



ARI EKMEĞİNİN BAZI FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ

Feyza Şimşek, Büşra Çetin, Ceren Mutlu*

Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Balıkesir, Türkiye

Geliş / Received: 23.03.2023; Kabul / Accepted: 16.07.2023; Online baskı / Published online: 05.08.2023

Şimşek, F., Çetin, B., Mutlu, C. (2023). Arı ekmeğinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ve sağlık üzerine etkileri. GIDA (2023) 48 (4) 807-818 doi: 10.15237/gida.GD23038

Şimşek, F., Çetin, B., Mutlu, C. (2023). *Some physical and chemical properties of bee bread and its effects on health.* GIDA (2023) 48 (4) 807-818 doi: 10.15237/gida.GD23038

ÖZ

Arılar tarafından farklı bitki kaynaklarından toplanan polenlerde meydana gelen laktik asit fermantasyonu sonucunda oluşturulan bir ürün olan arı ekmeği yapısında karbohidratlar, proteinler, aminoasitler, yağ asitleri, organik asitler, enzimler, vitaminler, fenolik bileşikler ve mineraller gibi birçok biyoaktif bileşen bulunmaktadır. Arı ekmeğinin bileşimi polen kaynağına ve üretildiği ortamdaki coğrafik ve iklimsel özelliklere bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Arı ekmeği zengin kimyasal bileşimi sayesinde antimikrobiyal, antioksidan, antikanser ve probiyotik özellikler olmak üzere sağlık üzerine çeşitli olumlu etkilere sahiptir. Belirtilen etkilerine ilişkin ortaya konulan çalışmalar ile arı ekmeğinin bilinirliği ve arı ekmeğine karşı olan ilgi artmaktadır. Buradan hareketle bu derlemede arı ekmeğinin üretimi, bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri, sağlık üzerine etkileri ve bir gıda olarak kullanım potansiyelinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Arı ekmeği, polen, fenolik, antimikrobiyal, antioksidan, probiyotik

SOME PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF BEE BREAD AND ITS EFFECTS ON HEALTH

ABSTRACT

Bee bread, a product produced by lactic acid fermentation in pollen collected by bees from different plant sources, contains many bioactive components such as carbohydrates, proteins, amino acids, fatty acids, organic acids, enzymes, vitamins, phenolics, and minerals. The composition of bee bread may vary depending on the pollen source and the geographical and climatic characteristics of the produced environment. Bee bread has various positive effects on health including antimicrobial, antioxidant, anticancer, and probiotic properties thanks to its rich chemical composition. There is increasing awareness and interest of bee bread with the reported studies on its stated effects. From this point of view, it is aimed to evaluate the production of bee bread, some physical and chemical properties, effects on health, and potential for use as a food in this review.

Keywords: Bee bread, pollen, phenolic, antimicrobial, antioxidant, probiotic

*Yazışmalardan sorumlu yazar/Corresponding author

✉: ceren.mutlu@balikesir.edu.tr

☎: (+90) 266 612 6319

☎: (+90) 266 612 1257

Feyza Şimşek; ORCID no: 0009-0006-0227-1957

Büşra Çetin; ORCID no: 0009-0009-3902-2905

Ceren Mutlu; ORCID no: 0000-0003-4943-2798

GİRİŞ

Arı poleninın laktik asit bakterileri ve mayalar tarafından fermente edilmesi ile elde edilen arıcılık ürünü arı ekmeği (perga) olarak adlandırılmakta olup (Detry vd., 2020), bu ürün polen, bal ve arıların tükürük bezleri salgılarını içermektedir (Ćiric vd., 2019). Arı ekmeği işçi arılar için üç günlük arı sütü ile beslenmenin ardından protein, lipid ve vitamin kaynağı olarak beslenme ve gelişimde önemli bir rol oynamaktadır (Mutlu vd., 2017; Silici, 2015). Arı ekmeğinin sahip olduğu besinsel ve tedavi edici özelliklerinin ortaya konulması ile birlikte son zamanlarda arı ekmeğine karşı giderek artan bir ilgi bulunmaktadır. Arı ekmeği, bileşimsel özellikleri açısından arı polenine benzemekle birlikte daha zengin içeriğe sahip olup, yapısında protein ve aminoasitler, karbohidratlar, lipitler, vitaminler, mineraller, fenolik asitler ve polifenoller içermektedir. Ayrıca polen tanesini çevreleyen çok katmanlı duvarın fermantasyonla ortadan kaldırılması sonucunda insanlar tarafından daha kolay sindirilebilmekte ve bu durum besinlerin absorpsiyonu açısından olumlu sonuçlar ortaya çıkarmaktadır (Aylanc vd., 2021a; Aylanc vd., 2023). Arı ekmeğinin yapısında bulundurduğu bileşenler sayesinde sağlık üzerine antioksidan, antiinflatuar, antimikrobiyal, antikanser ve immünolojik etkilerinin olduğu belirtilmektedir (Suleiman vd., 2022). Literatür bilgilerinden hareketle bu çalışmada arı ekmeğinin üretimi, bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri, sağlık üzerine etkileri ve bir gıda olarak kullanım potansiyeline ait bilgiler derlenmiştir.

ARI EKMEĞİ ÜRETİMİ

Arı ekmeğinin hammaddesi bitki polenidir ve arı ekmeği üretimi arıların bitki polenlerini toplaması ile başlamaktadır. Arılar nektar toplarken vücutları polen tozuyla kaplanmakta (Mohammad vd., 2021) ve bu polenler nektarla birlikte kovanlara taşınmaktadır. Kovandaki polenler hasat edilmediğinde işçi arılar tarafından petek gözlerinde saklanmakta ve saklama sırasında laktik asit fermantasyonu sonucunda da arı ekmeğine dönüştürülmektedir (Ivanišová vd., 2015; Mohammad vd., 2021). Arı poleninın arı ekmeğine dönüşüm mekanizması hala tam olarak açıklanamamış olmakla birlikte arıların

bezlerinden gelen amilaz enzimleri ile özellikle laktik asit bakterileri olmak üzere çeşitli bakteriler ve polen yüklerinin yüzeylerinden gelen bazı mayaların bu dönüşümde önemli rol oynadığı bildirilmiştir (Pelka vd., 2021a). Bu dönüşümün yaklaşık bir hafta sürdüğu ve ilk yarım günde arı poleninde laktik asit bakterileri, *Escherichia*, bazı aerobik bakteriler ve mayaların geliştiği, *Streptococcus* mikroorganizmasının gelişiminin inhibisyonunun gerçekleşmesinden sonra *Lactobacillus* mikroorganizmasının gelişiminin olduğu ve son aşamada ise üretilen laktik asit nedeniyle laktik asit bakterilerinin ve mayaların inhibisyonunun meydana geldiği ve böylece arı ekmeği üretiminin tamamlandığı ifade edilmiştir (Aylanc vd., 2021a). Fermantasyon aşamasında arıların salgılarında doğal olarak bulunan laktik asit bakterileri, *Bifidobacterium* spp., *Saccharomyces* spp., *Pseudomonas* spp. ve *Streptococcus* spp. mikroorganizmalarının rol oynadığı belirtilmiştir (Ozkok vd., 2022). Ayrıca yapılan çalışmalarda arı poleninın arı ekmeğine dönüşümünde bazı *Bacillus* spp. (*B. circulans*, *B. licheniformis*, *B. megaterium*, *B. subtilis*, *B. pumilus*), *Candida* spp. (*C. parapsilosis*, *C. reukaufii*, *C. tenuis*), *Lactobacillus* spp. (*L. fructosus*, *L. jensenii*, *L. kunkeii*, *L. lantarum*) ve *Torulopsis* spp. (*T. candida*, *T. etchellsii*, *T. famata*, *T. globosa*, *T. inconspicua*, *T. magnoliae*, *T. sake*, *T. stellata*) türlerine ait mikroorganizmalar tanımlanmıştır (Değirmenci ve Yıldız, 2021).

Arı ekmeği üretildikten sonra arılar tarafından sıkıştırılmakta ve bal peteğinin hücrelerine sıkıca gömülerek kuru ve sert kıvamda bir yapı haline getirilmektedir (Kieliszek vd., 2018). Peteklere depolanmış arı ekmeği; peteklerin kurutulması, dondurulması, parçalanması, bal mumu ve arı ekmeğinin ayrılması ve son olarak da ince safsızlıkların giderilmesi aşamaları ile elde edilmektedir (Semkiw ve Skubida, 2021). Endüstriyel olarak üretimin ilk aşamasında arı ekmeği içeren petekler 40°C sıcaklıkta 8-10 saat veya vakum altında 5-7 saat süresince tutularak nem içerikleri %14.00-15.00 olacak şekilde bir kurutma işlemi gerçekleştirilmektedir. İkinci aşamada arı ekmeğinin -1°C sıcaklığa soğutulmasıyla segmentasyon yapılmakta ve daha sonra arı ekmeği toz haline getirilmektedir. Toz haline getirilen arı ekmeği bir tohum temizleme

makinesi ile filtrelenerek mumsu yapılardan ayrılmaktadır. Son aşamada ise ürün gama ışınları, etilen oksit veya metilen gazı kullanılarak sterilize edilmekte ve tüm bu teknolojik işlemler sonucunda arı ekmeği ticari bir ürün haline getirilmektedir (Khalifa vd., 2020).

ARI EKMEĞİNİN FİZİKSEL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ

Arılar bitki kaynaklarından topladıkları polenleri sıkıştırarak granüller halinde katmanlara dönüştürdüklerinden polen kaynakları arı ekmeğinin rengi üzerinde etkili olmaktadır (Brovarskyi vd., 2013). Yapılan bir çalışmada Doğu Ukrayna'nın iki bölgesinden toplanan beş farklı multifloral arı ekmeği örneğinin renk özellikleri incelenerek örneklerin renklerinin bitki kökenine göre farklılık gösterdiği ve haşhaş, üçgül ve karabuğday bitkileri kaynaklı arı ekmeğinin koyu sarı ve ayçiçeği poleni içeren arı ekmeğinin ise altın sarısı renkte olduğu rapor edilmiştir (Bleha vd., 2019). Anadolu arı ekmeği örnekleri ile yapılan bir çalışmada ise örneklerin Pfund skalasına göre renk değerlerinin 61.58-109.80 mm aralığında olduğu ve bu değerlerin amber ve açık amber renklere karşılık geldiği ifade edilmiştir (Kalaycıoğlu, 2022).

Arı ekmeği peletlerinin şekilsel özellikleri peteklerden ayrılması sırasında uygulanan teknolojiye bağlıdır (Brovarskyi vd., 2017; Bleha vd., 2019). Yapılan bir çalışma sonucunda arı ekmeğinin genişliklerinin 4.08-6.22 mm ve uzunluklarının ise 7.38-12.75 mm arasında değiştiği bildirilmiştir (Bleha vd., 2019).

Arı ekmeğinin buruk, ekşi, meyvemsi ve tatlı olarak karakterize edilen tadının flavonoidlerden kaynaklandığı ifade edilmiştir. Ayrıca arı ekmeğinin yapısında kokusunu ve tadını etkileyen 1-fenilpropan-2-ol (tatlı ve ananas aroması), hekzanoik asit (keskin, asidik, peynirimsi ve meyvemsi), 3,7-dimetil-1,5,7-oktatrien-3-ol (çiçeği, odunsu ve ferah) ve benzoik asit (hafif acı) gibi birçok aromatik uçucu bileşimin de olduğu tespit edilmiştir (Mārgāoan vd., 2020). Bu bileşiklerin yanı sıra arı ırklarının da arı ekmeğinin tadı üzerinde etkili olduğu ve *Tetragonula angustula*, *Ptilotrigona* ve *Frieseomelitta doederlini* ve *Frieseomelitta*

varia arılarının ürettiği arı ekmeğininin tatlı; *Melipona* ve *Scaptotrigona* arılarının ürettiği arı ekmeğininin ise acı tatda oldukları bildirilmiştir (de Oliveira Alves vd., 2018; Villegas-Plazas vd., 2018).

ARI EKMEĞİNİN KİMYASAL KOMPOZİSYONU

Su içeriği

Arı ekmeği, yapısında bulunan polenin higroskopik özelliğinden dolayı yüksek su içeriğinde bir üründür. Arı ekmeği çevreden su absorplaması, arı salgısı ve bal içermesi sonucu yapışkan ve nemli bir yapıya sahiptir. Bu nedenle arı ekmeğini daha uzun süre saklamak için kurutma ve dondurma gibi farklı yöntemler kullanılmakta olup, en iyi yöntemin su içeriği ve mikrobiyal yükte etkin bir azalma sağlamasından dolayı fırında kurutma olduğu bildirilmiştir (Mohammad vd., 2021).

Arı ekmeğinin su aktivitesinin 0.60-0.92 değerleri arasında değişim gösterdiği ve bu su aktivitesi değerlerinin birçok bakteri, küf ve mantarın gelişimini ve istenmeyen mikotoksin oluşumunu destekleyebileceği belirtilmiştir (Mohammad vd., 2021). Ülkemizde yapılan farklı çalışmalarda da arı ekmeği örneklerinin nem içeriklerinin 17.70-22.30 g/100 g (Mayda vd., 2020) ve 11.54-23.07 g/100 g (Kalaycıoğlu, 2022) aralıklarında olduğu tespit edilmiştir. Portekiz'de yapılan bir çalışmada arı ekmeği örneklerinin nem değerleri 7.40-7.70 g/100 g olarak bulunmuştur (Aylanc, 2019). Malezya'da yapılan bir çalışmada ise 5 farklı bölgeden alınan arı ekmeği örneklerinin nem içeriği ve su aktivitesi değerlerinin sırasıyla 11.09-12.51 g/100 g ve 0.73-0.85 arasında değiştiği ifade edilmiştir (Mohammad vd., 2020a).

Karbohidrat içeriği

Arı ekmeğinin karbohidrat içeriğinin hasat zamanına, botanik kökenine ve üretildiği bölgeye göre farklılık gösterdiği (Mohammad vd., 2020a) ve ortalama karbohidrat içeriğinin 24.00-35.00 g/100 g arasında değiştiği bildirilmiştir (Bakour vd., 2019; Didaras vd., 2020). Yapılan bir çalışmada farklı coğrafi bölgelerde üretilen arı ekmeğininin toplam karbohidrat içeriklerinin

10.85-58.10 g/100 g arasında olduğu belirtilmiştir (Mohammad vd., 2021).

Arı ekmeğinin toplam taze ağırlığının %57.51 kadarını fruktoz, %42.59 kadarını glikoz ve %3.37 kadarını ise maltoz oluşturmaktadır (Urcan vd., 2017). Bazı arı ekmeği örneklerinde çok az miktarda izomaltoz, rafinoz, sellobiyoz ve sorbitol gibi diğer karbohidratlar da bulunabilmektedir (Belina-Aldemita vd., 2019). Malezya'da 5 farklı arı ekmeği örneğinin karbohidrat içeriğinin araştırıldığı bir çalışmada örneklerin fruktoz miktarı 0.40-1.49 g/100 g, glikoz miktarı 10.27-12.40 g/100 g, sakkaroz miktarı 0.56-2.09 g/100 g ve maltoz miktarı ise 0.69-1.99 g/100 g olarak tespit edilmiştir (Mohammad vd., 2020a).

Protein ve aminoasit içeriği

Arı gelişimi için bir protein kaynağı olan arı ekmeğinin protein içeriği açısından zengin olduğu bildirilmiştir (Mohammad vd., 2021). Kolombiya'da yapılan bir çalışmada arı ekmeğinin protein içeriğinin 19.10-27.30 g/100 g aralığında olduğu belirlenmiştir (Zuluaga vd., 2015). Ülkemizde yapılan bir çalışmada ise farklı botanik kökenli (pamuk, narenciye, kestane, ayçiçeği ve yonca) arı ekmeği örnekleri incelenmiş ve bu örneklerin protein içeriklerinin 14.82-24.26 g/100 g aralığında olduğu ve arı ekmeğinin protein içeriğinin botanik kökene göre değişebildiği rapor edilmiştir (Kaplan vd., 2016).

Arı ekmeğinin esansiyel olan tüm aminoasitleri içerdiği ve yapısında glutamik asit, aspartik asit, prolin (majör), arginin, valin, histidin, lösin, izolösin, lizin, metiyonin, triptofan, fenilalanin, treonin, sistein, tirozin, alanin, glisin ve serin aminoasitlerini bulundurduğu belirlenmiştir (Barene vd., 2015; Didaras vd., 2020). Ayrıca arı ekmeğinde yüksek miktarlarda bulunan prolin ve glutamik asidin varlığı arı poleni kalitesi ile ilişkilendirilmekte olup, düşük prolin içeriği düşük kalite ve teknolojik işleme sürecinin göstergesidir. Bunun yanı sıra 20 mg/g değerinden daha yüksek glutamik asit konsantrasyonu ise arı ekmeğinin tazeliği için önemli bir parametredir (Urcan vd., 2017). Yapılan bir çalışmada arı ekmeğinin prolin, lizin, lösin, fenilalanin, izolösin, treonin, valin, metiyonin ve triptofan içeriklerinin sırasıyla

793.73, 50.56, 70.19, 89.42, 52.08, 98.80, 159.97, 20.95 ve 9.56 mg/L olduğu bildirilmiştir (Kim vd., 2020).

Lipit ve yağ asidi içeriği

Arı ekmeğinin lipit içeriğinin üretildiği polenin bitki kaynağına bağlı olarak büyük oranda değişiklik gösterdiği belirtilmiştir (Urcan vd., 2017; Kaplan vd., 2016). Yapılan bir çalışmada yonca, pamuk, kestane, narenciye ve ayçiçeği arı ekmeği örneklerinde lipit içeriğinin 5.93-11.55 g/100 g arasında değiştiği ve ayçiçeği ve pamuk botanik kökenli arı ekmeğinin lipit içeriklerinin diğer örneklerle göre daha yüksek olduğu bulunmuştur (Kaplan vd., 2016). Başka bir çalışmada ise Kolombiya'da toplanan 15 farklı arı ekmeği örneğinin lipit içeriklerinin 1.65-5.50 g/100 g arasında olduğu bildirilmiştir. Çalışma sonucunda örnekler arasında lipit içeriği bakımından büyük değişkenlik gözlemlendiği ve bu değişkenliğin ise arı ekmeği içerisindeki polenin yağ asidi, karoten ve vitamin içerikleri ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (Zuluaga vd., 2015).

Arı ekmeğinin yağ asidi kompozisyonunun incelendiği bir çalışmada arı ekmeğinden ekstrakte edilen yağda 37 farklı yağ asidi tanımlanmış olup, bu yağ asitleri içerisinde (all-cis-9,12) (9Z,12Z)-oktadeka-9,12-dienoik asit (319.89 µg/g), heneikosanoik asit (369.04 µg/g), (9Z)-heksadeka-9-enoik asit (656.37 µg/g) ve (all-cis-9,12,15)-oktadeka-6,9,15-trienoik asidin (954.51 µg/g) diğer yağ asitlerine göre daha yüksek miktarlarda bulunduğu bildirilmiştir (Dranca vd., 2020). Arı ekmeğinin insan vücudu tarafından sentezlenemeyen ve besinlerden alınması gereken çoklu doymamış yağ asitleri için de iyi bir kaynak olduğu belirtilmiştir (Urcan vd., 2017). Yapılan bir çalışmada arı ekmeğinin yapısında 11 farklı çoklu doymamış yağ asidi tanımlanmış olup, arı ekmeğinde (9Z,12Z,15Z)-oktadeka-9,12,15-trienoik asidin ω-3 yağ asidi ailesinden ve (9Z,12Z)-oktadeka-9,12-dienoik asidin ise ω-6 yağ asidi ailesinden en çok bulunan yağ asitleri olduğu ortaya konulmuştur (Kaplan vd., 2016).

Vitamin içeriği

Vitaminler büyüme, mineral metabolizmasının düzenlenmesi ve hücre farklılaşması gibi çeşitli

biyokimyasal rollere ve antioksidan aktiviteye sahip olan ve enzimler için koenzim görevi gösteren organik bileşiklerdir (Ares vd., 2018; Bakour vd., 2022). Arı ekmeğinin vitaminler açısından zengin olduğu (Aylanc vd., 2021b) ve vitamin içeriğinin bitkisel kaynak ile önemli oranda ilişkisinin bulunduğu ifade edilmiştir (Bakour vd., 2022).

Arı ekmeğinin yapısında tiamin, riboflavin, askorbik asit, tokoferol, biyotin, nikotinik asit, folik asit, pantotenik asit, niasin, inositol ve pridoksin vitaminlerinin olduğu tespit edilmiştir (Khalifa vd., 2020). Yapılan bir çalışmaya göre arı ekmeğinin α -tokoferol ve δ -tokoferol içerikleri sırasıyla 10.50 mg/100 g ve 0.40 mg/100 g olarak belirlenmiştir (Bakour vd., 2019). Bir diğer çalışmada ise arı ekmeğinin askorbik asit içeriklerinin 10.51-11.42 mg/100 g aralığında olduğu rapor edilmiştir (Mohammad vd., 2020a).

Enzim içeriği

Arı ekmeğinin yapısında amilaz, invertaz, asit fosfataz, lösin aminopeptidaz, β -glukosidaz ve glikoz oksidaz enzimlerinin olduğu belirlenmiştir (Didaras vd., 2020; Khalifa vd., 2020). Ayrıca yapılan bir çalışmada arı ekmeğinde bulunan küflerin de alkalik fosfataz, bütirat esteraz, kaprilat esteraz-lipaz, lösin aminopeptidaz, valin aminopeptidaz, asit fosfataz, fosfoamidaz, α -galaktosidaz, β -galaktosidaz, β -glukosidaz ve N-asetil- β -glukozaminidaz enzimlerini ürettiği tespit edilmiştir (Gilliam vd., 1989; Khalifa vd., 2020). Arı salgısı ve polen mikroflorası kaynaklı olan bu enzimlerin arı polenin arı ekmeğine dönüştürülmesinde rol aldıkları ve önemli oldukları ifade edilmiştir (Pelka vd., 2021a).

Organik asit içeriği

Organik asitler, arı ürünlerinin mikrobiyal ve sindirim özelliklerinden sorumludur (Kalaycıoğlu vd., 2017) ve arı ekmeğindeki organik asit içeriği botanik kökene ve arı ırkına bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Bakour vd., 2022). Ayrıca mikroorganizmaların faaliyeti sonucu gerçekleşen fermantasyon da arı ekmeğinin organik asit içeriğini etkilemekte ve arı ekmeğinin glukonik ve laktik asit içeriği laktik asit bakterilerinin

fermantasyonu ile ilişkilendirilmektedir (Kalaycıoğlu vd., 2023).

Yapılan bir çalışmada arı ekmeğinde glukonik asit, formik asit, asetik asit, propiyonik asit ve bütirik asit bulunduğu, ancak bu örneklerde süksinik asidin tespit edilemediği bildirilmiştir (Dranca vd., 2020). Fas arı ekmeğinde yapılan bir çalışmada ise yalnızca okzalik asidin tespit edildiği ve miktarının ise 3.83 g/kg olduğu bulunmuştur (Bakour vd., 2019). Ülkemizde gerçekleştirilen bir çalışmada ise arı ekmeği örneklerinin toplam organik asit içeriğinin 0.74-0.99 g/kg aralığında olduğu, bu örneklerde 34 farklı organik asit tanımlandığı ve arı ekmeğindeki temel organik asitlerin malik asit, 3-hidroksibütirik asit, malonik asit, 2-metilsitrat, 2-hidroksi-glutarik asit, pirüvik asit ve sitrik asit olduğu tespit edilmiştir (Çelik vd., 2022).

Fenolik bileşik içeriği

Arı ekmeğinin fenolik bileşikleri ve özellikle de flavonoidleri yüksek miktarda içerdiği bildirilmiş olup, farklı arı ekmeği örneklerinin toplam fenolik ve flavonoid madde içeriklerinin polen kaynağı çeşitliliğine bağlı olarak sırasıyla 11.90-14.77 mg GAE/g ve 1.30-6.03 mg KE/g (kateşin eşdeğeri) aralıklarında değiştiği rapor edilmiştir (Beykaya vd., 2021). Yapılan bir diğer çalışmada arı ekmeği örneklerinin toplam fenolik madde içeriğinin 8.26-12.71 mg GAE/g aralığında olduğu ve fenolik bileşik içeriklerinin botanik ve coğrafik kökenlerinin yanı sıra ekstraksiyon metoduna da bağlı olarak farklılık gösterebileceği belirtilmiştir (Mayda vd., 2020). Malezya'da yapılan bir çalışmada ise farklı bölgelerden toplanan arı ekmeği örneklerinin etanolik ekstraktlarındaki toplam fenolik madde içerikleri 21.32-22.54 mg GAE/g olarak tespit edilmiştir (Othman vd., 2019).

Arı ekmeğinin fenolik madde kompozisyonlarının belirlendiği bir çalışmada beş farklı lokasyondan toplanan arı ekmeği örneğinin bileşiminde 2,5-dihidroksibenzoik asit, kafeik asit, klorojenik asit, etil gallat, gallik asit, izoramnetin, kaempferol, luteolin, mirisetin, *p*-kumarik asit, protokatekuik asit, kuersetin, resveratrol, rutin, salisilik asit ve trans-ferulik asidin bulunduğu ve rutin miktarının (1225.54-

12631.49 µg/100 g) diğer fenolik bileşiklere göre daha yüksek olduğu ifade edilmiştir (Bayram vd., 2021). Bir diğer çalışmada ise arı ekmeği örneğinde gallik asit, kafeik asit, trans-ferulik asit, trans-3-hidroksisinnamik asit, 2-hidroksisinnamik asit, kuersetin, kaempferol, apigenin ve mangiferin fenolik bileşikleri tanımlanmıştır (Suleiman vd., 2021).

Fenolik bileşiklerin arı ekmeğinin antioksidan, antiinflamatuvar, antikanser, antidiyabetik aktiveleri ile enzim aktivasyonu, hormon regülasyonu ve gen ekspresyonu gibi faaliyetleri üzerinde etkili olduğu bildirilmiştir. Arı ekmeğinde baskın olarak bulunan kuersetin, kaempferol ve izoramnetin flavonoidlerinin ve bunların glikozitlerinin sağlık üzerinde çeşitli olumlu etkileri yapılan farklı çalışmalar ile ortaya konulmuştur. Kuersetin flavonoidinin indüklenebilir nitrik oksit sentezinde ve antiinflamatuvar aktivite ile ilişkilendirilen nükleer faktör kappa B aktivasyonunda etkili olduğu, kaempferolün anti-obezite ve antidiyabetik etkilerinin bulunduğu, izoramnetin flavonoidinin ise kanser hücrelerinin proliferasyonunu engellediği ve antiinflamatuvar aktivite gösterdiği belirtilmiştir (Aylanc vd., 2021a).

Mineral içeriği

Arı ekmeği, makro ve mikro mineralleri yapısında en fazla bulunduran arıcılık ürünlerinden biridir (Bakour vd., 2022). Arı ekmeğinin mineral içeriğinin kaynağını bitkilerden gelen polen, nektar ve salgılar oluşturmaktadır. Arı ekmeğinin mineral içeriği iklim koşullarına, nektar kaynaklarına, üretildiği bölgeye ve hasat mevsimine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Ayrıca numune toplama ve saklama için kullanılan yöntemler ve koşullar da arı ekmeğinin mineral bileşimini etkileyebilmektedir (Bakour vd., 2022; Mohammad vd., 2020a).

Yapılan bir çalışmada farklı lokasyonlardan temin edilen arı ekmeği örneklerinin toplam mineral madde içeriklerinin 2.46-2.74 g/100 g aralığında değiştiği ve arı ekmeğinde miktarı en yüksek olan minerallerin potasyum (6524.90 mg/kg), fosfor (6402.30 mg/kg) ve magnezyum (1635.40

(mg/kg) olduğu rapor edilmiştir (Mohammad vd., 2020a). Bir diğer çalışmada arı ekmeği örneklerinde 35 farklı mineral madde tanımlanmış (lityum, berilyum, bor, sodyum, alüminyum, mangan, demir, selenyum, kalay gibi) ve bu mineral maddeler içerisinde ise potasyum (5429.27-8994.25 mg/kg), fosfor (4742.31-5948.96 mg/kg), magnezyum (688.82-1399.43 mg/kg), kalsiyum (189.69-447.13 mg/kg) ve silisyum (47.00-537.97 mg/kg) konsantrasyonları diğer mineral maddelere göre daha yüksek bulunmuştur (Mayda vd., 2020). Sırbistan'da gerçekleştirilen bir araştırmada ise lokal çevresel kirliliğe bağlı olarak arı ekmeğinde arsenik, kadmiyum ve kurşun gibi toksik elementlerin de bulunabildiği ancak örneklerde cıva tespit edilmediği rapor edilmiştir (Ciric vd., 2019).

ARI EKMEĞİNİN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ

Antimikrobiyal etki

Arı ekmeğinin glukonik, asetik ve formik asit gibi organik asitleri yüksek konsantrasyonlarda içermesi nedeniyle potansiyel bir antibiyotik olarak kabul edilebileceği değerlendirilmiştir (Dranca vd., 2020). Arı ekmeğindeki glukonik asit; anaerobik (*Porphyromonas gingivalis*), Gram negatif (*Escherichia coli*) ve Gram pozitif (*Staphylococcus aureus*) bakterilere karşı güçlü bir antibakteriyel aktivite göstermektedir. Ayrıca glukonik asit ile ilişkili olan polimiksin B bileşiğinin de Gram negatif bakterilerin dış zarına bağlanarak zardaki stabilizasyonu bozduğu ve böylece yüksek antibakteriyel etki sağladığı belirlenmiştir (Wu vd., 2021).

Arı ekmeğinin antimikrobiyal aktivitesi botanik kaynağa, ekstraksiyon yöntemine ve test edilen mikroorganizmaya bağlı olarak değişkenlik göstermekle birlikte arı ekmeğinin antimikrobiyal aktivitesine Gram pozitif bakterilerin, Gram negatif bakterilerden daha duyarlı olduğu belirtilmiştir (Didaras vd., 2020). Yapılan bir çalışmada arı ekmeğinin patojen bakteriler olan *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus* ve *Pseudomonas aeruginosa* mikroorganizmalarına karşı belirgin bir antimikrobiyal etki gösterdiği, ancak bu etkinin Gram pozitif bakterilerde daha yüksek olduğu vurgulanmıştır (Abouda vd., 2011). Bir

diğer çalışmada ise arı ekmeğinin *S. aureus* ATCC 25923, *S. aureus* ATCC 29213, *S. epidermidis* ATCC 12228, *P. aeruginosa* ATCC 27853 ve *E. coli* ATCC 25922 suşları üzerinde farklı düzeylerde antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu ancak *Staphylococcus* türlerinin gelişimi üzerinde daha yüksek inhibe edici etkisinin bulunduğu ortaya konulmuştur (Pelka vd., 2021b). Anadolu arı ekmeği örnekleri ile yapılan bir çalışmada ise metanol ile ekstrakte edilmiş arı ekmeği örneklerinin *Mycobacterium smegmatis*, *Vibrio* spp. ve *Streptococcus pyogenes* üzerinde inhibe edici etki gösterdiği değerlendirilmiştir (Sonmez vd., 2023).

Antioksidan etki

Biyoaktif bileşiklerin biyolojik etkilerinin birçoğu yüksek antioksidan potansiyellerine atfedilmekte olup, antioksidan bileşiklerin uzun vadeli ve ölçülü alımlarının hücreleri oksidatif hasardan koruyarak dejeneratif hastalık riskini sınırlama potansiyeli olduğuna dair bulgular rapor edilmektedir (Aylanc vd., 2021b). Arı ekmeğinin sahip olduğu yüksek antioksidan aktivite yapısında bulunan zengin fenolik bileşen içeriğiyle ilişkilendirilmiştir (Khalifa vd., 2020). Fenolik bileşiklerin antioksidan aktivitelerinin, serbest radikalleri ve oksijen türlerini temizlemede veya peroksitleri ayrıştırmada önemli bir rol oynayan redoks özelliklerinden kaynaklandığı ve bu özelliklerinin yapılarındaki aromatik halka üzerindeki hidroksil gruplarının sayısı ve konjuge çift bağlar ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (Zuluaga vd., 2015). Türkiye’de toplanan arı ekmeği örnekleri ile gerçekleştirilen bir çalışmada örneklerin ABTS ve DPPH antioksidan aktivite değerlerinin sırasıyla 0.37-1.55 ve 1.29-3.82 mg TE/g aralıklarında olduğu belirlenmiştir (Mayda vd., 2020). Türkiye’nin farklı alanlarından toplanan arı ekmeği ile yapılan bir diğer çalışmada da örneklerin antioksidan aktivitelerinin 20.03-35.43 mg TEAC/g olduğu belirlenmiş ve bitki çeşitliliğindeki artışın antioksidan aktivitede de artış sağladığı değerlendirilmiştir (Beykaya vd., 2021). Zuluaga vd. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada ise 15 farklı arı ekmeği örneğinin FRAP ve TEAC antioksidan aktivitelerinin sırasıyla 35.00-70.10 ve 46.10-76.30 µmol TE/g olduğu rapor edilmiştir. Bir diğer çalışmada ise *Apis mellifera*, *Apis cerana* ve *Trigona* spp. türü

arıların aynı poleni kullanarak ürettiği arı ekmeğinin DPPH antioksidan aktiviteleri karşılaştırılmış ve çalışma sonucunda IC₅₀ değerlerinin sırasıyla 15.84, 5.07 ve 14.44 mg/mL olduğu ve aynı polenle beslenmiş olsalar bile farklı türlere sahip arıların ürettiği arı ekmeği örneklerinin antioksidan aktivitelerinin de farklılık gösterebildiği ifade edilmiştir (Jaya vd., 2020).

Antikanser etki

Arı ekmeğinin kanser hücreleri üzerine sitotoksik etkisinin yapısında bulunan flavonoidlerden kaynaklandığı ve bu bileşiklerin apoptozu ve hücre proliferasyonunu baskılaması gibi mekanizmalar ile antikanser aktivite gösterdiği belirtilmiştir (Elsayed vd., 2021). Portekiz’den toplanan beş farklı arı ekmeğinin kullanıldığı bir çalışmada arı ekmeği örneklerinin MCF-7 (meme adenokarsinomu), NCI-H460 (akciğer karsinomu), HeLa (rahim ağzı karsinomu) ve Hep-G2 (hepatoselüler karsinom) kanser hücrelerine karşı sitotoksik etki gösterdiği belirlenmiştir. Fenolik bileşiklerin antikanser özelliklerine ilişkin bildirilen çalışmalara rağmen bu çalışmada örneklerin flavonoid içeriği ile sitotoksikite arasında pozitif bir korelasyon olmadığı ve görülen sitotoksik etkinin flavonoidlerin spesifik etkileri, numunelerdeki sinerjizm/antagonizm dinamikleri ve ayrıca diğer bileşiklerin varlığı ile ilişkili olabileceği değerlendirilmiştir (Sobral vd., 2017). Bir diğer çalışmada ise Mısır’da toplanan arı ekmeği örneklerinin Caco-2 (kolorektal adenokarsinom), PC3 (prostat adenokarsinomu) ve Hep-G2 (hepatoselüler karsinom) hücreleri üzerindeki sitotoksik aktiviteleri incelenmiş, arı ekmeği örneklerinin IC₅₀ değerleri sırasıyla 262.00, 314.00 ve 386.00 µg/mL olarak tespit edilmiş ve en yüksek inhibitör etki Caco-2 hücrelerinde gözlenmiştir (Elsayed vd., 2021).

Probiyotik etki

Probiyotikler, Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından “yeterli miktarlarda uygulandığında konakçıya sağlık yararı sağlayan canlı mikroorganizmalar” olarak tanımlanmaktadır. Mikroorganizmalar sahip oldukları asit, safra ve sindirim enzimleri toleransı, hücre yüzeyi hidrofobikliği, gıda kaynaklı patojenlere karşı antibakteriyel aktivite, kan

hemolitik aktivitesi ve antibiyotik duyarlılığı gibi etkiler sayesinde probiyotik özellikler göstermektedirler (Mohammad vd., 2020b). İnsan probiyotik suşları çoğunlukla *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Enterococcus* ve *Saccharomyces* türlerinin üyelerinden oluşmaktadır (Isolauri vd., 2004; Bakour vd., 2022). Arı poleninın laktik asit fermantasyonu yoluyla arı ekmeğine dönüşüm sürecinde farklı birçok bakteri ve mantar türleri rol oynadığından arı ekmeğinin probiyotik özellikler açısından zengin doğal bir ürün olduğu ve yapısında *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* suşlarını bulundurduğu rapor edilmiştir (Mārgāoan vd., 2020). Ayrıca yapılan bir çalışmada arı ekmeğinden üç *Bacillus subtilis* ve bir *Bacillus licheniformis* suşu izole edilmiş ve bu suşların bakteriyel patojenlere karşı inhibe edici etkiler ile gastrointestinal koşullarda hayatta kalma gibi önemli probiyotik özellikler gösterdikleri belirlenmiştir (Touiaee vd., 2022). Bir diğer çalışmada ise *Heterotrigoana itama* arı ekmeği örneklerinden izole edilen *Lactobacillus musae* SGMT17 ve *Lactobacillus crustorum* SGMT20 mikroorganizmalarının probiyotik özelliklere sahip olduğu ifade edilmiştir (Mohammad vd., 2020b).

Anti-obezite etkisi

Obezite, alınan enerji miktarı harcanan enerji miktarını aştığında ortaya çıkan kronik bir metabolik hastalık olarak belirtilmekte (Eleazu vd., 2022) ve obeziteyle mücadele etmede arı ekmeği de dahil birçok doğal ürünün etkili olduğu bildirilmektedir (Mohammad vd., 2021). Yapılan bir çalışmada günde 0.5 g/kg arı ekmeği tüketiminin yüksek yağlı diyet ile indüklenen obez farelerde Lee obezite indeksi, aterosjenik indeks, toplam kolesterol, yağ asidi sentaz aktivitesi, düşük yoğunluklu lipoprotein, oksitlenmiş düşük yoğunluklu protein ve malondialdehit seviyelerini düşürdüğü ve aortik antioksidan enzim aktivitelerini (süperoksit dismutaz ve glutatyon peroksidaz) ise önemli ölçüde artırdığı değerlendirilmiştir (Othman vd., 2020). Yapılan başka bir çalışmada ise arı ekmeğinin obezite kaynaklı böbrek patolojisi üzerindeki etkileri incelenmiş ve çalışma sonucunda 0.5 g/kg arı ekmeğinin yüksek yağlı diyet ile indüklenen obez

farelerin böbreklerindeki oksidatif stresi ve inflamatuvar etkileri azaltarak obezitenin neden olduğu böbrek patolojisini zayıflattığı ortaya konulmuştur. Buradan hareketle obezite ve buna bağlı olarak ortaya çıkan böbrek komplikasyonunun önlenmesi veya tedavisi için arı ekmeğinin umut verici bir gıda olabileceği belirtilmiştir (Eleazu vd., 2022).

ARI EKMEĞİNİN GIDA OLARAK KULLANIM İMKANLARI

Arı ekmeği gıda takviyesi olarak satılan doğal bir arıcılık ürünüdür. Genellikle ham halde pazarlanan arı ekmeğinin sahip olduğu doğal biyoaktif bileşikleri nedeniyle fonksiyonel gıdaların geliştirilmesinde kullanım potansiyeli bulunmaktadır (Aylanc vd., 2021b). Arı ekmeğinin kullanımı ve tüketiminden kaynaklanan ciddi sağlık sorunları veya ölümlere ilişkin herhangi bir durum rapor edilmediğinden ve düşük pH ve yüksek laktik asit içeriğine sahip olmasının sağladığı mikrobiyal kontaminasyonlara karşı yüksek direnç nedenleriyle gıda takviyesi olarak kullanımı ile ilgili olumsuz bir değerlendirme bulunmamaktadır (Aylanc vd., 2021b; Khalifa vd., 2020). Ayrıca arı ekmeğinin sahip olduğu antibakteriyel ve antifungal özellikleri nedeniyle de doğal bir gıda koruyucusu olarak kullanımının tercih edilebileceği belirtilmiştir (Khalifa vd., 2020).

SONUÇ

Doğal ve fonksiyonel gıdalara giderek artan tüketici ilgisinin bir sonucu olarak bu özellikleri taşıyan arıcılık ürünlerine olan talep de artmaktadır. Arı ekmeğinin kimyasal içeriği ve sağlık etkileri göz önünde bulundurulduğunda gıda endüstrisinde üretimi ve kullanımı açısından önemli bir potansiyelinin bulunduğu ve diğer arıcılık ürünlerinin yanı sıra arı ekmeğinin de bilimsel anlamda geniş bir çalışma ve araştırma alanı sunduğu değerlendirilmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarların araştırma ile ilgili olarak bir çıkar çatışması yoktur.

YAZAR KATKILARI

Bu araştırmanın gerçekleştirilmesinde ve makalenin yazılmasında yazarlar eşit olarak katkı sağlamıştır.

KAYNAKLAR

Abouda, Z., Zerdani, I., Kalalou, I., Faid, M., Ahami, M.T. (2011). The antibacterial activity of Moroccan bee bread and bee-pollen (fresh and dried) against pathogenic bacteria. *Research Journal of Microbiology*, 6, 376-384.

Ares, A.M., Valverde, S., Bernal, J.L., Nozal, M.J., Bernal, J. (2018). Extraction and determination of bioactive compounds from bee pollen. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 147, 110-124.

Aylanc, V. (2019). Comparing the bioavailability properties of bee pollen and bee bread using an in vitro digestive system. Master thesis, Instituto Politecnico de Braganca, Portugal, 98 pp.

Aylanc, V., Falcão, S.I., Ertosun, S., Vilas-Boas, M. (2021a). 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., Tomás, A., Russo-Almeida, P., Falcão, S.I., Vilas-Boas, M. (2021b). Assessment of bioactive compounds under simulated gastrointestinal digestion of bee pollen and bee bread: Bioaccessibility and antioxidant activity. *Antioxidants*, 10(5), 651.

Aylanc, V., Falcão, S.I., Vilas-Boas, M. (2023). Bee pollen and bee bread nutritional potential: Chemical composition and macronutrient digestibility under in vitro gastrointestinal system. *Food Chemistry*, 413, 135597.

Bakour, M., Fernandes, Â., Barros, L., Sokovic, M., Ferreira, I.C. (2019). Bee bread as a functional product: Chemical composition and bioactive properties. *LWT*, 109, 276-282.

Bakour, M., Laaroussi, H., Ousaaid, D., El Ghouzi, A., Es-Safi, I., Mechchate, H., Lyoussi, B. (2022). Bee bread as a promising source of bioactive molecules and functional properties: an up-to-date review. *Antibiotics*, 11(2), 203.

Barene, I., Daberte, I., Siksna, S. (2015). Investigation of bee bread and development of its dosage forms. *Medicinos Teorija ir Praktika*, 21, 16-22.

Bayram, N.E., Gercek, Y.C., Çelik, S., Mayda, N., Kostić, A.Ž., 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), 103004.

Belina-Aldemita, M.D., Opper, C., Schreiner, M., D'Amico, S. (2019). Nutritional composition of pot pollen produced by stingless bees (*Tetragonula biroi* Friese) from the Philippines. *Journal of Food Composition and Analysis*, 82, 103215.

Beykaya, M., Samancı, A.E.T., Samancı, T., Önder, E.Y., Uzun, E.M., Tosun, F. (2021). Investigation of nutritional and antioxidant properties of Anatolian bee bread. *Journal of Apicultural Science*, 65(2), 255-263.

Bleha, R., Shevtsova, T.S., Kružík, V., Škorpilová, T., Saloň, I., Erban, V., Brindza, J., Brovarskyi, V., Sinica, A. (2019). Bee breads from two regions of Eastern Ukraine: composition, physical properties and biological activities. *Czech Journal of Food Sciences*, 37(1), 9-20.

Brovarskyi, V.D., Velichko, S.M., Kolesnik, A.Y. (2013). Morphological signs of bee bread. *National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 638, 178.

Brovarskyi, V., Velychko, S., Brindza, J., Adamchuk, L. (2017). Development and testing of the technology of production of the beebread with the use of artificial combs. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*, 2017, 31-42.

Ciric, J., Spiric, D., Baltic, T., Janjic, J., Petronijevic, R., Simunovic, S., Djordjevic, V. (2019). Element concentration and fatty acid composition of Serbian bee bread. *The 60th International Meat Industry Conference*, 333, 012050.

Çelik, S., Gerçek, Y.C., Özkök, A., Ecem Bayram, N. (2022). Organic acids and their derivatives: minor components of bee pollen, bee bread, royal

- jelly and bee venom. *European Food Research and Technology*, 248(12), 3037-3057.
- Değirmenci, O., Yıldız, O. (2021). Polenin Arı Ekmeğine Dönüşüm Süreci: Arı Ekmeği Mikrobiyolojisi. *Türkiye Klinikleri Yayınevi*, 86-89.
- de Oliveira Alves, R M., Carvalho, C.A.L. (2018). Pot-pollen ‘Samburá’ marketing in Brazil and suggested legislation. *Pot-pollen in Stingless Bee Melittology*, 435-443.
- Detry, R., Simon-Delso, N., Bruneau, E., Daniel, H.M. (2020). Specialisation of yeast genera in different phases of bee bread maturation. *Microorganisms*, 8(11), 1789.
- 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(11), 811.
- Dranca, F., Ursachi, F., Oroian, M. (2020). Bee bread: Physicochemical characterization and phenolic content extraction optimization. *Foods*, 9(10), 1358.
- Eleazu, C., Suleiman, J.B., Othman, Z.A., Zakaria, Z., Nna, V.U., Hussain, N.H.N., Mohamed, M. (2022). Bee bread attenuates high fat diet induced renal pathology in obese rats via modulation of oxidative stress, downregulation of NF-κB mediated inflammation and Bax signalling. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 128(4), 1088-1104.
- Elsayed, N., El-Din, H.S., Altemimi, A.B., Ahmed, H.Y., Pratap-Singh, A., Abdelmaksoud, T. G. (2021). In vitro antimicrobial, antioxidant and anticancer activities of Egyptian citrus beebread. *Molecules*, 26(9), 2433.
- Gilliam, M., Prest, D.B., Lorenz, B.J. (1989). Microbiology of pollen and bee bread: Taxonomy and enzymology of molds. *Apidologie*, 20, 53-68.
- Isolauri, E., Salminen, S., Ouwehand, A.C. (2004). Probiotics. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*, 18(2), 299-313.
- Ivanišová, E., Kačániová, M., Frančáková, H., Petrová, J., Hutková, J., Brovarskyi, V., Velychko, S., Adamchuk, L., Schubertová, Z., Musilová, J. (2015). Bee bread-perspective source of bioactive compounds for future. *Potravinarstvo*, 9, 592-598.
- Jaya, F., Rosyidi, D., Radiati, L.E., Minarti, S., Susilo, A., Muslimah, R.H., Husolli, M. (2020). Antioxidant activity and microbiological quality of bee bread collected from three different species honey bee. *International Conference on Green Agro-industry and Bioeconomy*, 475, 012033.
- Kalaycıoğlu, Z. (2022). Characterization of Anatolian bee breads by principal component analysis based on their physicochemical and chemical characteristics. *Journal of Apitherapy and Nature*, 5(1), 14-26.
- Kalaycıoğlu, Z., Kanbur, E. D., Kolaylı, S., Erim, F. B. (2023). Antioxidant activities, aliphatic organic acid and sugar contents of Anatolian bee bread: characterization by principal component analysis. *European Food Research and Technology*, 249(5), 1351-1361.
- Kalaycıoğlu, Z., Kaygusuz, H., Döker, S., Kolaylı, S., 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*, 84, 402-408.
- Kaplan, M., Karaoglu, Ö., Eroglu, N., Silici, S. (2016). Fatty acid and proximate composition of bee bread. *Food Technology and Biotechnology*, 54(4), 497-504.
- Khalifa, S.A., Elashal, M., Kieliszek, M., Ghazala, N.E., Farag, M.A., Saeed, A., Xiao, J., Zou, X., Khatib, A., Göransson, U., El-Seedi, H.R. (2020). Recent insights into chemical and pharmacological studies of bee bread. *Trends in Food Science & Technology*, 97, 300-316.
- Kieliszek, M., Piwowarek, K., Kot, A.M., Błażej, S., Chlebowska-Śmigiel, A., Wolska, I. (2018). Pollen and bee bread as new health-oriented products: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 71, 170-180.
- Kim, H., Lee, M.L., Mustafa, B., Han, G., Lee, S., Kwon, H.W. (2020). Chemical compositional characterization on five samples for development of artificial bee feed. *Journal of Apiculture*, 35(4), 219-224.

- Mărgăoan, R., Cornea-Cipcigan, M., Topal, E., Kösoğlu, M. (2020). Impact of fermentation processes on the bioactive profile and health-promoting properties of bee bread, mead and honey vinegar. *Processes*, 8(9), 1081.
- 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.
- Mohammad, S.M., Mahmud-Ab-Rashid, N.K., Zawawi, N. (2020a). Botanical origin and nutritional values of bee bread of stingless bee (*Heterotrigona itama*) from Malaysia. *Journal of Food Quality*, 2020, 2845757.
- Mohammad, S.M., Mahmud-Ab-Rashid, N.K., Zawawi, N. (2020b). Probiotic properties of bacteria isolated from bee bread of stingless bee *Heterotrigona itama*. *Journal of Apicultural Research*, 60(1), 172-187.
- Mohammad, S.M., Mahmud-Ab-Rashid, N.K., Zawawi, N. (2021). Stingless bee-collected pollen (bee bread): Chemical and microbiology properties and health benefits. *Molecules*, 26(4), 957.
- Mutlu, C., Erbaş, M., Tontul, S.A. (2017). Bal ve diğer arı ürünlerinin bazı özellikleri ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Akademik Gıda*, 15(1), 75-83.
- Othman, Z.A., Noordin, L., Ghazali, W.S.W., Omar, N., Mohamed, M. (2019). Nutritional, phytochemical and antioxidant analysis of bee bread from different regions of Malaysia. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 81(5), 955-960.
- Othman, Z.A., Wan Ghazali, W.S., Noordin, L., Mohd. Yusof, N.A., Mohamed, M. (2020). Phenolic compounds and the anti-atherogenic effect of bee bread in high-fat diet-induced obese rats. *Antioxidants*, 9(1), 33.
- Ozkok, A., Bakhshpour, M., Mayda, N., Denizli, A., Sorkun, K. (2022). Microscopic examination and comparison of exine layer of bee pollen and bee bread (Perga). *Istanbul Journal of Pharmacy*, 52(2), 187-191.
- Pelka, K., Worobo, R.W., Walkusz, J., Szweda, P. (2021a). Bee pollen and bee bread as a source of bacteria producing antimicrobials. *Antibiotics*, 10(6), 713.
- Pelka, K., Otlowska, O., Worobo, R.W., Szweda, P. (2021b). Bee bread exhibits higher antimicrobial potential compared to bee pollen. *Antibiotics*, 10(2), 125.
- Semkiw, P., Skubida, P. (2021). Bee bread production-a new source of income for beekeeping farms?. *Agriculture*, 11, 468.
- Silici, S. (2015). Arı poleni ve arı ekmeği. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 14(2), 99-105.
- Sobral, F., Calhelha, R.C., Barros, L., Dueñas, M., Tomás, A., Santos-Buelga, C., Vilas-Boas, M., Ferreira, I.C. (2017). Flavonoid composition and antitumor activity of bee bread collected in northeast Portugal. *Molecules*, 22(2), 248.
- Sonmez, E., Kekecoglu, M., Sahin, H., Bozdeveci, A., Karaoglu, S. A. (2023). Comparing the biological properties and chemical profiling of chestnut bee pollen and bee bread collected from Anatolia. *Brazilian Journal of Microbiology*, 1-11.
- Suleiman, J.B., Mohamed, M., Abu Bakar, A.B., Zakaria, Z., Othman, Z.A., Nna, V.U. (2022). Therapeutic effects of bee bread on obesity-induced testicular-derived oxidative stress, inflammation, and apoptosis in high-fat diet obese rat model. *Antioxidants*, 11(2), 255.
- Suleiman, J.B., Mohamed, M., Abu Bakar, A.B., Nna, V.U., Zakaria, Z., Othman, Z.A., Aroyehun, A.B. (2021). Chemical profile, antioxidant properties and antimicrobial activities of Malaysian *Heterotrigona itama* bee bread. *Molecules*, 26(16), 4943.
- Toutiaee, S., Mojgani, N., Harzandi, N., Moharrami, M., Mokhberosafa, L. (2022). In vitro probiotic and safety attributes of *Bacillus* spp. isolated from beebread, honey samples and digestive tract of honeybees *Apis mellifera*. *Letters in Applied Microbiology*, 74(5), 656-665.
- Urcan, A., Mărghitaş, L.A., Dezmirean, D.S., Bobiş, O., Bonta, V., Mureşan, C.I., Mărgăoan, R. (2017). Chemical composition and biological activities of beebread-review. *Bulletin of the*

University of Agricultural Sciences & Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science & Biotechnologies, 74(1), 1-6.

Villegas-Plazas, M., Figueroa-Ramírez, J., Portillo, C., Monserrate, P., Tibatá, V., Sánchez, O. A., Junca, H. (2018). Yeast and bacterial composition in pot-pollen recovered from Meliponini in Colombia: prospects for a promising biological resource. *Pot-pollen in Stingless Bee Melittology*, 263-279 p.

Wu, S., Xu, C., Zhu, Y., Zheng, L., Zhang, L., Hu, Y., Yu, B., Wang, Y., Xu, F.J. (2021). Biofilm-sensitive photodynamic nanoparticles for enhanced penetration and antibacterial efficiency. *Advanced Functional Materials*, 31(33), 2103591.

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.