trihidroksibenzoat	Vanilik asit	Siringik asit	Hesperidin	Trans sinnamik asit	Naringenin	Kafeik asit	p-kumarik asit	Ferulik asit	Pinosembrin	Rutin	Mirisetin	Kuersetin	Luteolin	Kaempferol
Ham	E1-1	t.e.	4.37	t.e.	t.e.	t.e.	7.93	t.e.	t.e.	4.50	t.e.	t.e.	14.77	t.e.	5.94	t.e.	9.71
Ağız		7.08	2.72	t.e.	t.e.	t.e.	1.57	t.e.	t.e.	1.91	t.e.	t.e.	3.76	t.e.	2.00	t.e.	5.46
Mide		43.24	4.42	t.e.	t.e.	t.e.	4.26	t.e.	t.e.	3.98	t.e.	t.e.	8.73	t.e.	0.75	t.e.	t.e.
Bağırsak		55.69	94.99	t.e.	t.e.	t.e.	6.27	t.e.	t.e.	5.95	t.e.	t.e.	9.04	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Ham	K1-3	t.e.	8.48	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	3.96	t.e.	t.e.	29.89	t.e.	8.87	36.87	t.e.
Ağız		6.95	4.94	t.e.	t.e.	t.e.	1.41	t.e.	t.e.	1.67	t.e.	t.e.	11.10	t.e.	1.58	2.80	5.12
Mide		11.58	18.24	t.e.	t.e.	t.e.	5.68	t.e.	t.e.	2.61	t.e.	t.e.	33.79	t.e.	0.34	24.99	2.14
Bağırsak		33.17	78.52	t.e.	t.e.	t.e.	9.79	t.e.	t.e.	7.35	t.e.	t.e.	28.19	t.e.	t.e.	5.70	t.e.
Ham	M1-3	t.e.	6.71	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	8.65	4.32	10.60	t.e.	26.04	t.e.	8.12	13.00	t.e.
Ağız		6.71	5.44	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	7.72	1.73	3.17	t.e.	10.46	t.e.	1.18	1.80	t.e.
Mide		12.19	8.55	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	5.12	2.85	1.27	t.e.	26.11	t.e.	0.39	40.56	t.e.
Bağırsak		30.66	79.91	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	3.83	5.00	6.72	t.e.	35.06	t.e.	t.e.	5.48	t.e.
Ham	A2-3	27.49	7.59	9.31	4.74	32.15	24.65	t.e.	1.84	7.74	t.e.	74.26	36.79	t.e.	t.e.	25.81	3.72
Ağız		23.74	3.09	5.05	2.41	2.07	4.26	t.e.	1.27	5.31	t.e.	25.19	11.00	t.e.	t.e.	1.46	3.44
Mide		38.65	6.60	11.16	6.18	11.41	15.96	t.e.	0.85	9.88	t.e.	88.94	20.67	t.e.	t.e.	13.57	t.e.
Bağırsak		57.26	108.77	33.65	t.e.	17.01	24.83	t.e.	0.53	12.13	t.e.	111.23	19.90	t.e.	t.e.	41.32	t.e.
Ham	E2-2	t.e.	9.43	5.85	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	2.55	t.e.	t.e.	39.06	11.25	26.33	t.e.	7.44
Ağız		6.84	12.04	6.40	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	1.25	t.e.	t.e.	8.67	9.09	29.06	t.e.	6.86
Mide		12.72	11.67	7.20	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	1.29	t.e.	t.e.	64.47	19.08	39.22	t.e.	t.e.
Bağırsak		36.51	66.12	32.51	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	3.28	t.e.	t.e.	42.79	18.70	4.93	t.e.	t.e.
Ham	M2-3	t.e.	20.31	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	35.44	1.72	4.54	t.e.	t.e.	73.56	t.e.	6.43	31.31	t.e.
Ağız		7.06	1.96	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.36	1.77	1.55	t.e.	t.e.	10.08	t.e.	3.86	1.18	t.e.
Mide		7.95	8.85	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	7.51	6.23	4.50	t.e.	t.e.	30.21	t.e.	6.14	62.51	t.e.
Bağırsak		33.48	66.66	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	8.50	5.52	7.28	t.e.	t.e.	28.10	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.

t.e. : tespit edilemedi

Çizelge 4.114. Polen örneklerinin sindirimlerinden elde edilen fenolik bileşik kompozisyonu değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	<i>Gallik asit</i>			<i>Metil-3,4,5-trihidroksibenzoat</i>		<i>Vanilik asit</i>		<i>Siringik asit</i>	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Sindirim aşaması	3	3150.61	15109.20**	16668.70	21597.30**	220.84	16968.40**	2.45	31757.60**
Örnek	5	840.49	4030.66**	55.86	72.37**	414.14	31821.20**	14.80	191952.00**
Sindirim aşaması*örnek	15	93.48	448.31**	211.75	274.36**	89.52	6878.28**	2.45	31757.6.00**
Hata	24	0.21		0.77		0.01		0.00	
	<i>Hesperidin</i>			<i>Trans sinnamik asit</i>		<i>Naringenin</i>		<i>Kafeik asit</i>	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Sindirim aşaması	3	52.80	5396.65**	68.36	1292.01**	79.32	17165.80**	0.44	82.08**
Örnek	5	326.56	33379.6**	364.89	6896.34**	223.78	48427.60**	55.51	10396.50**
Sindirim aşaması*örnek	15	52.80	5396.65**	34.34	658.35**	79.32	17165.80**	4.36	815.72**
Hata	24	0.01		0.05		0.01		0.01	
	<i>p-kumarik asit</i>			<i>Ferulik asit</i>		<i>Pinosembrin</i>		<i>Rutin</i>	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Sindirim aşaması	3	42.65	4134.35**	5.65	3115.70**	443.17	2888.14**	1681.01	13567.50**
Örnek	5	40.91	3964.97**	39.46	21770.0**	7480.26	48749.20**	890.89	7190.39**
Sindirim aşaması*örnek	15	1.92	185.79**	5.65	3115.70**	443.17	2888.14**	301.55	2433.80**
Hata	24	0.01		0.00		0.15		0.12	
	<i>Mirisetin</i>			<i>Kuersetin</i>		<i>Luteolin</i>		<i>Kaempferol</i>	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Sindirim aşaması	3	8.71	637.83**	163.42	8257.63**	1171.72	7039.63**	43.86	4821.69**
Örnek	5	281.54	20616.4**	694.66	35102.50**	858.36	5156.99**	21.75	2391.61**
Sindirim aşaması*örnek	15	8.71	637.83**	69.50	3512.15**	460.89	2769.01**	11.00	1209.72**
Hata	24	0.01		0.02		0.17		0.01	

Çizelge 4.115. Polen örneklerinin sindirimlerinden elde edilen fenolik bileşik kompozisyonu değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları (mg/100g)

Örnek kodu	E1-1				K1-3			
Sindirim aşaması	Ham	Ağız	Mide	Bağırsak	Ham	Ağız	Mide	Bağırsak
Gallik Asit	0.00 ^d ± 0.00	7.08 ^c ± 0.11	43.24 ^b ± 0.03	55.69 ^a ± 0.22	0.00 ^d ± 0.00	6.95 ^c ± 0.11	11.58 ^b ± 0.19	33.17 ^a ± 0.19
Metil-3,4,5-trihidroksibenzoat	4.37 ^b ± 0.17	2.72 ^c ± 0.01	4.42 ^b ± 0.07	94.99 ^a ± 0.82	8.48 ^c ± 0.08	4.94 ^d ± 0.07	18.24 ^b ± 0.16	78.52 ^a ± 0.06
Vanilik asit	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Siringik asit	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Hesperidin	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Trans sinnamik asit	7.93 ^a ± 0.00	1.57 ^d ± 0.01	4.26 ^c ± 0.00	6.27 ^b ± 0.01	0.00 ^d ± 0.00	1.41 ^c ± 0.01	5.68 ^b ± 0.06	9.79 ^a ± 0.07
Naringenin	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Kafeik asit	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
p-kumarik asit	4.50 ^b ± 0.05	1.91 ^d ± 0.05	3.98 ^c ± 0.01	5.95 ^a ± 0.02	3.96 ^b ± 0.12	1.67 ^d ± 0.01	2.61 ^c ± 0.02	7.35 ^a ± 0.12
Ferulik asit	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Pinosembrin	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Rutin	14.77 ^a ± 0.12	3.76 ^c ± 0.13	8.73 ^b ± 0.16	9.04 ^b ± 0.14	29.89 ^b ± 0.30	11.10 ^d ± 0.01	33.79 ^a ± 0.13	28.19 ^c ± 0.58
Mirisetin	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Kuersetin	5.94 ^a ± 0.02	2.00 ^b ± 0.09	0.75 ^c ± 0.19	0.00 ^d ± 0.00	8.87 ^a ± 0.03	1.58 ^b ± 0.02	0.34 ^c ± 0.01	0.00 ^d ± 0.00
Luteolin	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	36.87 ^a ± 0.07	2.80 ^d ± 0.02	24.99 ^b ± 0.21	5.70 ^c ± 0.11
Kaempferol	9.71 ^a ± 0.13	5.46 ^b ± 0.01	0.00 ^c ± 0.00	0.00 ^c ± 0.00	0.00 ^c ± 0.00	5.12 ^a ± 0.04	2.14 ^b ± 0.08	0.00 ^c ± 0.00
Örnek kodu	M1-3				A2-3			
Sindirim aşaması	Ham	Ağız	Mide	Bağırsak	Ham	Ağız	Mide	Bağırsak
Gallik Asit	0.00 ^d ± 0.00	6.71 ^c ± 0.01	12.19 ^b ± 0.02	30.66 ^a ± 0.95	27.49 ^c ± 0.63	23.74 ^d ± 0.38	38.65 ^b ± 0.59	57.26 ^a ± 0.02
Metil-3,4,5-trihidroksibenzoat	6.71 ^c ± 0.14	5.44 ^d ± 0.02	8.55 ^b ± 0.18	79.91 ^a ± 0.16	7.59 ^b ± 0.19	3.09 ^b ± 0.14	6.60 ^b ± 0.04	108.77 ^a ± 2.74
Vanilik asit	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	9.31 ^c ± 0.01	5.05 ^d ± 0.13	11.16 ^b ± 0.11	33.65 ^a ± 0.17
Siringik asit	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	4.74 ^b ± 0.01	2.41 ^c ± 0.03	6.18 ^a ± 0.00	0.00 ^d ± 0.00
Hesperidin	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	32.15 ^a ± 0.03	2.07 ^d ± 0.11	11.41 ^c ± 0.12	17.01 ^b ± 0.30
Trans sinnamik asit	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	24.65 ^a ± 0.42	4.26 ^c ± 0.02	15.96 ^b ± 0.41	24.83 ^a ± 0.54
Naringenin	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Kafeik asit	8.65 ^a ± 0.13	7.72 ^b ± 0.19	5.12 ^c ± 0.07	3.83 ^d ± 0.07	1.84 ^a ± 0.02	1.27 ^b ± 0.04	0.85 ^c ± 0.01	0.53 ^d ± 0.03
p-kumarik asit	4.32 ^b ± 0.05	1.73 ^d ± 0.03	2.85 ^c ± 0.07	5.00 ^a ± 0.09	7.74 ^c ± 0.09	5.31 ^d ± 0.02	9.88 ^b ± 0.20	12.13 ^a ± 0.07
Ferulik asit	10.60 ^a ± 0.06	3.17 ^c ± 0.01	1.27 ^d ± 0.04	6.72 ^b ± 0.13	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Pinosembrin	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	74.26 ^c ± 0.84	25.19 ^d ± 0.17	88.94 ^b ± 0.44	111.23 ^a ± 0.96
Rutin	26.04 ^b ± 0.24	10.46 ^c ± 0.28	26.11 ^b ± 0.37	35.06 ^a ± 0.08	36.79 ^a ± 0.04	11.00 ^d ± 0.04	20.67 ^b ± 0.06	19.90 ^c ± 0.04
Mirisetin	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Kuersetin	8.12 ^a ± 0.02	1.18 ^b ± 0.03	0.39 ^c ± 0.03	0.00 ^d ± 0.00	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Luteolin	13.00 ^b ± 0.63	1.80 ^d ± 0.02	40.56 ^a ± 0.10	5.48 ^c ± 0.05	25.81 ^b ± 0.93	1.46 ^d ± 0.08	13.57 ^c ± 0.52	41.32 ^a ± 0.02
Kaempferol	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	3.72 ^a ± 0.07	3.44 ^a ± 0.22	0.00 ^b ± 0.00	0.00 ^b ± 0.00

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.115'in devamı

Örnek kodu	E2-2				M2-3			
Sindirim aşaması	Ham	Ağız	Mide	Bağırsak	Ham	Ağız	Mide	Bağırsak
<i>Gallik Asit</i>	0.00 ^d ± 0.00	6.84 ^c ± 0.03	12.72 ^b ± 0.26	36.51 ^a ± 0.34	0.00 ^c ± 0.00	7.06 ^b ± 0.18	7.95 ^b ±0.01	33.48 ^a ± 0.61
<i>Metil-3,4,5-trihidroksibenzoat</i>	9.43 ^c ± 0.14	12.04 ^b ± 0.01	11.67 ^b ± 0.04	66.12 ^a ± 0.46	20.31 ^b ± 0.10	1.96 ^d ± 0.06	8.85 ^c ±0.06	66.66 ^a ± 0.80
<i>Vanilik asit</i>	t.e. ± 0.03	t.e. ± 0.18	t.e. ± 0.01	t.e. ± 0.26	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Siringik asit</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Hesperidin</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Trans sinnamik asit</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Naringenin</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	35.44 ^a ± 0.19	0.36 ^d ± 0.01	7.51 ^c ±0.13	8.50 ^b ± 0.07
<i>Kafeik asit</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	1.72 ^c ± 0.03	1.77 ^c ± 0.01	6.23 ^a ±0.04	5.52 ^b ± 0.00
<i>p-kumarik asit</i>	2.55 ^b ± 0.01	1.25 ^c ± 0.02	1.29 ^c ± 0.00	3.28 ^a ± 0.01	4.54 ^b ± 0.12	1.55 ^c ± 0.08	4.50 ^b ±0.02	7.28 ^a ± 0.05
<i>Ferulik asit</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Pinosembrin</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Rutin</i>	39.06 ^c ± 0.29	8.67 ^d ± 0.35	64.47 ^a ± 0.34	42.79 ^b ± 0.42	73.56 ^a ± 0.45	10.08 ^d ± 0.02	30.21 ^b ±0.02	28.10 ^c ± 0.07
<i>Mirisetin</i>	11.25 ^b ± 0.04	9.09 ^c ± 0.26	19.08 ^a ± 0.07	18.70 ^a ± 0.31	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Kuersetin</i>	26.33 ^c ± 0.02	29.06 ^b ± 0.23	39.22 ^a ± 0.19	4.93 ^d ± 0.01	6.43 ^a ± 0.14	3.86 ^b ± 0.05	6.14 ^a ±0.29	0.00 ^c ± 0.00
<i>Luteolin</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	31.31 ^b ± 0.61	1.18 ^c ± 0.01	62.51 ^a ±0.14	0.00 ^c ± 0.00
<i>Kaempferol</i>	7.44 ^a ± 0.19	6.86 ^b ± 0.01	0.00 ^c ± 0.00	0.00 ^c ± 0.00	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.

t.e. : tespit edilemedi

Varyans analizi sonuçlarına göre sindirim aşamaları ve örnekler arasındaki farklılıkların polen örneklerinin gallik asit, metil-3,4,5-trihidroksibenzoat, vanilik asit, siringik asit, hesperidin, trans sinamik asit, naringenin, kafeik asit, *p*-kumarik asit, ferulik asit, pinosembrin, rutin, mirisetin, kuersetin, luteolin ve kaempferol içerikleri üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde sindirim aşamalarında örneklerin fenolik bileşik kompozisyonları ve miktarlarının değiştiği tespit edilmiştir. Örneğe göre farklılık göstermekle birlikte bazı bileşiklerin sindirim ilerledikçe miktarlarında artış veya azalış meydana geldiği belirlenmiştir. Gallik asit, metil-3,4,5-trihidroksibenzoat, vanilik asit, trans sinamik asit, hesperidin, naringenin, *p*-kumarik asit, ferulik asit ve pinosembrin miktarlarının sindirim ilerledikçe arttığı, ancak siringik asit, kafeik asit, kuersetin ve kaempferol fenolik bileşiklerinin tespit edildiği tüm örneklerde sindirim ilerledikçe bu bileşiklerin miktarlarının azaldığı ve hatta kaempferol bileşiğinin bağırsak aşamasında tespit edilemediği belirlenmiştir. Bazı ham örneklerde belirlenemeyen gallik asit bileşiğinin sindirimdeki pH ve iyon değişimlerine bağlı olarak sindirim uygulaması ile birlikte oluşabildiği değerlendirilmiştir. Ayrıca sindirim uygulanmış örnekler için gallik asit, metil-3,4,5-trihidroksibenzoat, vanilik asit, *p*-kumarik asit, pinosembrin ve mirisetin miktarlarının sindirilmemiş örnekler için daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Portekiz’de farklı arı kovanlarından toplanan üç farklı arı poleni örneğinin (*Plantaginaceae*, *Asteraceae* ve *Fabaceae*) ağız, mide ve bağırsak *in vitro* sindirim aşamalarındaki fenolik bileşik kompozisyonlarının araştırıldığı bir çalışmada polen örneklerinin fenolik bileşik içeriklerinin ağız ve mide sindirimlerinde düştüğü, bağırsak fazında ise *Plantaginaceae* ve *Fabaceae* polenlerinin fenolik bileşik içeriklerinin bir miktar arttığı ancak *Asteraceae* poleninde bir değişim gözlenmediği bildirilmiştir (Aylanc vd. 2021).

Bridi vd. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada polen örneğinin kuersetin ve mirisetin içeriklerinin sindirim ilerledikçe arttığı, sindirilmemiş polen örneklerinin kuersetin değerlerinin 3.67, 17.84 ve 54.92 mg/100g olduğu ve bu değerlerin sindirim sonunda sırasıyla 2.25, 4.95 ve 8.52 mg/100g miktarlarına düştüğü ve sindirilmemiş örneklerde 14.49, 16.25 ve 40.58 mg/100g olarak bildirilen mirisetin içeriklerinin ise sindirim sonunda sırasıyla 21.43, 13.79 ve 36.18 mg/100g değerleri ile birbirine yakın veya daha yüksek olduğu rapor edilmiştir. Mirisetin bileşiği için gözlenen bu durumun bazı kompleks bileşiklerin glikozitlerinden aglikon formuna hidrolizi ile ilgili olabileceği belirtilmiştir (Bridi vd. 2022; Chait vd. 2020). Tez çalışmasında ise kuersetin tespit edilen polen örneklerinin (E1-1, K1-3, M1-3, E2-2 ve M2-3) dördünde sindirim sonunda kuersetin bileşiği tespit edilememiş, E2-2 kodlu polen örneğinde ise sindirim öncesi 26.33 mg/100g olarak tespit edilen kuersetin miktarının sindirim sonunda 4.93 mg/100g değerine düştüğü belirlenmiştir. Mirisetin bileşiğine ait bulgular incelendiğinde ise E2-2 kodlu örnekte başlangıçta 11.25 mg/100g olarak belirlenen mirisetin içeriğinde sindirim sonunda 18.70 mg/100g ile bir artış olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bulguların genel olarak literatürde bildirilen bu araştırma ile uyumlu olduğu değerlendirilmiştir.

Sindirim aşamalarının fenolik bileşikler üzerinde gösterdiği farklı etkilerin fenolik bileşiklerin basit kimyasal yapılardan daha kompleks yüksek polimerize moleküllere kadar değişebilen kimyasal yapı farklılıkları ile sindirim aşamalarında

uygulanan farklı koşulların (enzim aktivitesi ve/veya pH değişiklikleri) fenolik bileşiklerde neden olduğu hidroksilasyon, metilasyon, izoprenilasyon, dimerizasyon ve glikozilasyon gibi değişikliklere bağlı olabileceği bildirilmiş olup (Aylanc 2021), gallik ve *p*-kumarik asitler gibi bazı fenolik asitlerin mide ortamı gibi asidik bir ortamda salınırken, naringenin, kuersetin-ramnozid ve mirisetin-ramnozid gibi bazı flavonoidlerin ise bu ortamda hidrolize olduğu rapor edilmiştir (Bridi vd. 2022; Ydjedd vd. 2017).

4.13.3. Propolis örneklerinin *in vitro* sindirim aşamaları analiz sonuçları

4.13.3.1. Propolis örneklerinin *in vitro* sindirim aşamaları toplam fenolik ve flavonoid madde analiz sonuçları

Propolis örneklerinin ağız, mide ve bağırsak sindirim aşamalarına ait toplam fenolik ve flavonoid madde içerikleri analizi, varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.116, 4.117, 4.118 ve 4.119'da verilmiştir.

Çizelge 4.116. Propolis örneklerinin ağız, mide ve bağırsak sindirim aşamalarına ait toplam fenolik ve flavonoid madde içerikleri analiz sonuçları

Sindirim aşaması	Örnek	Örnekleme yılı	Fenolik madde	Biyoerişilebilirlik (%)	Flavonoid madde	Biyoerişilebilirlik (%)
Ham propolis	D1-2	1	11988.33	-	7354.20	-
	İ1-4	1	11073.31	-	7348.95	-
	K1-3	1	10652.07	-	6399.80	-
	D2-3	2	24669.80	-	6268.25	-
	K2-2	2	25999.87	-	6399.04	-
	M2-3	2	22198.47	-	7583.41	-
Ağız	D1-2	1	69.96	0.59	8.67	0.12
	İ1-4	1	85.37	0.78	8.37	0.11
	K1-3	1	8.82	0.08	1.32	0.02
	D2-3	2	49.22	0.20	6.24	0.10
	K2-2	2	22.35	0.09	2.47	0.04
	M2-3	2	34.44	0.16	4.76	0.06
Mide	D1-2	1	723.77	6.06	39.24	0.54
	İ1-4	1	846.32	7.64	63.17	0.86
	K1-3	1	471.63	4.43	5.17	0.08
	D2-3	2	680.35	2.77	52.16	0.84
	K2-2	2	508.71	1.96	34.13	0.54
	M2-3	2	676.79	3.05	40.02	0.53
Bağırsak	D1-2	1	5980.66	50.12	2269.03	30.85
	İ1-4	1	6375.93	57.61	2071.29	28.19
	K1-3	1	4512.75	42.34	801.01	12.52
	D2-3	2	6073.43	24.65	2150.53	34.31
	K2-2	2	4466.86	17.18	1292.34	20.20
	M2-3	2	3413.08	15.37	1332.41	17.57

Çizelge 4.117. Propolis örneklerinin sindirimlerinden elde edilen toplam fenolik ve flavonoid madde ve bu bileşiklerin biyoerişilebilirlik değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Toplam fenolik madde			Biyoerişilebilirlik	
	SD	KO	F	KO	F
Sindirim aşaması	3	812631870.00	6318.55**	25478.88	15606.40**
Örnek	5	23803748.00	185.08**	204.53	125.28**
Sindirim aşaması*örnek	15	28188519.00	219.18**	148.66	91.06**
Hata	24	128611.00		1.63	

Varyasyon kaynağı	Toplam flavonoid madde			Biyoerişilebilirlik	
	SD	KO	F	KO	F
Sindirim aşaması	3	127170126.40	33593.00**	26774.28	1335098.00**
Örnek	5	478706.80	126.45**	38.16	1902.61**
Sindirim aşaması*örnek	15	312103.50	82.44**	35.13	1751.84**
Hata	24	3785.60		0.02	

Çizelge 4.118. Propolis örneklerinin toplam fenolik madde ve biyoerişilebilirlik değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Örnekler	Toplam fenolik madde (mg GAE/100g)			
	Ham örnek	Ağız	Mide	Bağırsak
D1-2	11988.33 ^{Ca} ±729.58	69.96 ^{Bc} ± 1.43	723.77 ^{Bc} ±2.10	5980.66 ^{Ab} ±83.03
İ1-4	11073.31 ^{Ca} ±174.92	85.37 ^{Ad} ± 0.36	846.32 ^{Ac} ±17.84	6375.93 ^{Ab} ±115.39
K1-3	10652.07 ^{Ca} ±356.10	8.82 ^{Fc} ± 0.12	471.63 ^{Cc} ±3.88	4512.75 ^{Bb} ±230.27
D2-3	24669.80 ^{Aa} ±787.28	49.22 ^{Cc} ± 0.41	680.35 ^{Bc} ±13.48	6073.43 ^{Ab} ±42.87
K2-2	25999.87 ^{Aa} ±193.11	22.35 ^{Ed} ± 1.22	508.71 ^{Cc} ±10.32	4466.86 ^{Bb} ±65.39
M2-3	22198.47 ^{Ba} ±318.99	34.44 ^{Dc} ± 0.26	676.79 ^{Bc} ±34.98	3413.08 ^{Cb} ±116.59
Sindirim Genel Ortalama	17763.64 ^a ±2005.05	45.02 ^d ±7.98	651.26 ^c ±38.78	5137.12 ^b ±326.30

Örnekler	Biyoerişilebilirlik (%)			
	Ham örnek	Ağız	Mide	Bağırsak
D1-2	100.00 ^{Aa} ±0.00	0.59 ^{Bc} ± 0.03	6.06 ^{Bc} ±0.35	50.12 ^{Bb} ±3.75
İ1-4	100.00 ^{Aa} ±0.00	0.78 ^{Ad} ± 0.02	7.64 ^{Ac} ±0.04	57.61 ^{Ab} ±1.95
K1-3	100.00 ^{Aa} ±0.00	0.08 ^{Ed} ± 0.00	4.43 ^{Cc} ±0.11	42.34 ^{Cb} ±0.75
D2-3	100.00 ^{Aa} ±0.00	0.20 ^{Cd} ± 0.01	2.77 ^{Dc} ±0.15	24.65 ^{Db} ±0.96
K2-2	100.00 ^{Aa} ±0.00	0.09 ^{Ed} ± 0.01	1.96 ^{Ec} ±0.03	17.18 ^{Eb} ±0.12
M2-3	100.00 ^{Aa} ±0.00	0.16 ^{Dd} ± 0.01	3.05 ^{Dc} ±0.12	15.37 ^{Eb} ±0.31
Sindirim Genel Ortalama	100.00 ^a ±0.00	0.31 ^d ±0.08	4.32 ^c ±0.60	34.55 ^b ±4.96

Çizelge 4.119. Propolis örneklerinin toplam flavonoid madde ve biyoerişilebilirlik değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Örnekler	Toplam flavonoid madde (mg KE/100g)			
	Ham örnek	Ağız	Mide	Bağırsak
D1-2	7354.20 ^{Aa} ±16.25	8.67 ^{Ac} ± 0.03	39.24 ^{Cc} ±0.39	2269.03 ^{Ab} ±15.48
İ1-4	7348.95 ^{Aa} ±45.28	8.37 ^{Bc} ± 0.07	63.17 ^{Ac} ±0.83	2071.29 ^{Cb} ±2.23
K1-3	6399.80 ^{Ba} ±94.51	1.32 ^{Fc} ± 0.03	5.17 ^{Ec} ±0.04	801.01 ^{Eb} ±16.06
D2-3	6268.25 ^{Ba} ±99.27	6.24 ^{Cc} ± 0.01	52.16 ^{Bc} ±1.32	2150.53 ^{Bb} ±39.12
K2-2	6399.04 ^{Ba} ±62.50	2.47 ^{Ec} ± 0.17	34.13 ^{Dc} ±0.15	1292.34 ^{Db} ±3.31
M2-3	7583.41 ^{Aa} ±135.37	4.76 ^{Dc} ± 0.02	40.02 ^{Cc} ±0.16	1332.41 ^{Db} ±7.16
Sindirim Genel Ortalama	6892.28 ^a ±165.98	5.30 ^c ± 0.83	38.98 ^c ±5.41	1652.77 ^b ±163.43
Örnekler	Biyoerişilebilirlik (%)			
	Ham örnek	Ağız	Mide	Bağırsak
D1-2	100.00 ^{Aa} ±0.00	0.12 ^{Ac} ± 0.00	0.54 ^{Bc} ±0.01	30.85 ^{Bb} ±0.28
İ1-4	100.00 ^{Aa} ±0.00	0.11 ^{Bd} ± 0.00	0.86 ^{Ac} ±0.01	28.19 ^{Cb} ±0.21
K1-3	100.00 ^{Aa} ±0.00	0.02 ^{Fc} ± 0.00	0.08 ^{Cc} ±0.00	12.52 ^{Fb} ±0.07
D2-3	100.00 ^{Aa} ±0.00	0.10 ^{Cd} ± 0.00	0.84 ^{Ac} ±0.04	34.31 ^{Ab} ±0.08
K2-2	100.00 ^{Aa} ±0.00	0.04 ^{Ed} ± 0.00	0.54 ^{Bc} ±0.01	20.20 ^{Db} ±0.25
M2-3	100.00 ^{Aa} ±0.00	0.06 ^{Dd} ± 0.00	0.53 ^{Bc} ±0.01	17.57 ^{Eb} ±0.22
Sindirim Genel Ortalama	100.00 ^a ±0.00	0.08 ^d ± 0.01	0.56 ^c ±0.08	23.94 ^b ±2.33

Varyans analizi sonuçlarına göre sindirim aşamaları ve örnekler arasındaki farklılıkların propolis örneklerinin fenolik ve flavonoid madde içerikleri ve bu bileşenlerin biyoerişilebilirlik değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde sindirim sonunda D1-2, İ1-4 ve D2-3 kodlu örneklerin toplam fenolik madde ve ayrıca D1-2 kodlu örneğin ise toplam flavonoid madde içeriklerinin diğer örneklerle göre daha yüksek olduğu, sindirim aşamalarında örneklerin birbirlerine göre toplam fenolik ve flavonoid madde değerleri değişmekle birlikte ilerleyen sindirim aşamalarında bu bileşenlerin sindirim ortamındaki konsantrasyonlarının arttığı belirlenmiştir. Propolis örneklerinin ağız ve mide sindirimlerinden elde edilen sonuçların bağırsak sindirim sonuçlarına göre çok daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun propolisin reçine ve lipid içeriğinin yüksek olmasından ve bunların birbiri ile sıkı kompleks yapılar halinde bulunmasından kaynaklandığı ve sindirim aşamalarının ve süresinin ilerlemesi ile birlikte sindirim sıvıları ve içerdikleri enzimlerin örneğe daha yüksek oranda sirayet etmesine bağlı olarak sindirimin bağırsak aşamasında propolis örneğinden erişilebilir fenolik ve flavonoid madde içeriğinin arttığı değerlendirilmiştir. Literatürde sindirim sonundaki fenolik madde miktarındaki artışların bağırsak fazındaki enzim uygulaması ve inkübasyonu ile fenolik bileşiklerin ekstrakte edilebilirliklerindeki artışın bir sonucu olabileceği bildirilmiştir (Bouayed vd. 2011; Özdal vd. 2019). Yapılan bir çalışmada ağız, mide ve bağırsak sindirimleri sonucunda alınan propolis ekstraktlarının toplam fenolik madde

içeriklerinin sırasıyla 8.00-530.70, 48.50-1013.90 ve 99.40-5226.70 mg GAE/100g ve toplam flavonoid madde içeriklerinin ise sırasıyla 12.00-1805.70, 26.80-3088.50 ve 412.20-12029.80 mg KE/100g aralıklarında olduğu bildirilmiştir (Özdal vd. 2019). Yeşiltas vd. (2014) tarafından yapılan bir araştırmada da fenolik bileşiklerin biyoerişilebilirliklerinin sindirim ilerledikçe arttığı ve en yüksek fenolik ve flavonoid bileşik konsantrasyonlarının bağırsak sindirim ortamında tespit edildiği rapor edilmiştir.

Elde edilen analiz sonuçları incelendiğinde sindirilmiş propolis örneklerinin toplam fenolik ve flavonoid madde değerlerinin ham propolis örneklerine göre daha düşük olduğu ve fenolik bileşiklerin biyoerişilebilirliklerinin %35 ve flavonoid maddelerin biyoerişilebilirliklerinin ise %24 değerinin altında olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun temel olarak propolis örneklerinin sindirim sırasında su çözgeni içerisindeki düşük çözünürlüklerinden ve ayrıca sindirim koşullarının fenolik bileşiklerin stabilitelerinde ve kimyasal yapılarında meydana getirdiği değişimlerden kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Yeşiltas vd. (2014) ve Özdal vd. (2019) yaptıkları çalışmalarda ham propolis örneklerinin toplam fenolik ve flavonoid madde içeriklerinin sindirim sonucunda elde edilen karışımlardan daha yüksek olduğunu ve propolis örneklerinde bulunan bu bileşiklerin biyoerişilebilirliklerinin sınırlı olmasının suda çözünürlüklerinin düşük olmasından kaynaklandığını bildirmişlerdir. Ayrıca propolisin yapısında bulunan reçine ve mum gibi insan vücuduna alınması zor olan yüksek moleküler ağırlığa sahip bileşiklerin de düşük biyoerişilebilirliğe yol açabildiği rapor edilmiştir. Bu nedenle propolisin ham formda değil de biyoaktif bileşiklerinin ekstrakte edilerek tüketimi kolay ve biyolojik aktivitesi daha yüksek bir formda tüketilmesi tavsiye edilmektedir (Yeşiltas vd. 2014; Özdal vd. 2019).

İl-4 ve D2-3 kodlu örneklerin sindirim sonunda biyoerişilebilir toplam fenolik madde miktarları diğer örneklerle göre yüksek olduğundan bu örnekler sitotoksiste testi için de kullanılmıştır.

4.13.3.2. Propolis örneklerinin *in vitro* sindirim aşamaları antioksidan aktivite analiz sonuçları

Propolis örneklerinin ağız, mide ve bağırsak sindirim aşamalarına ait TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite analizi, varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.120, 4.121, 4.122 ve 4.123'te verilmiştir.

Çizelge 4.120. Propolis örneklerinin ağız, mide ve bağırsak sindirim aşamalarına ait TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite analiz sonuçları (µmol TE/g)

Sindirim aşaması	Örnek	Örnekleme yılı	TEAC	Biyoeişilebilirlik (%)	CUPRAC	Biyoeişilebilirlik (%)
Ham propolis	D1-2	1	3348.02	-	3248.78	-
	İ1-4	1	2515.91	-	2999.54	-
	K1-3	1	2312.91	-	987.56	-
	D2-3	2	6819.20	-	2026.94	-
	K2-2	2	5443.91	-	1576.97	-
	M2-3	2	8113.13	-	1996.15	-
Ağız	D1-2	1	3.73	0.11	7.49	0.23
	İ1-4	1	5.03	0.20	9.67	0.32
	K1-3	1	1.04	0.05	0.50	0.05
	D2-3	2	5.00	0.07	4.04	0.20
	K2-2	2	3.05	0.06	1.95	0.13
	M2-3	2	4.20	0.05	2.93	0.15
Mide	D1-2	1	24.88	0.74	51.27	1.58
	İ1-4	1	37.17	1.48	135.57	4.52
	K1-3	1	23.52	1.02	25.96	2.63
	D2-3	2	56.47	0.83	95.12	4.69
	K2-2	2	41.49	0.77	71.66	4.55
	M2-3	2	19.85	0.25	46.77	2.35
Bağırsak	D1-2	1	302.65	9.04	603.20	18.56
	İ1-4	1	649.04	25.80	1552.28	51.77
	K1-3	1	225.08	9.73	398.68	40.37
	D2-3	2	600.47	8.80	1224.34	60.41
	K2-2	2	438.75	8.07	928.77	58.93
	M2-3	2	384.80	4.74	644.30	32.28

Çizelge 4.121. Propolis örneklerinin sindirimlerinden elde edilen TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite ve antioksidan aktiviteye sahip bileşiklerin biyoeişilebilirlik değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	TEAC			Biyoeişilebilirlik	
	SD	KO	F	KO	F
Sindirim aşaması	3	63991148.00	10742.10**	27953.22	728265.00**
Örnek	5	3000271.50	503.65**	30.87	804.36**
Sindirim aşaması*örnek	15	2880925.90	483.62**	26.75	696.97**
Hata	24	5957.00		0.04	
Varyasyon kaynağı	CUPRAC			Biyoeişilebilirlik	
	SD	KO	F	KO	F
Sindirim aşaması	3	11857447.91	11033.80**	25999.38	78229.40**
Örnek	5	655639.58	610.09**	157.62	474.28**
Sindirim aşaması*örnek	15	393522.16	366.19**	128.62	387.02**
Hata	24	1074.65		0.33	

Çizelge 4.122. Propolis örneklerinin TEAC antioksidan aktivite ve antioksidan madde biyoerişilebilirlik değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Örnekler	TEAC ($\mu\text{mol TE/g}$)			
	Ham örnek	Ağız	Mide	Bağırsak
D1-2	3348.02 ^{Da} ±16.58	3.73 ^{Cc} ±0.04	24.88 ^{Cc} ±0.48	302.65 ^{Eb} ±1.04
İ1-4	2515.91 ^{Ea} ±9.79	5.03 ^{Ad} ±0.04	37.17 ^{Bc} ±1.00	649.04 ^{Ab} ±11.52
K1-3	2312.91 ^{Ea} ±24.08	1.04 ^{Ec} ±0.03	23.52 ^{Cc} ±0.73	225.08 ^{Fb} ±2.00
D2-3	6819.20 ^{Ba} ±102.91	5.00 ^{Ac} ±0.11	56.47 ^{Ac} ±3.06	600.47 ^{Bb} ±12.73
K2-2	5443.91 ^{Ca} ±223.76	3.05 ^{Db} ±0.04	41.49 ^{Bb} ±0.22	438.75 ^{Cb} ±1.15
M2-3	8113.13 ^{Aa} ±97.76	4.20 ^{Bc} ±0.08	19.85 ^{Cc} ±0.87	384.80 ^{Db} ±2.76
Sindirim Genel Ortalama	4758.85 ^a ±663.33	3.67 ^c ±0.41	33.90 ^c ±3.85	433.46 ^b ±45.66

Örnekler	Biyoerişilebilirlik (%)			
	Ham örnek	Ağız	Mide	Bağırsak
D1-2	100.00 ^{Aa} ±0.00	0.11 ^{Bd} ±0.00	0.74 ^{Cc} ±0.01	9.04 ^{CBb} ±0.01
İ1-4	100.00 ^{Aa} ±0.00	0.20 ^{Ad} ±0.00	1.48 ^{Ac} ±0.04	25.80 ^{Ab} ±0.56
K1-3	100.00 ^{Aa} ±0.00	0.05 ^{Dd} ±0.01	1.02 ^{Bc} ±0.04	9.73 ^{Bb} ±0.19
D2-3	100.00 ^{Aa} ±0.00	0.07 ^{Cd} ±0.00	0.83 ^{Cc} ±0.03	8.80 ^{CBb} ±0.06
K2-2	100.00 ^{Aa} ±0.00	0.06 ^{Dd} ±0.01	0.77 ^{Cc} ±0.03	8.07 ^{Cb} ±0.31
M2-3	100.00 ^{Aa} ±0.00	0.05 ^{Dd} ±0.00	0.25 ^{Dc} ±0.01	4.74 ^{Db} ±0.10
Sindirim Genel Ortalama	100.00 ^a ±0.00	0.09 ^d ±0.02	0.85 ^c ±0.11	11.03 ^b ±2.05

Çizelge 4.123. Propolis örneklerinin CUPRAC antioksidan aktivite ve antioksidan madde biyoerişilebilirlik değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Örnekler	CUPRAC ($\mu\text{mol TE/g}$)			
	Ham örnek	Ağız	Mide	Bağırsak
D1-2	3248.78 ^{Aa} ±13.67	7.49 ^{Bc} ±0.02	51.27 ^{Dc} ±2.63	603.20 ^{Db} ±23.93
İ1-4	2999.54 ^{Ba} ±40.57	9.67 ^{Ad} ±0.37	135.57 ^{Ac} ±3.61	1552.28 ^{Ab} ±11.55
K1-3	987.56 ^{Ea} ±3.67	0.50 ^{Fd} ±0.03	25.96 ^{Ec} ±1.60	398.68 ^{Eb} ±7.95
D2-3	2026.94 ^{Ca} ±69.23	4.04 ^{Cc} ±0.01	95.12 ^{Bc} ±5.90	1224.34 ^{Bb} ±38.84
K2-2	1576.97 ^{Da} ±48.61	1.95 ^{Ec} ±0.10	71.66 ^{Cc} ±0.22	928.77 ^{Cb} ±10.48
M2-3	1996.15 ^{Ca} ±37.06	2.93 ^{Dc} ±0.11	46.77 ^{Dc} ±1.14	644.30 ^{Db} ±8.64
Sindirim Genel Ortalama	2139.32 ^a ±235.40	4.43 ^d ±0.96	71.06 ^c ±10.88	891.93 ^b ±119.24

Örnekler	Biyoerişilebilirlik (%)			
	Ham örnek	Ağız	Mide	Bağırsak
D1-2	100.00 ^{Aa} ±0.00	0.23 ^{Bd} ±0.00	1.58 ^{Cc} ±0.09	18.56 ^{Eb} ±0.66
İ1-4	100.00 ^{Aa} ±0.00	0.32 ^{Ad} ±0.01	4.52 ^{Ac} ±0.18	51.77 ^{Bb} ±1.09
K1-3	100.00 ^{Aa} ±0.00	0.05 ^{Ed} ±0.00	2.63 ^{Bc} ±0.15	40.37 ^{Cb} ±0.96
D2-3	100.00 ^{Aa} ±0.00	0.20 ^{Cd} ±0.01	4.69 ^{Ac} ±0.13	60.41 ^{Ab} ±0.15
K2-2	100.00 ^{Aa} ±0.00	0.13 ^{Dd} ±0.01	4.55 ^{Ac} ±0.13	58.93 ^{Ab} ±1.15
M2-3	100.00 ^{Aa} ±0.00	0.15 ^{Dd} ±0.01	2.35 ^{Bc} ±0.02	32.28 ^{Db} ±0.17
Sindirim Genel Ortalama	100.00 ^a ±0.00	0.18 ^d ±0.03	3.39 ^c ±0.38	43.72 ^b ±4.53

Varyans analizi sonuçlarına göre sindirim aşamaları ve örnekler arasındaki farklılıkların propolis örneklerinin TEAC ve CUPRAC antioksidan aktiviteleri ve antioksidan aktivite gösteren bileşiklerin biyoerişilebilirlik değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde sindirim sonunda İ1-4 ve D2-3 kodlu örneklerin TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite değerlerinin diğer örneklerle göre daha yüksek olduğu, sindirim aşamalarında örneklerin birbirlerine göre antioksidan aktivite değerleri değişmekle birlikte ilerleyen sindirim aşamalarında toplam fenolik ve flavonoid madde analiz sonuçlarına da paralel olarak antioksidan aktivitenin arttığı belirlenmiştir. Propolis örneklerinin bağırsak sindiriminden sonraki antioksidan aktivite sonuçlarının ağız ve mide sindirimlerinden elde edilen sonuçlara göre çok daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yapılan bir çalışmada propolis örneklerinin ağız, mide ve bağırsak sindirimlerinden sonra CUPRAC antioksidan aktivite değerlerinin sırasıyla 18.10-1894.50, 170.20-3479.30 ve 1436.90-24860.90 mg TE/100g aralığında olduğu ve sindirim aşamaları ilerledikçe antioksidan aktivite değerlerinin arttığı bildirilmiştir (Özdal vd. 2019). Yeşiltas vd. (2014) tarafından yapılan bir araştırmada da bağırsak sindiriminden elde edilen antioksidan aktivite sonuçlarının daha yüksek olduğu ve bunun ise propolis örneklerinde antioksidan aktivite ile ilişkilendirilen fenolik ve flavonoid bileşiklerin ekstrakte edilebilirliklerinin artmasından kaynaklanmış olabileceği rapor edilmiştir.

Elde edilen analiz sonuçları incelendiğinde sindirilmiş propolis örneklerinin TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite değerlerinin ham propolis örneklerine göre daha düşük olduğu ve iki yöntem arasında antioksidan aktiviteye sahip bileşiklerin biyoerişilebilirlik düzeylerinin farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Propolis örneklerinin antioksidan aktivite gösteren bileşiklere biyoerişilebilirlik düzeylerinin CUPRAC yönteminde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu sonucun antioksidan aktiviteye sahip bileşiklerin radikallere karşı gösterdikleri kimyasal mekanizmalar arasındaki farklılıktan kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Özdal vd. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada *in vitro* sindirim işlemi uygulanmış propolis örneklerinin DPPH ve CUPRAC yöntemleri ile antioksidan aktivite değerleri belirlenmiş ve CUPRAC yöntemi ile elde edilen sonuçların daha yüksek olduğu ve bu durumun ise CUPRAC yönteminde kullanılan kromojenlerin hem su hem de organik çözücüler içerisinde yüksek bir çözünürlüğe sahip olması ile ilişkili olabileceği, buna bağlı olarak da daha yüksek antioksidan aktivite değerleri elde edildiği bildirilmiştir (Apak vd. 2007; Özdal vd. 2019).

4.13.3.3. Propolis örneklerinin *in vitro* sindirim aşamaları fenolik bileşik kompozisyonu analiz sonuçları

Propolis örneklerinin *in vitro* sindirim aşamalarına ait fenolik bileşik kompozisyonu analizi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.124'te, varyans analizi sonuçları Çizelge 4.125'te ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.126'da verilmiştir.

Çizelge 4.124. Propolis örneklerinin ağız, mide ve bağırsak sindirim aşamalarına ait fenolik bileşik kompozisyonu analiz sonuçları (mg/100g)

Sindirim aşaması	Örnek	<i>Trans sinnamik asit</i>	<i>Naringenin</i>	<i>Kafeik asit</i>	<i>p-kumarik asit</i>	<i>Ferulik asit</i>	<i>3,4-dimetoksisinamik asit</i>	<i>Rozmarinik asit</i>	<i>Pinosembrin</i>	<i>Luteolin</i>	<i>Kaempferol</i>	<i>Krisin</i>
Ham	D1-2	t.e.	527.19	276.49	73.99	470.95	266.14	t.e.	t.e.	t.e.	137.17	111.20
Ağız		t.e.	6.18	5.33	1.69	14.36	5.75	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	1.12
Mide		t.e.	21.40	47.03	8.76	45.45	12.87	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.95
Bağırsak		t.e.	63.67	71.49	17.26	108.75	48.90	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	15.68
Ham	İ1-4	261.85	350.18	791.00	313.37	730.30	645.94	t.e.	t.e.	t.e.	86.96	170.40
Ağız		3.01	1.00	8.75	5.30	9.03	7.06	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.68
Mide		18.32	6.60	192.24	61.41	106.82	47.10	t.e.	t.e.	t.e.	1.00	2.01
Bağırsak		44.50	10.98	109.56	62.95	140.05	121.25	t.e.	t.e.	t.e.	2.00	8.88
Ham	K1-3	445.01	319.50	531.85	447.61	606.53	803.52	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	212.93
Ağız		1.71	t.e.	0.41	0.88	0.11	0.64	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Mide		25.66	9.26	32.78	27.21	29.81	24.70	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.90
Bağırsak		32.30	15.94	2.21	30.68	35.58	44.77	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	5.70
Ham	D2-3	54.57	488.40	406.35	161.23	289.25	275.32	t.e.	t.e.	t.e.	228.42	t.e.
Ağız		1.13	0.99	0.88	1.56	2.02	1.58	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	0.97
Mide		6.23	24.90	98.78	29.23	53.16	18.40	t.e.	t.e.	t.e.	2.05	2.24
Bağırsak		12.52	51.32	43.20	36.85	75.61	52.63	t.e.	t.e.	t.e.	7.32	8.87
Ham	K2-2	161.69	366.72	1225.28	603.63	841.30	974.06	16189.07	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Ağız		1.19	t.e.	0.84	1.60	1.14	1.52	17.84	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Mide		8.74	13.21	111.54	57.60	68.30	41.15	133.43	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Bağırsak		14.17	22.79	68.82	67.24	84.47	92.80	502.60	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
Ham	M2-3	675.30	626.91	819.16	106.13	270.70	718.49	11939.32	1371.74	432.31	210.17	t.e.
Ağız		5.10	1.08	4.11	0.82	0.88	2.37	6.45	29.93	t.e.	t.e.	t.e.
Mide		36.95	19.31	70.56	8.15	18.94	24.98	93.33	113.79	2.31	t.e.	t.e.
Bağırsak		66.20	31.24	23.64	11.57	28.42	61.62	191.32	275.49	4.06	t.e.	t.e.

t.e. : tespit edilemedi

Çizelge 4.125. Propolis örneklerinin sindirimlerinden elde edilen fenolik bileşik kompozisyonu değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	<i>Trans sinnamik asit</i>			<i>Naringenin</i>		<i>Kafeik asit</i>	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F
Sindirim aşaması	3	190345.43	4484.86**	556195.83	32606.70**	1189413.69	33335.20**
Örnek	5	42942.92	1011.81**	10094.68	591.80**	74594.32	2090.62**
Sindirim aşaması*örnek	15	29666.04	698.98**	6639.17	389.22**	56783.49	1591.45**
Hata	24	42.44		17.06		35.68	
	<i>p-kumarik asit</i>			<i>Ferulik asit</i>		<i>3,4-dimetoksisinamik asit</i>	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F
Sindirim aşaması	3	206373.06	32890.10**	729133.80	137025.00**	1018480.35	19146.40**
Örnek	5	30353.41	4837.48**	39238.63	7374.08**	48084.44	903.94**
Sindirim aşaması*örnek	15	20007.49	3188.63**	24997.40	4697.74**	39802.46	748.24**
Hata	24	6.28		5.32		53.19	
	<i>Rozmarinik asit</i>			<i>Pinosembrin</i>		<i>Luteolin</i>	
	SD	KO	F	KO	F	KO	F
Sindirim aşaması	3	64491667.40	21686.90**	129891.18	16801.90**	15441.04	2848.07**
Örnek	5	29239116.50	9832.37**	267206.76	34564.10**	16054.96	2961.30**
Sindirim aşaması*örnek	15	26652676.60	8962.62**	129891.18	16801.90**	15441.04	2848.07**
Hata	24	2973.80		7.73		5.42	
	<i>Kaempferol</i>			<i>Krisin</i>			
	SD	KO	F	KO	F		
Sindirim aşaması	3	36151.36	4378.12**	19172.65	9727.04**		
Örnek	5	5166.57	625.70**	4902.54	2487.25**		
Sindirim aşaması*örnek	15	4887.52	591.90**	4521.55	2293.96**		
Hata	24	8.26		1.97			

Çizelge 4.126. Propolis örneklerinin sindirimlerinden elde edilen fenolik bileşik kompozisyonu değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları (mg/100g)

Örnek kodu	D1-2				İ1-4			
Sindirim aşaması	Ham	Ağız	Mide	Bağırsak	Ham	Ağız	Mide	Bağırsak
<i>Trans sinnamik asit</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	261.85 ^a ± 1.43	3.01 ^d ± 0.01	18.32 ^c ± 0.14	44.50 ^b ± 0.04
<i>Naringenin</i>	527.19 ^a ± 5.11	6.18 ^d ± 0.00	21.40 ^c ± 0.00	63.67 ^b ± 0.19	350.18 ^a ± 0.63	1.00 ^d ± 0.01	6.60 ^c ± 0.04	10.98 ^b ± 0.44
<i>Kafeik asit</i>	276.49 ^a ± 3.06	5.33 ^d ± 0.22	47.03 ^c ± 0.19	71.49 ^b ± 0.82	791.00 ^a ± 2.40	8.75 ^d ± 0.17	192.24 ^b ± 1.34	109.56 ^c ± 0.91
<i>p-kumarik asit</i>	73.99 ^a ± 2.13	1.69 ^d ± 0.02	8.76 ^c ± 0.01	17.26 ^b ± 0.10	313.37 ^a ± 1.46	5.30 ^c ± 0.18	61.41 ^b ± 0.35	62.95 ^b ± 0.62
<i>Ferulik asit</i>	470.95 ^a ± 3.17	14.36 ^d ± 0.00	45.45 ^c ± 0.20	108.75 ^b ± 0.11	730.30 ^a ± 4.39	9.03 ^d ± 0.08	106.82 ^c ± 1.78	140.05 ^b ± 0.31
<i>3,4-dimetoksisinamik asit</i>	266.14 ^a ± 5.55	5.75 ^c ± 0.00	12.87 ^c ± 0.10	48.90 ^b ± 0.19	645.94 ^a ± 13.33	7.06 ^d ± 0.14	47.10 ^c ± 0.32	121.25 ^b ± 0.31
<i>Rozmarinik asit</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Pinosembrin</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Luteolin</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Kaempferol</i>	137.17 ^a ± 0.50	0.00 ^b ± 0.00	0.00 ^b ± 0.00	0.00 ^b ± 0.00	86.96 ^a ± 1.88	0.00 ^b ± 0.00	1.00 ^b ± 0.05	2.00 ^b ± 0.08
<i>Krisin</i>	111.20 ^a ± 0.21	1.12 ^c ± 0.07	0.95 ^c ± 0.02	15.68 ^b ± 0.41	170.40 ^a ± 2.93	0.68 ^c ± 0.04	2.01 ^c ± 0.03	8.88 ^b ± 0.17
Örnek kodu	K1-3				D2-3			
Sindirim aşaması	Ham	Ağız	Mide	Bağırsak	Ham	Ağız	Mide	Bağırsak
<i>Trans sinnamik asit</i>	445.01 ^a ± 18.40	1.71 ^b ± 0.02	25.66 ^b ± 0.04	32.30 ^b ± 0.31	54.57 ^a ± 2.45	1.13 ^d ± 0.01	6.23 ^c ± 0.01	12.52 ^b ± 0.05
<i>Naringenin</i>	319.50 ^a ± 0.32	0.00 ^d ± 0.00	9.26 ^c ± 0.02	15.94 ^b ± 0.16	488.40 ^a ± 5.46	0.99 ^d ± 0.04	24.90 ^c ± 0.11	51.32 ^b ± 0.14
<i>Kafeik asit</i>	531.85 ^a ± 1.29	0.41 ^c ± 0.01	32.78 ^b ± 0.25	2.21 ^c ± 0.12	406.35 ^a ± 6.97	0.88 ^d ± 0.03	98.78 ^b ± 0.12	43.20 ^c ± 0.47
<i>p-kumarik asit</i>	447.61 ^a ± 0.69	0.88 ^d ± 0.01	27.21 ^c ± 0.08	30.68 ^b ± 0.02	161.23 ^a ± 4.80	1.56 ^c ± 0.00	29.23 ^b ± 0.22	36.85 ^b ± 0.08
<i>Ferulik asit</i>	606.53 ^a ± 0.03	0.11 ^d ± 0.01	29.81 ^c ± 0.12	35.58 ^b ± 0.17	289.25 ^a ± 5.18	2.02 ^d ± 0.02	53.16 ^c ± 0.23	75.61 ^b ± 0.42
<i>3,4-dimetoksisinamik asit</i>	803.52 ^a ± 17.25	0.64 ^c ± 0.00	24.70 ^{cb} ± 0.03	44.77 ^b ± 0.76	275.32 ^a ± 1.58	1.58 ^d ± 0.01	18.40 ^c ± 0.16	52.63 ^b ± 0.27
<i>Rozmarinik asit</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Pinosembrin</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Luteolin</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.
<i>Kaempferol</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	228.42 ^a ± 9.63	0.00 ^b ± 0.00	2.05 ^b ± 0.02	7.32 ^b ± 0.12
<i>Krisin</i>	212.93 ^a ± 3.84	0.00 ^b ± 0.00	0.90 ^b ± 0.07	5.70 ^b ± 0.09	0.00 ^d ± 0.00	0.97 ^c ± 0.03	2.24 ^b ± 0.07	8.87 ^a ± 0.30

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.126'nın devamı

Örnek kodu	K2-2				M2-3			
Sindirim aşaması	Ham	Ağız	Mide	Bağırsak	Ham	Ağız	Mide	Bağırsak
<i>Trans sinnamik asit</i>	161.69 ^a ± 4.65	1.19 ^c ±0.01	8.74 ^{cb} ± 0.01	14.17 ^b ± 0.09	675.30 ^a ± 11.87	5.10 ^d ±0.02	36.95 ^c ±0.06	66.20 ^b ± 0.42
<i>Naringenin</i>	366.72 ^a ± 7.99	0.00 ^c ±0.00	13.21 ^{cb} ± 0.23	22.79 ^b ± 0.17	626.91 ^a ± 9.18	1.08 ^c ±0.00	19.31 ^b ±0.07	31.24 ^b ± 0.10
<i>Kafeik asit</i>	1225.28 ^a ± 18.76	0.84 ^d ±0.02	111.54 ^b ± 1.05	68.82 ^c ± 0.18	819.16 ^a ± 2.49	4.11 ^d ±0.01	70.56 ^b ±0.33	23.64 ^c ± 0.18
<i>p-kumarik asit</i>	603.63 ^a ± 6.27	1.60 ^c ±0.01	57.60 ^b ± 0.59	67.24 ^b ± 0.34	106.13 ^a ± 2.20	0.82 ^c ±0.00	8.15 ^b ±0.04	11.57 ^b ± 0.09
<i>Ferulik asit</i>	841.30 ^a ± 1.82	1.14 ^d ±0.01	68.30 ^c ± 0.10	84.47 ^b ± 0.25	270.70 ^a ± 0.90	0.88 ^d ±0.01	18.94 ^c ±0.02	28.42 ^b ± 0.20
<i>3,4-dimetoksisinamik asit</i>	974.06 ^a ± 1.35	1.52 ^d ±0.02	41.15 ^c ± 0.03	92.80 ^b ± 0.26	718.49 ^a ± 11.27	2.37 ^d ±0.01	24.98 ^c ±0.10	61.62 ^b ± 0.08
<i>Rozmarinik asit</i>	16189.07 ^a ± 22.44	17.84 ^d ±0.86	133.43 ^c ± 2.43	502.60 ^b ± 3.92	11939.32 ^a ± 187.46	6.45 ^b ±0.32	93.33 ^b ±0.25	191.32 ^b ± 4.48
<i>Pinosembtrin</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	1371.74 ^a ± 7.47	29.93 ^d ±0.17	113.79 ^c ±3.47	275.49 ^b ± 4.99
<i>Luteolin</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	432.31 ^a ± 8.07	0.00 ^b ±0.00	2.31 ^b ±0.04	4.06 ^b ± 0.12
<i>Kaempferol</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	210.17 ^a ± 1.60	0.00 ^b ±0.00	0.00 ^b ±0.00	0.00 ^b ± 0.00
<i>Krisin</i>	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.	t.e.

t.e. : tespit edilemedi

Varyans analizi sonuçlarına göre sindirim aşamaları ve örnekler arasındaki farklılıkların propolis örneklerinin trans sinamik asit, naringenin, kafeik asit, *p*-kumarik asit, ferulik asit, 3,4-dimetoksisinamik asit, rozmarinik asit, pinosembrin, luteolin, kaempferol ve krisin içerikleri üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde sindirim aşamalarında örneklerin fenolik bileşik kompozisyonları ve miktarlarının değiştiği tespit edilmiştir. Örneğe göre farklılık göstermekle birlikte bazı bileşiklerin sindirim ilerledikçe miktarlarında artış veya azalış meydana geldiği belirlenmiştir. Trans sinamik asit, naringenin, *p*-kumarik asit, ferulik asit, 3,4-dimetoksisinamik asit, rozmarinik asit ve pinosembrin miktarlarının sindirim ilerledikçe arttığı, ancak kafeik asit miktarının tüm örneklerde mide fazında en yüksek değerine ulaştığı ve bağırsak fazında miktarının azaldığı belirlenmiştir. Sindirilmemiş örneklerin fenolik bileşik içeriklerinin D2-3 kodlu örnekte bulunan krisin bileşiği haricinde sindirim uygulanmış örneklere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Sindirilmiş propolis örneklerinin fenolik madde miktarlarının sindirilmemiş örneklere göre çok daha düşük olmalarının propolis örnek matrisinin uygulanan *in vitro* sindirim sırasında tamamen ayrıştırılamamasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Propolis düşük biyoyararlanım ve absorpsiyona neden olan karmaşık bir matris içinde büyük moleküler ağırlığa sahip lipidler, mumlar ve reçinelerden oluşmaktadır (Braakhuis 2019; Yeşiltas vd. 2014). Bu nedenle propoliste bulunan fenolik bileşikler ve diğer biyoaktif bileşiklerden en yüksek düzeyde biyoyararlanım sağlayabilmek için propolisin ham formda tüketilmesinden ziyade ekstrakt şeklinde kullanılması tavsiye edilmektedir (Özdal vd. 2019).

Literatür araştırmasında propolis örneklerinin fenolik bileşik kompozisyonlarının sindirim aşamalarındaki değişimleri ile ilgili bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Kafeik asidin bazı bal (A1-4, D1-3, D2-3, E2-2 ve K2-4) ve polen örneklerinde (M2-3) de olduğu gibi mide fazında daha yüksek miktarda olmasının kafeik asidin mide pH değerinde ve koşullarında stabilitesini korumasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Gıda matrisi ve uygulanan farklı deney koşullarına göre farklılıklar gözlenebilmekle birlikte mide basamağı sırasındaki düşük pH düzeyinin polifenollerin bozunmaya karşı koruduğu ancak diyet polifenollerinin ince bağırsakta bulunan hafif alkali koşullara karşı oldukça hassas olduğu ve birçoğunun parçalandığı veya diğer bileşiklere dönüştüğü rapor edilmiştir (Gayoso vd. 2016).

Üzüm polifenollerinin biyoerişilebilirliğinin mide-bağırsak koşullarını simüle eden bir *in vitro* model kullanılarak araştırıldığı bir çalışmada kafeik asidin ikişer saatlik mide ve bağırsak sindirimi sonunda stabilitesinin sırasıyla %99.90 ve %75.10 olduğu rapor edilmiştir (Tagliazucchi vd. 2010). Farklı düzeylerde kavrulmuş kahve çekirdekleri ile yapılan bir çalışmada ise kahve çekirdeklerinde bulunan kafeik asidin biyoerişilebilirlik seviyelerinin ağız, mide ve bağırsak aşamalarında sırasıyla %38.07-98.60, %52.64-173.70 ve %7.24-20.33 olduğu ve en yüksek kafeik asit konsantrasyonlarının ve biyoerişilebilirlik oranlarının bu çalışma ile de uyumlu olarak mide fazında ölçüldüğü bildirilmiştir (Wu vd. 2022).

4.13.4. Bal, polen ve propolis örneklerinin bazı kanser hücreleri üzerine sitotoksik etkilerine ait analiz sonuçları

Bal, polen ve propolis örneklerinin kanser hücreleri ve sağlıklı hücre üzerine etkilerinin değerlendirilmesinde sindirim uygulanmış bal, polen ve propolis örneklerinin sindirim sonundaki toplam fenolik madde içerikleri karşılaştırıldıktan sonra en yüksek fenolik madde içeriğine sahip bal, polen ve propolis örneklerinden her örnekleme yılı için birer adet olmak üzere ikişer adet örnek seçilmiştir. Bu değerlendirmeye göre birinci ve ikinci örnekleme yıllarından sindirim sonunda toplam fenolik madde içeriği yüksek olan İ1-1 ve K2-4 kodlu bal, K1-3 ve A2-3 kodlu polen ve İ1-4 ve D2-3 kodlu propolis örneklerinin A549, H1299, A431, Hep-G2 ve Caco-2 kanser hücreleri ile sağlıklı Bj hücreleri üzerine sitotoksik etkileri belirlenmiştir. Bal, polen ve propolis örneklerinin farklı konsantrasyonlarının bazı kanser hücreleri ve sağlıklı hücre canlılık düzeylerine ve IC₅₀ değerlerine ait analiz sonuçları sırasıyla Çizelge 4.127 ve 4.128, varyans analizi sonuçları Çizelge 4.129 ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları ise Çizelge 4.130'da verilmiştir. Ayrıca bal örneklerinin hücre canlılık düzeyleri üzerine etkilerini gösteren grafik Şekil 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.127. Bal, polen ve propolis örneklerinin farklı konsantrasyonlarının bazı kanser hücreleri ve sağlıklı hücre canlılık düzeyleri üzerine etkilerine ait analiz sonuçları (%)

Hücre türü	Konsantrasyon (mg/mL)	Bal		Polen		Propolis	
		İ1-1	K2-4	K1-3	A2-3	İ1-4	D2-3
A549 (akciğer kanseri hücresi)	0.025	169.12	263.97	207.80	177.67	186.40	166.39
	0.05	135.36	117.70	84.82	135.41	146.09	152.77
	0.10	84.40	91.70	74.63	76.07	141.57	103.15
	0.20	47.42	35.19	38.72	58.52	67.66	96.50
	0.30	43.19	38.48	38.78	47.97	31.71	89.03
	0.40	31.23	37.34	38.16	41.26	32.70	84.08
	0.50	30.73	23.87	39.97	30.01	28.72	51.68
	0.60	33.20	28.38	36.71	26.64	29.62	41.94
	0.80	37.58	24.77	24.04	22.77	29.56	31.06
	1.00	5.88	5.18	15.55	22.17	25.08	29.98
H1299 (akciğer kanseri hücresi)	0.025	211.46	199.65	203.16	161.33	148.17	148.17
	0.05	164.08	129.28	152.57	152.32	119.45	103.59
	0.10	80.60	97.89	89.39	126.55	102.59	96.93
	0.20	58.36	87.70	80.20	113.02	100.54	87.83
	0.30	37.40	79.03	82.15	85.19	90.95	84.42
	0.40	17.99	50.64	77.93	80.45	59.01	70.02
	0.50	17.61	45.28	49.36	76.19	40.61	35.51
	0.60	19.60	35.65	49.99	24.48	40.45	36.85
	0.80	17.96	38.81	26.15	25.63	23.74	39.64
	1.00	11.30	10.87	26.97	16.35	12.33	14.33

(Devamı Arkada)

Çizelge 4.127'nin devamı

Hücre türü	Konsantrasyon (mg/mL)	Bal		Polen		Propolis	
		İİ-1	İİ-1	K1-3	İİ-4	İİ-4	D2-3
<i>A431 (cilt kanseri hücresi)</i>	0.025	148.17	136.11	139.80	148.17	81.92	84.02
	0.05	127.45	94.38	120.91	110.11	83.36	80.60
	0.10	113.72	89.30	109.13	103.58	58.01	70.34
	0.20	104.55	75.99	87.70	97.02	42.49	58.36
	0.30	84.01	68.53	79.03	90.95	27.48	37.40
	0.40	75.28	67.09	58.69	56.71	24.28	17.99
	0.50	68.28	57.34	45.28	50.25	24.17	17.61
	0.60	61.95	37.40	30.07	24.35	23.68	19.65
	0.80	39.76	24.52	18.58	23.74	18.36	17.96
	1.00	34.02	13.32	16.24	12.33	14.94	12.76
<i>Hep-G2 (karaciğer kanseri hücresi)</i>	0.025	162.21	142.58	190.53	169.16	233.01	200.00
	0.05	130.96	62.48	165.73	136.41	200.86	202.14
	0.10	91.80	57.91	147.65	119.64	139.03	135.16
	0.20	84.29	43.30	122.25	97.90	55.61	67.35
	0.30	74.14	42.79	120.71	90.95	44.04	63.66
	0.40	35.00	30.13	80.95	56.71	43.81	46.96
	0.50	30.91	34.97	67.63	45.22	32.17	47.76
	0.60	30.85	29.75	37.25	24.35	31.29	30.14
	0.80	32.84	28.72	23.74	23.74	25.03	25.18
	1.00	24.45	28.52	23.96	12.32	25.75	19.94
<i>Caco-2 (kolon kanseri hücresi)</i>	0.025	105.33	134.38	85.42	131.49	134.38	87.70
	0.05	97.27	87.70	85.30	93.77	98.70	74.52
	0.10	82.92	86.52	70.02	85.42	96.26	74.04
	0.20	75.13	79.81	42.29	81.90	70.40	50.06
	0.30	72.12	52.25	34.36	73.30	65.84	32.86
	0.40	70.59	48.71	31.81	65.50	55.22	21.76
	0.50	59.95	39.88	30.04	59.85	36.05	16.24
	0.60	51.41	33.25	27.86	42.29	38.54	17.84
	0.80	47.50	19.84	28.97	28.04	20.09	15.29
	1.00	20.10	15.88	24.20	24.07	21.09	14.65
<i>Bj (sağlıklı hücre)</i>	0.025	224.95	291.64	275.19	278.89	343.19	284.92
	0.05	243.30	243.70	183.67	237.76	226.93	314.97
	0.10	245.94	223.00	174.65	100.58	261.37	381.78
	0.20	181.89	148.91	87.45	102.61	211.31	278.53
	0.30	76.69	82.27	89.56	75.18	186.75	163.37
	0.40	65.46	47.39	72.03	70.58	50.16	125.65
	0.50	52.15	40.93	66.12	62.16	25.98	34.25
	0.60	31.12	26.40	34.99	49.67	27.39	31.32
	0.80	30.53	32.82	27.32	40.10	25.81	27.96
	1.00	25.74	27.32	24.98	31.29	19.31	17.89

Çizelge 4.128. Bal, polen ve propolis örneklerinin bazı kanser hücreleri ve sağlıklı hücreye sitotoksik etki düzeylerini gösteren IC₅₀ değerleri (mg/mL)

Hücre türü	Bal		Polen		Propolis	
	İ1-1	K2-4	K1-3	A2-3	İ1-4	D2-3
A549	0.22	0.15	0.14	0.31	0.29	0.55
H1299	0.30	0.41	0.49	0.51	0.44	0.41
A431	0.70	0.54	0.50	0.45	0.17	0.24
Hep-G2	0.36	0.13	0.59	0.45	0.24	0.41
Caco-2	0.63	0.35	0.20	0.57	0.46	0.23
Bj	0.53	0.37	0.58	0.56	0.43	0.47

Çizelge 4.129. Bal, polen ve propolis örneklerinin bazı kanser hücreleri ve sağlıklı hücre üzerine olan sitotoksik etki düzeylerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Canlılık			Varyasyon kaynağı	IC ₅₀		
	SD	KO	F		SD	KO	F
Örnek grubu	2	1254.26	5.15*	Örnek grubu	2	0.05	4.487*
Hücre türü	5	69615.01	285.72**	Hücre türü	5	0.07	6.468**
Konsantrasyon	9	208158.66	854.33**	Örnek grubu *hücre türü	10	0.07	6.779**
Hata	540	243.65		Hata	54	0.01	

Varyasyon kaynağı	Canlılık			Varyasyon kaynağı	IC ₅₀		
	SD	KO	F		SD	KO	F
Örnek	5	953.62	107.44**	Örnek	5	0.05	1713.53**
Hücre türü	5	69615.01	7843.55**	Hücre türü	5	0.07	2445.91**
Konsantrasyon	9	208158.66	23453.33**	Örnek*hücre türü	25	0.04	1633.87**
Hata	360	8.88		Hata	36	0.00	

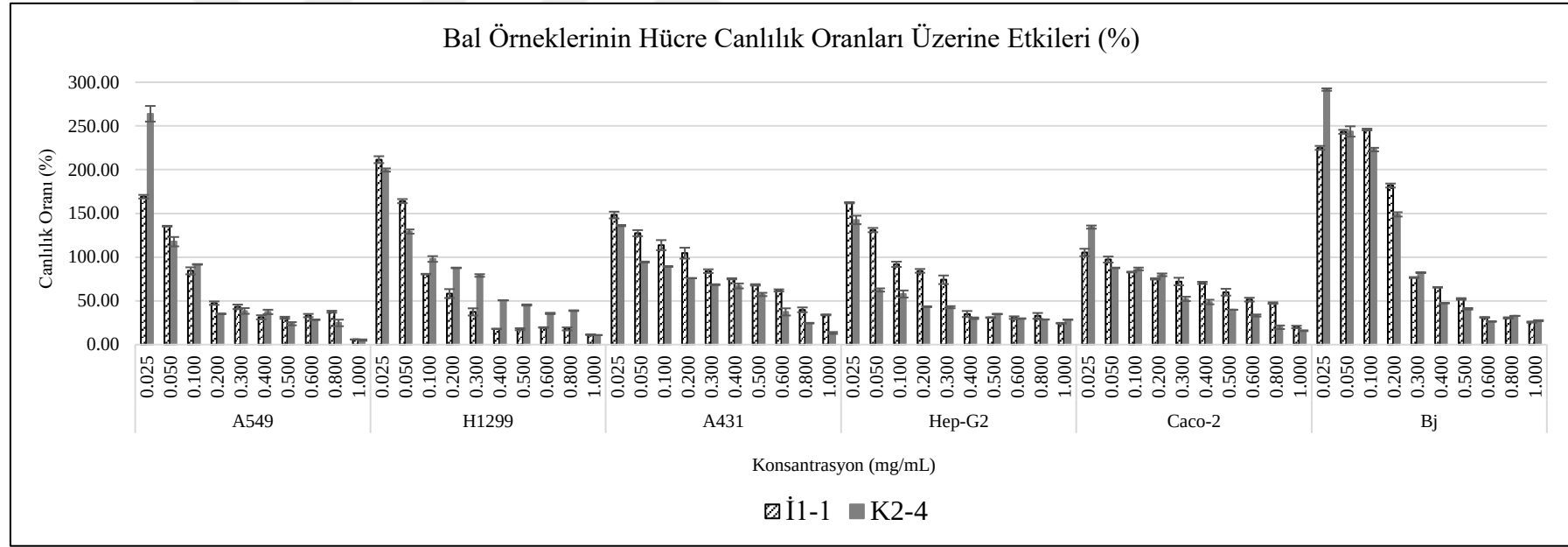
Çizelge 4.130. Bal, polen ve propolis örneklerinin bazı kanser hücreleri ve sağlıklı hücre üzerine olan sitotoksik etki düzeylerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

<i>Örnek grubu</i>	<i>Canlılık (%)</i>	<i>IC₅₀ (mg/mL)</i>
Bal	75.32 ^C ± 3.95	0.39 ^{BA} ± 0.04
Polen	77.89 ^{BA} ± 3.62	0.45 ^A ± 0.03
Propolis	79.88 ^A ± 4.89	0.36 ^C ± 0.02
<i>Örnek</i>	<i>Canlılık (%)</i>	<i>IC₅₀ (mg/mL)</i>
İ1-1	77.82 ^C ± 5.43	0.45 ^B ± 0.05
K2-4	72.82 ^E ± 5.76	0.32 ^F ± 0.04
K1-3	76.99 ^D ± 5.25	0.42 ^C ± 0.05
A2-3	78.80 ^B ± 5.01	0.48 ^A ± 0.03
İ1-4	78.35 ^{CB} ± 6.61	0.34 ^E ± 0.03
D2-3	81.41 ^A ± 7.23	0.39 ^D ± 0.03
<i>Hücre türü</i>	<i>Canlılık (%)</i>	<i>IC₅₀ (mg/mL)</i>
A549	68.14 ^C ± 5.30	0.28 ^C ± 0.04
H1299	76.10 ^B ± 4.96	0.43 ^{BA} ± 0.02
A431	62.65 ^D ± 3.60	0.43 ^{BA} ± 0.05
Hep-G2	77.07 ^B ± 5.15	0.36 ^B ± 0.04
Caco-2	57.80 ^E ± 2.87	0.41 ^{BA} ± 0.05
Bj	124.43 ^A ± 8.60	0.49 ^A ± 0.02
<i>Konsantrasyon (mg/mL)</i>	<i>Canlılık (%)</i>	
0.025	179.35 ^A ± 6.79	
0.05	141.57 ^B ± 7.71	
0.10	118.98 ^C ± 5.82	
0.20	89.41 ^D ± 4.02	
0.30	71.57 ^E ± 2.66	
0.40	53.87 ^F ± 1.83	
0.50	42.08 ^G ± 1.13	
0.60	33.23 ^H ± 0.88	
0.80	27.45 ^I ± 0.84	
1.00	19.48 ^J ± 7.58	

Varyans analizi sonuçlarına göre örnek grupları, örnekler, hücre türleri ve örnek konsantrasyonları arasındaki farklılıkların bal, polen ve propolis örneklerinin hücre canlılık oranları üzerinde istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$; $p<0.05$) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca örnekler ve hücre türleri arasındaki farklılıkların ve bunların interaksiyonlarının IC₅₀ değerlerini de istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$; $p<0.05$) düzeyde etkilediği tespit edilmiştir.

Hücre canlılık değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde örnek gruplarına göre hücre canlılık düzeylerinin farklılık gösterdiği ve örnek konsantrasyonlarındaki artışın hücre canlılıklarını azalttığı belirlenmiştir. IC₅₀ değerlerine ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları incelendiğinde ise örnek gruplarının sitotoksik etkilerinin sırasıyla propolis, bal ve polen şeklinde olduğu, örnekler arasında K2-4 kodlu bal ve İ1-4 kodlu propolis örneklerinin kullanılan hücre türleri üzerindeki sitotoksik etkilerinin diğer örneklerle göre daha yüksek olduğu, hücre türleri arasında ise A549 akciğer kanseri hücresinin bal, polen ve propolis örneklerinden daha fazla etkilendiği belirlenmiştir. Hücre türleri ve örnekler tek tek değerlendirildiğinde ise; A549 akciğer kanseri üzerine K2-4 ve K1-3, H1299 akciğer kanseri hücresi üzerine İ1-1, A431 cilt kanser hücresi üzerine İ1-4 ve D2-3, Hep-G2 karaciğer kanseri hücresi üzerine K2-4, Caco-2 kolon kanseri hücresi üzerine K1-3 ve D2-3 ve Bj sağlıklı fibroblast hücresi üzerine de K2-4 kodlu örneğin sitotoksik etkisinin diğer örneklerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.





Şekil 4.6. Bal örneklerinin hücre canlılık oranları üzerine etkileri; A549 ve H1299 akciğer kanseri hücreleri; A431 cilt kanseri hücresi; Hep-G2 karaciğer kanseri hücresi; Caco-2 kolon kanseri hücresi; Bj sağlıklı fibroblast hücresi

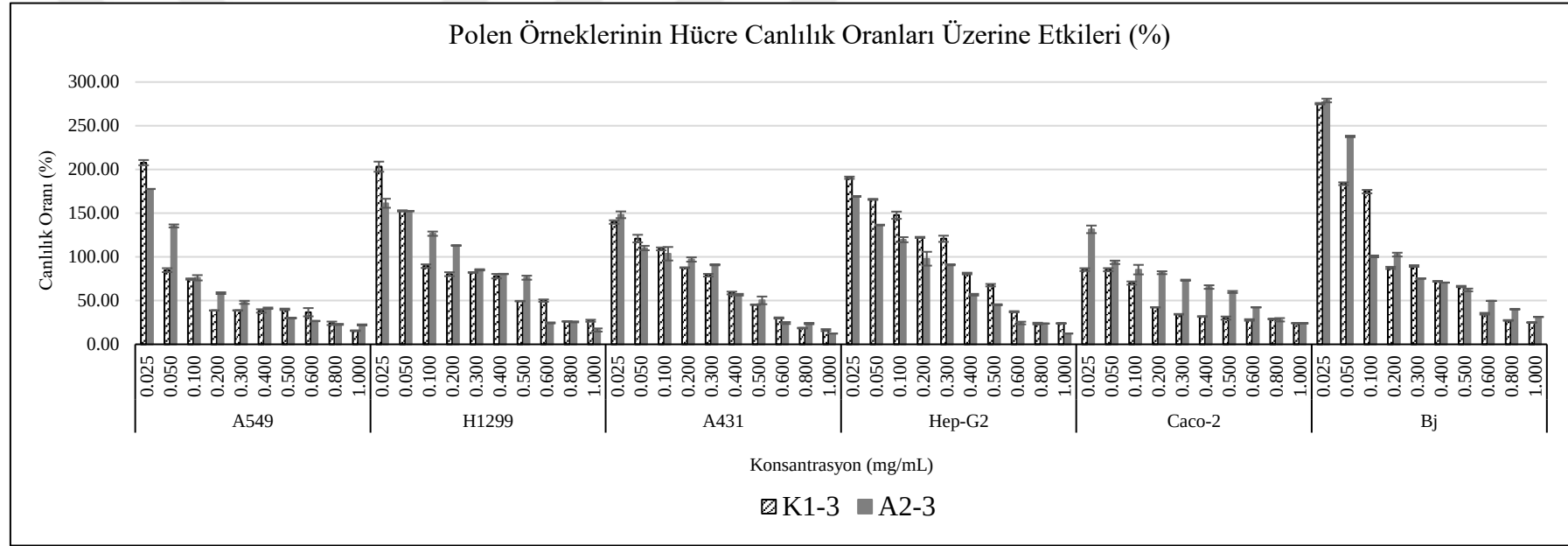
Sindirim uygulanmış bal örneklerinin hücre canlılık oranlarına olan etkilerine bakıldığında 0.025 ve 0.050 mg/mL gibi düşük bal konsantrasyonlarının hem kanser hücreleri hem de sağlıklı hücre sayılarında artışa neden olduğu görülmektedir. Bu arttırıcı etki A431 ve B_j hücrelerinde 0.20 mg/mL konsantrasyonuna kadar devam etmektedir. Bu nedenle balın düşük konsantrasyonlarının kanser hücrelerinin gelişimini engellemediği ve bu kanser hücre türlerinin gelişimlerini inhibe etmek için daha yüksek konsantrasyonlarda uygulamaların (>0.20 mg/mL) daha uygun olacağı değerlendirilmiştir. Bal örneklerinin hücreler üzerine ortalama IC₅₀ değerlerine göre sitotoksik etki sıralaması ise A549, Hep-G2, H1299, B_j, Caco-2 ve A431 hücreleri şeklindedir. Bu sıralamaya göre bal örneklerinin sağlıklı hücre üzerindeki sitotoksik etkisinin Caco-2 ve A431 kanser hücrelerinden daha yüksek olduğu ve bal örneklerinin bu hücreler için uygun bir inaktif edici etken olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Hücrelerin bal örneklerinden farklı düzeylerde etkilenmelerinin hücreler arası yapısal ve moleküler özellikler arasındaki farklılıklardan kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Bal örnekleri birbirleri ile karşılaştırıldığında İ1-1 kodlu örneğin yalnızca H1299 kanser hücresi üzerine sitotoksik etkisinin K2-4 kodlu örnekten daha yüksek olduğu, diğer kanser hücreleri üzerine K2-4 kodlu örneğin inhibe edici etkisinin İ1-1 kodlu örneğe göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Yapılan bir çalışmada bal örneklerinin karaciğer kanseri (Hep-G2) hücrelerinin proliferasyonunu inhibe etmesi, anjiyogenezisi baskılaması, apoptozu indüklemesi ve mutajen kaynaklı DNA hasarına neden olması ile bu hücrelerin canlılığında azalmaya yol açtığı ve kolon kanseri (Caco-2) hücrelerinin gelişimini ise bu hücrelerin proliferasyonunu inhibe etmesi, apoptozu indüklemesi, hücre döngüsünü durdurması, mitokondriyal membran potansiyelini azaltması, reaktif oksijen türlerinin oluşumunu arttırması, hücre içi protein olmayan tiyoller tüketmesi ve DNA hasarını indüklemesi gibi etkilerle engellediği bildirilmiştir (Badria vd. 2017). Ayrıca bu çalışmada 0.10 mg/mL konsantrasyonundaki farklı bal örneklerinin Hep-G2 ve Caco-2 hücrelerine uygulanması ile hücre inhibisyonlarının sırasıyla %0.00-32.92 ve %25.53-49.84 aralıklarında değiştiği rapor edilmiştir (Badria vd. 2017). A549 kanser hücreleri ile yapılan bir çalışmada bal örnek konsantrasyonunun %0.62 değerinden %20 değerine (h/h) çıkarılması ile hücre canlılığının %72 düzeyinden %7 değerine azaldığı, bal örneğinin 24 saat inkübasyon süresi sonundaki IC₅₀ değerinin %1.25 (h/h) olduğu ve inkübasyon süresi arttıkça IC₅₀ değerine ulaşılan konsantrasyonun da azaldığı bildirilmiştir (Salim vd. 2019). Bir diğer çalışmada ise akasya, karabuğday ve manuka ballarının A431 kanser hücreleri üzerine sitotoksik etkileri araştırılmış ve bu bal örneklerinin hücrelerin yarısını inhibe etmek için uygulanması gereken etkili bal konsantrasyon (EC₅₀) değerlerinin sırasıyla %5.33-6.39, %3.41-4.19 ve %2.36-2.85 (h/h) aralıklarında olduğu ve bal örneklerinin etkinlikleri arasındaki farklılığın nektar kaynaklarına bağlı olarak örneklerin farklı aktif moleküllere sahip olabilmesinden kaynaklandığı bildirilmiştir (Martinotti vd. 2020). Broznic vd. (2018) yaptıkları bir çalışmada dört farklı salgı balı örneğinin B_j hücreleri üzerindeki IC₅₀ değerlerinin 4.44-5.12 mg/mL aralığında olduğunu bildirmiştir. Araştırmada elde edilen sonuçların literatürde bildirilen bu sonuçlardan 10 kat daha düşük ve bu araştırmada kullanılan bal örneklerinin B_j hücrelerine karşı daha toksik olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar arasındaki farklılığın örnek bileşimlerinin yanı sıra uygulamalar arasındaki farklılıktan kaynaklandığı, literatürdeki araştırmada bal örneklerinin hücre üzerine sindirilmeden uygulandığı, bu araştırmada ise sindirilmiş örneklerin kullanılmasının ve sindirim ile

fenolik ve flavonoid madde konsantrasyonlarındaki artışa bağlı olarak daha yüksek bir toksik etkinin meydana gelmesinden olabildiği değerlendirilmiştir.

Polen örneklerinin hücre canlılık düzeyleri üzerine etkilerini gösteren grafik Şekil 4.7’de verilmiştir. Sindirim uygulanmış polen örneklerinin hücre canlılık düzeylerine olan etkilerine bakıldığında bal örneklerine benzer olarak 0.025 ve 0.050 mg/mL gibi düşük polen konsantrasyonlarının hem kanser hücreleri hem de sağlıklı hücre sayılarında artışa neden olduğu görülmektedir. Bu arttırıcı etki *H1299* ve *Bj* hücrelerinde 0.20 mg/mL konsantrasyonuna ve *Hep-G2* hücresinde ise 0.30 mg/mL konsantrasyonuna kadar devam etmektedir. Bu nedenle polen örneklerinin düşük konsantrasyonlarının kanser hücrelerinin gelişimini engellemediği ve bu kanser hücre hatlarının gelişimlerini inhibe etmek için yüksek konsantrasyonlarda polen uygulamalarının (>0.30 mg/mL) daha uygun olacağı değerlendirilmiştir. Polen örneklerinin hücreler üzerine ortalama IC_{50} değerlerine göre sitotoksik etki sıralaması ise *A549*, *Caco-2*, *A431*, *H1299*, *Hep-G2* ve *Bj* hücreleri şeklindedir. Bu sıralamaya göre polen örneklerinin sağlıklı hücre üzerindeki sitotoksik etkisinin kanser hücrelerinden daha düşük olduğu değerlendirilmiştir.

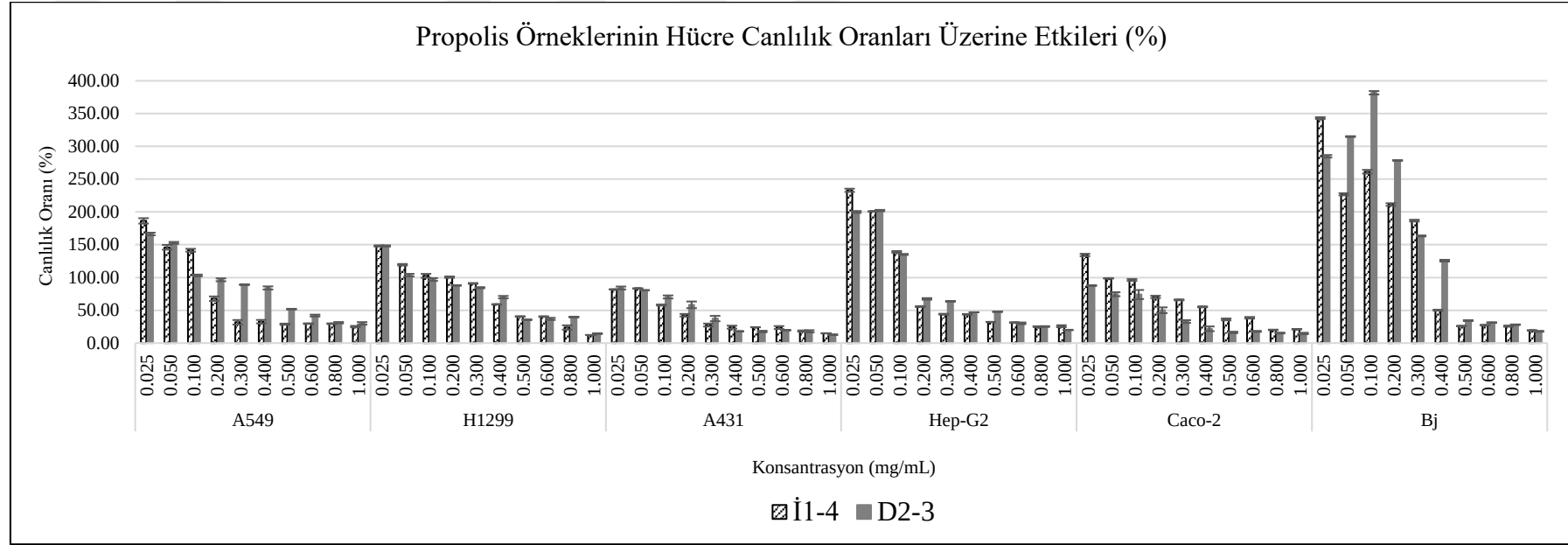


Şekil 4.7. Polen örneklerinin hücre canlılık oranları üzerine etkileri; *A549* ve *H1299* akciğer kanseri hücreleri; *A431* cilt kanseri hücresi; *Hep-G2* karaciğer kanseri hücresi; *Caco-2* kolon kanseri hücresi; *Bj* sağlıklı fibroblast hücresi

Polen örnekleri birbirleri ile karşılaştırıldığında K1-3 kodlu örneğin A549 ve *Caco-2* kanser hücreleri üzerine ve A2-3 kodlu örneğin A431 ve *Hep-G2* kanser hücreleri üzerine olan sitotoksik etkilerinin daha yüksek olduğu ve H1299 ve *Bj* hücreleri üzerine olan etkilerinin ise benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

A549 hücre hattı ile yapılan bir çalışmada 18 polen örneğinin IC₅₀ değerlerinin 5.00 ila >25.00 mg/mL olduğu, polen örneklerinin antikanser aktivitelerinin botanik kaynaklarına, coğrafi kökenlerine ve kanser hücresi türlerine bağlı olarak farklılık gösterdiği ve potansiyel tamamlayıcı antikanser tedavisi olarak kullanımının kanser türüne göre seçilmesi koşuluyla faydalı olabileceği bildirilmiştir (Zou vd. 2020). *Caco-2* hücresi üzerinde *Camellia sinensis* L. arı poleni ile yapılan bir çalışmada ise 0.02 mg/mL konsantrasyonundaki polen ekstraktının hücrelere uygulanması ile hücre canlılıklarının %100 olduğu ve 0.80 mg/mL konsantrasyonundaki polen ekstraktının hücrelere uygulanması ile hücre canlılıklarının %60 oranına düştüğü bildirilmiştir (Li vd. 2019). Bir diğer araştırmada ise yedi farklı arı türü tarafından toplanan ve dönüştürülen arı poleni örneklerinin 0.50 mg/mL konsantrasyonundaki ekstraktlarının *Caco-2* hücre hattı üzerine sitotoksik etkisi incelenmiş ve hücre canlılıklarının bazı örneklerde %100 ve üzerinde olduğu, *Homotrigona fimbriata* türü arılar tarafından üretilen arı poleninde ise hücre canlılığının %50 değerinin altına düştüğü rapor edilmiştir (Arung vd. 2021). Kustiawan vd. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada ise farklı arı türlerinden toplanan polen örnekleri etil asetat, hekzan ve metanol çözümleri kullanılarak farklı koşullarda ekstrakte edilmiş ve 0.02 mg/mL konsantrasyonundaki bu ekstraktların 48 saatlik inkübasyon süresi sonunda *Hep-G2* kanser hücrelerinin canlılıkları üzerine etkilerinin %22.00-171.00 aralığında olduğu ve metanol ve etil asetat çözümleri ile hazırlanan ekstraktların sitotoksik etkisinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Ayrıca polen örneklerinin biyoaktivitelerinin arı türüne, coğrafyaya, hasat dönemine, mevsime ve ekstraksiyon yöntemine bağlı olarak değişiklik gösterdiği belirtilmiştir (Kustiawan vd. 2014).

Propolis örneklerinin hücre canlılık oranları üzerine etkilerini gösteren grafik Şekil 4.8'de verilmiştir. Sindirim uygulanmış propolis örneklerinin hücre canlılık oranlarına olan etkilerine bakıldığında 0.10 mg/mL değerinden düşük propolis konsantrasyonlarının A549, *Hep-G2* ve *Caco-2* kanser hücre sayılarında artışa neden olduğu görülmektedir. Bu arttırıcı etki H1299 kanser hücrelerinde 0.20 mg/mL konsantrasyonuna ve *Bj* sağlıklı fibroblast hücrelerinde ise 0.30 mg/mL konsantrasyonuna kadar devam etmektedir. A431 hücrelerinde ise uygulanan tüm konsantrasyonlarda hücre canlılıklarının azaldığı belirlenmiştir. Bu nedenle propolis örneklerinin kanser hücre hatlarının gelişimlerini inhibe edebilmeleri için 0.20 mg/mL değerinden daha yüksek konsantrasyonlarda uygulanmalarının uygun olacağı değerlendirilmiştir. Propolis örneklerinin hücreler üzerine ortalama IC₅₀ değerlerine göre sitotoksik etki sıralaması ise A431, *Hep-G2*, *Caco-2*, A549, H1299 ve *Bj* hücreleri şeklindedir. Bu sıralamaya göre propolis örneklerinin sağlıklı hücre üzerindeki sitotoksik etkisinin kanser hücrelerinden daha düşük olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.8. Propolis örneklerinin hücre canlılık oranları üzerine etkileri; A549 ve H1299 akciğer kanseri hücreleri; A431 cilt kanseri hücresi; Hep-G2 karaciğer kanseri hücresi; Caco-2 kolon kanseri hücresi; Bj sağlıklı fibroblast hücresi

Propolis örnekleri birbirleri ile karşılaştırıldığında İ1-4 kodlu örneğin A549, A431, Hep-G2 ve Bj hücreleri üzerine ve D2-3 kodlu örneğin Caco-2 kanser hücreleri üzerine sitotoksik etkilerinin daha yüksek olduğu ve H1299 hücreleri üzerine olan etkilerinin ise benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Propoliste bulunan bileşiklerin kanser başlangıcını, ilerlemesini ve metastaz için önemli olan çoklu sinyal yollarını inhibe ederek apoptozisi ve hücre döngüsünün durdurulmasını indükleyebileceği ve kanser hücrelerinin çoğalmasını, yaşayabilirliğini, istilasını, metastazını ve kemorezistansını azaltabileceği bildirilmiştir (Forma ve Bry 2021).

Yapılan bir çalışmada Brezilya propolisinin apoptozis indüksiyonu ile ilişkili olarak A549 hücreleri üzerinde sitotoksik bir etki ile hücre canlılığını azalttığı ve 0.10 mg/mL propolis konsantrasyonunda 72 saat inkübasyon süresi sonunda hücre canlılığının %40 değerinin altına düştüğü bildirilmiştir. Apoptozis sırasında mitokondriyal membran potansiyelinin hücre içi sinyaller üreten farklı uyarıların etkisiyle bozulduğu ve bu etkiye bağlı olarak da hücre canlılığının azaldığı belirtilmiştir (Frion-Herrera vd. 2015). Araştırmada elde edilen bulgulara bakıldığında ise 24 saat süren inkübasyon süresi sonunda %40 canlılık değerine daha yüksek (>0.60 mg/mL) propolis konsantrasyonlarında ulaşıldığı görülmektedir. Inkübasyon süreleri arasındaki farklılığın sonuçlar arasında böyle bir farklılığa neden olduğu değerlendirilmiştir. Ayrıca farklı propolis çeşitleri tarafından indüklenen apoptozis mekanizmasının ise propolis ekstraktının kimyasal bileşimine ve konsantrasyonuna bağlı olduğu bildirilmiştir (Frion-Herrera vd. 2015). Bir diğer çalışmada ise A549 hücresi üzerinde maserasyon tekniğinden elde edilen propolis ekstaktı ile 24, 48 ve 72. saatlerde yapılan uygulamadan elde edilen IC_{50} değerlerinin sırasıyla 0.104, 0.096 ve 0.085 mg/mL ve sonikasyon tekniğinden elde edilen propolis ekstraktının 24, 48 ve 72. saatlerdeki IC_{50} değerlerinin ise sırasıyla 0.094, 0.082 ve 0.076 mg/mL olduğu ve 0.030 mg/mL değerinden düşük propolis konsantrasyonlarında hücre canlılık değerlerinin ≥ 100 olduğu rapor edilmiştir (Khacha-Ananda vd. 2013).

A431 hücre hattı ile yapılan bir çalışmada etanol ile ekstrakte edilmiş propolis örneğinin 48 saat inkübasyon süresi sonunda IC_{50} değerinin 0.098 mg/mL olduğu ve ayrıca çalışma için izole edilen fibroblast hücrelerinin canlılıklarının 0.025-0.20 mg/mL konsantrasyon aralığında yapılan propolis ekstraktı uygulamalarında %100 değerinin üzerinde olduğu bildirilmiştir (Asgharpour vd. 2019). Badria vd. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada 0.10 mg/mL konsantrasyonundaki farklı propolis örneklerinin Hep-G2 ve Caco-2 hücrelerine uygulanması ile hücre inhibisyonlarının sırasıyla %7.87-84.99 ve %27.73-79.63 aralıklarında değiştiği, Hep-G2 hücrelerinin canlılıklarını inflamasyonu azaltarak, apoptozisi indükleyerek ve apoptotik gen ekspresyonunun yukarı regülasyonunu sağlayarak ve Caco-2 hücrelerinin canlılıklarını ise hücre proliferasyonunu inhibe ederek, antioksidan mineral seviyelerini geri kazandırarak ve nitrostatik stresi azaltarak inhibe ettiği rapor edilmiştir. Bir diğer çalışmada ise yedi farklı arı türü tarafından toplanan ve dönüştürülen propolis örneklerinin 0.075 mg/mL konsantrasyonundaki ekstraktlarının Caco-2 hücre türü üzerine sitotoksik etkisi incelenmiş ve 24 saatlik inkübasyon süresi sonunda hücre canlılıklarının %75 ve üzerinde olduğu bildirilmiştir (Arung vd. 2021).

Elde edilen hücre canlılık düzeylerinin ve bunlara bağlı olarak hesaplanan IC₅₀ değerlerinin literatür verilerinden farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Bu farklılıkların propolis örneklerinin kimyasal bileşimlerinden, uygulanan sindirim işleminden ve inkübasyon sürelerinden kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Sindirilmiş propolis örneklerinin ham propolis ekstraktlarına göre fenolik madde içeriğinde ve antioksidan aktiviteye sahip bileşiklerin miktarında önemli bir düşüş olduğu görölmektedir. Bu durumun hücreler üzerine sitotoksik etki gösteren dozlar arasında farklılıklara neden olduğu sonucuna ulaşılmıştır.



5. SONUÇLAR

Türkiye'nin farklı coğrafik alanlarında üretilen bal, polen ve propolis örneklerinin sağlık üzerine etkileri ve *in vitro* biyoyararlılığına ilişkin karşılaştırmalı veri sunan çalışmalar sınırlıdır. Bu nedenle Türkiye'nin 7 farklı coğrafi bölgesinden 2 yıl tekrarlı ve her yıl 25 adet olmak üzere toplamda 50 adet bal, 50 adet polen ve 50 adet propolis örneği 2018-2019 ve 2019-2020 hasat dönemlerinde temin edilerek bu arıcılık ürünlerinin bazı kimyasal madde içerikleri, fenolik bileşik kompozisyonları, antioksidan, antibakteriyel ve antiinflamatuvar etkileri belirlenmiştir. Ayrıca bu ürünlerin *in vitro* yöntemlerle sağlık üzerine etkileri ortaya konulmuş ve toplam fenolik madde içeriği yüksek örneklerin bazı kanser hücrelerine karşı sitotoksik etkileri araştırılmıştır.

Araştırmadan elde edilen bulguların istatistiksel olarak değerlendirilmesi ile ulaşılan temel sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Örneklerin bitkisel kökenini tespit etmek için yapılan palinolojik analiz sonuçlarına göre; 31 adet monofloral ve 19 adet multifloral bal örneği temin edildiği belirlenmiştir. Monofloral bal örnek çeşitleri incelendiğinde ise ayçiçeği, batalak çiçeği, çam, geven, kazayağı çiçeği, kestane, kısamahmut çiçeği, narenciye, peygamber çiçeği ve üçgül olmak üzere 10 farklı türe ve baklagiller, balıbabagiller, buğdaygiller, fundagiller, gülgiller, hardalgiller, maydanozgiller ve turnagagasigiller olmak üzere 8 farklı familyaya ait bitki nektarlarından elde edilen bal örneği bulunduğu belirlenmiştir.

Palinolojik analiz sonuçlarına göre; 29 adet monofloral ve 21 adet ise multifloral polen örneği temin edildiği belirlenmiştir. Monofloral polen örnek çeşitleri incelendiğinde ise ayçiçeği, çörek otu, karaçalı, karahindiba, kestane, korunga, söğüt ve üçgül olmak üzere 8 farklı türe ve düğünçiçeğigiller, gelincikgiller, hardalgiller, ladengiller, maydanozgiller ve papatyagiller olmak üzere 6 farklı familyaya ait polen örneği bulunduğu tespit edilmiştir.

- Bal örneklerinin nem ve su aktivitesi değerlerinin sırasıyla 10.27-16.64 g/100g ve 0.49-0.64 aralıklarında değiştiği, ortalamalarının 13.02 g/100g ve 0.56 olduğu, en düşük değerlerin Doğu ve Güneydoğu Anadolu ve en yüksek değerlerin ise Karadeniz Bölgesi ballarına ait olduğu belirlenmiştir.

Polen örneklerinin nem ve su aktivitesi değerlerinin sırasıyla 4.56-23.67 g/100g ve 0.27-0.76 aralıklarında değiştiği, ortalamalarının 9.98 g/100g ve 0.48 olduğu, en düşük değerlerin Doğu Anadolu ve Karadeniz ve en yüksek değerlerin ise Ege Bölgesi polenlerine ait olduğu tespit edilmiştir.

Propolis örneklerinin nem ve su aktivitesi değerlerinin sırasıyla 1.56-10.18 g/100g ve 0.54-0.89 aralıklarında değiştiği, ortalamalarının 3.61 g/100g ve 0.65 olduğu, en düşük değerlerin Akdeniz, Güneydoğu Anadolu ve İç Anadolu ve en yüksek değerlerin ise Karadeniz ve Marmara Bölgeleri propolislerine ait olduğu belirlenmiştir.

- Bal örneklerinin diastaz sayısı değerlerinin 0.79-72.41 aralığında değiştiği, ortalamalarının 19.77 olduğu, en yüksek değerlerin Doğu Anadolu Bölgesi ballarına ait olduğu ve diğer bölgelerin ballarının diastaz sayısı ortalamalarının birbirlerine yakın olduğu tespit edilmiştir.
- Bal örneklerinin toplam fenolik madde değerlerinin 13.00-132.07 mg GAE/100g aralığında değiştiği, ortalamalarının 44.95 mg GAE/100g olduğu ve bölgelerin toplam fenolik madde ortalamalarının birbirlerine yakın olduğu belirlenmiştir.

Polen örneklerinin toplam fenolik madde değerlerinin 338.15-2857.77 mg GAE/100g aralığında değiştiği, ortalamalarının 1053.07 mg GAE/100g olduğu, en düşük değerlerin Güneydoğu Anadolu ve en yüksek değerlerin ise Ege ve Marmara Bölgeleri polenlerine ait olduğu tespit edilmiştir.

Propolis örneklerinin toplam fenolik madde değerlerinin 508.35-25999.87 mg GAE/100g aralığında değiştiği, ortalamalarının 8256.81 mg GAE/100g olduğu, en düşük değerlerin Akdeniz, Ege ve Güneydoğu Anadolu ve en yüksek değerlerin ise Karadeniz ve Marmara Bölgeleri propolislerine ait olduğu belirlenmiştir.

- Bal örneklerinin toplam flavonoid madde değerlerinin 0.75-7.30 mg KE/100g aralığında değiştiği, ortalamalarının 2.71 mg KE/100g olduğu ve bölgelerin toplam flavonoid madde ortalamalarının birbirlerine yakın olduğu tespit edilmiştir.

Polen örneklerinin toplam flavonoid madde değerlerinin 84.72-544.20 mg KE/100g aralığında değiştiği, ortalamalarının 274.84 mg KE/100g olduğu, en düşük değerlerin İç Anadolu ve en yüksek değerlerin ise Akdeniz ve Ege Bölgeleri polenlerine ait olduğu belirlenmiştir.

Propolis örneklerinin toplam flavonoid madde değerlerinin 216.01-8546.48 mg KE/100g aralığında değiştiği, ortalamalarının 3658.66 mg KE/100g olduğu, en düşük değerlerin Akdeniz ve en yüksek değerlerin ise Marmara Bölgesi propolislerine ait olduğu tespit edilmiştir.

- Bal örneklerinin TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite değerlerinin sırasıyla 0.93-7.99 ve 0.83-16.94 $\mu\text{mol TE/g}$ aralıklarında değiştiği, ortalamalarının 3.04 ve 4.43 $\mu\text{mol TE/g}$ olduğu, en düşük değerlerin Güneydoğu Anadolu ve en yüksek değerlerin ise Karadeniz Bölgesi ballarına ait olduğu belirlenmiştir.

Polen örneklerinin TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite değerlerinin sırasıyla 68.34-397.48 ve 23.23-289.80 $\mu\text{mol TE/g}$ aralıklarında değiştiği, ortalamalarının 149.84 ve 69.83 $\mu\text{mol TE/g}$ olduğu, en düşük değerlerin İç Anadolu ve en yüksek değerlerin ise Marmara Bölgesi polenlerine ait olduğu tespit edilmiştir.

Propolis örneklerinin TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite değerlerinin sırasıyla 146.26-8113.13 ve 54.31-3248.78 $\mu\text{mol TE/g}$ aralıklarında değiştiği, ortalamalarının 2550.96 ve 902.33 $\mu\text{mol TE/g}$ olduğu, en düşük değerlerin

Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu ve en yüksek değerlerin ise İç Anadolu, Karadeniz ve Marmara Bölgeleri propolislerine ait olduğu belirlenmiştir.

- Bal örneklerinin antiinflamatuvar aktivite değerlerinin %30.19-79.78 aralığında değiştiği, ortalamalarının %51.69 olduğu, en düşük değerlerin Marmara ve en yüksek değerlerin ise Ege Bölgesi ballarına ait olduğu tespit edilmiştir.

Polen örneklerinin antiinflamatuvar aktivite değerlerinin %-156.65 ile %68.45 aralığında değiştiği, ortalamalarının %6.41 olduğu, en düşük değerlerin İç Anadolu ve en yüksek değerlerin ise Karadeniz Bölgesi polenlerine ait olduğu belirlenmiştir.

Propolis örneklerinin antiinflamatuvar aktivite değerlerinin %10.30-72.83 aralığında değiştiği, ortalamalarının %56.27 olduğu, en düşük değerlerin Ege ve Karadeniz ve en yüksek değerlerin ise Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri propolislerine ait olduğu tespit edilmiştir.

- Bal örneklerinin *E. coli* ATCC 25922 ve *S. aureus* ATCC 25923 suşlarına karşı antibakteriyel aktivite değerlerinin sırasıyla 6.00-9.13 ve 6.00-14.50 mm aralıklarında değiştiği, ortalamalarının 6.64 ve 7.40 mm olduğu, en düşük değerlerin Güneydoğu Anadolu ve en yüksek değerlerin ise Akdeniz ve Doğu Anadolu Bölgeleri ballarına ait olduğu belirlenmiştir.

Polen örneklerinin *E. coli* ATCC 25922 ve *S. aureus* ATCC 25923 suşlarına karşı antibakteriyel aktivite değerlerinin sırasıyla 6.00-7.50 ve 6.00-6.63 mm aralıklarında değiştiği, ortalamalarının 6.11 ve 6.17 mm olduğu, Akdeniz Bölgesi'nden temin edilen polen örneklerinin *E. coli* ATCC 25922 suşu ve İç Anadolu Bölgesi'nden temin edilen polen örneklerinin ise *S. aureus* ATCC 25923 suşu üzerine antibakteriyel aktivitelerinin diğer bölgelerden temin edilen polenlerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Propolis örneklerinin *E. coli* ATCC 25922 ve *S. aureus* ATCC 25923 suşlarına karşı antibakteriyel aktivite değerlerinin sırasıyla 6.00-9.75 ve 6.00-9.63 mm aralıklarında değiştiği, ortalamalarının 6.41 ve 7.27 mm olduğu ve en yüksek değerlerin Karadeniz Bölgesi propolislerine ait olduğu belirlenmiştir.

Ortalamalar değerlendirildiğinde ise analiz edilen örneklerin *S. aureus* ATCC 25923 suşu üzerine daha fazla inhibe edici bir etki gösterdiği tespit edilmiştir.

- Bal örneklerinin HMF içeriği değerlerinin 0.72-65.61 mg/kg aralığında değiştiği, ortalamalarının 22.63 mg/kg olduğu, en düşük değerlerin Doğu Anadolu ve en yüksek değerlerin ise Ege Bölgesi ballarına ait olduğu belirlenmiştir.
- Bal örneklerinin fruktoz, glikoz, sakkaroz ve maltoz içeriği değerlerinin sırasıyla 32.96-49.31, 24.96-47.97, 0.02-3.52 ve 0.11-2.37 g/100g aralıklarında değiştiği, ortalamalarının sırasıyla 41.47, 36.31, 1.55 ve 0.37 g/100g olduğu belirlenmiştir. Balların bölgelere göre fruktoz içerikleri değişiklik göstermezken, Marmara Bölgesi'nden temin edilen bal örneklerinin glikoz içeriğinin, Akdeniz, Doğu

Anadolu ve Ege Bölgeleri'nden temin edilen bal örneklerinin sakkaroz içeriklerinin ve Akdeniz Bölgesi'nden temin edilen balların ise maltoz içeriğinin diğer bölgelere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

- Serbest aminoasit kompozisyonu analizi sonuçlarına göre bal örneklerinin toplam serbest aminoasit miktarlarının Akdeniz, Doğu Anadolu, Ege, Güneydoğu Anadolu, İç Anadolu, Karadeniz ve Marmara Bölgeleri için sırasıyla 1140.57, 1043.14, 1199.68, 1051.28, 1103.13, 896.25 ve 922.07 mg/kg olduğu belirlenmiştir.
- Bal örneklerinin prolin içeriği değerinin 261.10-1408.12 mg/kg aralığında değiştiği, ortalamalarının 655.81 mg/kg olduğu, en düşük değerlerin Güneydoğu Anadolu ve en yüksek değerlerin ise Ege Bölgesi ballarına ait olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bal örneklerinin prolin, izolösin, fenilalanin, lösin ve tirozin aminoasit içeriklerinin yüksek ve sistein, metiyonin ve triptofan aminoasit içeriklerinin ise düşük olduğu tespit edilmiştir.
- Bal örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu sonuçları incelendiğinde bal örneklerinin gallik asit, metil-3,4,5-trihidroksibenzoat ve naringin miktarlarına ait ortalamaların diğer fenolik bileşiklerden daha yüksek (>2.0 mg/100g) ve trans sinamik asit, apigenin, mirisetin, kuersetin ve luteolin içeriklerinin ise daha düşük (<0.07 mg/100g) olduğu belirlenmiştir. Bölgelere göre bal örneklerinin fenolik bileşik kompozisyonlarının ayrımlarını belirlemek için yapılan lineer diskriminant analizi sonucuna göre %58.0 doğruluk oranı ile bir sınıflandırma yapılabildiği ve bu doğruluk oranının düşük olması nedeniyle incelenen bal örneklerinin fenolik bileşik kompozisyonları dikkate alınarak bölgelere göre ayırım yapılmasının uygun olmayacağı değerlendirilmiştir.

Polen örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu sonuçları incelendiğinde polen örneklerinin rozmarinik asit, naringenin, rutin ve apigenin miktarlarına ait ortalamaların sırasıyla 155.38, 51.91, 34.31 ve 29.16 mg/100g değerleri ile diğer fenolik bileşiklerden daha yüksek ve siringik, vanilik, gallik ve ferulik asit içeriklerinin ise daha düşük (<0.8 mg/100g) olduğu belirlenmiştir. Lineer diskriminant analizi sonucuna göre %70.0 doğruluk oranı ile fenolik bileşik kompozisyonuna göre bölgeler arasında bir sınıflandırma yapılabildiği, metil-3,4,5-trihidroksibenzoatın en uygun diskriminant değişkeni olduğu ve bu değişkenin yanı sıra siringik asit, apigenin, pinosembrin ve kaempferol bileşiklerinin de polen örneklerinin bölge ayrımları için kullanılabildiği değerlendirilmiştir. Ayrıca Ege (%83.3), İç Anadolu (%71.4), Karadeniz (%77.8) ve Marmara (%75.0) Bölgeleri'ne ait polenlerin fenolik bileşik kompozisyonları açısından ayrılabilirdiği, ancak diğer bölgelerin ise birbirlerinden ayrılamadığı tespit edilmiştir.

Propolis örneklerine ait fenolik bileşik kompozisyonu sonuçları incelendiğinde propolis örneklerinin rozmarinik asit, kafeik asit, 3,4-dimetoksisinamik asit, ferulik asit ve naringenin miktarlarına ait ortalamaların sırasıyla 737.42, 317.31, 285.49, 255.50 ve 246.92 mg/100g değerleri ile diğer fenolik bileşiklerden daha yüksek ve metil-3,4,5-trihidroksibenzoat, siringik asit, vanilik asit, hesperidin,

rutin ve mirisetin içeriklerinin ise daha düşük (<7.0 mg/100g) olduğu belirlenmiştir. Lineer diskriminant analizi sonucuna göre %74.0 doğruluk oranı ile fenolik bileşik kompozisyonuna göre bölgeler arasında bir sınıflandırma yapılabildiği, trans sinnamik asidin en uygun diskriminant değişkeni olduğu ve bu değişkenin yanı sıra naringenin, genistein, *p*-kumarik asit, ferulik asit, 3,4-dimetoksisinamik asit, mirisetin ve kaempferol bileşiklerinin de propolis örneklerinin bölge ayrımları için kullanılabildiği değerlendirilmiştir. Ayrıca Akdeniz (%100), Doğu Anadolu (%75.0), Ege (%71.4), Karadeniz (%85.7) ve Marmara (%71.4) Bölgeleri'ne ait propolislerin fenolik bileşik kompozisyonları açısından ayrılabilirdi, ancak diğer bölgelerin ise birbirlerinden ayrılamadığı belirlenmiştir.

- Sindirilmiş bal örneklerinin biyoerişilebilirlik değerinin ham bal örneklerine göre sindirimin sonunda toplam fenolik madde için yaklaşık 2.60 kat ve toplam flavonoid madde için ise yaklaşık 6.40 kat arttığı tespit edilmiştir.

Sindirilmiş polen örneklerinin biyoerişilebilirlik değerinin ham polen örneklerine göre sindirimin sonunda toplam fenolik madde için daha düşük olduğu, toplam flavonoid madde için ise yaklaşık 1.14 kat arttığı ve sindirim aşamaları kıyaslandığında ise ilerleyen sindirim aşamaları ile birlikte toplam fenolik ve flavonoid madde içeriklerinin arttığı belirlenmiştir.

Sindirilmiş propolis örneklerinin biyoerişilebilirlik değerinin ham propolis örneklerine göre daha düşük olduğu ve fenolik bileşiklerin biyoerişilebilirliklerinin %35 ve flavonoid maddelerin biyoerişilebilirliklerinin ise %24 değerinin altında olduğu, ancak sindirim aşamaları kıyaslandığında ise ilerleyen sindirim aşamaları ile birlikte toplam fenolik ve flavonoid madde içeriklerinin arttığı tespit edilmiştir.

- Sindirilmiş bal örneklerinin ortalama TEAC antioksidan aktivite değerlerinin sindirilmemiş bal örneklerine göre daha düşük olduğu, ancak ortalama CUPRAC antioksidan aktivite değerlerinin ise yaklaşık 1.30 kat arttığı ve sindirim aşamaları kıyaslandığında ise ilerleyen sindirim aşamaları ile birlikte antioksidan aktivitenin arttığı belirlenmiştir.

Sindirilmiş polen örneklerinin TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite değerlerinin ham polen örneklerine göre daha düşük olduğu, ancak sindirim aşamaları kıyaslandığında ise ilerleyen sindirim aşamaları ile birlikte antioksidan aktivitenin arttığı tespit edilmiştir.

Sindirilmiş propolis örneklerinin TEAC ve CUPRAC antioksidan aktivite değerlerinin ham propolis örneklerine göre daha düşük olduğu, ancak sindirim aşamaları kıyaslandığında ise ilerleyen sindirim aşamaları ile birlikte antioksidan aktivitenin arttığı belirlenmiştir.

- Sitotoksite analiz sonuçları değerlendirildiğinde; A549 akciğer kanseri üzerine K2-4 kodlu bal ve K1-3 kodlu polen, H1299 akciğer kanseri hücresi üzerine İ1-1 kodlu bal, A431 cilt kanseri hücresi üzerine İ1-4 ve D2-3 kodlu propolis

örnekleri, *Hep-G2* karaciğer kanseri hücresi üzerine K2-4 kodlu bal, *Caco-2* kolon kanseri hücresi üzerine K1-3 kodlu polen ve D2-3 kodlu propolis ve *Bj* sağlıklı fibroblast hücresi üzerine ise K2-4 kodlu bal örneğinin sitotoksik etkisinin diğer örneklerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Genel olarak; bal, polen ve propolis örneklerinin bitkisel kaynaklarına ve temin edildikleri coğrafi bölgelerin özelliklerine göre kimyasal özellikleri ve kompozisyonlarında ve antioksidan, antibakteriyel ve antiinflamatuvar aktivite gibi biyolojik aktivitelerinde farklılıklar olduğu, bu ürünlerin biyolojik aktiviteleri ile ilişkilendirilen fenolik bileşiklerin bal için olmamakla birlikte polen ve propolis örnekleri için bölgelerin sınıflandırılmalarında bir parametre olarak değerlendirilebileceği, sindirim ile bal, polen ve propolis örneklerinin fenolik bileşik biyoerişilebilirliklerinin bal için yüksek, polen için yaklaşık aynı ancak propolis için düşük olduğu, kanser hücreleri üzerine seçilen sindirilmiş propolis örneklerinin inhibe edici etkilerinin diğer örneklere göre daha yüksek olduğu ve A549 akciğer kanseri hücrelerinin bal, polen ve propolis örneklerinin inhibe edici etkilerine karşı daha hassas olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır.

6. KAYNAKLAR

- Ahangari, Z., Naseri, M. and Vatandoost, F. 2018. Propolis: chemical composition and its applications in endodontics. *Iranian Endodontic Journal*, 13(3): 285-292.
- Ahmed, S. and Othman, N.H. 2013. Honey as a potential natural anticancer agent: a review of its mechanisms. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013: 829070.
- Akbulut, M., Özcan, M.M. and Çoklar, H. 2009. Evaluation of antioxidant activity, phenolic, mineral contents and some physicochemical properties of several pine honeys collected from Western Anatolia. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60: 577-589.
- Akgün, N., Çelik, Ö.F. and Kelebekli, L. 2021. Physicochemical properties, total phenolic content, and antioxidant activity of chestnut, rhododendron, acacia and multifloral honey. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(4): 3501-3508.
- Albuquerque, B.R., Heleno, S.A., Oliveira, M.B.P., Barros, L. and Ferreira, I.C. 2021. Phenolic compounds: Current industrial applications, limitations and future challenges. *Food & Function*, 12(1): 14-29.
- Alevia, M., Rasines, S., Cantero, L., Sancho, M.T., Fernández-Muiño, M.A. and Osés, S. M. 2021. Chemical extraction and gastrointestinal digestion of honey: influence on its antioxidant, antimicrobial and anti-inflammatory activities. *Foods*, 10(6): 1412.
- Aliyazıcıoğlu, R., Sahin, H., Ertürk, O., Ulusoy, E. and Kolaylı, S. 2013. Properties of phenolic composition and biological activity of propolis from Turkey. *International Journal of Food Properties*, 16(2): 277-287.
- Al-Juhaimi, F.Y., Özcan, M.M., Mohamed Ahmed, I.A., Alsawmahia, O.N., Ozcan, M. M., Ghafoor, K. and Babiker, E.E. 2022. Bioactive compounds, antioxidant activity, fatty acid composition, and antimicrobial activity of propolis from different locations in Turkey. *Journal of Apicultural Research*, 61(2): 246-254.
- Altunel, T. and Ölmez, B. 2011. Beekeeping as a rural development alternative in Turkish northwest. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17: 6017-6029.
- Alotibi, I.A., Harakeh, S.M., Al-Mamary, M., Mariod, A.A., Al-Jaouni, S.K., Al-Masaud, S. and Al-Hindi, R.R. 2018. Floral markers and biological activity of Saudi honey. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25(7): 1369-1374.
- Alvarez-Suarez, J.M. 2017. Bee products-chemical and biological properties. 1st edition, Springer, 306 p.
- Andrade, J.K.S., Denadai, M., de Oliveira, C.S., Nunes, M.L. and Narain, N. 2017. Evaluation of bioactive compounds potential and antioxidant activity of brown, green and red propolis from Brazilian northeast region. *Food Research International*, 101: 129-138.

- Anjum, S.I., Ullah, A., Khan, K.A., Attaullah, M., Khan, H., Ali, H., Bashir, M.A., Tahir, M., Ansari, M.J., Ghramh, H.A., Adgaba, N. and Dash, C.K. 2019. Composition and functional properties of propolis (bee glue): A review. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(7): 1695-1703.
- Anonim 1. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). Arıcılık istatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111> [Son erişim tarihi: 05.06.2022].
- Anonim 2. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği (2020/07). Tarım ve Orman Bakanlığı, 22 Nisan 2020 Tarih ve 31107 Sayılı Resmî Gazete, Ankara.
- Anonim 3. Türk Standartları Enstitüsü Polen Standardı (TS 10255), Mayıs 2006, Ankara.
- Anonymous 1. Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO). <https://www.fao.org/faostat/en/#home> [Son erişim tarihi: 05.06.2022].
- Anonymous 2. Palynological Database (PalDat). <https://www.palдат.org> [Son erişim tarihi: 05.06.2022].
- AOAC. 2005. Honey official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists (AOAC) International, 18th edition, 44: 25-37
- Apak, R., Guclu, K., Demirata, B., Ozyurek, M., Celik, S.E., Bektasoglu, B. and Ozyurt, D. 2007. Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay. *Molecules*, 12(7): 1496-1547.
- Araujo, J.S., Chambó, E.D., Costa, M.A.P.D.C., Cavalcante da Silva, S.M.P., Lopes de Carvalho, C.A. and M Estevinho, L. 2017. Chemical composition and biological activities of mono-and heterofloral bee pollen of different geographical origins. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(5): 921.
- Araujo, M.A., Libério, S.A., Guerra, R.N., Ribeiro, M.N. S. and Nascimento, F.R. 2012. Mechanisms of action underlying the anti-inflammatory and immunomodulatory effects of propolis: a brief review. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 22(1): 208-219.
- Arserim-Uçar, D.K., Gecibesler, İ.H., Sudagidan, M., Dursun, I., Süzerer, V. and Solmaz, R. 2020. Determination of biological activity, lipophilic and volatile organic compounds of Bingöl propolis isolates. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 9: 92-102.
- Arung, E.T., Ramadhan, R., Khairunnisa, B., Amen, Y., Matsumoto, M., Nagata, M. and Shimizu, K. 2021. Cytotoxicity effect of honey, bee pollen, and propolis from seven stingless bees in some cancer cell lines. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(12): 7182-7189.
- Asem, N., Abdul Gapar, N.A., Abd Hapit, N.H. and Omar, E.A. 2020. Correlation between total phenolic and flavonoid contents with antioxidant activity of

- Malaysian stingless bee propolis extract. *Journal of Apicultural Research*, 59(4): 437-442.
- Asgharpour, F., Moghadamnia, A.A., Zabihi, E., Kazemi, S., Ebrahimzadeh Namvar, A., Gholinia, H. and Nouri, H.R. 2019. Iranian propolis efficiently inhibits growth of oral streptococci and cancer cell lines. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 19(1): 1-8.
- Aylanc, V., Falcão, S.I., Ertosun, S. and Vilas-Boas, M. 2021. From the hive to the table: Nutrition value, digestibility and bioavailability of the dietary phytochemicals present in the bee pollen and bee bread. *Trends in Food Science & Technology*, 109: 464-481.
- Aylanc, V. 2020. Comparing the bioavailability properties of bee pollen and bee bread using an in vitro digestive system. Master Thesis, Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 98 p.
- Babacan, S., Pivarnik, L.F. and Rand, A.G. 2002. Honey amylase activity and food starch degradation. *Journal of Food Science*, 67(5): 1625-1630.
- Badria, F., Fathy, H., Fatehe, A., Elimam, D. and Ghazy, M. 2017. Evaluate the cytotoxic activity of honey, propolis, and bee venom from different localities in Egypt against liver, breast, and colorectal cancer. *Journal of Apitherapy*, 2(1): 1-4.
- Braakhuis, A. 2019. Evidence on the health benefits of supplemental propolis. *Nutrients*, 11(11): 2705.
- Barth, O.M., Freitas, A.S., Oliveira, E.S., Silva, R.A., Maester, F.M., Andrella, R.R. and Cardozo, G.M. 2010. Evaluation of the botanical origin of commercial dry bee pollen load batches using pollen analysis: a proposal for technical standardization. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 82(4): 893-902.
- Basim, E., Basim, H. and Özcan, M. 2006. Antibacterial activities of Turkish pollen and propolis extracts against plant bacterial pathogens. *Journal of Food Engineering*, 77(4): 992-996.
- Bayram, N. E., and Demir, E. 2018. Specifying some quality characteristics of monofloral and multifloral honey samples. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 46(3): 417-423.
- Becerril-Sánchez, A.L., Quintero-Salazar, B., Dublán-García, O. and Escalona-Buendía, H. B. 2021. Phenolic compounds in honey and their relationship with antioxidant activity, botanical origin, and color. *Antioxidants*, 10(11): 1700.
- Belay, A., Haki, G.D., Birringer, M., Borck, H., Lee, Y.C., Kim, K.T. and Melaku, S. 2017. Enzyme activity, amino acid profiles and hydroxymethylfurfural content in Ethiopian monofloral honey. *Journal of food science and technology*, 54(9): 2769-2778.

- Biluca, F.C., Bernal, J., Valverde, S., Ares, A.M., Gonzaga, L.V., Costa, A.C.O. and Fett, R. 2019. Determination of free amino acids in stingless bee (Meliponinae) honey. *Food Analytical Methods*, 12(4): 902-907.
- Bogdanov, S. 2002. Harmonised Methods of the International Honey Commission, 62 p.
- Bouayed, J., Hoffmann, L. and Bohn, T. 2011. Total phenolics, flavonoids, anthocyanins and antioxidant activity following simulated gastro-intestinal digestion and dialysis of apple varieties: Bioaccessibility and potential uptake. *Food Chemistry*, 128(1): 14-21.
- Boulechfar, S., Zellagui, A., Bensouici, C., Asan-Ozusaglam, M., Tacer, S. and Hanene, D. 2022. Anticholinesterase, anti- α -glucosidase, antioxidant and antimicrobial effects of four Algerian propolis. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(1): 793-803.
- Brantner, A.H. and Males, Z. 1999. Quality assessment of *Paliurus spina-christi* extracts. *Journal of Ethnopharmacology*, 66(2): 175-179.
- Bridi, R., Atala, E., Pizarro, P. N. and Montenegro, G. 2019. Honeybee pollen load: phenolic composition and antimicrobial activity and antioxidant capacity. *Journal of Natural Products*, 82(3): 559-565.
- Bridi, R., Echeverría, J., Larena, A., Nuñez Pizarro, P., Atala, E., De Camargo, A.C. and Montenegro, G. 2022. Honeybee pollen from Southern Chile: Phenolic profile, antioxidant capacity, bioaccessibility, and inhibition of DNA damage. *Frontiers in Pharmacology*, 13: 775219.
- Broznić, D., Ratkaj, I., Staver, M.M., Pavelić, S.K., Žurga, P., Bubalo, D. and Gobin, I. 2018. Evaluation of the antioxidant capacity, antimicrobial and antiproliferative potential of fir (*Abies alba* Mill.) honeydew honey collected from Gorski Kotar (Croatia). *Food Technology and Biotechnology*, 56(4): 533-545.
- Bueno-Costa, F.M., Zambiazzi, R.C., Bohmer, B.W., Chaves, F.C., da Silva, W.P., Zanusso, J.T. and Dutra, I. 2016. Antibacterial and antioxidant activity of honeys from the state of Rio Grande do Sul, Brazil. *LWT-Food Science and Technology*, 65: 333-340.
- Campos, M.G., Bogdanov, S., de Almeida-Muradian, L.B., Szczesna, T., Mancebo, Y., Frigerio, C. And Ferreira, F. 2008. Pollen composition and standardisation of analytical methods. *Journal of Apicultural Research*, 47(2): 154-161.
- Can, Z. 2018. Determination of in-vitro antioxidant, anti-urease, anti-hyaluronidase activities by phenolic rich bee products from different region of Turkey. *Feb-Fresenius Environmental Buletin*, 27(10): 6858-6866.
- Can, Z., Yildiz, O., Sahin, H., Turumtay, E.A., Silici, S. and Kolayli, S. 2015. An investigation of Turkish honeys: their physico-chemical properties, antioxidant capacities and phenolic profiles. *Food Chemistry*, 180: 133-141.

- Carpes, S.T., Begnini, R., Alencar, S.M.D. and Masson, M.L. 2007. Study of preparations of bee pollen extracts, antioxidant and antibacterial activity. *Ciência e Agrotecnologia*, 31(6): 1818-1825.
- Castagna, A., Benelli, G., Conte, G., Sgherri, C., Signorini, F., Nicoletta, C. and Canale, A. 2020. Drying techniques and storage: Do they affect the nutritional value of bee-collected pollen? *Molecules*, 25(21): 4925.
- Castellano, G., Tena, J. and Torrens, F. 2012. Classification of phenolic compounds by chemical structural indicators and its relation to antioxidant properties of *Posidonia Oceanica* (L.) Delile. *Communications in Mathematical and Computer Chemistry*, 67: 231-250.
- Chait, Y.A., Gunenc, A., Bendali, F. and Hosseini, F. 2020. Simulated gastrointestinal digestion and in vitro colonic fermentation of carob polyphenols: Bioaccessibility and bioactivity. *LWT-Food Science and Technology*, 117: 108623.
- Chen, G.L., Chen, S.G., Chen, F., Xie, Y.Q., Han, M.D., Luo, C.X., Zhao, Y.Y. and Gao, Y.Q. 2016) Nutraceutical potential and antioxidant benefits of selected fruit seeds subjected to an in vitro digestion. *Journal of Functional Foods*, 20: 317-331.
- Cheung, Y., Meenu, M., Yu, X. and Xu, B. 2019. Phenolic acids and flavonoids profiles of commercial honey from different floral sources and geographic sources. *International Journal of Food Properties*, 22(1): 290-308.
- Cianciosi, D., Forbes-Hernández, T.Y., Afrin, S., Gasparri, M., Reboredo-Rodríguez, P., Manna, P.P., Zhang, J., Lamas, L.B., Florez, S.M., Toyos, P.A., Quiles, J.L., Giampieri, F. and Battino, M. 2018. Phenolic compounds in honey and their associated health benefits: A review. *Molecules*, 23(9): 2322.
- Cianciosi, D., Forbes-Hernández, T.Y., Giampieri, F., Zhang, J., Ansary, J., Pacetti, M. and Battino, M. 2020. Effect of in vitro gastrointestinal digestion on the bioaccessibility of phenolic compounds and antioxidant activity of Manuka honey. *eFood*, 1(1): 85-93.
- Coelho, J., Falcão, S.I., Vale, N., Almeida-Muradian, L.B. and Vilas-Boas, M. 2017. Phenolic composition and antioxidant activity assessment of southeastern and south Brazilian propolis. *Journal of Apicultural Research*, 56(1): 21-31.
- Cottica, S.M., Sawaya, A.C., Eberlin, M.N., Franco, S.L., Zeoula, L.M. and Visentainer, J.V. 2011. Antioxidant activity and composition of propolis obtained by different methods of extraction. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 22: 929-935.
- Çakmak, S.S. 2016. Beekeeping and recent colony losses in Turkey. *Uludağ Arıcılık Dergisi/Uludag Bee Journal*, 16(1): 31-48.
- Das, A., Datta, S., Mukherjee, S., Bose, S., Ghosh, S. and Dhar, P. 2015. Evaluation of antioxidative, antibacterial and probiotic growth stimulatory activities of *Sesamum indicum* honey containing phenolic compounds and lignans. *LWT-Food Science and Technology*, 61(1): 244-250.

- D'Albore, G.R. 1997. Textbook of Melissopalynology. Apimondia Publishing House, Bucharest, Romania, 308 p.
- de Groot, A.C. 2013. Propolis: a review of properties, applications, chemical composition, contact allergy, and other adverse effects. *Dermatitis*, 24(6): 263-282.
- Degirmencioglu T.H., Guzelmeric, E., Yuksel, P.I., Kırmızıbekmez, H., Deniz, I. and Yesilada, E. 2019. A new type of Anatolian propolis: Evaluation of its chemical composition, activity profile and botanical origin. *Chemistry & Biodiversity*, 16(12): e1900492.
- De-Melo, A.A.M., Estevinho, M.L.M.F., Sattler, J.A.G., Souza, B.R., da Silva Freitas, A., Barth, O.M. and Almeida-Muradian, L.B. 2017. Effect of processing conditions on characteristics of dehydrated bee-pollen and correlation between quality parameters. *LWT-Food Science and Technology*, 65: 808-815.
- De-Melo, A. A. M., Estevinho, L. M., Moreira, M. M., Delerue-Matos, C., Freitas, A. D. S. D., Barth, O. M. and Almeida-Muradian, L. B. D. 2018. Phenolic profile by HPLC-MS, biological potential, and nutritional value of a promising food: Monofloral bee pollen. *Journal of Food Biochemistry*, 42(5): e12536.
- Denisow, B. and Denisow-Pietrzyk, M. 2016. Biological and therapeutic properties of bee pollen: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(13): 4303-4309.
- Derebaşı, E., Bulut, G., Col, M., Güney, F., Yaşar, N. and Ertürk, Ö. 2014. Physicochemical and residue analysis of honey from Black Sea region of Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 23(1): 10-17.
- Dias, L.G., Pereira, A.P. and Estevinho, L.M. 2012. Comparative study of different Portuguese samples of propolis: pollinic, sensorial, physicochemical, microbiological characterization and antibacterial activity. *Food and Chemical Toxicology*, 50: 4246-4253.
- Dos Santos, C.M., Campos, J. F., Dos Santos, H.F., Balestieri, J.B.P., Silva, D.B., de Picoli Souza, K. and Dos Santos, E.L. 2017. Chemical composition and pharmacological effects of geopropolis produced by *Melipona quadrifasciata* anthidioides. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 8320804: 1-13.
- Dülger-Altın D., Sandıkçı Altunatmaz, S., Sabuncu, M., Aksu, F. and Sahan, Y. 2020. In-vitro bioaccessibility of antioxidant properties of bee pollen in Turkey. *Food Science and Technology*, 41: 133-141.
- Dumbrava, D.G., Bordean, D.M., Raba, D.N., Druga, M., Moldovan, C. and Popa, M.V. 2013. Antioxidant properties and other physicochemical characteristics of some honey varieties from west Romanian area. 13th International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM, Sofia, Bulgaria, 101-108.

- Dzugan, M., Grabek-Lejko, D., Sidor, E. and Tomczyk, M. 2021. The impact of ultrasound decrystallization on enzymatic, antioxidant and antibacterial properties of honey. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 71: 102709.
- El Menyiy, N., Bakour, M., El Ghouizi, A., El Guendouz, S. and Lyoussi, B. 2021. Influence of geographic origin and plant source on physicochemical properties, mineral content, and antioxidant and antibacterial activities of Moroccan propolis. *International Journal of Food Science*, 5570224, 1-12.
- El-Guendouz, S., Aazza, S., Lyoussi, B., Antunes, M.D., Faleiro, M. L. and Miguel, M. G. 2016. Anti-acetylcholinesterase, antidiabetic, anti-inflammatory, antityrosinase and antixanthine oxidase activities of Moroccan propolis. *International Journal of Food Science and Technology*, 51(8): 1762–1773.
- Erdtman, G. 1969. Handbook of palynology: morphology, taxonomy, ecology; an introduction to the study of pollen grains and spores. Hafner Publishing, New York, 486 p.
- Erkmen, O. and Özcan, M.M. 2008. Antimicrobial effects of Turkish propolis, pollen, and laurel on spoilage and pathogenic food-related microorganisms. *Journal of Medicinal Food*, 11(3): 587-592.
- Escuredo, O., Dobre, I., Fernández-González, M. and Seijo, M.C. 2014. Contribution of botanical origin and sugar composition of honeys on the crystallization phenomenon. *Food Chemistry*, 149: 84-90.
- Feas, X., Vázquez-Tato, M.P., Estevinho, L., Seijas, J.A. and Iglesias, A. 2012. Organic bee pollen: botanical origin, nutritional value, bioactive compounds, antioxidant activity and microbiological quality. *Molecules*, 17(7): 8359-8377.
- Forma, E. and Brys, M. 2021. Anticancer activity of propolis and its compounds. *Nutrients*, 13(8): 2594.
- Frion-Herrera, Y., Díaz-García, A., Ruiz-Fuentes, J., Rodríguez-Sánchez, H. and Sforcin, J.M. 2015. Brazilian green propolis induced apoptosis in human lung cancer A549 cells through mitochondrial-mediated pathway. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 67(10): 1448-1456.
- Gargouri, W., Osés, S.M., Fernández-Muiño, M.A., Sancho, M.T. and Kechaou, N. 2019. Evaluation of bioactive compounds and biological activities of Tunisian propolis. *LWT-Food Science and Technology*, 111: 328-336.
- Gasic, U., Kečkeš, S., Dabić, D., Trifković, J., Milojković-Opsenica, D., Natić, M. and Tešić, Ž. 2014. Phenolic profile and antioxidant activity of Serbian polyfloral honeys. *Food Chemistry*, 145: 599-607.
- Gayoso, L., Claerbout, A.S., Calvo, M.I., Cavero, R.Y., Astiasarán, I. and Ansorena, D. 2016. Bioaccessibility of rutin, caffeic acid and rosmarinic acid: Influence of the in vitro gastrointestinal digestion models. *Journal of Functional Foods*, 26: 428-438.

- Gercek, Y. C., Celik, S. and Bayram, S. 2022. Screening of plant pollen sources, polyphenolic compounds, fatty acids and antioxidant/antimicrobial activity from bee pollen. *Molecules*, 27(1): 117.
- Gloeckner, H. Jonuleit, T. and Lemke, H.D. 2001. Monitoring of cell viability and cell growth in a hollow-fiber bioreactor by use of the dye alamar blue (Tm). *Journal of Immunological Methods*, 252: 131-138.
- Güler, A. and Demir, M. 2005. Beekeeping potential in Turkey. *Bee World*, 86(4): 114-119.
- Gürbüz, S., Çakıcı, N., Mehmetoğlu, S., Atmaca, H., Demir, T., Arıgül Apan, M., Atmaca, Ö.F. and Güney, F. 2020. Physicochemical quality characteristics of Southeastern Anatolia honey, Turkey. *International Journal of Analytical Chemistry*, 8810029, 1-6.
- Hadagali, M.D. and Chua, L.S. 2014. The anti-inflammatory and wound healing properties of honey. *European Food Research and Technology*, 239(6): 1003-1014.
- Huang, S., Zhang, C.P., Wang, K., Li, G.Q. and Hu, F.L. 2014. Recent advances in the chemical composition of propolis. *Molecules*, 19(12): 19610-19632.
- Iglesias, M.T., Martín-Álvarez, P. J., Polo, M.C., de Lorenzo, C., González, M. and Pueyo, E. 2006. Changes in the free amino acid contents of honeys during storage at ambient temperature. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(24): 9099-9104.
- Irigoit, Y., Navarro, A., Yamul, D., Libonatti, C., Tabera, A. and Basualdo, M. 2021. The use of propolis as a functional food ingredient: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 115: 297-306.
- Jibril, F.I., Hilmi, A.B.M. and Manivannan, L. 2019. Isolation and characterization of polyphenols in natural honey for the treatment of human diseases. *Bulletin of the National Research Centre*, 43(1): 1-9.
- Juan-Borras, M., Domenech, E., Hellebrandova, M. and Escriche, I. 2014. Effect of country origin on physicochemical, sugar and volatile composition of acacia, sunflower and tilia honeys. *Food Research International*, 60: 86-94.
- Juszczak, L., Fortuna, T., Socha, R. and Gałkowska, D. 2013. Trade quality of honeys sold in stores of retail chains. *Potravinarstvo*, 7: 74-77.
- Kahraman, H. A., Tutun, H., Kaya, M. M., Usluer, M. S., Tutun, S., Yaman, C., Sevin, S. And Keyvan, E. 2022. Ethanolic extract of Turkish bee pollen and propolis: phenolic composition, antiradical, antiproliferative and antibacterial activities. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 36(1): 44-55.
- Kalaycıoğlu, Z., Kaygusuz, H., Döker, S., Kolaylı, S. and Erim, F.B. 2017. Characterization of Turkish honeybee pollens by principal component analysis

- based on their individual organic acids, sugars, minerals, and antioxidant activities. *LWT-Food Science and Technology*, 84: 402-408.
- Karadal, F., Onmaz, N.E., Abay, S., Yildirim, Y., Al, S., Tatyuz, I. and Akcay, A. 2018. A study of antibacterial and antioxidant activities of bee products: Propolis, pollen and honey samples. *Ethiopian Journal of Health Development*, 32(2).
- Kartal, M., Yıldız, S., Kaya, S., Kurucu, S. and Topçu, G. 2003. Antimicrobial activity of propolis samples from two different regions of Anatolia. *Journal of Ethnopharmacology*, 86(1): 69-73.
- Kaskoniene, V., Ruočkusienė, G., Kaškonas, P., Akuneca, I. and Maruška, A. 2015. Chemometric analysis of bee pollen based on volatile and phenolic compound compositions and antioxidant properties. *Food Analytical Methods*, 8(5): 1150-1163.
- Kaygusuz, H., Tezcan, F., Erim, F.B., Yildiz, O., Sahin, H., Can, Z. and Kolaylı, S. 2016. Characterization of Anatolian honeys based on minerals, bioactive components and principal component analysis. *LWT-Food Science and Technology*, 68: 273-279.
- Khacha-Ananda, S., Tragoolpua, K., Chantawannakul, P. and Tragoolpua, Y. 2013. Antioxidant and anti-cancer cell proliferation activity of propolis extracts from two extraction methods. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 14(11): 6991-6995.
- Khalil, M.I., Sulaiman, S.A. and Boukraa, L. 2010. Antioxidant properties of honey and its role in preventing health disorder. *The Open Nutraceuticals Journal*, 3(1): 6-16.
- Kıvrak, İ. 2015. Free amino acid profiles of 17 Turkish unifloral honeys. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*, 38(8): 855-862.
- Kıvrak, Ş. and Kıvrak, İ. 2017. Assessment of phenolic profile of Turkish honeys. *International Journal of Food Properties*, 20(4): 864-876.
- Kıvrak, Ş., Kıvrak, I. and Karababa, E. 2017. Characterization of Turkish honeys regarding of physicochemical properties, and their adulteration analysis. *Food Science and Technology (Campinas)*, 37: 80-89.
- Kolaylı, S., Aliyazicioglu, R., Ulusoy, E. and Karaoglu, Ş. 2008. Antioxidant and antimicrobial activities of selected Turkish honeys. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 36(2): 163-172.
- Kolaylı, S., Palabiyik, I., Atik, D.S., Keskin, M., Bozdeveci, A. and Karaoglu, S.A. 2020. Comparison of antibacterial and antifungal effects of different varieties of honey and propolis samples. *Acta Alimentaria*, 49(4): 515-523.

- Kolaylı, S., Sahin, H., Can, Z., Yildiz, O. and Sahin, K. 2016. Honey shows potent inhibitory activity against the bovine testes hyaluronidase. *Journal of Enzyme Inhibition And Medicinal Chemistry*, 31(4): 599-602.
- Komosinska-Vassev, K., Olczyk, P., Kaźmierczak, J., Mencner, L. And Olczyk, K. 2015. Bee pollen: chemical composition and therapeutic application. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 201: 297425.
- Konak, Ü.İ. 2016. Ultra yüksek performanslı sıvı kromatografisi-yüksek çözünürlüklü kütle spektrometresi (UHPLC-HR/MS) ile bebek gıdalarında sülfonamid grubu antibiyotik kalıntılarının ve metabolitlerinin belirlenmesi için analiz metodu geliştirilmesi. Doktora tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, 183s.
- Kumazawa, S., Hamasaka, T. and Nakayama, T. 2004. Antioxidant activity of propolis of various geographic origins. *Food Chemistry*, 84(3): 329-339.
- Kustiawan, P.M., Puthong, S., Arung, E.T. and Chanchao, C. 2014. In vitro cytotoxicity of Indonesian stingless bee products against human cancer cell lines. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4(7): 549-556.
- Leon-Ruiz, V., González-Porto, A.V., Al-Habsi, N., Vera, S., San Andrés, M.P. and Jauregi, P. 2013. Antioxidant, antibacterial and ACE-inhibitory activity of four monofloral honeys in relation to their chemical composition. *Food & Function*, 4(11): 1617-1624.
- Leufroy, A., Noël, L., Beauchemin, D. and Guérin, T. 2012. Use of a continuous leaching method to assess the oral bioaccessibility of trace elements in seafood. *Food Chemistry*, 135(2): 623-633.
- Li, N., Liu, Y., Zhao, Y., Zheng, X., Lu, J. and Liang, Y. 2016. Simultaneous HPLC determination of amino acids in tea infusion coupled to pre-column derivatization with 2, 4-dinitrofluorobenzene. *Food Analytical Methods*, 9(5): 1307-1314.
- Li, Q., Liang, X., Guo, N., Hu, L., Wu, Y., Xue, X. and Wang, K. 2019. Protective effects of Bee pollen extract on the Caco-2 intestinal barrier dysfunctions induced by dextran sulfate sodium. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 117: 109200.
- Libonatti, C., Soledad, V. and Marina, B. 2014. Antibacterial activity of honey: A review of honey around the world. *Journal of Microbiology and Antimicrobials*, 6(3): 51-56.
- Lorenzo, J.M., Estévez, M., Barba, F.J., Thirumdas, R., Franco, D. And Muneakata, P.E.S. 2019. Polyphenols: Bioaccessibility and bioavailability of bioactive components. In *Innovative Thermal and Non-thermal Processing, Bioaccessibility and Bioavailability of Nutrients and Bioactive Compounds*. Woodhead Publishing, 529 p.
- Louveaux, J., Maurizio, A. and Vorwohl, G. 1978. International commission for bee botany of IUBS, methods of melissopalynology. *Bee World*, 59: 139-157.

- Malkoç, M., Kara, Y., Özkök, A., Ertürk, Ö. and Kolaylı, S. 2019. Characteristic properties of Jerusalem thorn (*Paliurus spina-christi* Mill.) honey. *Uludağ Arıcılık Dergisi – Uludag Bee Journal*, 19 (1): 69-81.
- Mandal, M.D. and Mandal, S. 2011. Honey: its medicinal property and antibacterial activity. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 1(2): 154-160.
- Maqsood, S., Benjakul, S. and Shahidi, F. 2013. Emerging role of phenolic compounds as natural food additives in fish and fish products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(2): 162-179.
- Marghitaş, L.A., Stanciu, O.G., Dezmirean, D.S., Bobiş, O., Popescu, O., Bogdanov, S. and Campos, M.G. 2009. In vitro antioxidant capacity of honeybee-collected pollen of selected floral origin harvested from Romania. *Food Chemistry*, 115: 878-883.
- Marshall, S.M., Schneider, K.R., Cisneros, K.V. and Gu, L. 2014. Determination of antioxidant capacities, α -dicarbonyls, and phenolic phytochemicals in Florida varietal honeys using HPLC-DAD-ESI-MS n. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(34): 8623-8631.
- Martinotti, S., Pellavio, G., Patrone, M., Laforenza, U. and Ranzato, E. 2020. Manuka honey induces apoptosis of epithelial cancer cells through aquaporin-3 and calcium signaling. *Life*, 10(11): 256.
- Mayda, N., Keskin, M., Keskin, Ş. and Özkök, A. 2019. Determination of botanic origins, total phenolic and flavonoid contents of bee pollen collected from the Bilecik province. *Uludağ Arıcılık Dergisi-Uludag Bee Journal*, 19 (2): 152-160.
- Mayda, N., Özkök, A., Bayram, N.E., Gerçek, Y.C. and Sorkun, K. 2020. Bee bread and bee pollen of different plant sources: determination of phenolic content, antioxidant activity, fatty acid and element profiles. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14: 1795-1809.
- Mello, B.C. and Hubinger, M.D. 2012. Antioxidant activity and polyphenol contents in B razilian green propolis extracts prepared with the use of ethanol and water as solvents in different pH values. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(12): 2510-2518.
- Minekus, M., Alminger, M., Alvito, P., Ballance, S., Bohn, T.O.R.S.T.E.N., Bourlieu, C. and Brodtkorb, A. 2014. A standardised static in vitro digestion method suitable for food—an international consensus. *Food & Function*, 5(6): 1113-1124.
- Moar, N.T. 1985. Pollen analysis of New Zealand honey. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 28: 38-70.
- Mohdaly, A.A., Mahmoud, A.A., Roby, M.H., Smetanska, I. and Ramadan, M. F. 2015. Phenolic extract from propolis and bee pollen: composition, antioxidant and antibacterial activities. *Journal of Food Biochemistry*, 39(5): 538-547.

- Moniruzzaman, M., Khalil, M.I., Sulaiman, S.A. and Gan, S.H. 2012. Advances in the analytical methods for determining the antioxidant properties of honey: a review. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 9(1): 36-42.
- Morais, M., Moreira, L., Feás, X., & Estevinho, L.M. 2011. Honeybee-collected pollen from five Portuguese Natural Parks: Palynological origin, phenolic content, antioxidant properties and antimicrobial activity. *Food and Chemical Toxicology*, 49: 1096-1101.
- Moreno, M.I.N., Isla, M.I., Sampietro, A.R. and Vattuone, M.A. 2000. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *Journal of Ethnopharmacology*, 71(1-2): 109-114.
- Morgano, M.A., Milani, R.F., Martins, M.C.T. and Rodriguez-Amaya, D.B. 2011. Determination of water content in Brazilian honeybee-collected pollen by Karl Fischer titration. *Food Control*, 22: 1604–1608.
- Mouhoubi-Tafnine, Z., Ouchemoukh, S. and Tamendjari, A. 2016. Antioxydant activity of some Algerian honey and propolis. *Industrial Crops and Products*, 88: 85-90.
- Mutlu, C., Erbaş, M. ve Tontul, S. A. 2017. Bal ve diğer arı ürünlerinin bazı özellikleri ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Akademik Gıda*, 15: 75-83.
- Nainu, F., Masyita, A., Bahar, M., Raihan, M., Prova, S. R., Mitra, S., Emran, T.B. and Simal-Gandara, J. 2021. Pharmaceutical prospects of bee products: special focus on anticancer, antibacterial, antiviral, and antiparasitic properties. *Antibiotics*, 10(7): 822.
- Nguyen, H.T.L., Panyoyai, N., Kasapis, S., Pang, E. and Mantri, N. 2019. Honey and its role in relieving multiple facets of atherosclerosis. *Nutrients*, 11(1): 167.
- Nicewicz, A.W., Nicewicz, Ł. and Pawłowska, P. 2021. Antioxidant capacity of honey from the urban apiary: A comparison with honey from the rural apiary. *Scientific Reports*, 11:9695.
- Nichitoi, M.M., Josceanu, A.M., Isopescu, R.D., Isopencu, G.O., Geana, E.I., Ciucure, C. T. and Lavric, V. 2021. Polyphenolics profile effects upon the antioxidant and antimicrobial activity of propolis extracts. *Scientific Reports*, 11(1): 1-12.
- Nina, N., Quispe, C., Jiménez-Aspee, F., Theoduloz, C., Giménez, A. and Schmeda-Hirschmann, G. 2016. Chemical profiling and antioxidant activity of Bolivian propolis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(6): 2142-2153.
- Nogueira, C., Iglesias, A., Feás, X. and Estevinho, L.M. 2012. Commercial bee pollen with different geographical origins: a comprehensive approach. *International Journal of Molecular Sciences*, 13: 11173-11187.

- O Sullivan, A.M., O Callaghan, Y.C., O Connor, T.P. and O Brien, N.M. 2013. Comparison of the antioxidant activity of commercial honeys, before and after in-vitro digestion. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 63(3): 167-171.
- Oses, S.M., Marcos, P., Azofra, P., de Pablo, A., Fernández-Muño, M.Á. and Sancho, M.T. 2020. Phenolic profile, antioxidant capacities and enzymatic inhibitory activities of propolis from different geographical areas: Needs for analytical harmonization. *Antioxidants*, 9(1): 75.
- Oses, S.M., Pascual-Maté, A., Fernández-Muño, M.A., López-Díaz, T.M. and Sancho, M.T. 2016. Bioactive properties of honey with propolis. *Food Chemistry*, 196: 1215-1223.
- Ozkan, A. 2007. Lymphokine-activated killer cell susceptibility in epirubicin resistant and parental human non-small cell lung cancer (NSCLC). *Biologia*, 62: 232-237.
- Özkan, K., Sagcan, N., Ozulku, G., Sagdic, O., Toker, O.S. and Muz, M.N. 2018. Bioactive and bioaccessibility characteristics of honeybee pollens collected from different regions of Turkey. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(1): 581-587.
- Özdal, T., Ceylan, F.D., Eroglu, N., Kaplan, M., Olgun, E.O. and Capanoglu, E. 2019. Investigation of antioxidant capacity, bioaccessibility and LC-MS/MS phenolic profile of Turkish propolis. *Food Research International*, 122: 528-536.
- Özkırım, A. 2018. Beekeeping in Turkey: Bridging Asia and Europe. In: Chantawannakul, P., Williams, G. and Neumann, P. (Ed.), *Asian beekeeping in the 21st century*. Springer, Singapore, pp. 41-69.
- Özkök, A., Keskin, M., Samancı, A.E.T., Önder, E.Y. and Takma, Ç. 2021. Determination of antioxidant activity and phenolic compounds for basic standardization of Turkish propolis. *Applied Biological Chemistry*, 64(1): 1-10.
- Özkök, D. and Silici, S. 2017. Antioxidant activities of honeybee products and their mixtures. *Food Science and Biotechnology*, 26(1): 201-206.
- Özmen, N. ve Alkın, E. 2006. Balın antimikrobiyel özellikleri ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 6(4): 155-160.
- Özcan, M. M., Aljuhaimi, F., Babiker, E. E., Uslu, N., Ceylan, D. A., Ghafoor, K., Özcam, M.M., Dursun, N., Jamiu, F.G. and Alsawmahi, O. N. 2019. Determination of antioxidant activity, phenolic compound, mineral contents and fatty acid compositions of bee pollen grains collected from different locations. *Journal of Apicultural Science*, 63(1): 69-79.
- Pant, K., Thakur, M., Chopra, H. K., Nanda, V., Ansari, M. J., Pietramellara, G. and Datta, R. 2021. Characterization and discrimination of Indian propolis based on physico-chemical, techno-functional, thermal and textural properties: A multivariate approach. *Journal of King Saud University-Science*, 33(4): 101405.

- Pascoal, A., Rodrigues, S., Teixeira, A., Feás, X. and Estevinho, L.M. 2014. Biological activities of commercial bee pollens: Antimicrobial, antimutagenic, antioxidant and anti-inflammatory. *Food and Chemical Toxicology*, 63: 233-239.
- Pasias, I.N., Kiriakou, I.K., Kaitatzis, A., Koutelidakis, A.E. and Proestos, C. 2018. Effect of late harvest and floral origin on honey antibacterial properties and quality parameters. *Food Chemistry*, 242: 513-518.
- Pasupuleti, V.R., Sammugam, L., Ramesh, N. and Gan, S.H. 2017. Honey, propolis, and royal jelly: a comprehensive review of their biological actions and health benefits. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017:1259510.
- Pelka, K., Otłowska, O., Worobo, R.W. and Szveda, P. 2021. Bee bread exhibits higher antimicrobial potential compared to bee pollen. *Antibiotics*, 10(2): 125.
- Pichichero, E., Canuti, L. and Canini, A. 2009. Characterisation of the phenolic and flavonoid fractions and antioxidant power of Italian honeys of different botanical origin. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(4): 609-616.
- Pita-Calvo, C. and Vázquez, M. 2017. Differences between honeydew and blossom honeys: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 59: 79-87.
- Przybyłek, I. and Karpiński, T.M. 2019. Antibacterial properties of propolis. *Molecules*, 24(11): 2047.
- Ranneh, Y., Akim, A.M., Hamid, H.A., Khazaai, H., Fadel, A., Zakaria, Z.A. and Bakar, M.F.A. 2021. Honey and its nutritional and anti-inflammatory value. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 21(1): 1-17.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. and Rice-Evans, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9): 1231-1237.
- Ristivojevic, P., Dimkić, I., Guzelmeric, E., Trifković, J., Knežević, M., Berić, T., Yesilada, E., Milojković-Opsenica, D. and Stanković, S. 2018. Profiling of Turkish propolis subtypes: Comparative evaluation of their phytochemical compositions, antioxidant and antimicrobial activities. *LWT*, 95: 367-379.
- Ristivojevic, P., Trifković, J., Andrić, F. and Milojković-Opsenica, D. 2015. Poplar-type propolis: chemical composition, botanical origin and biological activity. *Natural Product Communications*, 10(11): 1869-1876.
- Rocchetti, G., Castiglioni, S., Maldarizzi, G., Carloni, P. and Lucini, L. 2019. UHPLC-ESI-QTOF-MS phenolic profiling and antioxidant capacity of bee pollen from different botanical origin. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(2): 335-346.
- Rufian-Henares, J.A., Delgado-Andrade, C. and Morales, F.J. 2006. Application of a fast high-performance liquid chromatography method for simultaneous determination

- of furanic compounds and glucosylisomaltol in breakfast cereals. *Journal of AOAC International*, 89(1): 161-165.
- Rzepecka-Stojko, A., Stojko, J., Kurek-Górecka, A., Górecki, M., Kabała-Dzik, A., Kubina, R., Możdziej, A. And Buszman, E. 2015. Polyphenols from bee pollen: structure, absorption, metabolism and biological activity. *Molecules*, 20(12): 21732-21749.
- Sagdic, O., Silici, S. and Ekici, L. 2013. Evaluation of the phenolic content, antiradical, antioxidant, and antimicrobial activity of different floral sources of honey. *International Journal of Food Properties*, 16(3): 658-666.
- Salatino, A., Fernandes-Silva, C.C., Righi, A.A. and Salatino, M.L.F. 2011. Propolis research and the chemistry of plant products. *Natural Product Reports*, 28(5): 925-936.
- Sak-Bosnar, M. and Sakac, N. 2012. Direct potentiometric determination of diastase activity in honey. *Food Chemistry*, 135: 827-831.
- Saldamlı, İ. 2017. Gıda Kimyası. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, 6. Baskı, Ankara, 685 s.
- Salim, S.N.M., Ramakreshnan, L., Fong, C.S., Wahab, R.A. and Rasad, M.S.B.A. 2019. In-vitro cytotoxicity of *Trigona itama* honey against human lung adenocarcinoma epithelial cell line (A549). *European Journal of Integrative Medicine*, 30: 100955.
- Sancho, M.T., Pascual-Maté, A., Rodríguez-Morales, E.G., Osés, S.M., Escriche, I., Periche, Á. and Fernández-Muiño, M.A. 2016. Critical assessment of antioxidant-related parameters of honey. *International Journal of Food Science & Technology*, 51(1): 30-36.
- Sant'Ana, L.D.O., Sousa, J.P., Salgueiro, F.B., Lorenzon, M.C.A. and Castro, R.N. 2012. Characterization of monofloral honeys with multivariate analysis of their chemical profile and antioxidant activity. *Journal of Food Science*, 77(1): C135-C140.
- Santos, L.M., Fonseca, M.S., Sokolonski, A.R., Deegan, K.R., Araújo, R.P., Umsza-Guez, M.A., Barbosa, J.D.V., Portela, R.D. and Machado, B.A. 2020. Propolis: types, composition, biological activities, and veterinary product patent prospecting. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(4): 1369-1382.
- Saral, Ö., Kilicarslan, M., Şahin, H., Yildiz, O. and Dincer, B. 2019. Evaluation of antioxidant activity of bee products of different bee races in Turkey. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 43(4): 441-447.
- Sarıkahya, N.B., Gören, A.C., Okkalı, G.S., Çöven, F.O., Orman, B., Kırıcı, D. and Nalbantsoy, A. 2021. Chemical composition and biological activities of propolis samples from different geographical regions of Turkey. *Phytochemistry Letters*, 44: 129-136.

- Sepulveda, C., Núñez, O., Torres, A., Guzmán, L. and Wehinger, S. 2020. Antitumor activity of propolis: recent advances in cellular perspectives, animal models and possible applications. *Food Reviews International*, 36(5): 429-455.
- Seraglio, S.K.T., Schulz, M., Gonzaga, L.V., Fett, R. and Costa, A.C.O. 2021. Current status of the gastrointestinal digestion effects on honey: A comprehensive review. *Food Chemistry*, 357: 129807.
- Seraglio, S.K.T., Valse, A.C., Daguer, H., Bergamo, G., Azevedo, M.S., Nehring, P., Gonzaga, L.V., Fett, R. and Costa, A.C.O. 2017. Effect of in vitro gastrointestinal digestion on the bioaccessibility of phenolic compounds, minerals, and antioxidant capacity of *Mimosa scabrella* Benth honeydew honeys. *Food Research International*, 99: 670-678.
- Serin, S., Turhan, K.N. and Turhan, M. 2018. Correlation between water activity and moisture content of Turkish flower and pine honeys. *Food Science and Technology*, 38: 238-243.
- Shehata, M.G., Ahmad, F.T., Badr, A.N., Masry, S.H., & El-Sohaimy, S.A. 2020. Chemical analysis, antioxidant, cytotoxic and antimicrobial properties of propolis from different geographic regions. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(2): 209-217.
- Silici, S. 2004. Physicochemical and palynological analysis of honey samples belonging to different regions of Turkey. *Mellifera*, 4(7): 44-50.
- Silici, S. and Karaman, K. 2014. Chemometric approaches for the characterization of Turkish rhododendron and honeydew honeys depending on amino acid composition. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*, 37(6): 864-877.
- Silici, S. and Kutluca, S. 2005. Chemical composition and antibacterial activity of propolis collected by three different races of honeybees in the same region. *Journal of Ethnopharmacology*, 99(1): 69-73.
- Silva, J.C., Rodrigues, S., Feás, X. and Estevinho, L.M. 2012. Antimicrobial activity, phenolic profile and role in the inflammation of propolis. *Food and Chemical Toxicology*, 50(5):1790-1795.
- Silva, C.I., Aazza, S., Faleiro, M.L., Miguel, M.D.G. and Neto, L. 2016. The antibacterial, anti-biofilm, anti-inflammatory and virulence inhibition properties of Portuguese honeys. *Journal of Apicultural Research*, 55(4): 292-304.
- Silva, P.M., Gauche, C., Gonzaga, L.V., Costa, A.C.O. and Fett, R. 2016. Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry*, 196: 309-323.
- Singh, I. and Singh, S. 2018. Honey moisture reduction and its quality. *Journal of Food Science and Technology*, 55(10): 3861-3871.

- Skerget, M., Kotnik, P., Hadolin, M., Hraš, A.R., Simonič, M. and Knez, Ž. 2005. Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. *Food Chemistry*, 89(2): 191-198.
- Sobrinho-Gregorio, L., Vargas, M., Chiralt, A. and Escriche, I. 2017. Thermal properties of honey as affected by the addition of sugar syrup. *Journal of Food Engineering*, 213: 69-75.
- Socha, R., Gałkowska, D., Bugaj, M. and Juszczak, L. 2015. Phenolic composition and antioxidant activity of propolis from various regions of Poland. *Natural Product Research*, 29(5): 416-422.
- Song, X.D., Mujumdar, A.S., Law, C.L., Fang, X.M., Peng, W.J., Deng, L.Z. and Xiao, H. W. 2020. Effect of drying air temperature on drying kinetics, color, carotenoid content, antioxidant capacity and oxidation of fat for lotus pollen. *Drying Technology*, 38(9): 1151-1164.
- Sorkun, K. 2008. Türkiye'nin nektarlı bitkileri, polenleri ve balları. Palme Yayıncılık, Ankara, 341 s.
- Sturm, L. and Ulrih, N.P. 2020. Advances in the propolis chemical composition between 2013 and 2018: A review. *eFood*, 1(1): 24-37.
- Şahin, K. 2017. Apiterapik değeri yüksek bazı arı ürünlerinin antioksidan ve antiinflamatuvar özelliklerinin araştırılması. Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Trabzon, 61 s.
- Tagliazucchi, D., Verzelloni, E., Bertolini, D. and Conte, A. 2010. In vitro bio-accessibility and antioxidant activity of grape polyphenols. *Food Chemistry*, 120(2): 599-606.
- Tamali, H.S. and Özkırım, A. 2019. Beekeeping activities in Turkey and Algeria. *Mellifera*, 19(1): 30-40.
- Thakur, M. and Nanda, V. 2020. Composition and functionality of bee pollen: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 98: 82-106.
- Tornuk, F., Karaman, S., Ozturk, I., Toker, O.S., Tastemur, B., Sagdic, O., Doğan M. and Kayacier, A. 2013. Quality characterization of artisanal and retail Turkish blossom honeys: Determination of physicochemical, microbiological, bioactive properties and aroma profile. *Industrial Crops and Products*, 46: 124-131.
- Tosun, M. and Keles, F. 2021. Investigation methods for detecting honey samples adulterated with sucrose syrup. *Journal of Food Composition and Analysis*, 101: 103941.
- Toydemir, G. 2013. The effects of nectar processing on sour cherry antioxidant compounds: changes in metabolite profile and bioavailability. Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 202 s.

- Tütün, H., Kaya, M.M., Usluer, M.S. and Kahraman, H.A. 2021. Bee pollen: Its antioxidant activity. *Uludağ Arıcılık Dergisi – Uludag Bee Journal*, 21(1): 119-131.
- Ulusoy, E. and Kolaylı, S. 2014. Phenolic composition and antioxidant properties of Anzer bee pollen. *Journal of Food Biochemistry*, 38(1): 73-82.
- Ulusoy, E., Kolaylı, S. and Sarikaya, A.O. 2010. Antioxidant and antimicrobial activity of different floral origin honeys from Türkiye. *Journal of Food Biochemistry*, 34: 321-335.
- Velasquez, P., Rodriguez, K., Retamal, M., Giordano Villatoro, A., Valenzuela Roediger, L.M. and Montenegro Rizzardini, G. 2017. Relation between composition, antioxidant and antibacterial activities and botanical origin of multi-floral bee pollen. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 90:306-314.
- Vermerris, W. and Nicholson, R. 2008. Families of phenolic compounds and means of classification. *Phenolic Compound Biochemistry*. Springer Dordrecht, Netherlands, 276 p.
- Vica, M.L., Glevitzky, M., Tit, D.M., Behl, T., Hegheduş-Mîndru, R.C., Zaha, D.C. and Bungău, S. 2021. The antimicrobial activity of honey and propolis extracts from the central region of Romania. *Food Bioscience*, 41: 101014.
- Vuolo, M.M., Lima, V.S. and Junior, M.R.M. 2019. Phenolic compounds: Structure, classification, and antioxidant power. *Bioactive Compounds*. Woodhead Publishing, United Kingdom, 308 p.
- Waheed, M., Hussain, M. B., Javed, A., Mushtaq, Z., Hassan, S., Shariati, M. A., Khan, M.U., Majeed, M., Nigam, M., Mishra, P. and Heydari, M. 2019. Honey and cancer: A mechanistic review. *Clinical Nutrition*, 38(6): 2499-2503.
- Waykar, B. and Alqadhi, Y.A. 2016. Beekeeping and bee products; boon for human health and wealth. *Indian Journal of Pharmaceutical and Biological Research*, 4(3): 20-27.
- Wodehouse, R.P. 1935. Pollen Grains. McGraw Hill Publishing, New York, 574 p.
- Wojtunik-Kulesza, K., Oniszczyk, A., Oniszczyk, T., Combrzyński, M., Nowakowska, D. and Matwijczuk, A. 2020. Influence of in vitro digestion on composition, bioaccessibility and antioxidant activity of food polyphenols-A non-systematic review. *Nutrients*, 12(5): 1401.
- Wu, H., Liu, Z., Lu, P., Barrow, C., Dunshea, F.R. and Suleria, H.A. 2022. Bioaccessibility and bioactivities of phenolic compounds from roasted coffee beans during in vitro digestion and colonic fermentation. *Food Chemistry*, 386: 132794.

- Yahaya, Y. A. and Don, M.M. 2012. Evaluation of *Trametes lactinea* extracts on the inhibition of hyaluronidase, lipoxygenase and xanthine oxidase activities in vitro. *Journal of Physical Science*, 23(2): 1-15.
- Yalçın, G. 2021. Effects of thermal treatment, ultrasonication, and sunlight exposure on antioxidant properties of honey. *Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences*, 18(6): 776-780.
- Ydjedd, S., Bouriche, S., López-Nicolás, R., Sánchez-Moya, T., Frontela-Saseta, C., Ros-Berruezo, G., Rezgui, F., Louaileche, H. and Kati, D.E. 2017. Effect of in vitro gastrointestinal digestion on encapsulated and nonencapsulated phenolic compounds of carob (*Ceratonia siliqua* L.) pulp extracts and their antioxidant capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(4): 827-835.
- Yeşiltas, B., Capanoglu, E., Firatligil-Durmus, E., Sunay, A.E., Samanci, T. and Boyacioglu, D. 2014. Investigating the in-vitro bioaccessibility of propolis and pollen using a simulated gastrointestinal digestion system. *Journal of Apicultural Research*, 53(1): 101-108.
- Yuan, Y., Deng, Z., Zhang, B., Li, G., Zhang, J., Liu, R. and Li, H. 2021. Quality evaluation and geographical classification of immature rape and acacia honeys in China. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(13): 5446-5456.
- Yuan, Y., Zheng, S., Zeng, L., Deng, Z., Zhang, B. and Li, H. 2019. The phenolic compounds, metabolites, and antioxidant activity of propolis extracted by ultrasound-assisted method. *Journal of Food Science*, 84(12): 3850-3865.
- Yücel, Y. and Sultanoğlu, P. 2013. Characterization of honeys from Hatay Region by their physicochemical properties combined with chemometrics. *Food Bioscience*, 1: 16-25.
- Zamora, M.C., Chirife, J. and Roldán, D. 2006. On the nature of the relationship between water activity and % moisture in honey. *Food Control*, 17(8): 642-647.
- Zhang, H., Wang, X., Wang, K. and Li, C. 2015. Antioxidant and tyrosinase inhibitory properties of aqueous ethanol extracts from monofloral bee pollen. *Journal of Apicultural Science*, 59(1): 119-128.
- Zielinski, A.A.F., Haminiuk, C.W.I., Alberti, A., Nogueira, A., Demiate, I.M. and Granato, D. 2014. A comparative study of the phenolic compounds and the in vitro antioxidant activity of different Brazilian teas using multivariate statistical techniques. *Food Research International*, 60: 246-254.
- Zou, Y., Hu, J., Huang, W., Zhu, L., Shao, M., Dordoe, C. and Wang, X. 2020. The botanical origin and antioxidant, anti-BACE1 and antiproliferative properties of bee pollen from different regions of South Korea. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 20(1): 1-14.

Zulhendri, F., Chandrasekaran, K., Kowacz, M., Ravalia, M., Kripal, K., Fearnley, J. and Perera, C.O. 2021. Antiviral, antibacterial, antifungal, and antiparasitic properties of propolis: A Review. *Foods*, 10(6): 1360.



ÖZGEÇMİŞ

CEREN MUTLU

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Doktora	Akdeniz Üniversitesi
2016-2022	Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2014-2016	Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2009-2014	Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Araştırma Görevlisi	Akdeniz Üniversitesi
2015-Devam ediyor	Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Araştırma Görevlisi	Balıkesir Üniversitesi
2015-2015	Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Balıkesir

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

- 1- Bilgin, D. G., Özhanlı, H., Mutlu, C. and Erbaş, M. 2022. Tarhana as a food aid suggestion to the world food program. *Journal of Food and Nutrition Research*, 61: 107-115.
- 2- Mutlu, C., Candal-Uslu, C., Özhanlı, H., Arslan-Tontul, S. and Erbaş, M. 2022. Modulating of food glycemic response by lactic acid bacteria. *Food Bioscience*, 47: 101685. Doi: 10.1016/j.fbio.2022.101685.
- 3- Mutlu, C., Özer-Atakoğlu, Ö., Erbaş, M. and Yalçın, M. G. 2022. Advances in the Elemental Composition Analysis of Propolis Samples from Different Regions of Turkey by X-ray Fluorescence Spectrometry. *Biological Trace Element Research*, 1-9. Doi: 10.1007/s12011-022-03152-3.
- 4- Mutlu C. and Erbaş M. 2021. Evaluating the effects of different drying methods, carrier materials and their ratios to produce bioactive honey-like powder. *Journal of Apicultural Research*, 1-10. Doi: 10.1080/00218839.2021.1885877.
- 5- Arslan-Tontul S., Uslu C. C., Mutlu C. and Erbaş M. 2021. Expected glycemic impact and probiotic stimulating effects of whole grain flours of buckwheat, quinoa, amaranth and chia. *Journal of Food Science and Technology*, 1-8. Doi: 10.1007/s13197-021-05156-8.
- 6- Candal-Uslu C., Mutlu C., Koç A., Bilgin D.G. and Erbaş M. 2021. A new gluten-free product: Brown rice bulgur, and its physical and chemical properties. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(e15205): 1-9. Doi: 10.1111/jfpp.15205.
- 7- Mutlu C., Koç A. and Erbaş M. 2020. Some physical properties and adsorption isotherms of vacuum-dried honey powder with different carrier materials. *LWT-Food Science and Technology*, 134: 1-8. Doi: 10.1016/j.lwt.2020.110166.
- 8- Gülcan Ü., Candal-Uslu C., Mutlu C., Arslan Tontul S. and Erbaş M. 2020. Impact of inert and inhibitor baking atmosphere on HMF and acrylamide formation in bread. *Food Chemistry*, 332: 1-7. Doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127434.
- 9- Mutlu C., Candal-Uslu C., Kilic-Buyukkurt O. and Erbaş M. 2020. Sorption isotherms of coffee in different stages for producing Turkish coffee. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(e14440): 1-7. Doi: 10.1111/jfpp.14440.
- 10- Candal C., Mutlu C., Arslan Tontul S. and Erbaş M. 2018. The stages of candied chestnut production and the influence of the sorbitol used on their properties. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 10(4): 351-360. Doi: 10.3920/QAS2018.1297.

- 11- Mutlu C., Arslan Tontul S. and Erbaş M. 2018. Production of a minimally processed jelly candy for children using honey instead of sugar. *LWT-Food Science and Technology*, 93: 499-505. Doi: 10.1016/j.lwt.2018.03.064.
- 12- Mutlu C., Arslan Tontul S., Candal C., Kiliç Ö. and Erbaş M. 2018. Physicochemical, thermal, and sensory properties of blue corn (*Zea mays* L.). *Journal of Food Science*, 83(1): 53-59. Doi: 10.1111/1750-3841.14014.
- 13- Arslan Tontul S., Mutlu C., Candal C. and Erbaş M. 2018. Microbiological and chemical properties of wet tarhana produced by different dairy products. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 55: 4770–4781. Doi: 10.1007/s13197-018-3410-9.
- 14- Arslan Tontul S., Erbaş M., Candal C. and Mutlu C. 2016. Effects of different process stages on chemical properties of rice. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 8(4): 597-608. Doi: 10.3920/QAS2015.0656.

Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

- 1- Özhanlı H., Bilgin D. G., Mutlu C. ve Erbaş M. 2021. Nadir bir şeker olan D-allülozun beslenmede kullanım imkanları ve üretim yöntemleri. *Gıda*, 46(4): 925-938. Doi: 10.15237/gida.GD21010.
- 2- Mutlu C. Ve Erbaş M. 2020. D-glikozdan D-sorbitol ve L-askorbik asit üretimi: Bu bileşiklerin özellikleri, kullanım alanları ve sağlık üzerine etkileri. *Gıda*, 45(1): 92-102. Doi: 10.15237/gida.GD19117.
- 3- Cansız Z., Candal C., Mutlu C., Arslan Tontul S., Ercan R. ve Erbaş M. 2020. Farklı oranlarda peynir altı suyu kullanımının beyaz ve tam buğday unlarından üretilen ekmeklerin bazı özellikleri üzerine etkisi. *Gıda*, 45(1): 125-138. Doi: 10.15237/gida.GD19066.
- 4- Mutlu C., Arslan Tontul S., Candal C. ve Erbaş M. 2019. Bazı tahıl benzeri ürünlerin glutensiz kek üretiminde kullanımı. *Gıda*, 44(5): 770-780. Doi: 10.15237/gida.GD19073.
- 5- Arslan Tontul S., Mutlu C., Koç A. ve Erbaş M. 2018. Çiya tohumundan ultrason destekli yağ ekstraksiyonunun optimizasyonu. *Gıda*, 43(3): 393-402. Doi: 10.15237/gida.GD18013.
- 6- Mutlu C. ve Erbaş M. 2018. Vakum kurutma yöntemi kullanılarak üretilen sade ve meyveli bal tozlarının bazı fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerinin belirlenmesi. *Gıda*, 43(3): 432-445. Doi: 10.15237/gida.GD17113.
- 7- Mutlu C., Erbaş M. ve Arslan Tontul S. 2017. Bal ve diğer arı ürünlerinin bazı özellikleri ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Akademik Gıda*, 15(1): 75-83. Doi: 10.24323/akademik-gida.306074.

- 8- Erbaş M., Candal C., Kiliç Ö. ve Mutlu C. 2016. Gıdaların nem sorpsiyon izotermelerinin belirlenmesi ve eşitliklerinin çözümü. *Gıda*, 41(3): 171-178. Doi: 10.15237/gida.GD15045.

Ulusal Patentler

- 1- Erbaş M., Mutlu C., Arslan S. (2014). Isıl işlemsiz bal şekerlemesi üretimi. Patent no: TR 2014 09247, Türkiye.

Ulusal ve uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

- 1- Mutlu C., Atakoğlu-Özer Ö., Erbaş M., Yalçın M. G. (2021). Elemental composition determination of propolis samples from different regions of Turkey by X-Ray fluorescence spectrometry. 10th Central European Congress on Food (CEFood), Sarajevo, Bosnia and Herzegovina (Özet Bildiri Sözlü Sunum)
- 2- Candal-Uslu C., Mutlu C., Koç A., Bilgin D. G., Erbaş M. (2021). Brown rice bulgur production. 10th Central European Congress on Food (CEFood), Sarajevo, Bosnia and Herzegovina (Özet Bildiri Sözlü Sunum)
- 3- Özhanlı H., Mutlu C., Erbaş M. (2021). Optimization of L-sorbose production from D-sorbitol using *Gluconobacter oxydans* ATCC 621. 10th Central European Congress on Food (CEFood), Sarajevo, Bosnia and Herzegovina (Özet Bildiri Sözlü Sunum)
- 4- Öztürk M., Candal-Uslu C., Mutlu C., Koç A., Erbaş M. (2021). Sorbitol production with catalytic hydrogenation from glucose. 10th Central European Congress on Food (CEFood), Sarajevo, Bosnia and Herzegovina (Özet Bildiri Sözlü Sunum)
- 5- Özhanlı H., Bilgin D. G., Mutlu C., Erbaş M. (2020). Nadir bir şeker olan allülozun üretimi ve beslenmede kullanım imkanları. Türkiye 13. Gıda Kongresi, Çanakkale, Türkiye (Özet Bildiri Sözlü Sunum)
- 6- Bilgin D. G., Özhanlı H., Mutlu C., Erbaş M. (2020). Dünya gıda programına bir gıda yardım önerisi olarak tarhana. Türkiye 13. Gıda Kongresi, Çanakkale, Türkiye (Özet Bildiri Sözlü Sunum)
- 7- Mutlu C., Bilgin D. G., Koç A., Öztürk M., Sümbül M., Candal C., Et Al. (2020). Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplanan bal örneklerinin bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri. Türkiye 13. Gıda Kongresi, Çanakkale, Türkiye (Özet Bildiri Sözlü Sunum)
- 8- Mutlu C., Erbaş M. (2020). Fonksiyonel bir gıda olarak arı sütü ve özellikleri. Türkiye 13. Gıda Kongresi, Çanakkale, Türkiye (Özet Bildiri)
- 9- Mutlu C., Arslan Tontul S., Candal C., Erbaş M. (2018). Fatty acid composition of some pseudocereals. 3rd International Congress on Food Technology, Nevşehir, Türkiye (Özet Bildiri)

- 10- Gülcan Ü., Durak A. N., Mutlu C., Arslan Tontul S., Candal C., Erbaş M. (2018). Effects of baking atmosphere on non-enzymatic browning reactions in bread. 3rd International Congress on Food Technology, Nevşehir, Türkiye (Özet Bildiri)
- 11- Arslan Tontul S., Mutlu C., Candal C., Erbaş M. (2018). Determination of functional properties of some pseudocereals. 3rd International Congress on Food Technology, Nevşehir, Türkiye (Özet Bildiri Sözlü Sunum)
- 12- Mutlu C., Candal C., Kılıç Ö., Erbaş M. (2018). Sorption isotherms of coffee in different stages. The 10th International Conference on Water in Food, Prag, Czech Republic (Özet Bildiri)
- 13- Candal C., Mutlu C., Erbaş M. (2018). Production strategies of low glycemic index foods. Congress in Food Quality and Safety & Health and Nutrition, Ohri, Macedonia (Özet Bildiri)
- 14- Mutlu C., Candal C., Erbaş M. (2018). Nutritional properties and health effects of some beekeeping products. Congress in Food Quality and Safety & Health and Nutrition Ohri, Macedonia (Özet Bildiri)
- 15- Candal C., Arslan Tontul S., Mutlu C., Erbaş M. (2017). Candied chestnut produced with sorbitol. 31st EFFoST International Conference, Sitges, Spain, (Özet Bildiri)
- 16- Mutlu C., Arslan Tontul S., Erbaş M. (2017). Production of jelly candy by a minimal process using honey instead of sugar. 31st EFFoST International Conference, Sitges, Spain, (Özet Bildiri)
- 17- Arslan Tontul S., Mutlu C., Candal C., Erbaş M. (2017). The volatile compounds of kefir added wet tarhana. 31st EFFoST International Conference, Sitges, Spain, (Özet Bildiri)
- 18- Mutlu C., Arslan Tontul S., Candal C., Kılıç Ö., Erbaş M. (2017). Some physical and chemical properties of blue corn (*Zea mays* L.). 16th European Young Cereal Scientists and Technologists Workshop, Thessaloniki, Greece (Özet Bildiri Sözlü Sunum)
- 19- Candal C., Mutlu C., Arslan Tontul S., Erbaş M. (2017). Kefir addition in production of wet tarhana. 6th International Congress on Food Technology, Athens, Greece (Özet Bildiri)
- 20- Mutlu C., Arslan Tontul S., Candal C., Erbaş M. (2017). Determination of some physical and chemical properties of gluten-free cake enriched with pseudocereals. 6th International Congress on Food Technology, Athens, Greece (Özet Bildiri Sözlü Sunum)
- 21- Mutlu C., Erbaş M. (2016). Production of honey powder with vacuum drying method and its physicochemical properties. 2nd Food Structure Design, Antalya, Turkey (Özet Bildiri)

- 22-Mutlu C., Erbaş M. (2016). Püskürterek kurutma yöntemi ile balın biyoaktif bileşenlerinin korunarak toz haline getirilme imkanlarının araştırılması. Türkiye 12. Gıda Kongresi, Edirne, Türkiye (Özet Bildiri Sözlü Sunum)
- 23-Erbaş M., Arslan Tontul S., Durak A. N., Aykın E., Mutlu C., Candal C., Kılıç Ö. (2016). Gıdaların su içerikleri ve su aktivitelerinin fizikokimyasal anlamı ve sorpsiyon izotermelerinin önemi. Türkiye 12. Gıda Kongresi, Edirne, Türkiye (Özet Bildiri Sözlü Sunum)
- 24-Erbaş M., Mutlu C., Arslan Tontul S., Candal C. (2016). Some properties of wheat sprouts. International Cereal and Bread Congress, İstanbul, Turkey (Özet Bildiri)
- 25-Mutlu C., Arslan Tontul S., Erbaş M. Production of tradiditonal chesnut candy and determination of some physical and chemical properties The 3rd International Symposium on Traditional Foods from Adriatic to Caucasus, Sarajevo, Bosnia-Herzegovina (Özet Bildiri)
- 26-Erbaş M., Candal C., Arslan Tontul S., Mutlu C. (2015). Lump tarhana and its production. The 3rd International Symposium on Traditional Foods from Adriatic to Caucasus, Sarajevo, Bosnia-Herzegovina (Özet Bildiri)