




Original Article / Araştırma Makalesi

DOĞAL VE FERMENTE POLENİN BİYOKİMYASAL KARAKTERİZASYONU

Biochemical Characterization of Natural and Fermented Pollen

Semiramis KARLIDAĞ¹  Merve KESKİN²  Şaban KESKİN³  Aslı ÖZKÖK⁴ 

Ercan KARABULUT⁵  Abuzer AKYOL⁶  İsmet YILMAZ⁷ 

^{1,6}Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Akçadağ Meslek Yüksekokulu, Malatya

^{2,3}Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Bilecik

⁴Hacettepe Üniversitesi, Arı ve Arı Ürünleri Uygulama ve Araştırma Merkezi, Ankara

⁵Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Ankara

⁷İnönü Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Malatya

Geliş Tarihi / Received: 01.06.2021

Kabul Tarihi / Accepted: 02.10.2021

ÖZ

Taze arı poleni ve arı ekmeği (Perga), zengin besin içeriği nedeniyle iki önemli arı ürünüdür. Arı ekmeği, nektar ve arı salgılarıyla karıştırılan ve petek gözlerine depolanan taze polenin bir formudur. Yani arı ekmeği, doğal fermente edilmiş bir kovan ürünüdür. Tuzaklar yardımıyla çok yüksek miktarlarda taze polen toplanabilir, ancak arı ekmeği taze arı poleni kadar üretilemez. Bu nedenle arı ekmeğinin apiterapide kullanımı sınırlıdır. Bu çalışmada, probiyotik özellikleri olduğu bilinen ticari mikroorganizmalar kullanılarak üretilen arı poleni örnekleri laboratuvarında fermente edilmiştir. Taze ve fermente edilmiş arı polenin biyokimyasal özellikleri karşılaştırılmıştır. Taze ve fermente edilmiş arı poleni için, sırasıyla; toplam fenolik içeriği 4.43±0.03 mg GAE/g ve 6.12±0.07 mg GAE/g, demir indirgeme kapasitesi 64.14±0.18 ve 72.03±0.15 µmol FeSO₄.7H₂O/g numune, DPPH radikal süpürme aktivitesi 9.30±0.03 ve 6.47±0.04 mg/mL, toplam protein miktarı %21.16±0.2 ve %18.70±0.3 olarak bulundu. Elde edilen verilerden fermente arı polenin, polene göre daha yüksek toplam fenolik içeriğe ve antioksidan kapasiteye sahip olduğu görülmektedir. Bulgulara göre taze arı poleni probiyotikler kullanılarak optimum koşullarda fermente edilebilmekte ve doğal arı ekmeğine alternatif olma potansiyeline sahiptir.

Anahtar kelimeler: Arı ekmeği, Fermentasyon, Polen, Probiyotik.

ABSTRACT

Fresh bee pollen and bee bread (Perga) are two important bee products due to their rich nutritional content. Bee bread is a form of fresh pollen mixed with nectar and bee secretions and stored in honeycomb cells. In other words, bee bread is a natural fermented hive product. Fresh pollen can be collected in very high amounts with the help of traps, but bee bread can't be produced as much as fresh bee pollen. Therefore, the use of bee bread in apitherapy is limited. In this study, bee pollen samples which are produced in the laboratory by using commercial microorganisms with known probiotic properties have been fermented. Biochemical properties of fresh and fermented bee pollen have been compared with each other. For fresh and fermented bee pollen, respectively; total phenolic content were found to be 4.43±0.03 mg GAE/g and 6.12±0.07 mg GAE/g, iron reducing capacity were found to be 64.14±0.18 and 72.03±0.15 µmol FeSO₄.7H₂O/g sample, DPPH radical scavenging activity were found to be 9.30±0.03 and 6.47±0.04 mg/ mL, total protein content were found to be 21.16±0.2% and 18.70±0.3%. From the obtained data, it is seen that fermented bee pollen has higher total phenolic content and antioxidant capacity than pollen. According to the findings, fresh bee pollen can be fermented under optimum conditions by using probiotics and has the potential to be an alternative to natural bee bread.

Keywords: Bee bread, Fermentation, Pollen, Probiotic.

GİRİŞ

Taze polen ve arı ekmeği (Perga, bee bread) zengin besinsel içerikleri nedeni ile önemli iki arı ürünüdür. Bal arıları çiçekli bitkileri ziyaret ederek çiçek tozu yani polen toplar ve bunu gıda bezlerinin gelişmesi için kullanırlar. Bal arıları, yavruların protein ihtiyacını karşılamak için doğadan polen toplarlar ve bu sayede tozlaşmayı sağlayarak üretimde verimliliği artırırılar (Mayda, 2019; Tutkun, 2006).

Arı poleni, arı salgısı ile çiçek poleni ve nektarının bir karışımından meydana gelmektedir (M. Keskin, Ş. Keskin, Mayda, ve Özkök, 2019). Polenin kimyasal ve biyokimyasal bileşimi başlıca bitki kaynağına bağlı olarak değişmektedir (Bleha, Votochkova, Synytsya, ve Brindza, 2015; Kubík, Brindza, Brovarskyı, ve Velychko, 2017). Genellikle arı poleni protein miktarı % 7.5 -35 arasında, şeker miktarı ise % 15-50 arasında değişmektedir. Özellikle rüzgârla tozlanan bazı otsu bitkilerde nişasta miktarı yüksektir ve bu miktar %18'e kadar çıkabilmektedir (Karaman, Artık, ve Küçükersan, 2016).

Arı ekmeği perga olarak da isimlendirilen doğal bir arı ürünüdür. Petek gözlerinde arı polenin laktik asit fermantasyonu ile arılar tarafından elde edilir. Arı ekmeğinden beklenen yararın elde edilebilmesi için tazelik ve kalite son derece önemlidir. Uygun olmayan koşullarda muhafaza edilen ya da uzun süre bekletilen (bir yıldan fazla) arı ekmeğinin biyoetkinliğinin son derece azaldığı ve hatta belli bir süre sonra tamamen kaybolduğu ifade edilmektedir. Bu nedenle, arı ekmeğinin mümkün olduğu kadar uygun koşullarda (serin, gün ışığı almayan, rutubetsiz ve kuru ortamda) iyi muhafaza edilmesi ve bekletilmeden tüketilmesi gerekmektedir (Karaman, Artık, Küçükersan, Halıcı, ve Çelik, 2017).

Arı ekmeğinde canlı bir organizmanın normal büyümesi ve varlığını devam ettirebilmesi için ihtiyaç duyduğu bileşenler bulunmaktadır. Arı ekmeği yaklaşık %20 protein, %3 lipid, %24-35 karbonhidrat, %3 vitamin ve mineral içermektedir. Arı ekmeği birçok vitamin (A, B1, B2, B6, B12, C, D, E, P) ve iz elementler (potasyum, magnezyum, kalsiyum, bakır, demir, kükürt, klor, manganez) bakımından da zengindir (Karaman vd., 2016; Regrut, vd., 2016). Diğer taraftan, çok sayıda hastalığa sahip insanların tedavisinde uzmanlar tarafından iyi sonuçlar alınmaktadır (Regrut vd., 2016). Arı ekmeği içerdiği protein, vitamin, mirenal ve özellikle de mikrobiata için faydalı mikroorganizmalar sayesinde birçok hastalığın tedavisinde destekleyici olarak kullanılmaktadır (Didaras, Karatasou, Dimitriou, Amoutzias, ve Mossialos, 2020).

Arı poleni dışı exin adı verilen bir zar ile kaplıdır. Bu zar nedeniyle arı polenin sindirimi güçleşmektedir. Arı ekmeği üretimi esnasında kullanılan mikroorganizmalar bu zarın kısmen

de olsa açılmasını ve arı ekmeğinin polene göre biyoyararlılığının artmasını sağlamaktadır (Karaman vd., 2017; Keskin ve Özkök, 2020a; Pascoal, Rodrigues, Teixeira, Feás, ve Estevinho, 2014). Ancak; arı ekmeğinin biyoyararlılığı ve apiterapik değeri polene göre daha yüksek bir arı ürünü olmasına rağmen üretim miktarı oldukça düşüktür. Bu nedenle arı ekmeğinin gıda takviyesi olarak ya da apiterapide kullanımı sınırlıdır. Bu nedenle yapılan bu çalışma ile probiyotik özellikleri bilinen ticari mikroorganizmalar kullanılarak laboratuvar ortamında fermente polen üretilmesi amaçlandı ve elde edilen veriler taze polen verileri ile kıyaslandı. Elde edilen bulgular ile fermente polenlerin oldukça az üretilen doğal arı ekmeğine alternatif olabilme potansiyeli ortaya koyuldu. Yapılacak ileriki çalışmalarla Geleneksel ve Tamamlayıcı Tıp Uygulamalarında da kullanılmaya uygun arı ekmeği elde edilmesi hedeflendi.

GEREÇ VE YÖNTEM

Polenlerin Eldesi

Çalışmada kullanılan polen örnekleri Malatya Turgut Özal Üniversitesi Arı ve Arı Ürünleri Geliştirme, Uygulama ve Araştırma Merkezi bünyesinde bulunan kolonilerden 2020 yılında toplanmıştır. 30 kovandan hasat edilen polen örnekleri homojen bir şekilde karıştırılmış ve laboratuvar çalışmalarına kadar derin dondurucuda saklanmıştır (Keskin ve Özkök, 2020a).

Fermente Polen Eldesi

Hasat edilen taze polen örnekleri öğütüldü. 100g öğütülmüş polen üzerine probiyotik özellikleri belirli 10 adet Maflor şase (Probiyotik, *Bifidobacterium animalis* ssp lactis B94) (Min. 5×10^9 CFU – 5 Milyar aktif probiyotik) ve 50mL distile su ilave edildi. Kapalı kap içerisinde karanlık bir ortamda 2 hafta bekletildi (Keskin ve Özkök, 2020a).

Ekstraksiyon İşlemleri

Dondurulmuş arı poleni ve fermente polen örnekleri öğütüldü ve toz haline getirildi. 1:5 oranında mutlak etanol ile 48 saat süreyle maserasyon tekniği kullanılarak ekstrakte edildi. Daha sonra karışımlar ayrı ayrı süzüldü ve süzüntüler analiz yapılıncaya kadar +4°C’ de saklandı (Keskin ve Özkök, 2020a).

Toplam Protein Miktarı Tayini

Polen ve fermente polen örneklerinin toplam protein miktarları yarı otomatik Kjeldahl yakma ünitesi kullanılarak Kjeldahl metoduna göre, protein miktarı bütün azotların protein

kaynaklı olduğu varsayılarak ($N \times 6.25$), hesaplama yoluyla belirlendi (Helrich, 1990; Krell, 1996).

Toplam Fenolik Madde Miktarı Tayini

Toplam fenolik madde miktarı Folin-Ciocalteu yöntemine göre tayin edildi (Singleton ve Rossi, 1965). Yöntem çözeltide bulunan tüm fenolik yapıları fenolik asitleri, flavonoidleri ve antosiyaninlerin toplam miktarını göstermektedir. Reaksiyon sonucu oluşan mavi rengin şiddetinden yararlanılarak 760 nm’de okuma yapıldı.

Toplam Flavonoid Madde Miktarı Tayini

Toplam flavonoid madde miktarı Fukumoto ve Mazza (2000)’da belirtilen metoda göre yapıldı. Standart olarak Kuersetin kullanıldı. Sonuçlar mg QE (Kuersetin eşdeğeri)/ 100 g numune olarak ifade edildi.

GC-MS ile İçerik Analizi

Etanol kullanılarak hazırlanan polen ve arı ekmeğinin ekstraktlarının kimyasal kompozisyonu GC-MS kullanılarak aydınlatıldı. Hazırlanan özütler 45µm çapında gözenekli filtreden geçirildi. Daha sonra kuruluğa kadar kurutuldu, bis-(trimetilsilil)-trifloroasetamid (BSTFA) (75 µL) ve piridin (50 µL) kullanılarak türevlendirildi. Agilent 7890A GC sistemi HP5-MS kapiler kolonu (30 m* 0.25 mm * 0.5 mm) kullanılarak tayin yapıldı. Gaz kromatografisi cihazında fırın sıcaklığı 5°C/dk oranında 75-325°C arasına programlandı. Taşıyıcı gaz olarak akış hızı 0.8mL/dk olacak şekilde helyum gazı kullanıldı. Daha sonra enjeksiyon sıcaklığı 300°C’ye yükseltildi ve analiz yapıldı. Kütüphane kullanılarak aydınlatılan bileşenlerin bağıl oranları tespit edildi (Keskin ve Özkök, 2020b).

Demir İndirgeme Antioksidan Güç (FRAP)

Demir indirgeme antioksidan güç Benzie ve Strain, (1999) belirttiği metoda göre yapıldı. Bu metoda göre bir çözeltide bulunan antioksidan maddeler tarafından indirgenen Fe(III) 593 nm’de absorbas vermektedir. Sonuçlar µM FeSO₄.7H₂O değeri cinsinden ifade edildi.

DPPH radikal temizleme aktivitesi

DPPH• radikali (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) ticari olarak satın alınabilen bir radikal olup denemelerde satın alınan bu radikalin 100 µM’lık metanolik çözeltisi kullanıldı. İnkübasyon süresi sonunda DPPH•’ın maksimum absorbanı verdiği 517 nm’de absorbanlar okundu. Bulunan absorbanlara karşılık gelen konsantrasyonlar grafiğe geçirilerek SC₅₀ değerleri hesaplandı ve mg/mL cinsinden ifade edildi (Cuendet, Potterat, ve Hostettmann, 2001).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Arı ekmeği, arılar tarafından çeşitli enzimler ve bal eklenerek petek gözlerinde depolanır ve fermantasyon gerçekleşir. Anaerobik laktik fermantasyon ürünü oluşur ve arı ekmeği şekillenir. Sonuçta arı ekmeği; İşçi arıların topladıkları poleni nektar ve salgıladıkları özel enzimlerle karıştırarak emmeleri ve ardından petek gözlerine paketleyip depoladıkları değerli bir gıda maddesidir (Karaman vd., 2017).

Yapılan bu çalışma neticesinde polen ve fermente polen örneklerinin biyokimyasal aktiviteleri kıyaslandı. Buna göre polen örneğinin toplam fenolik madde miktarı 4.43 ± 0.03 mg GAE/g iken fermente polen toplam fenolik madde miktarı 6.12 ± 0.07 mg GAE/g olarak tespit edildi. Toplam flavanoid madde miktarı polen ve fermente polen için sırasıyla 2.54 ± 0.11 mg QE/g ve 2.73 ± 0.08 mg QE/g olarak tespit edildi. Demir indirgeme kapasitesi polen ve fermente polen için sırasıyla 64.14 ± 0.18 $\mu\text{mol FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O/g}$ ve 72.03 ± 0.15 $\mu\text{mol FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O/g}$ olarak bulundu. Polen ve fermente polene ait protein miktarları sırasıyla % 21.16 ve %18.70 olarak bulundu (Tablo 1).

Tablo 1. Polen ve Fermente Polen Örneklerinin Biyokimyasal Karakterizasyonu

	Toplam Fenolik Madde Miktarı mg GAE/g	Toplam Flavonoid Madde Miktarı mg QE/g	FRAP $\mu\text{mol FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O/g}$ numune	DPPH SC_{50} mg/mL	Toplam Protein Miktarı %
Polen	4.43 ± 0.03	2.54 ± 0.11	64.14 ± 0.18	9.30 ± 0.03	21.16 ± 0.2
Fermente Polen	6.12 ± 0.07	2.73 ± 0.08	72.03 ± 0.15	6.47 ± 0.04	18.70 ± 0.3

Yapılan GC/MS analizi neticesinde polen ve fermente polen örneklerinin aldehitler, ketonlar, yağ asitleri, hidrokarbonlar ve karboksilik asitler bakımından zengin olduğu tespit edildi. Ayrıca fermente polen toplam alkol miktarının (%32.65) polen örneğinin alkol miktarından (%19.60) fazla olduğu tespit edildi (Tablo 2). Bu durum ortamda fermantasyon olduğunun göstergesidir. Çalışmada kullanılan polen örnekleri aynı kovandan hasat edilmesine rağmen bazı bileşiklerin (furfuril alkol, oktanal, pentadekan vb.) sadece arı poleninde bazı bileşiklerin ise (1-dekanol, laurik asit, vb.) sadece fermente polende bulunduğu belirlenmiştir. Bu durum gerçekleşen fermantasyonun sonucu olabilir.

Tablo 2. Polen ve Fermente Polenin İçerik Analizi

Polen Sonuç Değer Bileşik Grupları (%)	Fermente Polen Sonuç Değer Bileşik Grupları (%)
Aldehidler (%)	Aldehidler (%)
Phenylacetaldehyde dimethyl acetal: 0.57±0.001	Phenylacetaldehyde dimethyl acetal: 3.62±0.001
2-Methylbutyraldehyde: 0.62±0.001	2-Methylbutyraldehyde: 1.07±0.001
2,4-Dimethylbenzaldehyde: 0.08±0.001	cis-6-Nonenal: 2.51±0.005
trans-2-Hexenal: 0.12±0.001	Butyraldehyde: 0.42±0.003
trans-2-octenal: 0.54±0.001	Isobutyraldehyde: 0.89±0.002
cis-4-Heptenal: 0.43±0.002	Toplam: 8.51
cis-6-Nonenal: 1.07±0.001	Alkoller (%)
Isobutyraldehyde: 1.12±0.005	Furfuryl alcohol: 0.82±0.005
2-Methyl-2-pentenal: 2.66±0.001	2-Heptanol: 0.55±0.002
Phenylacetaldehyde: 0.39±0.001	Cis-6-Nonen-1-ol: 31.16±0.01
Octanal: 0.86±0.003	1-Decanol: 0.12±0.001
Nonanal: 0.50±0.002	Toplam: 32.65
Toplam: 8.96	Hidrokarbonlar (%)
Alkoller (%)	n-Octane: 0.36±0.001
Furfuryl alcohol: 1±0.002	n-Octadecane: 0.70±0.001
2-Heptanol: 0.60±0.002	Toplam: 1.06
Cis-6-Nonen-1-ol: 18±0.01	Karboksilik asit ve esterleri (%)
Toplam: 19.60	Benzoic acid: 0.08±0.001
Hidrokarbonlar (%)	Isovaleric acid: 0.19±0.001
Pentadecane: 0.57±0.001	Pyruvic acid: 3.80±0.003
n-Octane: 0.24±0.001	4-Methylpentanoic acid: 0.46±0.001
n-Octadecane: 0.63±0.001	2-Methyl-2-pentanoic acid: 0.56±0.002
Myrcene: 1.87±0.004	Toplam: 5.09
Toplam: 3.31	Ketonlar (%)
Karboksilik asit ve esterleri (%)	Homofuronol: 6.75±0.003
Benzoic acid: 1.74±0.002	2-Undecanone: 1.25±0.001
Valeric acid: 0.36±0.001	2-Octanone: 1.71±0.002
Pyruvic acid: 2.73±0.001	2-Nonanone: 0.34±0.001
2-Methylheptanoic acid: 0.14±0.001	3,4-Hexanedione: 0.27±0.001
4-Methylpentanoic acid: 1.79±0.003	Delta-Dodecalactone: 0.25±0.001
2-Methyl-2-pentanoic acid: 0.46±0.001	Gamma-Butyrolactone: 0.07±0.001
4-Methyloctanoic acid: 2.21±0.002	2-Furyl-methylketone: 0.01±0.001
Toplam: 9.43	Methyl ethyl ketone: 0.44±0.001
Ketonlar (%)	Toplam: 11.09
Homofuronol: 4.53±0.003	Yağ asitleri ve esterleri (%)
Damascenone: 0.31±0.001	Decanoic acid: 1.13±0.001
2-Undecanone: 2.01±0.001	Stearic acid: 3.99±0.002
2-Octanone: 2.47±0.002	Myristic acid: 2.25±0.003
2-Nonanone: 0.16±0.001	Palmitic acid: 7.39±0.005
Methyl-2-pyrrolyl ketone: 0.13±0.001	Lauric acid: 1.19±0.002
3,4-Hexanedione: 0.22±0.001	Octanoic acid: 0.87±0.001
3,5-Dimethyl-1,2-cyclopentadione: 0.58±0.001	Toplam: 16.82
Delta-Octalactone: 0.22±0.001	Asetik Asit ve Esterleri (%)
n-Tetracosane: 0.56±0.001	Hexyl acetate: 0.07±0.001
Toplam: 11.19	

Polen Sonuç Değer Bileşik Grupları (%)	Fermente Polen Sonuç Değer Bileşik Grupları (%)
Terpenler (%)	n-Butyl acetate: 0.21±0.001
Nerolidol: 0.37±0.001	Nonyl acetate: 0.44±0.001
Toplam: 0.37	Decyl acetate: 2.23±0.001
	Toplam: 2.95
Yağ asitleri ve esterleri (%)	Diğerleri (%)
Decanoic acid: 5.09±0.001	Isobutylpropionate: 0.02±0.001
Stearic acid: 4.66±0.002	Ethyl palmitate: 1.77±0.001
Myristic acid: 3.06±0.003	Benzyl cinnamate: 0.07±0.001
Palmitic acid: 7.99±0.005	Methyl octine carbonate: 1.05±0.001
Lauric acid: 0.75±0.001	Phenol: 0.07±0.001
Toplam: 21.55	Phenethylamine: 0.11±0.001
Asetik Asit ve Esterleri (%)	Neroloxide: 0.16±0.001
Ethylacetate: 0.31±0.001	Acetanisole: 0.28±0.001
Hexyl acetate: 0.21±0.001	Methyl butyrate: 0.74±0.001
n-Butyl acetate: 0.08±0.001	Hexyl hexanoate: 0.47±0.001
Lauryl acetate: 0.26±0.001	Indole: 0.38±0.001
Geranyl acetate: 4.74±0.002	Methylvalerate: 0.15±0.001
Toplam: 5.60	Toplam: 5.27
Diğerleri (%)	
Diethyl succinate: 0.62±0.001	
p-Cymene: 0.39±0.001	
Ethyl palmitate: 1.38±0.001	
Linalyl formate: 1.25±0.001	
Omega-Pentadecalactone: 0.38±0.001	
Benzyl cinnamate: 0.20±0.001	
Methyl -gamma-Ionone (isomer 1): 0.26±0.001	
Methyl octine carbonate: 0.53±0.001	
Butylated hidroxyanisole: 0.22±0.001	
Toplam: 5.23	

Selülozik dış zarları (exin) nedeniyle polen taneciklerinin sindirimi arı ekmeğine göre oldukça düşüktür. Dolayısı ile arı ekmeğinin biyoyararlanımı polenden daha iyidir (Kolaylı ve Keskin, 2020). Bu durum arı ekmeğinin oluşumunda rol alan laktik asit fermentasyonu ile selülozik dış zarın bakteriyel enzimlerce kısmen sindirilmiş olması ile açıklanabilir (Karaman vd., 2017; Keskin ve Özkök, 2020a; Pascoal vd., 2014). Yapılan bu çalışma neticesinde elde edilen bulgular bu ifade ile uyumludur. Keskin ve Özkök (2020a) polen ve arı ekmeğinin antioksidan kapasitelerini kıyasladıkları çalışmalarında arı ekmeğinin total fenolik madde miktarını ve buna bağlı olarak arı ekmeği örneğinin antioksidan kapasitesinin polenden daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir. Polen fermente edildiğinde selülozik zarın açılması nedeniyle elde edilen ürün, polene göre daha yüksek biyoyararlanıma sahip olacağı açıktır.

Arı poleni insanlar için gerekli olan esansiyel aminoasitleri içermektedir (Karaman vd., 2017). Ancak yapılan çalışmalar arı ekmeğinin polene göre daha düşük miktarda protein içerdiğini ifade etmektedir (Kubik, Brindza, Brovasky, ve Velychko, 2017; Mizrahi ve Lensky, 2012). Mayda, Özkök, Bayram, Gercek ve Sorkun (2020) farklı yörelere ait arı ekmeği

ve polenin sırasıyla protein oranını 17.5 ± 0.05 ve 22.2 ± 0.1 olduğunu ifade etmişlerdir. Dranca, Ursachi, ve Oroian (2020) arı ekmeğinin protein oranını 18.60 olarak belirlemişlerdir. Nitekim çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular bu durumu desteklemektedir. Bunun nedeninin fermantasyon esnasında ortamda bulunan protein ve karbonhidrat gibi besinsel bileşenlerin bakteriler tarafından tüketilmesi olarak ifade edilebilir.

Keskin ve Özkök (2020a) tarafından yapılan bir çalışmada polen örneklerinin toplam fenolik madde miktarının sırasıyla 5.57 ve 6.93 mg GAE/g olduğu ifade edilmektedir. Bayram, Gercek, Çelik, Mayda, Kostic, Dramićanin ve Özkök, (2021) farklı lokasyonlardan alınan arı poleni ve arı ekmeği örneklerinin toplam fenolik madde miktarlarını sırasıyla 43.42 ± 0.779 ve 8.26 ± 0.299 mg GAE/g olarak bildirmişlerdir. Rzepecka-Stojko, Stec, Kurzeja, ve Pawłowska-Góral (2012) arı polenin toplam fenolik içeriğini 21.30 mg GAE/g, Kroyer ve Hegedus (2001) 24.6 mg GAE/g, Bonvehi, Torrento, ve Lorente (2001) 12.4 mg GAE/g olarak bildirmişlerdir. Literatür incelendiğinde toplam fenolik madde miktarının geniş bir skalada değiştiği görülmektedir. Bunun nedeni olarak arı poleni veya arı ekmeğinin toplam fenolik madde miktarının toplandığı bölge, iklim, arı ırkı ve bitki türü gibi faktörlere bağlı olarak değiştiği ifade edilebilir (Bayram vd., 2021). Mayda vd. (2020) farklı lokasyonlardan toplanan arı poleni ve arı ekmeğinin toplam flavonoid madde miktarının sırasıyla 4.44 ± 0.125 mg QE/g ve 1.81 ± 0.040 mg QE/g olduğunu ifade etmişlerdir. Arı ekmeğinin toplam flavonoid madde miktarı Ivanišová vd. (2015) tarafından 13.56 ve 18.24 µg QE/g ve Zuluaga, Serratob, ve Quicazana (2015) tarafından 1.9 ve 4.5 mg QE/g olarak bildirilmiştir.

Arı ekmeği, son derece yüksek antioksidan özelliklerinden dolayı çok önemli bir arı ürünüdür. Keskin ve Özkök (2020a) yapmış oldukları çalışmada arı poleni FRAP değerini $64,56$ µmol FeSO₄.7H₂O/g, arı ekmeğinin FRAP değerini ise $83,62$ µmol FeSO₄.7H₂O/g olarak bildirmişlerdir. Mayda vd. (2020) DPPH değerlerini arı ekmeği için 2.38 ± 0.055 mg TEAC/g ve arı poleni için 3.85 ± 0.030 mg TEAC/g, Ivanišová vd. (2015) ise arı ekmeği için 15.78 ve 14.62 mg TEAC/g arasında belirlemişlerdir. On beş farklı arı ekmeği örneği analizinin yapıldığı başka bir çalışmada örneklerin antioksidan aktivitesi 46.1 ve 76.3 µmol TEAC/g arasında değiştiği rapor edilmiştir (Zuluaga vd., 2015).

Arı polenin özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılmış pek çok çalışma olmasına rağmen arı ekmeği hakkında yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Arı ekmeği yüksek oranda biyoyaralanabilirlik göstermesi nedeniyle arı poleni yerine arı ekmeğinin tercihi gittikçe armaktadır (Mayda, 2019). Üretim verimi düşük olan bu ürünün endüstriyel boyutta üretilebilmesi gerekmektedir. Bu anlamda probiyotik bakteriler kullanılarak fermente edilen polenin arı ekmeği yerine kullanılabilirliğinin araştırılması önem arz etmektedir.

SONUÇ

Arı ürünleri dengeli beslenme, vücut direncinin artırılması ve sağlıklı yaşam için son derece önemlidir. Arı ekmeği içerdiği bileşenler ve probiyotik bakteriler sayesinde kolon hastalıklarının tedavisinde kullanılabilir. Özellikle Irretable Barsak Sendromu (IBS) olarak adlandırılan barsak hastalığının (IBS) tedavisinde probiyotik kullanımı sıklıkla vurgulanmaktadır (Sezer ve Saka, 2014). Ancak arı ekmeği sınırlı miktarda üretilmektedir ve bu nedenle arı ekmeğinin dileyen herkes tarafından gıda takviyesi olarak kullanılması da sınırlanmaktadır. Yapılan bu çalışma ile arı ekmeğinin endüstriyel boyutta üretilmesini sağlayacak arı ekmeği benzeri fermente polen elde edilmiş ve karakterizasyonu yapılmıştır. Elde edilen veriler fermente polenin arı ekmeği ile benzer özellik gösterdiğini göstermektedir. Ancak fermente polenin apiterapi uygulamalarında kullanılabilirliğini belirlemek amacıyla daha ileri araştırmaların yapılması gerekmektedir. Bu çalışma bulguları daha ileri çalışmaların yapılmasına katkı sunabilir.

Teşekkür

Bu çalışma Malatya Turgut Özal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimince 191209 Numaralı proje ile desteklenmiştir. Ayrıca çalışmada protein analizlerinin yapılmasına katkı sağlayan Ordu Arıcılık Araştırma Enstitüsü'ne teşekkür ederiz.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

KAYNAKLAR

- Bayram, N. E., Gerçek, Y.C., Çelik, S., Mayda, N., Kostic, A. Z., Dramićanin, A.M., Özkök, A. (2021). Phenolic and free amino acid profiles of bee bread and bee pollen with the same botanical origin –similarities and differences. *Arabian Journal of Chemistry*, 14(3), 1-12.
- Benzie, I. F. F., Strain, J. J. (1999). Ferric reducing/ antioxidant power assay: Direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration. *Methods in Enzymology* 299, 15–27.
- Bleha, R., Votochkova, M., Synytsya, A., Brindza, J. (2015). Distribution of bee pollen granules according to vibration spectroscopic markers. *Naukovijvisnik Nacional'noho universitetu bioresursiv iprirodokoristuvannija Ukrainy, Seria: Technologia Virobnictva i Pererobotky Produkcii Tvarinnictva, Kijiv.*, 223, 7 – 17
- Bonvehı, S.J., Torrento, S.M, Lorente, C.E. (2001). Evaluation of polyphenolic compounds in honeybee-collected pollen produced in Spain, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, (4), 1848-1853.

- Cuendet, M., Potterat, O., Hostettmann, K. (2001). *Flavonoids and phenylpropanoid derivatives from Campanula barbata*. *Phytochemistry*, 56(6), 631-636.
- Didaras, N. A., Karatasou, K., Dimitriou, T. G., Amoutzias, G. D., Mossialos, D. (2020). *Antimicrobial Activity of Bee-Collected Pollen and Beebread: State of the Art and Future Perspectives* *Antibiotics*, 9, 811.
- Dranca, F., Ursachi, F., Oroian, M. (2020). *Bee Bread: Physicochemical characterization and phenolic content extraction optimization*. *Foods*, 9, 1358.
- Fukumoto, L., Mazza, G. (2000). *Assessing antioxidant and prooxidant activities of phenolic compounds*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 3597-3604.
- Helrich, K. (1990). *Official methods of analysis of the association of official analytical chemists*. Association of Official Analytical Chemists Inc. Suite 400 Arlington, Virginia 22201, USA.
- Ivanišová, E., Kačániová, M., Frančáková, H., Petrová, J., Hutková, J., Brovarský, V., Velychko, S., Adamchuk, L., Schubertová, Z., Musilová, J. (2015). *Bee bread-perspective source of bioactive compounds for future*. *Potravinarstvo Slovak. Scientific Journal for Food Industry*, 9, 592-598.
- Karaman, M.R., Artık, N., Küçükersan, K. (2016). *Perga (bee bread) composition and health benefit*. *The 2nd International Turkic World Conference on Chemical Sciences and Technologies, Skopje, Macedonia on October 26-30*.
- Karaman, M.R., Artık, N., Küçükersan, K., Halıcı, Z., Çelik, M. (2017). *Sağlıklı beslenme ve apiterapi için değerli bir arı ürünü: Perga (bee bread)*. *Gıda 2000 Gıda Teknolojisi ve Tarım Dergisi*, 180, 1-10.
- Keskin, M., Keskin Ş., Mayda, N., Özkök, A. (2019). *Determination of biochemical profile of Bilecik propolis*. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 47(4), 403-409.
- Keskin, M., Özkök, A. (2020a). *Arı poleni ve arı ekmeği (perga) nin α -amilaz enzimi üzerine inhibisyon etkisi*. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 48 (4), 389-393.
- Keskin, M., Özkök, A. (2020b). *Effects of drying techniques on chemical composition and volatile constituents of bee pollen*. *Czech J. Food Sci.*, 38, 203-208.
- Kolaylı, S., Keskin, M. (2020). *Natural bee products and their apitherapeutic applications*. In *Studies in Natural Products Chemistry* (Vol. 66, pp. 175-196). Elsevier.
- Krell, R. (1996). *Value-added products from beekeeping*. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, FAO Agricultural Services Bulletin No. 124.
- Kroyer, G., Hegedus, N. (2001). *Evaluation of bioactive properties of pollen extracts as functional dietary food supplement*. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 2, 171.
- Kubik, L., Brundza, J., Brovarský, V., Velychko, S. (2017). *Perga under compressive loading*. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 21 (2017), 23-26.
- Mayda, N. (2019). *Arı poleni ve arı ekmeğinin palinolojik, kimyasal ve antioksidan kapasitelerinin belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi) Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Mayda, N., Özkök, A., Ecem Bayram, N., Gerçek, Y. C., 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.
- Mizrahi, A., Lensky, Y. (2012). *Bee products: properties, applications, and apitherapy*. Springer, pp. 93-101.
- Pascoal, A., Rodrigues, S., Teixeira, A., Feás, X., Estevinho, L.M. (2014). *Biological activities of commercial bee pollens: antimicrobial, antimutagenic, antioxidant, anti-inflammatory*. *Food Chem. Toxicol.* 63, 233-239.

Regrut, T., Novak, J., Hlavacova, Z., Brindza, J., Brovarskyı, V., Velychko, S. (2016). Selected electric properties of perga. Mendel Net, 628-633.

Rzepecka-Stojko, A., Stec, M., Kurzeja, E., Pawłowska-Góral, K. (2012). The effect of storage of bee pollen extracts on polyphenol content. Polish Journal of Environmental Studies, 21(4), 1007–1011.

Sezer, E., Saka, M. (2014). İrritabl bağırsak sendromunun tedavisinde prebiyotik ve probiyotik kullanımı. Güncel Gastroenteroloji, 18(2), 174-179.

Singleton, VL, Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. Am J Enol Viticult, 16, 144- 158.

Tutkun, E. (2006). Arıcılık tekniği. Kızılay/Ankara: Önder Matbaacılık Ltd. Şti..

Zuluaga, C.M, Serratob, J.C., Quicazana, M.C., (2015). Chemical, nutritional and bioactive characterization of Colombian bee-bread. Chemical Engineering Transactions, 43, 175–180.