

## DERLEME / REVIEW

# ARI POLENİNİN BAZI FİZİKSEL, FONKSİYONEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE BİYOLOJİK ETKİLERİ

## Some Physical, Functional and Chemical Properties and Biological Effects of Bee Pollen

Sude EŞERLER, Sevilay VARDARLI, Güliye SAVAŞ, Ceren MUTLU\*

Gıda Mühendisliği Bölümü, Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Balıkesir, TÜRKİYE, E-posta: eserlersude.3@gmail.com, ORCID No: 0009-0009-8328-5833, E-posta: sevilayvardarli299@gmail.com, ORCID No: 0009-0005-1484-126X, E-posta: savasguliye@gmail.com, ORCID No: 0009-0008-6957-9686, \*Yazışma yazarı/Corresponding author E-posta: ceren.mutlu@balikesir.edu.tr, ORCID No: 0000-0003-4943-2798

Geliş Tarihi / Received: 23.06.2023

Kabul Tarihi / Accepted: 22.08.2023

DOI: 10.31467/uluaricilik.1319365

### ÖZ

Bal arıları çiçekli bitkilerden topladıkları polenleri ağız salgıları ve bitki nektarları ile karıştırarak arı poleni üretmektedir. Arı polenleri gelişiminin ilk dönemlerinde olan arı larvalarının beslenmesi amacıyla kullanılırken aynı zamanda arıcılar tarafından kovan girişlerine yerleştirilen polen tuzakları ile toplanıp işlenerek insanlar tarafından da tüketilmektedir. Bileşiminde su, karbonhidratlar, proteinler, aminoasitler, lipitler, yağ asitleri, karotenoidler, fenolik bileşikler, enzimler, vitaminler ve mineraller bulunan arı polenin sağlık açısından antimikrobiyal, antioksidan, antikanser ve antiinflamatuvar özellikler gibi birçok olumlu etkisinin bulunduğu belirtilmiştir. Zengin besinsel özellikleri ve sağlık etkileri nedeniyle doğrudan tüketilebilen arı poleni bunların yanı sıra çözünürlük, su ve yağ tutma kapasitesi ve emülsifikasyon gibi gıda teknolojisi açısından önemli fonksiyonel özellikleri nedeniyle de farklı gıdalara bileşim unsuru olarak ilave edilmektedir. Bununla birlikte giderek artan sağlıklı beslenme bilinci ve alternatif doğal ürünler arayışına olan eğilim diğer arıcılık ürünlerine olduğu gibi arı polenine olan ilgiyi de artırmaktadır. Buradan hareketle ilgili çalışma arı polenin bazı fiziksel, fonksiyonel ve kimyasal özellikleri ile metabolizma üzerindeki biyolojik etkileri ve gıdalarda kullanım imkanları hakkındaki bilgilerin derlenmesi amaçlanarak gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arı poleni, Fenolik, Karotenoid, Antioksidan, Anti-inflamatuvar

### ABSTRACT

Honeybees gather pollen grains from flowering plants and mix them with their own secretions and some nectar to form bee pollen pellets. Bee pollen is used for the nutrition of bee larvae in the early stages of their development. Besides, bee pollen is also consumed by humans after being collected by pollen traps placed at the hive entrance and processed by beekeepers. Bee pollen contains soluble sugars, proteins, carotenoids, phenolic compounds, vitamins, and minerals and has been reported to have several positive health effects such as antimicrobial, antioxidant, anticancer, and anti-inflammatory activity. Bee pollen is added as an additive to various foods due to its nutritional value, positive effects on health, and functional properties such as solubility, water and fat retention capacity, and emulsification. Furthermore, the increasing awareness of healthy nutrition and the tendency to seek alternative natural products increase the interest in bee pollen as well as other beekeeping products. From this point of view, this study was carried out to review the knowledge of some physical, chemical, and functional properties of bee pollen, along with its biological effects and potential use in foods.

Keywords: Bee pollen, Phenolic, Carotenoid, Antioxidant, Anti-inflammatory

## DERLEME / REVIEW

### EXTENDED ABSTRACT

**Purpose:** Bee pollen is a beekeeping product that has become of interest due to its nutritional value, bioactive compounds, functional properties and health effects, and this bee product has frequently been the subject of research in recent years. From this point of view, it is aimed in this study to review information about some physical, functional, and chemical properties of bee pollen, its biological effects on metabolism, and its use as an ingredient in foods.

**Discussion:** Bee pollen is an important natural resource that has been used as a food supplement since ancient times because it contains almost all the nutritional elements necessary for humans. It has been reported that there are about 200 different compounds in bee pollen, such as water, proteins, amino acids, carbohydrates, lipids, fatty acids, phenolic compounds, enzymes, coenzymes, vitamins, and minerals. A significant amount of the carbohydrate content of bee pollen is composed of fructose, glucose, and sucrose, and it has also been noted that cellobiose, isomaltose, maltose, raffinose, stachyose, melezitose, trehalose, and erlose carbohydrates can be found in the bee pollen.

The main protein fractions in bee pollen consist of albumins, globulins, glutelins, prolamins, and other amino acids and enzymes. Besides, common amino acids in bee pollen have been stated to be glycine, aspartic acid, glutamic acid, alanine, leucine, valine, lysine, serine, and isoleucine. The lipids of bee pollen are fatty acids, carotenoids, and sterols. Bee pollen contains fat-soluble vitamins A, E, and D and water-soluble vitamins thiamine, riboflavin, nicotinic acid, pantothenic acid, pyridoxine, biotin, folic acid, and ascorbic acid.

Different types of phenolic compounds such as phenolic acids, flavonoids, leukotrienes, catechins, flavonol, and their glycosides, and also carotenoids like zeaxanthin, lutein,  $\beta$ -carotene, cryptoxanthin, antheraxanthin, violaxanthin, neoxanthin, flavoxanthin, and luteoxanthin have been reported in bee pollen. It has been stated that these compounds in bee pollen are responsible for the antimicrobial, antioxidant, anti-inflammatory, anticarcinogenic, and antimutagenic effects. Moreover, bee pollen shows important functional properties in terms of food technology such as solubility, water and oil holding capacity, and emulsification thanks to the various components in its structure.

In this regard, bee pollen has been used as a functional ingredient in various types of foods including cakes, cookies, and pasta, and it has been stated that it has improved the nutritional and biological activity of these products.

**Conclusion:** Bee pollen is a natural beehive product that exhibits biological and functional properties besides nutritional properties. Recently, interest and awareness in natural products such as bee pollen have increased due to concerns over synthetic food and foodstuffs. Overall, it has been evaluated that bee pollen has important potential in terms of its use in the development of product formulations in the food industry, and more research is needed on bee pollen.

### GİRİŞ

Arıcılık insan beslenmesi ve sağlığın korunması amaçlarıyla uzun bir süredir gerçekleştirilen ve bal, polen, arı sütü, propolis ve arı zehri gibi ürünlerin elde edildiği önemli bir ekonomik faaliyettir (Parlakay vd. 2008). Arı poleni insan beslenmesinde gerekli olan besinlerin önemli bir kısmını içerdiği için eski zamanlardan beri gıda takviyesi olarak kullanılan doğal bir kaynak olarak ifade edilmektedir (Aylanc vd. 2021).

Arı polenin yapısında su, proteinler, aminoasitler, karbonhidratlar, lipitler, yağ asitleri, fenolik bileşikler, enzimler, koenzimler, vitaminler ve mineraller gibi yaklaşık 200 farklı bileşen bulunduğu rapor edilmiştir (Komosinska-Vassev vd. 2015). Arı polenin kimyasal bileşiminin botanik ve coğrafi kökenine, toprak tipine, iklime, toplanması sırasındaki mevsim ve hava koşullarına, arı ırkına ve uygulanan arıcılık yöntemine büyük ölçüde bağlı olduğu belirtilmiştir (Didaras vd. 2020).

Arı poleni yapısındaki biyoaktif bileşenlerden kaynaklanan antimikrobiyal, antioksidan, antiinflamatuvar, antikanser ve antiobezite özellikler gibi fonksiyonel biyolojik etkilere sahiptir. Bu etkilerden yararlanmak amacıyla arı polenin çeşitli gıdalara ilave edilmesi son zamanlarda giderek ilgi gören endüstriyel bir uygulamadır ve bu durum da arı poleni tüketimini artırmaktadır (Aylanc vd. 2022). Arı poleni doğrudan polen peletleri şeklinde tüketilebileceği gibi besin değerini geliştirmek ve bununla birlikte son ürün kalitesine katkı sağlamak için çeşitli işlenmiş ürünlere de ilave edilmektedir (Thakur ve Nanda 2020a).

## DERLEME / REVIEW

Arı polenin kurabiye, kek, makarna ve sosis gibi farklı ürünlerde fonksiyonel özelliklerin geliştirilmesi amacıyla değerlendirildiği çeşitli çalışmalar rapor edilmiştir (Aljazy vd. 2021, Brochard vd. 2021, Dunder 2022, Novaković vd. 2021).

Doğal ürünlere olan tüketici bilgisinin ve ilgisinin giderek artmasının bir sonucu olarak arı poleni de hem doğal bir ürün olması hem de sahip olduğu zengin bileşen içeriği, fonksiyonel özellikleri ve sağlık üzerine etkileri nedenleriyle tüketimi tercih edilen bir arıcılık ürünü haline gelmiştir. Ayrıca yapılan literatür incelemesinde son yıllarda arı polenin bileşimsel özellikleri ve sağlık etkileri üzerine yapılan araştırmalarda da artış olduğu değerlendirilmiştir. Buradan hareketle bu çalışmada arı polenin bazı fiziksel, fonksiyonel ve kimyasal özellikleri ile metabolizma üzerindeki biyolojik etkileri ve gıdalarda kullanım imkanları hakkındaki bilgilerin derlenmesi amaçlanmıştır.

### Arı Polen Üretimi

Çiçekli bitkilerin erkek gametofitine polen adı verilmektedir. Arılar çiçekleri ziyaret ettikleri esnada çiçeğin bu bölümüne temas etmekte ve bu temas sonucu çiçek polenleri arının vücudunu kaplamaktadır (Campos vd. 2008). Arının temas ettiği çiçek negatif yükle, arının bedeni ise pozitif yükle yüklüdür ve bu ikili arasında oluşan zayıf elektrostatik alan sayesinde polenler arının vücuduna yapışmaktadır (Clarke vd. 2013, Thakur ve Nanda 2020b).

Arılar, bu polenleri ağız salgıları ile nemlendirip birbirlerine yapıştırmakta ve yaklaşık %10 kadar nektar ile karıştırarak pelet haline getirmektedir. Bal arılarının arka ayaklarında fizyolojisi itibarıyla polen sepetleri adı verilen uzuvlar bulunmakta ve pelet haline getirilen çiçek polenleri polen sepetlerinde (korbikül) biriktirmektedir. Arı poleni, bu peletlerin karışımından meydana gelen ve gelişiminin ilk dönemlerinde olan larvaların beslenmesi amacıyla bal arısı *Apis mellifera* tarafından oluşturulan bu polenleri ifade etmektedir (Campos vd. 2008).

Arı polenleri arıcılar tarafından kovan girişlerine yerleştirilen ızgara şeklindeki polen tuzakları ile toplanmaktadır. Bu tuzaklar boyutları, görünüşleri ve kovana kurulumlarına göre farklılıklar gösterebilmektedir. Tuzaklar arıların arka bacaklarında taşıdıkları polenleri ayırmak için içerisinden geçmesi gereken bir ızgara ve ayrılan polenlerin toplandığı bir kap olmak üzere iki temel bölümden oluşmaktadır. Arılar kovana girdiklerinde

polenler ayrılmakta ve altta bulunan çekmeceye düşerek toplanmaktadır (Bogdanov 2016).

Polenlerin arıcılar tarafından günlük olarak toplanması önerilmekle birlikte, bu işlemi haftalık olarak yapan cihazların da olduğu bildirilmiştir. Arı poleni hasadı için özel beceri ve belirli kurallar gerekmekte olup, en iyi hammadde eldesi için üretim planının yapılması, üretim, hasat, işleme, depolama ve taşıma gibi ana konulara dikkat edilmesi oldukça önemlidir (Campos vd. 2021).

Dünyada en büyük arı poleni üreticisi ülkenin Çin olduğu bildirilmiş olup (Li vd. 2019), arı poleni üretim miktarlarında son yıllarda artış olduğu ancak yıllık üretim miktarını hesaplamak için ayrıntılı veri elde edilemediği ifade edilmiştir (Çakmak ve Seven-Çakmak 2016).

### Arı Poleninin Fiziksel Özellikleri

Arı polenin fiziksel özellikleri polenlerin üretiminde kullanılacak ekipmanların tasarımı ve ürünlerin temizlenmesi, sınıflandırılması, işlenmesi, taşınması ve depolanması gibi proses aşamaları için oldukça önemlidir (Thakur ve Nanda 2020a). Kaynaklarına bağlı olarak arı polenleri şekil ve boyut özellikleri açısından oldukça farklı özelliklere sahip olabilirler (Komosinska-Vassev vd. 2019). Taze arı polenin silindirik, yuvarlak, üçgen veya çan şekillerinde ve kurutulmuş arı polenin ise genellikle küresel veya iğne şeklinde olabileceği belirtilmiştir (Thakur ve Nanda 2020b, Barene vd. 2015).

Thakur ve Nanda (2020a) tarafından yapılan bir araştırmada dört farklı botanik kökenli (Hindistan cevizi, kişniş, kolza ve multifloral) arı poleni örneği incelenmiş ve bu polen örneklerinin ortalama uzunluk, genişlik ve kalınlık değerlerinin sırasıyla 2.98-3.70 mm, 2.50-3.27 mm ve 1.26-1.74 mm aralıklarında bulunduğu ve kişniş arı polenlerinin diğer polenlere göre daha uzun ve geniş olduğu rapor edilmiştir. Yapılan bir diğer çalışmada *Brassica napus*, *Helianthus annuus*, *Papaver somniferum*, *Phacelia tanacetifolia*, *Robinia pseudoacacia* ve *Trifolium epens* arı polenlerinin uzunluklarının 2.66-3.45 mm ve genişliklerinin ise 3.34-3.77 mm aralıklarında olduğu bildirmiştir (Bleha vd. 2019). Türk Standartları Enstitüsü tarafından hazırlanan TS 10255 Polen Standardı'na göre polen iriliğinin bitki kaynağına göre değişebileceği ancak çapının 10-100 µm arasında olması gerektiği belirtilmiştir (Anonim 2006).

Arı polenin ağırlığı kurutma, depolama ve nakliye ile ilgili ekipmanları tasarlamak için kullanılan bir

## DERLEME / REVIEW

parametredir (Thakur ve Nanda 2020a). Arı poleni peletinin ortalama ağırlığının 7.50-8.00 mg olduğu belirtilmiştir (Thakur ve Nanda 2020b). Bleha vd. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada farklı bitki kaynaklarından (*Brassica napus*, *Helianthus annuus*, *Papaver somniferum*, *Phacelia tanacetifolia*, *Robinia pseudoacacia* ve *Trifolium epens*) toplanan arı poleni yüklerinin ağırlıklarının 8.40-15.32 mg aralıklarında bulunduğu bildirilmiştir. Bir diğer çalışmada ise arı poleni tanelerinin 1.000 adet ağırlığının ise 4.47-8.14 g olduğu, en ağır arı poleninini kişniş ve en hafif arı poleninini ise multifloral arı poleni örneği olduğu belirtilmiştir (Thakur ve Nanda 2020a).

Arı poleninini tekstürel özelliklerinin belirlenmesinin arı poleninini doğrudan tüketimi veya farklı gıda bazlı ürünlere eklenmesi açısından oldukça önemli olduğu ifade edilmiştir. Yapılan bir araştırmada farklı arı poleni örneklerinin sertlik, adhezyon, kohezyon, esneklik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerlerinin sırasıyla 3.66-39.88 N, -20.81-481.11 g.s, 0.09-1.00, 16.18-99.87, 33.70-1572.66 N ve 5.45-832.63 N olduğu bildirilmiştir. Tekstürel özelliklere ait bu sonuçlar arasındaki farklılıkların ise arı poleni örneklerinin yapısal bütünlükleri arasındaki farklılıklar ile ilişkili olabileceği belirtilmiştir (Thakur ve Nanda 2020a).

Renk arı poleni için kalite göstergesi olan fiziksel bir parametredir ve arı poleninini ticari olarak pazarlanması açısından önemlidir (Thakur ve Nanda 2020a). TS 10255 Polen Standardı'na göre polen renginin genellikle sarı, kısmen kırmızı beyaz, açık veya koyu mor, değişik tonlarda pembe veya siyah renkte olması gerektiği belirtilmiştir (Anonim 2006).

Yapılan araştırmalarda arı poleni renklerinin açık sarı, altın sarısı, sarı, kahvemsı sarı, koyu sarı, turuncu, açık yeşil, koyu yeşil, kırmızimsı kahve, kahverengi ve lacivert gibi renklerde olabildiği rapor edilmiştir. Arı poleni tanelerinin renkleri botanik kaynağına ve olgunluk düzeyine göre farklılık göstermekte olup, arı polenindeki renkler karotenoidler, flavonoidler, konjuge hidrokarbonlar ve polar ve hidroksilik gruplar içeren aromatik bileşiklerden kaynaklanmaktadır (Bleha vd. 2021).

Yapılan bir araştırmada farklı arı poleni örneklerinin  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  renk değerlerinin sırasıyla 48.37-55.56, 3.52-9.25 ve 10.53-32.06 olduğu bildirilmiştir. Bu araştırmada kişniş arı poleninini diğer polenlere göre daha kırmızimsı ve sarımsı olduğu ve multifloral arı poleninini ise farklı botanik kökenleri bir arada bulundurması nedeniyle siyah, kahverengi, gri, sarı

ve turuncu gibi çeşitli renk özellikleri gösterdiği rapor edilmiştir (Thakur ve Nanda 2020a).

### Arı Poleninini Fonksiyonel Özellikleri

Arı poleni yapısında bulunan çeşitli bileşenler sayesinde çözünürlük, su tutma kapasitesi, yağ tutma kapasitesi ve emülsifikasyon gibi gıda teknolojisi açısından önemli fonksiyonel özellikler göstermektedir. Herhangi bir maddenin suda çözünmesi; ürünün ıslanması, partiküllerine ayrılması, partiküllerin sulu fazda çözünmesi ve tamamen parçalanması ile eş zamanlı olarak yüzey tabakasının ortadan kalkması ile tüm bileşenlerin tamamen çözünmesi süreçlerinin gerçekleşmesi ile olmaktadır (Mimouni vd. 2010, Thakur ve Nanda 2020b).

Arı poleninini çözünürlüğü; doğasına, yapısında bulunan protein ve karbonhidratlara ve bu bileşenlerin birbirleri ile interaksyonlarına bağlı olarak değişmekle birlikte %84.91-87.56 arasında bulunmaktadır. Çözünürlük ayrıca polen içeriğinde bulunan tükürük salgıları, basit şekerler ve düşük moleküler ağırlıklı proteinler gibi suda çözünür bileşenler ile selüloz, lignin, lipitler ve sporopollenin gibi suda çözünmeyen bileşenlerin oranından da etkilenmektedir (Kostić vd. 2015, Thakur ve Nanda 2020a, Thakur ve Nanda 2020b). Ayrıca arı poleninde bulunan protein çözünürlüğünün %2.80-25.90 ve karbonhidrat çözünürlüğünün ise %31.20-75.00 oranları arasında değişiklik gösterdiği bildirilmiştir (Kostić vd. 2015, Thakur ve Nanda 2020b).

Arı poleni örneklerinin infrared ve sıcak hava ile kurutuldukları farklı çalışmalarda kurutulan örneklerin çözünürlük indekslerinin sırasıyla 8.00-8.50 (Isik vd. 2019) ve 6.90-8.80 (Isik vd. 2018) olduğu ve örneklerin suda kolayca çözünebildikleri rapor edilmiştir. Yapılan bir diğer çalışmada ise arı poleni örneklerinin suda ıslanabilirliklerinin 285.67-1909.46 saniye ve dağılılıklarının ise %34.10-51.06 arasında olduğu rapor edilmiştir (Thakur ve Nanda 2020a).

Su tutma kapasitesi ürünlerin nemliliği için önemli bir kalite parametresi olup, arı polenlerinin su tutma kapasitelerinin yapılarında bulunan protein ve karbonhidratların hidrofilik gruplarına ve kapiller etkileşimlere bağlı olduğu belirtilmiştir (Kostić vd. 2015, Thakur ve Nanda 2020a). Ayrıca arı polenlerinin su absorpsiyonuna lipitlerin polar ve yüklü bölgelerinin de katkı sağladığı ifade edilmiştir (Kostić vd. 2015).

## DERLEME / REVIEW

Hindistan cevizi, kişniş, kolza ve karışık bitkilerden üretilen arı polenleri ile yapılan bir çalışmada arı poleni örneklerinin su tutma kapasitelerinin 0.47-0.72 g/g aralığında olduğu ve en düşük su tutma kapasitesinin kişniş ve en yüksek su tutma kapasitesinin ise Hindistan cevizi arı poleninde tespit edildiği rapor edilmiştir (Thakur ve Nanda 2020a). Bir diğer çalışmada ise 26 farklı arı poleni örneğinin su tutma kapasitesinin 0.92-2.25 g/g aralığında bulunduğu bildirilmiştir (Kostić vd. 2015).

Lipitlerin lezzet tutucu, kıvam ve ağız hissini artırıcı özellikleri nedeniyle yağ tutma kapasitesi gıdalar için önemlidir. Gıda bileşiminde çözünmeyen moleküllerde bulunan hidrofobik kısımlar yağ tutma kapasitesini üzerinde etkilidir (Kostić vd. 2015). Arı poleninde yağ tutma kapasitesinden sorumlu ana bileşenin polenin ekzin tabakasında bulunan sporopollenin olduğu (Kostić vd. 2015, Thakur ve Nanda 2020b) ve yağ asidi-lignin interaksyonuna benzer bir yapıda olan sporopolleninin bu yapısı sayesinde yağın matriks içerisinde karışmasını sağladığı ifade edilmiştir (Thakur ve Nanda 2020b). Ayrıca sporopolleninin yanı sıra arı poleninde bulunan aminoasitlerin bileşimi, proteinlerin hidrofobik kısımları ile çözünmeyen diğer bileşenlerin hidrofobik kalıntılarından da yağ tutma kapasitesini etkilediği belirtilmiştir (Kostić vd. 2015, Thakur ve Nanda 2020b).

Yapılan bir çalışmada 26 farklı arı poleni örneğinin yağ tutma kapasitesinin 1.00-3.53 g/g aralığında değiştiği bildirilmiştir (Kostić vd. 2015). Bir diğer çalışmada ise arı poleni örneklerinin yağ tutma kapasitesinin 1.31-2.13 g/g aralığında bulunduğu ve Hindistan cevizi arı poleninin yağ tutma kapasitesinin diğer örneklerle göre daha yüksek olduğu rapor edilmiştir (Thakur ve Nanda 2020a).

Arı polenlerinin emülsifikasyon özelliklerinin sıvı damlacık boyutu ve dağılımına, yapısındaki proteinlerin konformasyonu, hidrofobikliği, çözünürlüğü ve konsantrasyonu gibi özelliklerine, faz-hacim oranına, sürekli fazın viskozitesine ve çözücünün sıcaklığı, pH değeri ve tuz içeriğine bağlı olarak değişebileceği belirtilmiştir (Avramenko vd. 2013, Thakur ve Nanda 2020a).

Yapılan bir çalışmada arı poleninin emülsifiye edici aktivitesi ve stabilitesinin sırasıyla %44.83-46.76 ve %21.62-26.32 aralıklarında değişim gösterdiği ve emülsiyon aktivite ve stabilitesinin Hindistan cevizi arı poleninde daha yüksek ve kolza arı poleninde ise daha düşük olduğu bildirilmiştir (Thakur ve Nanda 2020a).

Bir diğer çalışmada ise arı poleni örneğinin emülsiyon aktivite indeksinin 10.40-24.52 g/m<sup>3</sup> ve emülsiyon stabilite indeksinin ise 19.60-49.30 dakika olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada protein çözünürlüğünün emülsiyon aktivitesi ve stabilitesi üzerinde önemli bir etkisinin olduğu ve protein çözünürlüğünün emülsiyon aktivitesi ile negatif, ancak emülsiyon stabilitesi ile pozitif korelasyon gösterdiği belirtilmiştir. Protein çözünürlüğünün ise örnekteki karbonhidrat, lipit ve mineral madde içeriği ile ilişkili olduğu ve lipit ve kül konsantrasyonlarının protein çözünürlüğünü olumsuz, karbonhidrat konsantrasyonunun ise olumlu yönde etkilediği ifade edilmiştir (Kostić vd. 2015).

### Arı Poleninin Kimyasal Kompozisyonu

#### Su içeriği ve aktivitesi

Taze arı poleninin su içeriği %21.00-30.00 aralığında olup, bu su oranı mikroorganizmaların gelişimi için elverişli bir ortam oluşturduğundan ve bozulmaya neden olduğundan arı poleni nem içeriği %2.00-9.00 aralığında oluncaya kadar kurutulmaktadır (Kieliszek vd. 2018). TS 10255 Polen Standardı'na göre polen nem içeriğinin %10 düzeyinin altına düşürülerek daha dayanıklı hale getirilmesi gerekmektedir (Anonim 2006). Ancak arı poleninde renksizleşme ve bazı arzu edilmeyen Maillard reaksiyonu ve lipit oksidasyonu gibi kimyasal reaksiyonların oluşması nedeniyle nem içeriğinin %3.00 düzeyinin altında olması istenilmemektedir (Kieliszek vd. 2018).

Yapılan bir çalışmada Türkiye'nin beş farklı lokasyonundan temin edilen arı poleni örneklerinin nem içeriklerinin %17.30-23.00 aralığında olduğu rapor edilmiştir (Mayda vd. 2020). Bir diğer çalışmada ise sekiz farklı monofloral ve beş farklı multifloral arı poleni örneğinin nem içeriği ve su aktivitesi değerlerinin sırasıyla %6.62-9.99 ve 0.19-0.39 aralıklarında bulunduğu bildirilmiştir (Straumite vd. 2022).

#### Karbonhidrat içeriği

Karbonhidratlar arı poleni kuru ağırlığının yaklaşık %40.00-85.00 kadarını oluşturan ve arı poleninde en yüksek miktara sahip bileşenlerdir (Li vd. 2018). Arı poleninin karbonhidrat miktarının yüksek olması polen yükleri oluşumu sırasında bal veya nektarın polene ilave edilmesi ile ilişkili olup, karbonhidrat kompozisyonu ise botanik kaynağa ve hasat koşullarına bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir (Thakur ve Nanda 2020b).

## DERLEME / REVIEW

Yapılan bir çalışmada farklı arı polenlerinin karbonhidrat içeriğinin 23.31-48.63 g/100g aralığında olduğu rapor edilmiştir (Spulber vd. 2018). Arı poleninin karbonhidrat içeriğinin önemli bir kısmını fruktoz, glikoz ve sakkaroz oluşturmakta olup, bu bileşenlerin miktarları sırasıyla 7.20-22.40, 6.40-21.90 ve 0.60-19.80 g/100g olarak bildirilmiştir (Li vd. 2018). Bir araştırmada *Tetragonula biroi* Friese arı poleni örneklerinin ortalama sorbitol, mannitol, glikoz, fruktoz, sakkaroz, sellobiyoz, izomaltoz, maltoz, rafinoz ve stakiyoz içeriklerinin sırasıyla 0.15, 12.66, 1.04, 7.31, 12.77, 0.40, 0.05, 1.24, 0.37 ve 0.27 g/100g olduğu rapor edilmiştir (Belina-Aldemita vd. 2019). Ayrıca arı poleninin yaklaşık %3.72 düzeyinde ham selüloz içerdiği de bildirilmiştir (Anđelković vd. 2012). TS 10255 Polen Standardı'na göre polendeki ham selüloz içeriğinin %0.9 düzeyinin üzerinde olması gerekmektedir (Anonim 2006). Bu karbonhidratların yanı sıra melezitoz, trehaloz ve erloz gibi karbonhidratların da arı poleni yapısında bulunabildiği rapor edilmiştir (Li vd. 2018).

Arı poleninin in vitro sindirimi ile toplam glikoz ve fruktoz biyoerişilebilirliklerinin incelendiği bir araştırmada ağızdan bağırsak sindirimine doğru ortamdaki toplam glikoz ve fruktoz içeriğinin yükseldiği ve glikoz ve fruktoz için en yüksek biyoerişilebilirlik değerlerinin sırasıyla %37 ve %19 olduğu ifade edilmiştir. Yapılan değerlendirmede glikozun sindirilebilir oranının fruktozdan yüksek olmasının sindirim ortamlarının farklı pH düzeylerindeki stabiliteleri veya kimyasal bileşime bağlı olarak diğer bileşiklerle gösterdikleri sinerjik etkilerdeki farklılıklardan kaynaklı olabileceği belirtilmiştir (Aylanc vd. 2023).

### Protein ve aminoasit içeriği

Polen arılar için birincil protein kaynağı olup (Gerçek vd. 2022), arı poleninin %10.00-40.00 aralığında protein içerdiği bildirilmiştir (Aylanc vd. 2021). TS 10255 Polen Standardı'na göre polendeki ham protein içeriğinin %7 düzeyinin üzerinde olması istenilmektedir (Anonim 2006). Arı polenindeki ana protein fraksiyonları albüminlerden (%35.40), globulinlerden (%18.90), glutelinlerden (%18.60), prolaminlerden (%21.80) ve diğer proteinler ve enzimlerden (%5.30) oluşmaktadır (Giampieri vd. 2022).

Arı poleninde esansiyel ve esansiyel olmayan toplam 20 farklı aminoasit bulunduğu ve esansiyel aminoasitlerin toplam aminoasit içeriğinin %12.00-45.00 kadarını oluşturduğu rapor edilmiştir (De-Melo

vd. 2018, Giampieri vd. 2022). Arı polenindeki yaygın aminoasitlerin glisin, aspartik asit, glutamik asit, alanin, lösin, valin, lizin, serin ve izolösin olduğu bildirilmiştir (Al-Kahtani vd. 2020). Ayrıca arı poleni treonin, fenilalanin, histidin, metiyonin, izolösin ve triptofan esansiyel aminoasitlerini de içermektedir (Gerçek vd. 2022).

Arı polenindeki protein ve aminoasit miktarının polenin botanik kaynağına, toplanma mevsimine ve toplanma metoduna göre değiştiği belirtilmiştir (Giampieri vd. 2022). İlkbaharda toplanan arı polenlerinin toplam protein ve aminoasit içeriklerinin ve özellikle de lösin, glutamik asit, valin, izolösin, treonin ve glisin miktarlarının daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Ayrıca sonbaharda toplanan arı poleni örneklerinin histidin, metiyonin ve serin; yazın toplanan arı poleni örneklerinin ise aspartik asit, prolin ve alanin içeriklerinin daha yüksek olduğu rapor edilmiştir (Al-Kahtani vd. 2020).

Arı poleninin in vitro sindirimi sırasında toplam protein biyoerişilebilirliğinin incelendiği bir araştırmada ağızdan bağırsak sindirimine doğru toplam protein miktarının arttığı, ortalama protein biyoerişilebilirliğinin ağız fazından sonra %24 ve bağırsak fazından sonra ise %69 değerine ulaştığı belirtilmiştir (Aylanc vd. 2023).

### Lipit ve yağ asidi içeriği

Lipit içeriği botanik türe bağlı olarak değişmekle birlikte arı poleninin kuru ağırlığının %1.00-20.00 kadarı lipitlerden oluşmaktadır. TS 10255 Polen Standardı'na göre polendeki ham lipit içeriğinin %1.2 düzeyinin üzerinde olması gerekmektedir (Anonim 2006). Bal arısı tarafından toplanan arı poleninin toplam lipit fraksiyonu yağ asitleri, karotenoidler ve sterollerden oluşmaktadır (Ares vd. 2018).

Toplam lipitlerin yaklaşık %3.00 kadarını serbest yağ asitlerinin oluşturduğu rapor edilmiş olup (Gerçek vd. 2022), arı polenindeki doymamış yağ asitlerinin doymuş yağ asitlerine oranının ortalama 2.67 olduğu belirtilmiştir (Rzepecka-Stojko vd. 2015). Yapılan bir çalışmada arı poleninde kaprilik (%0.52), kaprik (%2.89), laurik (%1.53), miristik (%0.74), palmitik (%5.50), stearik (%1.72), oleik (%3.95), linoleik (%3.10),  $\alpha$ -linolenik (%5.25), cis-11-aykosenoik (%7.27), erusik (%5.54), nervonik (%2.21) ve cis-4,7,10,13,16,19-dokosaheksanoik (%8.21) asitlerin tespit edildiği bildirilmiştir (Gerçek vd. 2022). Arı poleninde esansiyel yağ asitleri olan ve  $\omega$ -3, 6 ve 9 olarak da bilinen linolenik, linoleik ve oleik asit miktarlarının sırasıyla %1.61-53.07, %4.88-34.65 ve

## DERLEME / REVIEW

%1.95-27.81 aralıklarında değiştiği rapor edilmiştir (Salazar-González ve Díaz-Moreno 2016).

Arı poleninde ayrıca fosfatidilkolin, fosfatidiletanolamin ve fosfatidilinositol gibi fosfolipitler ile  $\beta$ -sitosterol ve kampesterol gibi fitosterollerin de bulunduğu rapor edilmiştir. Arı poleni lipotropik ajanlar olan fosfolipitlerin varlığı nedeniyle metabolik dönüşümlerde önemli rol oynarken, fitosterol içeriği arı polenine hem insan hem de hayvan vücudu için östrojen özelliği kazandırmaktadır (Rzepecka-Stojko vd. 2015).

### Vitamin içeriği

Vitaminler canlı organizmalar için sağlıklı bir yaşam sürdürme, büyüme ve gelişim açısından gerekli bileşenler olup, organizmada çeşitli biyolojik işlevlere sahiptirler. Arı poleninin vitamin içeriği polen toplama, işleme ve depolama koşullarına göre değişiklik göstermekle birlikte %0.02-0.70 aralığında bulunmaktadır (Bayram 2021).

Arı poleni yağda çözünen A, E ve D vitaminlerini %0.10 ve suda çözünen B<sub>1</sub> (tiyamin), B<sub>2</sub> (riboflavin), B<sub>3</sub> (nikotinik asit), B<sub>5</sub> (pantotenik asit), B<sub>6</sub> (pidoksin), B<sub>7</sub> (biyotin), B<sub>9</sub> (folik asit) ve C vitaminlerini ise yaklaşık %0.60 oranında içermektedir (Komosinska-Vassev vd. 2015, Li vd. 2018, Szabat vd. 2019). Yapılan bir çalışmada monofloral *Rhododendron ponticum* arı poleninde  $\beta$ -karoten, retinol, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>5</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>7</sub>, B<sub>12</sub>, C, E ve K<sub>2</sub> vitaminleri miktarlarının sırasıyla 264.0, 22.0, 315.0, 735.0, 1940.0, 455.0, 46.0, 0.86, 16240.0, 490.0 ve 1.51  $\mu$ g/100g olduğu tespit edilirken, K<sub>1</sub> vitamini ise tespit edilememiştir (Ecem Bayram 2021). Bir diğer çalışmada ise yedi farklı taze arı poleni örneğinin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> ve B<sub>6</sub> vitaminlerine ait miktarların sırasıyla 590.0-1090.0, 17300.0-24100.0 ve 500.0-790.0  $\mu$ g/100g aralıklarında olduğu ve vitamin konsantrasyonlarındaki farklılıkların botanik orijine, iklim koşullarına, toprak tipine ve işlemeye bağlı olarak değişiklik gösterebildiği bildirilmiştir (de Arruda vd. 2013).

### Mineral içeriği

Mineraller insan metabolizmasında kullanılan ve sentezlenemedikleri için günlük diyetle alınması gereken bileşenlerdir. Arı poleni yapısında birçok mineral madde bulundurmakta olup, mineraller arı poleninin kalitesini belirlemede çok önemli bir rol oynamaktadır (Temizer ve Çobanoğlu 2022). Yapılan bir çalışmada Ürdün ve Çin'den toplanan arı poleni örneklerinin magnezyum (1575,19-641.39 mg/kg), çinko (77.02-25.24 mg/kg), bakır (11.34-

0.03 mg/kg), selenyum (3.03-<0.04 mg/kg), nikel (2.84-<0.01 mg/kg), kurşun (2.57-<0.03 mg/kg), kadmiyum (<0.01 mg/kg) ve arsenik (<0.02 mg/kg) minerallerini içerdiği rapor edilmiştir (Aldgini vd. 2019).

Türkiye'de yapılan bir çalışmada farklı lokasyonlardan toplanan arı poleni örneklerinde potasyum (4470.64-4751.46 mg/kg), magnezyum (440.50-910.50 mg/kg), kalsiyum (358.02-413.87 mg/kg), silisyum (288.19-501.40 mg/kg) ve demir (50.88-74.82 mg/kg) minerallerinin diğer minerallere göre daha yüksek miktarlarda buldukları rapor edilmiştir (Bay vd. 2021).

Bir diğer çalışmada ise Doğu Karadeniz Bölgesi'ne ait arı polenlerinin farklı miktarlarda manganez, demir, çinko, selenyum, krom, bakır, magnezyum, kalsiyum, sodyum, kurşun, kadmiyum, nikel ve arsenik gibi mineralleri içerdikleri bildirilmiştir. Ayrıca mineral içeriklerinden yola çıkılarak arı poleni örneklerinin belirli bir elementin kaynağını, kontaminasyonunu ve toksik metal kaynaklı çevre kirliliğini takip etmek için potansiyel bir biyoindikatör olarak değerlendirilebileceği belirtilmiştir (Erdoğan vd. 2023).

### Fenolik bileşik içeriği

Arı poleni farklı bitki kaynaklarına bağlı olarak değişmekle birlikte ortalama %1.60 oranında fenolik asitler, flavonoidler, lökotrienler, kateşinler, flavonol ve flavonol glikozitler olmak üzere farklı fenolik bileşikler içeren bir arıcılık ürünüdür. Arı poleninin yapısında bulunan fenolik bileşiklerin arı polenindeki antimikrobiyal, antioksidan, antiinflamatuvar ve antitumör özellikler gibi biyoaktif etkilerinden sorumlu olduğu belirtilmiştir (Nisbet ve Tabatabaei 2021). Arı polenindeki fenolik bileşiklerin çoğunlukla karbonhidratlarla glikozit formunda bulunduğu ve bu bileşiklerin biyoaktif özelliklerin yanı sıra tane rengi (sarı, kahverengi, kırmızı, mor vb.) ve arı poleninin karakteristik bitter tadı üzerinde de etkili olduğu rapor edilmiştir (Kieliszek vd. 2018).

Yapılan bir çalışmada farklı arı poleni örneklerinin toplam fenolik ve flavonoid madde içeriklerinin sırasıyla 26.69-43.42 mg GAE/g ve 2.62-4.44 mg KE/g olduğu bildirilmiştir (Mayda vd. 2020). Bir diğer çalışmada Brezilya'da toplanan 62 farklı arı poleni örneğinin toplam fenolik ve flavonoid madde miktarlarının sırasıyla 12.60-84.22 mg GAE/g ve 1.90-36.85 mg KE/g aralıklarında değiştiği rapor edilmiştir (Soares de Arruda vd. 2021). Arı poleni örneklerinin fenolik bileşik kompozisyonunun

## DERLEME / REVIEW

araştırıldığı bir çalışmada ise örneklerde gallik asit, 2,5-dihidroksibenzoik asit, protokatekuik asit, kafeik asit, salisilik asit, klorojenik asit, kateşin, rutin, *p*-kumarik asit, etil gallat, trans-ferulik asit, mirisetin, luteolin, kuersetin, izoramnetin ve kaempferol fenolik bileşiklerinin bulunduğu ve rutin (1225.54-12613.49 mg/100 g) fenolik bileşiğinin ise arı poleni örneklerindeki en yüksek miktara sahip fenolik bileşik olduğu bildirilmiştir (Ecem Bayram 2021).

Arı polenin in vitro sindirimi sırasında fenolik ve flavonoid bileşiklerinin biyoerişilebilirliklerinin incelendiği bazı çalışmalarda ise farklı sindirim aşamalarında toplam fenolik ve flavonoid bileşik miktarlarının ve kompozisyonlarının değiştiği, ham örneklerin sindirilmiş örneklere göre daha fazla fenolik bileşik içerdiği ancak fenolik madde miktarının bağırsak sindiriminde mide sindirimine göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Akpınar-Bayazit vd. 2023, Mutlu ve Erbaş 2023). Aylanc vd. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada arı polenin toplam fenolik ve flavonoid içeriğinin ortalama biyoerişilebilirliğinin sırasıyla %31 ve %25 olduğu bildirilmiştir.

### Karotenoid içeriği

Arı poleninde bulunan karotenoid bileşikler arı poleni renginin yanı sıra antioksidan aktivitesi, provitamin A aktivitesi ve bağışıklık sistemini güçlendirmesi gibi biyolojik fonksiyonlara katkı sağlaması bakımından önem taşımaktadır (Fernández-García vd. 2012, Zuluaga vd. 2016).

Yapılan bir çalışmada Kolombiya, İtalya ve İspanya'dan temin edilen ticari arı poleni örneklerinin toplam karotenoid içeriklerinin sırasıyla 207.00, 21.30 ve 51.30 µg zeaksantin/g olduğu ve bu örneklerin ester formunda olan zeaksantin, lutein ve β-karoten bileşiklerini içerdiği bildirilmiştir (Gardana vd. 2018).

Bir diğer çalışmada at kestanesi, söğüt, mahlep kirazı, ıhlamur ve aylandız bitkilerine ait arı poleni örneklerinde β-karoten, kriptoksantin, zeaksantin, anteraksantin, violaksantin, neoksantin, flavoksantin, lutein, 9/9-(Z)-lutein ve luteoksantin karotenoidlerinin bulunduğu rapor edilmiştir (Schulte vd. 2009). Farklı arı poleni örnekleri ile yapılan bir çalışmada da örneklerde fitoen, iki lutein izomeri, lutein, iki anteraksantin izomeri, zeaksantin, zeinoksantin, β-kriptoksantin ve β-karoten tespit edildiği, örnekler arasında botanik ve coğrafi köken ve çiçek türlerinin çeşitliliğine bağlı olarak büyük bir farklılık gözlemlendiği rapor edilmiştir. Örneklerdeki

fitoen, zeaksantin, zeinoksantin, β-kriptoksantin ve β-karoten miktarlarının ise sırasıyla 0.12-17.82, 12.86-256.48, 10.59-996.07, 2.17-16.39 ve 0.68-3.62 µg/g olduğu bildirilmiştir (Salazar-González vd. 2020).

Kolombiya'dan temin edilen örnekler ile yapılan bir çalışmada arı polenlerindeki temel karotenoidlerin 9Z-zeaksantin (65.15-104.98 µg/g polen), zeaksantin (35.29-354.30 µg/g polen), iki zeaksantin izomeri (18.23-227.69 µg/g polen) ve β-kriptoksantin (8.67-34.25 µg/g polen) olduğu rapor edilmiştir (Salazar-González vd. 2022).

Ülkemizde yapılan bir çalışmada ise Karadeniz ve Marmara Bölgeleri'nden temin edilen 16 farklı kestane arı poleni örneğinde astaksantin, lutein, zeaksantin, β-kriptoksantin, α-karoten ve β-karoten bileşiklerinin sırasıyla 6.88, 3.88-33.42, 4.88-36.38, 7.55-44.67, 6.20-152.42 ve 2.42-395.02 mg/kg miktarlarında buldukları bildirilmiştir. Ayrıca tüm örneklerde β-karoten bulunmakla birlikte Karadeniz Bölgesi örneklerinin β-karoten içeriği açısından daha zengin olduğu rapor edilmiş ve günlük yaklaşık bir çay kaşığı kestane arı poleni tüketiminin bireylerin karotenoid ihtiyacının tamamından fazlasını karşılayabileceği belirtilmiştir (Karkar vd. 2021).

### Arı Poleninin Biyolojik Etkileri

#### Antimikrobiyal etki

Arı polenin antibakteriyel, antifungal ve antiviral özelliklere sahip olduğu bildirilmiştir (Saisavoey vd. 2021). Arı polenin biyolojik aktivitesinin içerdiği koenzimler, enzimler ve niasin, tokoferol, tiamin, polifenoller ve fitosteroller gibi çeşitli ikincil bitki metabolitlerinden kaynaklandığı belirtilmiştir (Gerçek vd. 2022). Arı polenin içeriğinde bulunan rutin, kuersitrin, izokuersitrin, naringenin, kaempferol ve luteolin gibi flavonoidlerin antibakteriyel ve antiviral etkilerinin olduğu bildirilmiştir (Duan vd. 2019).

Yapılan bir çalışmada arı poleni örneğinin farklı ekstraktlarının *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus epidermidis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter cloacae*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Candida albicans*, *Candida tropicalis* ve *Candida glabrata* mikroorganizmaları üzerinde farklı düzeylerde antimikrobiyal etki gösterdiği rapor edilmiştir (Graikou vd. 2011).

Bir diğer çalışmada ise *Fabaceae*, *Cistaceae*, *Ericaceae* ve *Boraginaceae* familyalarına ait ticari arı



## DERLEME / REVIEW

poleni örneklerinin *S. aureus*, *P. aeruginosa*, *E. coli* ve *C. glabrata* mikroorganizmaları üzerine antimikrobiyal etki gösterdiği ve bu arı polenlerinin *S. aureus* üzerine antimikrobiyal etkilerinin diğer mikroorganizmalardan daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Pascoal vd. 2014). Ayrıca farklı arı poleni örneklerinin patojenik mikroorganizmalar olan *S. pyogenes* (Bridi vd. 2019) ve *Bacillus cereus* mikroorganizmalarına karşı da antimikrobiyal etki gösterdikleri belirtilmiştir (Kizilpınar-Temizir vd. 2022).

### Antioksidatif etki

Arı polenin biyoaktif bileşenler içermesi nedeniyle doğal bir antioksidan kaynağı olduğu (Tutun vd. 2021), arı polenindeki antioksidan bileşenlerin gıdada oluşan oksidasyon reaksiyonlarını yavaşlattığı ve hücredeki serbest radikallerin zararlı etkilerini azalttığı bildirilmiştir (Aličić vd. 2014). Arı polenindeki temel antioksidan bileşenlerin karotenoidler ve fenolik bileşikler olduğu (Aličić vd. 2014, Tutun vd. 2021) ve arı polenin antioksidan kapasitesinin arı polenin elde edildiği bitkiye, tedarik edildiği bölgenin iklimsel ve coğrafik özelliklerine bağlı olarak değişebildiği rapor edilmiştir (Gerçek vd. 2022). Ayrıca arı polenin antioksidan aktivitesine yapısında bulunan A, C ve E vitaminlerinin de katkı sağladığı belirtilmiştir (Asmae vd. 2021).

Yapılan bir çalışmada dokuz farklı arı poleni örneğinin ABTS ve DPPH yöntemleri ile elde edilen EC<sub>50</sub> antioksidan aktivite değerlerinin sırasıyla 0.91-5.73 ve 1.94-7.99 mg/mL olduğu ve antioksidan aktivitenin toplam fenolik madde içeriği ile pozitif bir ilişkisinin bulunduğu rapor edilmiştir (Araújo vd. 2017). Bir diğer çalışmada ise incelenen beş farklı arı poleni örneğinin ABTS ve DPPH antioksidan aktivite değerlerinin sırasıyla 1.80-5.98 ve 3.08-3.85 mg TE/g aralıklarında bulunduğu bildirilmiştir (Mayda vd. 2020). Saral vd. (2019) tarafından farklı lokasyonlardan temin edilen arı poleni örneklerinin FRAP ve CUPRAC antioksidan aktivite değerlerinin ise 8.69-84.89 µmol FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O/g ve 0.02-0.24 µmol TE/g aralıklarında olduğu tespit edilmiş ve lokasyon farklılıklarının antioksidan aktiviteyi etkilediği belirtilmiştir.

### Antiinflamatuvar etki

İnflamasyon nöronlardan veya hasarlı dokulardan aracı maddelerin üretilmesini, salınmasını ve ağrı oluşumunu içeren metabolik bir tepkidir (Pascoal vd. 2014). Antiinflamatuvar etki mekanizması, araşidonik

asidin prostaglandin ve lökotrienler gibi toksik bileşiklere dönüştürülmesinden sorumlu olan siklooksijenaz ve lipoksijenaz enzimlerinin inhibe edilmesi ile ilgilidir (Komosinska-Vassev vd. 2015).

Arı polenin antiinflamatuvar aktivitesinden yapısında bulunan fenolik asitler, yağ asitleri ve fitosteroller gibi bileşenlerinin sorumlu olduğu rapor edilmiş olup, kaempferol flavonoidinin inflamatuvar yanıtı baskılayan hyaluronidaz ve elastaz enzimlerini inhibe ettiği belirtilmiştir (Kurek-Górecka vd. 2020). Yapılan araştırmalarda arı poleninde bulunan polifenol bileşiklerin konakçının patojenlere ve inflamasyona karşı savunma mekanizmasında önemli rol oynayan makrofajlar, T hücreleri, B hücreleri, NK hücreleri, mast hücreleri, hepatositler, bazofiller, nötrofiller ve eozinofiller gibi çok sayıda hücre üzerinde yararlı etkiler gösterebileceği bildirilmiştir (Denisow ve Denisow-Pietrzyk 2016, Pascoal vd. 2014).

Farklı botanik kaynaklar ve coğrafi alanlardan temin edilen sekiz arı poleni örneğinin hyaluronidaz enzimi inhibisyon değerlerinin %12.20-25.17 aralığında olduğu ve *Ericaceae* ve *Fabaceae* familyalarına ait arı polenlerinin diğer örneklere göre daha yüksek bir antiinflamatuvar aktivite gösterdiği bildirilmiştir (Pascoal vd. 2014). Bir diğer çalışmada ise arı polenin hasarlı dokuları yeniden oluşturabilme özelliği nedeniyle yanıkları tedavi etmek için kullanılan merhem içerisine ilave edilmesinin yanık yaralarının tedavisinde alternatif bir yöntem olabileceği rapor edilmiştir (Komosinska-Vassev vd. 2015).

### Bağışıklık düzenleyici etki

Arı polenin bağışıklık sistemini güçlendirdiği bildirilmektedir (Denisow ve Denisow-Pietrzyk 2016). Bununla ilgili yapılan bir çalışmada arı poleni içerikli bir diyetle beslenen gruptaki piliçlerin bağışıklık sistemlerinin güçlendiği rapor edilmiştir (Wang vd. 2007). Bir diğer çalışmada ise arı polenin kuşlardaki bağışıklık sistemi hücrelerinin daha hızlı farklılaşmasını ve çoğalmasını uyardığı bildirilmiştir (Şarić vd. 2009).

Arı poleninde bulunan kaempferol, mirisetin, luteolin ve kuersetin gibi flavonoid bileşiklerin bir araya gelerek mast hücrelerinin aktivasyonunu engellediği ve ani oluşan alerjik reaksiyonları önleyebileceği rapor edilmiştir (Abdelnour vd. 2019, Farag ve El-Rayes 2016).

Ayrıca arı polenin içerdiği flavonoidlerin vücudun doğal savunma mekanizmaları olan makrofajlar, NK,

## DERLEME / REVIEW

T, B lenfositleri ve granülositler gibi hücreler üzerinde pozitif etkileri olduğu rapor edilmiştir (Szabat vd. 2019). Bunun yanı sıra yapılan çalışmalarda *Taishan Pinus massoniana* arı poleninden elde edilen polisakkaritlerin de karbon tetraklorürün indüklediği histolojik dönüşüme karşı önemli düzeyde karaciğer koruması sağladığı ve splenosit hücrelerinde proinflamatuvar sitokin salgılanmasını teşvik edici etki gösterdiği tespit edilmiştir (Yang vd. 2015, Zhou vd. 2018).

### Sinir sistemi üzerine etki

Arı polenindeki fenolik bileşiklerin önemli biyolojik aktivitelere sahip olduğu ve arı poleni yapısında bulunan hidroksisünamik asit amidlerinin antidepresan özellikler ile Parkinson karşıtı aktivite gösterdiği bildirilmiştir. Yapılan bir çalışmada Tayland arı poleninde tanımlanan 8-metoksikaempferol-3-O-(2"-*p*-kumaroil)-glikozit bileşiğinin Parkinson hastalığı ve depresyonda rol oynayan önemli bir nörotransmitter olan katekol-O-metiltransferaza karşı inhibe edici aktivitesinin bulunduğu rapor edilmiştir (Watanabe vd. 2023). Propiyonik asidin neden olduğu beyin toksikasyonu üzerine arı poleni-probiyotik karışımının koruyucu ve tedavi edici etkisinin incelendiği bir çalışmada, arı poleni-probiyotik karışımının IL-1 $\beta$ , IL-8, IL-10 ve IFN- $\gamma$  seviyelerinde önemli olmayan azalmayla birlikte propiyonik asidin neden olduğu nörotoksik etkileri azalttığı bildirilmiştir (Alonazi vd. 2022).

Bir diğer çalışmada ise arı polenin bir çevre kirleticisi olan ve sinir sisteminde nörotoksik etki gösteren metil cıvaya maruz bırakılmış farelerde magnezyum, potasyum, lipit peroksidasyonu ve glutasyon seviyelerini normalleştirdiği; katalaz, laktat dehidrojenaz ve kreatin kinaz aktivitelerini eski haline getirmede etkili olduğu ve böylece metal iyon kusurlarını ve nöronal ölümü iyileştirmek için güvenle kullanılabilmesi bildirilmiştir (Al-Osaimi vd. 2018). Ayrıca otizmin patogeneğinde önemli bir rol oynayan nöroinflamasyonun iyileştirilmesi üzerinde arı polenin etkisinin incelendiği bir çalışmada, arı polenin farelerde disbiyozu iyileştirerek inflamatuvar yanıtı ve endotoksemiye azalttığı ve nöroinflamasyona karşı koruma sağladığı rapor edilmiştir (Aabed vd. 2019).

### Antikanserojen etki

Arı polenin yapısında bulunan aldehitler, alkoller, yağ asitleri, fenolik bileşikler, terpenler ve esterlerin antikanser aktivite üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir (Aylanc vd. 2021, Aylanc vd. 2023). Yapılan bir

çalışmada *Homotrigona fimbriata* arıları tarafından üretilen arı polenlerine ait ekstraktların meme adenokarsinom (MCF-7), servikal karsinom (HeLa) ve epitelyal kolorektal adenokarsinom (Caco-2) hücreleri üzerine sitotoksik aktivitelerinin sırasıyla %82.20, %55.50 ve %61.40 olduğu rapor edilmiştir (Arung vd. 2021).

Fas'ın çeşitli bölgelerinden toplanan sekiz farklı arı poleni örneğinin mide gastrik adenokarsinom (AGS), Caco-2, HeLa, MCF-7 ve akciğer karsinom (NCI-H460) hücreleri üzerindeki sitotoksik etkileri incelenmiş ve *Apiaceae* familyasına ait arı poleni örneğinin MCF-7 ve *Oleaceae* familyasına ait arı poleni örneğinin ise HeLa kanser hücresi üzerinde etkili olduğu bildirilmiştir (Aylanc vd. 2023). Bir diğer çalışmada ise MCF-7, BT-20 ve Hs 578T olmak üzere üç farklı meme kanseri hücresine *Bidens pilosa* var. *radiata* arı polenin etkisi sonucunda MCF-7 hücrelerinin canlılıklarının %43.50 olduğu ve diğer hücrelerde ise canlılık gözlenmediği rapor edilmiştir (Nguyen vd. 2022).

### Arı Polenin Gıdalarda Kullanımı

Arı poleni doğrudan tüketilebilen bir üründür ve sabahları kahvaltıdan önce tüketilmesi tavsiye edilmektedir. Günlük tüketim miktarlarının yetişkinler için 15–20 g, 3-5 yaş arası çocuklar için 5–10 g ve 6-12 yaş arası çocuklar için ise 10–15 g kadar olabileceği belirtilmiştir (Anonim 2006). Arı poleni sahip olduğu biyoaktif ve fonksiyonel özellikleri nedeniyle farklı gıda ürünlerine de ilave edilmektedir.

Dundar (2022) tarafından yapılan bir çalışmada kurabiyelere farklı oranlarda (%5, %10 ve %15) arı poleni ilave edilerek örneklerin özelliklerindeki değişim incelenmiştir. Buna göre kurabiyelere ilave edilen arı poleni oranındaki artışa bağlı olarak örneklerin kül, yağ, protein ve polifenol içerikleri ile antioksidan aktivitelerinin arttığı, karbonhidrat içeriğinin önemli ölçüde azaldığı ve örneklerin duyuşsal olarak kabul edilebilir olduğu bildirilmiştir.

Aljazy vd. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada arı poleni ilavesi ile gluten duyarlılığı olan bireyler için gluten içeriği azaltılmış bir kek üretimi yapılmıştır. Üretilen keklerde %50 oranında arı poleni unu kullanıldığında kekin süngerimsi yapısında bir değişim olmadığı ve arı poleninde bulunan antioksidan flavonoidlerin varlığı sayesinde kekte yağ oksidasyonu ve kalite bozulmalarının önlenerek daha uzun bir raf ömrü sağlanabileceği rapor edilmiştir. Makarna üretimi ile ilgili yapılan bir çalışmada ise arı poleni tozu ve kestane ununun

## DERLEME / REVIEW

makarna formülasyonuna eklenerek makarnanın özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre makarnaya %20 oranında arı poleni tozu ilavesi yapıldığında hem taze hem de kurutulmuş makarnanın pişme süresinde bir azalma olduğu ve makarna için en uygun formülasyonun %50 kestane unu ve %10 arı poleni ilavesi ile sağlandığı belirtilmiştir. Ayrıca kestane unu ve arı poleni ile zenginleştirilmiş makarnanın, artan protein ve lif içeriğinin yanı sıra çoklu doymamış yağ asitleri, vitamin ve mineral içeriklerindeki artışla birlikte beslenme açısından dengeli bir ürün olarak kabul edilebileceği bildirilmiştir (Brochard vd. 2021).

Arı poleninın gıdalarda fonksiyonel bir bileşen olarak kullanılması ile ilgili yapılan başka bir çalışmada farklı arı poleni tozları çeşitli konsantrasyonlarda (0.0, 0.5, 1.0 ve 1.5 g/100 g) sosislere ilave edilmiş ve bunun sonucunda sosislerin depolanması sırasında antioksidan aktivite değişimi, oksidatif stabilite düzeyi ve kalite üzerindeki farklılıklar incelenmiştir. Çalışmada arı poleninın ilave edildiği sosislerde arı poleninın sağladığı antioksidan etkiye bağlı olarak miyoglobinin metmiyoglobine okside olmasının engellenmesi sonucu kırmızılık renk değerlerinin daha yüksek olduğu ortaya konulmuştur. Ayrıca sosislere arı poleni ilave oranının artırılmasıyla depolama sırasında oksidatif stabilitenin de yükseldiği belirtilmiştir (Novaković vd. 2021).

Mutlu (2023) tarafından yapılan bir çalışmada arı poleninın taşıyıcı olarak kullanılması ile arı poleninden gelen biyoaktif bileşiklerle zenginleştirilmiş bal tozu üretilmesi amaçlanmış ve arı poleni içeren üründe düşük higroskopisite ve yapışkanlık, daha iyi akışkanlık, daha yüksek fenolik ve flavonoid içerikleri ve antioksidan aktivite sağlaması nedeniyle bal tozu üretiminde arı poleninın bir bileşen olarak kullanılabilirliği ve benzer özelliklerde yeni fonksiyonel ürünler geliştirilebileceği ifade edilmiştir.

### SONUÇ

Arı poleni diğer arıcılık ürünleri gibi doğal bir üründür ve yapısında bulunan bileşikler nedeniyle birçok besinsel, fonksiyonel ve biyolojik özelliğe sahiptir. Arı poleni yapısında su, proteinler, aminoasitler, karbonhidratlar, lipitler, yağ asitleri, fenolik bileşikler, enzimler, koenzimler, vitaminler ve mineraller gibi birçok bileşen bulunan ve insanlar için eski zamanlardan beri gıda takviyesi olarak kullanılan bir

besin kaynağıdır. Bu bileşenler sayesinde arı poleni antimikrobiyal, antioksidan, antiinflamatuvar, antikanser ve antiobezite etkileri gibi sağlık üzerinde birçok olumlu özellikler göstermektedir.

Yapılan çeşitli araştırmalarla farklı bitkisel ve coğrafik orijinli arı polenlerinin kimyasal kompozisyonu ve sağlık etkileri ortaya konulmuş olup, bu konuda yapılan çalışmaların artmasına bağlı olarak arı poleninın toplum tarafından bilinirliği ve tercih edilirliliği de artış göstermiştir. Bu bakımdan arı poleni fonksiyonel bir bileşen olarak kek, kurabiye ve makarna gibi farklı gıdalarda kullanılmıştır. Arı poleninın çözünürlük, su ve yağ tutma kapasitesi, emülsifikasyon gibi gıda teknolojisi açısından önemli fonksiyonel özellikler göstermesinin çeşitli ürünlerin iyileştirilmesi veya geliştirilmesinde etkili olabileceği ifade edilmiştir.

Sonuç olarak arı poleninın sahip olduğu fonksiyonel, kimyasal ve biyolojik özellikleri nedeniyle gıda sektöründe ürün formülasyonlarının geliştirilmesinde kullanımı açısından önemli bir potansiyelinin olduğu ve arı poleni ile ilgili daha çok araştırma yapılması gerektiği değerlendirilmiştir.

**Çıkar Çatışması:** Yazarların araştırma ile ilgili olarak bir çıkar çatışması yoktur.

**Etik Belgesi:** Bu çalışma için etik belgesi gerekmemektedir.

**Mali Kaynak:** Bu çalışmada herhangi bir mali kaynak kullanılmamıştır.

**Veri Sağlama Durumu:** Çalışmada bulunan bilgi ve veriler akademik etik kurallarına uygun bir şekilde verilmiştir. Derleme bir çalışma olduğu için kullanılan veriler literatüre atıf yapılarak kullanılmıştır.

**Yazar Katkıları:** Bu araştırmanın gerçekleştirilmesinde ve makalenin yazılmasında yazarlar eşit olarak katkı sağlamıştır.

### KAYNAKLAR

- Aabed K, Bhat RS, Al-Dbass A, Moubayed N, Algahtani N, Merghani NM, Alanazi A, Zayed N, El-Ansary A. Bee pollen and propolis improve neuroinflammation and dysbiosis induced by propionic acid, a short chain fatty acid in a rodent model of autism. *Lipids Health Dis*, 2019;18(1):1-8
- Abdelnour SA, Abd El-Hack ME, Alagawany M, Farag MR, Elnesr SS. Beneficial impacts of

## DERLEME / REVIEW

- bee pollen in animal production, reproduction and health. *J Anim Physiol Anim Nutr*, 2019;103(2):477-484
- Akpınar Bayazit A, Bekar E, Unal TT, Celik MA, Acoglu Celik B, Koc Alibasoglu E, Sahin Dilmenler P, Yolci Omeroglu P, Copur OU, Kamiloglu, S. Investigating the effect of harvest season on the bioaccessibility of bee pollen polyphenols by ultra-high performance liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Eur Food Res Tech*, 2023;1-14
- Aldgini HM, Al-Abbadi AA, Abu-Nameh ES, Alghazeer RO. Determination of metals as bio indicators in some selected bee pollen samples from Jordan. *Saudi J Biol Sci*, 2019;26(7):1418-1422
- Aličić D, Šubarić D, Jašić M, Pašalić H, Ačkar Đ. Antioxidant properties of pollen. *Hrana u Zdravlju i Bolesti: Znanstveno-Stručni Časopis za Nutricionizam i Dijetetiku*, 2014;3(1):6-12
- Aljazy NAS, Abdulstar AR, Alrakabi JMF. Analytical study of phytochemicals and antioxidant activity of pollen (*Typha domingensis* Pers.) extracted from the papyrus plant and its use in cake enrichment. *Al-Qadisiyah J Agric Sci*, 2021;11(2):126-136
- Al-Kahtani SN, Taha EK, Khan KA, Ansari MJ, Farag SA, Shower DM, Elnabawy ESM. Effect of harvest season on the nutritional value of bee pollen protein. *PloS One*, 2020;15(12):e0241393
- Alonazi M, Ben Bacha A, Al Suhaibani A, Almnaizel AT, Aloudah HS, El-Ansary A. Psychobiotics improve propionic acid-induced neuroinflammation in juvenile rats, rodent model of autism. *Transl Neurosci*, 2022;13(1):292-300
- Al-Osaimi M, El-Ansary A, Al-Daihan S, Bhat RS, Ben Bacha A. Therapeutic and protective potency of bee pollen against neurotoxic effects induced by prenatal exposure of rats to methyl mercury. *J Mol Neurosci*, 2018;65:327-335
- Anđelković B, Jevtić G, Mladenović M, Marković J, Petrović M, Nedić N. Quality of pollen and honey bee bread collected in spring. *J Hyg Eng Des*, 2012;1:275-277
- Anonim. Türk Standartları Enstitüsü TS 10255 Polen Standardı. ICS 65.140, 2006, Ankara
- Araújo JS, Chambó ED, Costa MAPDC, Cavalcante da Silva SMP, Lopes de Carvalho CA, Estevinho LM. Chemical composition and biological activities of mono- and heterofloral bee pollen of different geographical origins. *Int J Mol Sci*, 2017;18(5):921
- Ares AM, Valverde S, Bernal JL, Nozal MJ, Bernal J. Extraction and determination of bioactive compounds from bee pollen. *J Pharm Biomed*, 2018;147:110-124
- Arung ET, Ramadhan R, Khairunnisa B, Amen Y, Matsumoto M, Nagata M, Kusuma IW, Paramita S, Yadi S, Tandirogang N, Takemoto N, Kim Y, Shimizu K. Cytotoxicity effect of honey, bee pollen, and propolis from seven stingless bees in some cancer cell lines. *Saudi J Biol Sci*, 2021;28(12):7182-7189
- Asmae EG, Nawal EM, Bakour M, Lyoussi B. Moroccan monofloral bee pollen: botanical origin, physicochemical characterization, and antioxidant activities. *J Food Qual*, 2021;2021:8877266
- Avramenko NA, Low NH, Nickerson MT. The effects of limited enzymatic hydrolysis on the physicochemical and emulsifying properties of a lentil protein isolate. *Food Res Int*, 2013;51(1):162-169
- Aylanc V, Falcão SI, Ertosun S, Vilas-Boas M. From the hive to the table: Nutrition value, digestibility and bioavailability of the dietary phytochemicals present in the bee pollen and bee bread. *Trends Food Sci Technol*, 2021;109:464-481
- Aylanc V, Ertosun S, Russo-Almeida P, Falcão SI, Vilas-Boas M. Performance of green and conventional techniques for the optimal extraction of bioactive compounds in bee pollen. *Int J Food Sci Technol*, 2022;57(6):3490-3502
- Aylanc V, Larbi S, Calhelha R, Barros L, Rezouga F, Rodríguez-Flores MS, Seijo MC, El Ghouzi A, Lyoussi B, Falcão SI, Vilas-Boas M. Evaluation of antioxidant and anticancer activity of mono- and polyfloral Moroccan bee pollen by characterizing phenolic and volatile compounds. *Molecules*, 2023;28(2):835

## DERLEME / REVIEW

- Aylanc V, Falcão SI, Vilas-Boas M. Bee pollen and bee bread nutritional potential: Chemical composition and macronutrient digestibility under in vitro gastrointestinal system. *Food Chem*, 2023;413:135597
- Aylanc V, Tomás A, Russo-Almeida P, Falcão SI, Vilas-Boas M. Assessment of bioactive compounds under simulated gastrointestinal digestion of bee pollen and bee bread: Bioaccessibility and antioxidant activity. *Antioxidants*, 2021;10(5):651
- Barene I, Daberte I, Siksná S. Investigation of bee bread and development of its dosage forms. *Medikinos Teorija ir Praktika*, 2015;21:16-22
- Bay V, Topal E, Çakıcı N, Yıldızdal İ. Palynological analyses, chemical and mineral composition of some honeybee pollen pellets. *U Arı D - U Bee J*, 2021;21(2):187-197
- Belina-Aldemita MD, Opper C, Schreiner M, D'Amico S. Nutritional composition of pot-pollen produced by stingless bees (*Tetragonula bironi* Friese) from the Philippines. *J Food Compost Anal*, 2019;82:103215
- Bleha R, Shevtsova TV, Živčáková M, Korbářová A, Ježková M, Saloň I, Brindza J, Synytsya A. Spectroscopic discrimination of bee pollen by composition, color, and botanical origin. *Foods*, 2021;10(8):1682
- Bleha R, Shevtsova T, Kruzik V, Brindza J, Sinica A. Morphology, physicochemical properties and antioxidant capacity of bee pollens. *Czech J Food Sci*, 2019;37(1):1-8
- Bogdanov S. Pollen: collection, harvest, composition, quality. *The Pollen Book, Bee Product Science*, Chapter 1, 2016;1-16
- Bridi R, Atala E, Pizarro PN, Montenegro G. Honeybee pollen load: phenolic composition and antimicrobial activity and antioxidant capacity. *J Nat Prod*, 2019;82(3):559-565
- Brochard M, Correia P, Barroca MJ, Guiné RP. Development of a new pasta product by the incorporation of chestnut flour and bee pollen. *Appl Sci*, 2021;11(14):6617
- Campos MG, Anjos O, Chica M, Campoy P, Nozkova J, Almaraz-Abarca N, Carreck NL. Standard methods for pollen research. *J Apic Res*, 2021;60(4):1-109
- Campos MG, Bogdanov S, de Almeida-Muradian LB, Szczesna T, Mancebo Y, Frigerio C, Ferreira F. Pollen composition and standardisation of analytical methods. *J Apic Res*, 2008;47(2):154-161
- Clarke D, Whitney H, Sutton G, Robert D. Detection and learning of floral electric fields by bumblebees. *Science*, 2013;340(6128):66-69
- Çakmak İ, Seven-Çakmak S. Beekeeping and recent colony losses in Turkey. *U Arı D - U Bee J*, 2016;16(1):31-48
- de Arruda VAS, Pereira AAS, de Freitas AS, Barth OM, de Almeida-Muradian LB. Dried bee pollen: B complex vitamins, physicochemical and botanical composition. *J Food Compost Anal*, 2013;29(2):100-105
- De-Melo AAM, Estevinho LM, Moreira MM, Delerue-Matos C, de Freitas ADS, Barth OM, de Almeida-Muradian LB. A multivariate approach based on physicochemical parameters and biological potential for the botanical and geographical discrimination of Brazilian bee pollen. *Food Biosci*, 2018;25:91-110
- Denisow B, Denisow-Pietrzyk M. Biological and therapeutic properties of bee pollen: A review. *J Sci Food Agric*, 2016;96(13):4303-4309
- Didaras NA, Karatasou K, Dimitriou TG, Amoutzias GD, Mossialos D. Antimicrobial activity of bee-collected pollen and beebread: State of the art and future perspectives. *Antibiotics*, 2020;9(11):811
- Duan H, Dong Z, Li H, Li WR, Shi SX, Wang Q, Cao WG, Fang XM, Fang AD, Zhai KF. Quality evaluation of bee pollens by chromatographic fingerprint and simultaneous determination of its major bioactive components. *Food Chem Toxicol*, 2019;134:110831
- Dundar AN. Total phenolic and antioxidant bioaccessibilities of cookies enriched with bee pollen. *J Food Process Preserv*, 2022;46(6):e16085
- Ecem Bayram N. Vitamin, mineral, polyphenol, amino acid profile of bee pollen from *Rhododendron ponticum* (source of "mad honey"): nutritional and palynological approach. *J Food Meas Charact*, 2021;15(3):2659-2666

## DERLEME / REVIEW

- Erdoğan A, Şeker ME, Kahraman SD. Evaluation of environmental and nutritional aspects of bee pollen samples collected from East Black Sea region, Turkey, via elemental analysis by ICP-MS. *Biol Trace Elem Res*, 2023;201(3):1488-1502
- Farag SA, El-Rayes TK. Effect of bee-pollen supplementation on performance, carcass traits and blood parameters of broiler chickens. *Asian J Anim Vet Adv*, 2016;11:168-177
- Fernández-García E, Carvajal-Lérida I, Jarén-Galán M, Garrido-Fernández J, Pérez-Gálvez A, Hornero-Méndez D. Carotenoids bioavailability from foods: From plant pigments to efficient biological activities. *Food Res Int*, 2012;46(2):438-450
- Gardana C, Del Bo C, Quicazán MC, Correa AR, Simonetti P. Nutrients, phytochemicals and botanical origin of commercial bee pollen from different geographical areas. *J Food Compost Anal*, 2018;73:29-38
- Gerçek YC, Celik S, Bayram S. Screening of plant pollen sources, polyphenolic compounds, fatty acids and antioxidant/antimicrobial activity from bee pollen. *Molecules*, 2022;27(1):117
- Giampieri F, Quiles JL, Cianciosi D, Forbes-Hernández TY, Orantes-Bermejo FJ, Alvarez-Suarez JM, Battino M. Bee products: An emblematic example of underutilized sources of bioactive compounds. *J Agric Food Chem*, 2022;70(23):6833-6848
- Graikou K, Kapeta S, Aligiannis N, Sotiroudis G, Chondrogianni N, Gonos E, Chinou I. Chemical analysis of Greek pollen-Antioxidant, antimicrobial and proteasome activation properties. *Chem Cent J*, 2011;5:1-9
- Isik A, Ozdemir M, Doymaz I. Effect of hot air drying on quality characteristics and physicochemical properties of bee pollen. *Food Sci Technol*, 2018;39:224-231
- Isik A, Ozdemir M, Doymaz I. Infrared drying of bee pollen: effects and impacts on food components. *Czech J Food Sci*, 2019;37(1):69-74
- Karkar B, Şahin S, Güneş ME. Evaluation of antioxidant properties and determination of phenolic and carotenoid profiles of chestnut bee pollen collected from Turkey. *J Apic Res*, 2021;60(5):765-774
- Kieliszek M, Piwowarek K, Kot AM, Błażej S, Chlebowska-Śmigiel A, Wolska I. Pollen and bee bread as new health-oriented products: A review. *Trends Food Sci Technol*, 2018;71:170-180
- Kizilpınar-Temizler I, Guder A, Candan ED, Yolcu U. Antioxidant properties, element contents and antimicrobial activities of bee pollen collected by *Apis mellifera* L. in Türkiye. *Span J Agric Res*, 2022;20(4):e0506-e0506
- Komosinska-Vassev K, Olczyk P, Kasperczyk J, Pilawa B, Krzyminiewski R, Dobosz B, Ramos P, Stojko J, Stojko M, Ivanova D, Olczyk K. EPR spectroscopic examination of different types of paramagnetic centers in the blood in the course of burn healing. *Oxid Med Cell Longev*, 2019,7506274
- Komosinska-Vassev K, Olczyk P, Kaźmierczak J, Mencner L, Olczyk K. Bee pollen: chemical composition and therapeutic application. *Evid-Based Compl Alt*, 2015,297425
- Kostić AŽ, Barać MB, Stanojević SP, Milojković-Opsenica DM, Tešić ŽL, Šikoparija B, Radišić P, Prentović M, Pešić MB. Physicochemical composition and techno-functional properties of bee pollen collected in Serbia. *LWT-Food Sci Technol*, 2015 ;62(1):301-309
- Kurek-Górecka A, Górecki M, Rzepecka-Stojko A, Balwierz R, Stojko J. Bee products in dermatology and skin care. *Molecules*, 2020;25(3):556
- Li F, Guo S, Zhang S, Peng S, Cao W, Ho CT, Bai N. Bioactive constituents of *F. esculentum* bee pollen and quantitative analysis of samples collected from seven areas by HPLC. *Molecules*, 2019,24(15):2705
- Li QQ, Wang K, Marcucci MC, Sawaya ACHF, Hu L, Xue XF, Wu LM, Hu FL. Nutrient-rich bee pollen: A treasure trove of active natural metabolites. *J Funct Foods*, 2018;49:472-484
- Mayda N, Özkök A, Ecem Bayram N, Gerçek YC, Sorkun K. Bee bread and bee pollen of

## DERLEME / REVIEW

- different plant sources: Determination of phenolic content, antioxidant activity, fatty acid and element profiles. *J Food Meas Charact*, 2020;14:1795-1809
- Mimouni A, Deeth HC, Whittaker AK, Gidley MJ, Bhandari BR. Rehydration of high-protein-containing dairy powder: Slow-and fast-dissolving components and storage effects. *Dairy Sci Technol*, 2010;90(2-3):335-344
- Mutlu C. Bee pollen usage as carrier material in the drying of honey and some properties of honey-bee pollen powders. *Brit Food J*, 2023;125(10:3734-3747
- Mutlu C, Erbas M. Turkish bee pollen: Composition, regional discrimination and polyphenol bioaccessibility. *Food Biosci*, 2023;102805
- Nguyen HC, Liang-Chih L, Ming-Cheng W, Tai-Pei L, Chiou-Ying Y, Meng-Yuan H. Chemical constituents, antioxidant, and anticancer activities of bee pollen from various floral sources in Taiwan. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 2022;50(2):12644-12644
- Nisbet C, Tabatabaei P. Investigation of phenolic compounds and antioxidant capacity of bee pollen collected from different geographical regions in Turkey. *Kocatepe Vet J*, 2021;14(3):359-365
- Novaković S, Djekic I, Pešić M, Kostić A, Milinčić D, Stanisavljević N, Radojević A, Tomasevic I. Bee pollen powder as a functional ingredient in frankfurters. *Meat Sci*, 2021;182:108621
- Parlakay O, Yılmaz H, Yaşar B, Seçer A, Bahadır B. Türkiye'de arıcılık faaliyetinin mevcut durumu ve trend analizi yöntemiyle geleceğe yönelik beklentiler. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2008;22(2):17-24
- Pascoal A, Rodrigues S, Teixeira A, Feás X, Estevinho LM. Biological activities of commercial bee pollens: Antimicrobial, antimutagenic, antioxidant and anti-inflammatory. *Food Chem Toxicol*, 2014;63:233-239
- Rzepecka-Stojko A, Stojko J, Kurek-Górecka A, Górecki M, Kabała-Dzik A, Kubina R, Moździerz A, Buszman E. Polyphenols from bee pollen: structure, absorption, metabolism and biological activity. *Molecules*, 2015;20(12):21732-21749
- Saisavoey T, Sangtanoo P, Chanchao C, Reamtong O, Karnchanatat A. Identification of novel anti-inflammatory peptides from bee pollen (*Apis mellifera*) hydrolysate in lipopolysaccharide-stimulated RAW264. 7 macrophages. *J Apic Res*, 2021;60(2):280-289
- Salazar-González CY, Rodríguez-Pulido FJ, Stinco CM, Terrab A, Díaz-Moreno C, Fuenmayor C, Heredia FJ. Carotenoid profile determination of bee pollen by advanced digital image analysis. *Comput Electron Agric*, 2020;175:105601
- Salazar-González CY, Stinco CM, Rodríguez-Pulido FJ, Díaz-Moreno C, Fuenmayor C, Heredia FJ, González-Miret ML. Characterization of carotenoid profile and  $\alpha$ -tocopherol content in Andean bee pollen influenced by harvest time and particle size. *LWT*, 2022;170:114065
- Salazar-González C, Díaz-Moreno C. The nutritional and bioactive aptitude of bee pollen for a solid-state fermentation process. *J Apic Res*, 2016;55(2):161-175
- Saral Ö, Kilicarslan M, Şahin H, Yildiz O, Dincer B. Evaluation of antioxidant activity of bee products of different bee races in Turkey. *Turk J Vet Anim Sci*, 2019;43(4):441-447
- Šarić A, Balog T, Soboćance S, Kušis B, Šverko V, Rusak G, Likić S, Bubalo D, Pinto B, Reali D, Marotti T. Antioxidant effects of flavonoid from *Crotalaria incanus* L. rich bee pollen. *Food Chem Toxicol*, 2009;47:547-554
- Schulte F, Mäder J, Kroh LW, Panne U, Kneipp J. Characterization of pollen carotenoids with in situ and high-performance thin-layer chromatography supported resonant Raman spectroscopy. *Anal Chem*, 2009;81(20):8426-8433
- Soares de Arruda VA, Vieria dos Santos A, Figueiredo Sampaio D, da Silva Araujo E, de Castro Peixoto AL, Estevinho LM, de Almeida-Muradian LB. Brazilian bee pollen: phenolic content, antioxidant properties and antimicrobial activity. *J Apic Res*, 2021;60(5):775-783
- Spulber R, Dogaroglu M, Babeanu N, Popa O. Physicochemical characteristics of fresh bee

## DERLEME / REVIEW

- pollen from different botanical origins. Rom Biotechnol Lett, 2018;23:13357-13365
- Straumite E, Bartule M, Valdovska A, Kruma Z, Galoburda R. Physical and microbiological characteristics and antioxidant activity of honey bee pollen. Appl Sci, 2022;12(6):3039
- Szabat P, Poleszak J, Szabat M, Boreński G, Wójcik M, Milanowska J. Apitherapy-the medical use of bee products. J Phys Educ Sport, 2019;9(8):384-396
- Temizer İK, Çobanoğlu DN. Farklı botanik kaynaklı arı polenlerinin element analizi ile değerlendirilmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 2022;9(4):1114-1122
- Thakur M, Nanda V. Exploring the physical, functional, thermal, and textural properties of bee pollen from different botanical origins of India. J Food Process Eng, 2020a;43(1):e12935
- Thakur M, Nanda V. Composition and functionality of bee pollen: A review. Trends Food Sci Technol, 2020b;98:82-106
- Tutun H, Kaya MM, Usluer MS, Kahraman HA. Bee pollen: Its antioxidant activity. U Arı D - U Bee J, 2021;21(1):119-131
- Wang J, Li S, Wang Q, Xin B, Wang H. Trophic effect of bee pollen on small intestine in broiler chickens. J Med Food, 2007;102:276-280
- Watanabe C, Miyata R, Wakayama S, Kumazawa S. New acylated flavonoid isolated from Thai bee pollen using molecular networking analysis and determination of its catechol-O-methyltransferase inhibitory activity. Phytochem Lett, 2023;53:239-244
- Yang S, Wei K, Jia F, Zhao X, Cui G, Guo F, Zhu R. Characterization and biological activity of *Taishan Pinus massoniana* pollen polysaccharide in vitro. PloS One, 2015;10(3):e0115638
- Zhou CM, Yin SJ, Yu ZF, Feng YX, Wei K, Ma WM, Ge LJ, Yan ZG, Zhu RL. Preliminary characterization, antioxidant and hepatoprotective activities of polysaccharides from *Taishan Pinus massoniana* pollen. Molecules, 2018;23:281
- Zuluaga C, Martínez A, Fernández J, López-Baldó J, Quiles A, Rodrigo D. Effect of high pressure processing on carotenoid and phenolic compounds, antioxidant capacity, and microbial counts of bee-pollen paste and bee-pollen-based beverage. Innov Food Sci Emerg Technol, 2016;37:10-17