

DERLEME / REVIEW

FONKSİYONEL BİR ARICILIK ÜRÜNÜ OLAN ARI SÜTÜNÜN BAZI ÖZELLİKLERİ ve SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ

Some Properties of Royal Jelly a Functional Beekeeping Product and Its Health Effects

Gülizar MUTLU, Doğa AKBULUT, Nurten Seha AYDIN, Ceren MUTLU*

Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Balıkesir, TÜRKİYE, E-posta: glzrmutlu2808@icloud.com, ORCID No: 0009-0004-4757-5693 E-posta: dogakbulut@gmail.com, ORCID No: 0009-0006-9248-2239, E-posta: sehaaydin1522@gmail.com, ORCID No: 0009-0008-8938-0295, Yazışma Yazarı / Corresponding author: ceren.mutlu@balikesir.edu.tr, ORCID No: 0000-0003-4943-2798

Geliş Tarihi / Received: 02.04.2023

Kabul Tarihi / Accepted: 26.04.2023

DOI: 10.31467/uluaricilik.1275691

ÖZ

İşçi bal arılarının hipofaringeal ve mandibular bezlerinden salgılanan arı sütü beyazımsı renkte, kendine özgü kokuda, ekşimsi tatlı bir tatta ve viskoz yapıda olan doğal bir arıcılık ürünüdür. Yapısında çeşitli karbonhidratlar, proteinler, esansiyel aminoasitler, lipitler, yağ asitleri, B grubu vitaminleri ile A, C, D ve E vitaminleri, potasyum, kalsiyum, sodyum, magnezyum gibi mineraller ve fenolik bileşikler bulunması nedeniyle arı sütünün besin değeri yüksektir. Arı sütünün sahip olduğu bu zengin biyoaktif bileşik içeriği sayesinde antimikrobiyal, antioksidan, antiinflamatuvar, antidiyabetik, antikanser ve antihipertansif etkiler ile bağışıklık, sinir ve sindirim sistemleri üzerine birçok olumlu etkileri bulunmaktadır. Bu nedenle toplumun farklı kesimleri tarafından doğrudan arı sütü şeklinde veya bal, polen veya propolis karışımları halinde takviye gıda olarak tüketimi tercih edilmektedir. Bu çalışma arı sütünün bazı fiziksel, duyuşsal ve kimyasal özellikleri, sağlık üzerine etkileri ve gıda olarak tüketimi ile ilgili bilgilerin derlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Arı sütü, royalisin, 10-HDA, antimikrobiyal, antidiyabetik

ABSTRACT

Royal jelly, secreted from the hypopharyngeal and mandibular glands of worker honeybees, is a natural beekeeping product with a whitish colour, distinctive odour, sour-sweet taste, and viscous structure. It has a high nutritional value because it contains various carbohydrates, proteins, essential amino acids, lipids, fatty acids, B group vitamins, vitamins A, C, D, and E, and minerals such as potassium, calcium, sodium, magnesium, and phenolic compounds. It has antimicrobial, antioxidant, antiinflammatory, antidiabetic, anticancer, and antihypertensive effects and many positive effects on the immune, nervous, and digestive systems because of its rich bioactive contents. For this reason, its consumption is preferred by society as a supplementary food and can be consumed directly in the form of royal jelly or honey, pollen, or propolis mixtures. This study was carried out to review information about some physical, sensorial, and chemical properties of royal jelly, its effects on health, and its consumption as a food.

Keywords: Royal jelly, royalisin, 10-HDA, antimicrobial, antidiabetic

DERLEME / REVIEW

EXTENDED ABSTRACT

Purpose: Royal jelly, produced in the hypopharyngeal and mandibular glands of worker honeybees, is the only food source of queen bees throughout their lives, and the bee larvae are also fed with royal jelly in the first few days of development. It is a nutritious beekeeping product for humans same as for honeybees. Additionally, since the economic value of royal jelly is higher than other beekeeping products such as honey, pollen, and propolis, its commercial production has gained importance and become an important source of income for beekeepers around the world. Therefore, it was aimed to summarise the production, some physical and chemical properties, health effects, usage as food, and some side effects of consumption of this valuable product based on the literature.

Discussion: Royal jelly has a whitish colour, a distinctive strong odour, a sourish-sweet taste, and gelatinous consistency. It includes carbohydrates such as fructose, glucose, sucrose, trehalose, maltose, erlose, melibiose, ribose, gentiobiose, isomaltose, and raffinose; main royal jelly proteins, royalicin, jelleines, apisimin, royalactin and essential amino acids such as arginine, histidine, isoleucine, leucine, lysine, methionine, phenylalanine, threonine, tryptophan; waxes, steroids, phospholipids and fatty acids such as 8-hydroxyoctanoic, 3-hydroxydecanoic, 9-hydroxydecanoic, 9-hydroxy-2-decanoic, 10-hydroxydecanoic, 10-hydroxy-2-decenoic, 3,10-dihydroxydecanoic, 2-octene-1,8-dioic and 2-decene-1,10-dioic acid; B group vitamins such as thiamine, riboflavin, niacin, pantothenic acid, pyridoxine, biotin, folic acid and cobalamin, and vitamins A, C, D and E; minerals such as potassium, calcium, sodium, magnesium, zinc, iron, copper and manganese; phenolic compounds such as *p*-coumaric acid, benzoic acid, rosmarinic acid, kaempferol, gallic acid, *p*-hydroxybenzoic acid, ferulic acid, quercetin, myricetin, pyrogallol, syringic acid, ellagic acid and cinnamic acid. It has antimicrobial, antioxidant, antiinflammatory, antidiabetic, anticancer, and antihypertensive effects and many positive effects on the immune, nervous, and digestive systems due to these compounds.

Conclusion: Royal jelly is an important food source for honeybees due to its rich bioactive compounds, but it is also a potential natural nutritive product for humans. Royal jelly is commercially available in

natural form or found as a mixture of other products such as honey, pollen, and propolis. It can be consumed daily in different amounts by babies, children, and adults according to their physiological status. However, royal jelly may cause allergic symptoms in some people, and it is recommended that people who are sensitive to allergic reactions, pregnant and lactating women, and young children should be careful in the consumption of royal jelly therefore allergy tests should be done before the consumption of royal jelly.

GİRİŞ

Fonksiyonel gıdalar, besleyici değerlerinin yanı sıra bireyler üzerinde fizyolojik veya psikolojik bir etkiyi olumlu ve özel olarak teşvik edecek şekilde sağlığın korunmasına katkıda bulunan gıdalar olarak nitelendirilmektedir. Bal, propolis ve arı sütü gibi arıcılık ürünlerinin fonksiyonel gıda özelliği taşıyan ürünler oldukları belirtilmektedir (Viuda-Martos vd. 2008).

Arı sütü işçi bal arılarının hipofaringeal ve mandibular bezlerinden salgılanmaktadır (Özkök vd. 2021). Arı sütü kraliçe arıların tüm yaşamları boyunca tek besin kaynağıdır ve aynı zamanda larvaların gelişiminin ilk birkaç gününde larvalar arı sütü ile beslenmektedir (Damico vd. 2021). Arı sütü yapısında su, proteinler, aminoasitler, karbonhidratlar, yağ asitleri, lipitler, mineraller, vitaminler ve uçucu bileşikler bulunan karmaşık bileşime sahip bir üründür (Collazo vd. 2021). İçerdiği doğal biyoaktif bileşenler sayesinde antikanser, antioksidan, antimikrobiyal, antiinflamatuvar etkiler gibi farmakolojik özellikler göstermekte ve bu özellikler arı sütünü sağlığı koruyucu ve geliştirici kriterlere sahip bir besin takviyesi haline getirmektedir. Geleneksel tıpta özellikle Asya ve Eski Mısır'da uzun süredir kullanılan arı sütü son yıllarda doğal ürünlere olan ilginin büyük ölçüde artmasının bir sonucu olarak ilaç, gıda ve kozmetik endüstrileri gibi birçok farklı alanda değerlendirilmektedir (Salama vd. 2022). Arı sütü ile ilgili gerçekleştirilen araştırmalardan hareketle bu çalışmada arı sütünün bazı fiziksel, duyuşsal ve kimyasal özellikleri, sağlık üzerine etkileri ve gıda olarak kullanımı ile ilgili bilgilerin derlenmesi amaçlanmıştır.

Arı Sütü Üretimi

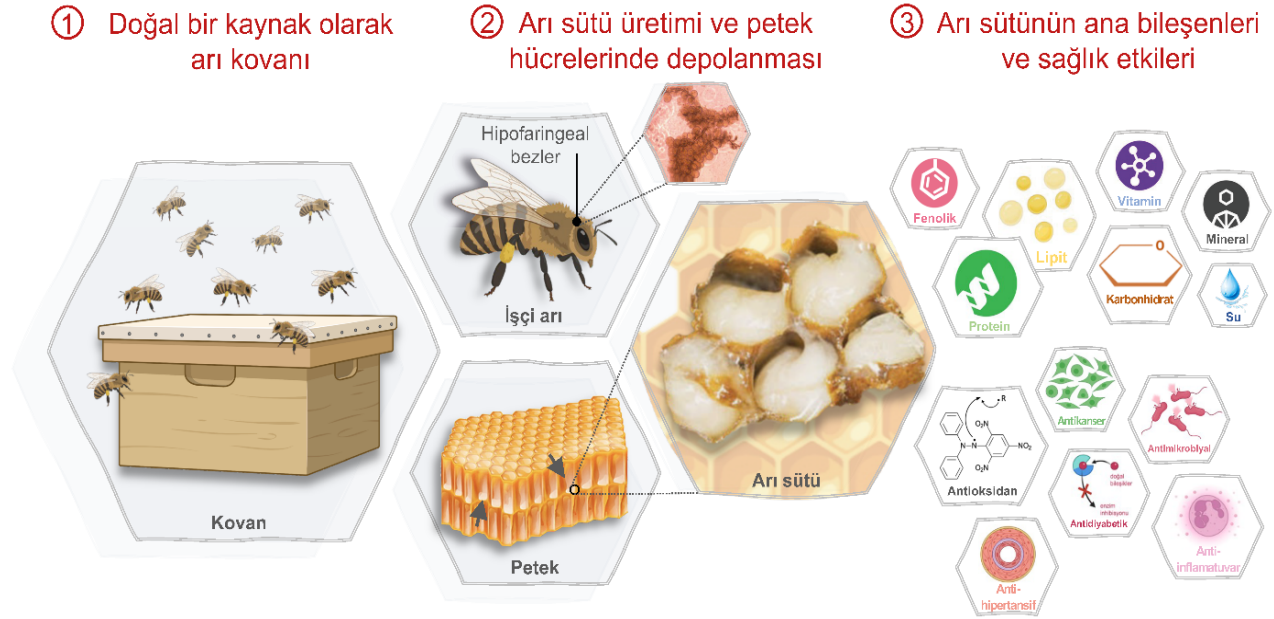
Arı sütünün ekonomik değeri bal, polen ve propolis gibi diğer arı ürünlerinden daha yüksek olduğu için

DERLEME / REVIEW

ticari olarak üretimi önem kazanmıştır ve dünya çapında arıcıların önemli bir gelir kaynağı haline gelmiştir. Çin yılda yaklaşık 4000 ton arı sütü üretimi ile dünyadaki toplam üretimin %90 kadarını gerçekleştirmektedir. Ayrıca Vietnam, Tayvan, Kore, Japonya, Yunanistan, İspanya, Fransa, İtalya ve Meksika gibi ülkelerde de arı sütü üretimi yapılmaktadır (Khan vd. 2021). Arı sütü üretim aşamaları Şekil 1'de gösterilmiştir.

İşçi bal arılarının hipofaringeal ve mandibular bezlerinden salgılanan arı sütünün yüksek verimde üretimi için üretim sezonu boyunca iyi bir kraliçe arı, büyük ve güçlü bir koloni, yeterli besin kaynağı, uygun sıcaklık (20-30 °C), etkin ve uygun üretim malzemeleri ve deneyimli arıcılar gerekmektedir. Tüm bu gerekliliklerin arasında en önemli faktör ise arı sütü üretim performansını önemli düzeyde etkilemesi bakımından iyi bir kraliçe arının varlığıdır (Altay vd. 2019). Arı sütünün standart üretimi yapay larvaların aşılması ile yapılmaktadır. İşçi arı larvaları yumurtadan çıktıktan 12-18 saat sonra

aşılama kalemi ile yapay kraliçe arı hücrelerine aşılır ve koloni, işçi arıları larvalarını beslemek için arı sütü üretmeye teşvik edilir. Larvalar 68-72 saat sonra cımbızla aşılandıkları yerden çıkarılarak üretilen arı sütü toplanır. Larva aşılama ve arı sütü üretimi zaman alıcı, çok emek isteyen, larvaların varlığına ve üreticinin yeteneklerine bağlı bir işlem olduğundan, arı sütü üretiminde larva aşılması gerektirmeyen yeni bir yöntem geliştirilmiştir (Hu vd. 2019, Altay vd. 2019). Bu yeni yöntemde, aşılama gerektirmediğinden verimli olduğu kadar kullanışlı da olan bir cihaz kullanılmaktadır. Kullanılan cihaz; düzenli delikleri olan bir plastik temelden, delikleri doldurmak için peteğe sokulabilen bir çubuğa monte edilmiş plastik hücre tabanlarından ve arı sütü üretim çubukları üzerindeki dipsiz plastik kraliçe kaplarından oluşmaktadır. Ayrıca arı sütünü toplama makineleri geliştirilmesiyle arı sütü üretiminde işçilik ihtiyacı azalmış ve hasat verimliliği artmıştır. Çin'de geliştirilen bir arı sütü toplama makinesi ile 40 dakikada 12 kg kadar arı sütünün toplanabildiği bildirilmiştir (Altay vd. 2019).



Şekil 1. Arı sütü üretim aşamaları

Arı Sütünün Fiziksel ve Duyusal Özellikleri

Arı sütü beyazımsı bir renk ile karakterize edilmekte olup bu renk depolama sırasında sarıya dönme eğilimi göstermektedir (Miguel ve El-Guendouz

2017, Kausar ve More 2019, El-Guendouz vd. 2020a). Chen vd. (2023) tarafından yapılan bir çalışmada bir hafta depolanmış farklı arı sütü örneklerinin L^* , a^* ve b^* renk değerlerinin sırasıyla 48.99, -3.70 ve 16.19 olarak tespit edildiği

DERLEME / REVIEW

bildirilmiştir. Ayrıca liyofilizasyon ile kurutulmuş arı sütü örneğinin L^* , a^* ve b^* renk değerlerinin de sırasıyla 89.80, -0.53 ve 20.54 olduğu rapor edilmiştir (Li vd. 2022).

Arı sütü ayırt edilebilir keskin bir kokuda, ekşimsi tatlı bir tatta ve yüksek asitliğe sahip (pH 3,4-4,5) bir üründür. Ayrıca suda kısmen çözünür özellik gösteren arı sütünün yoğunluğunun 1,1 g/mL olduğu bildirilmiştir (Sabatini 2009, El-Guendouz vd. 2020a).

Arı sütü jelatinimsi kıvamı ile karakteristik bir yapıdadır ve viskozitesi su içeriğine ve tazeliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Ayrıca arı sütünün yapısının depolama koşullarına bağlı olarak da etkilendiği ve arı sütünün oda sıcaklığında depolanmasının renk ve viskozite gibi organoleptik özelliklerini değiştirdiği rapor edilmiştir (Ramanathan vd. 2018). Uygun olmayan koşullarda depolanan arı sütünün viskozitesinin arttığı, renginin koyulaştığı ve arı sütünde ransit tat oluştuğu bildirilmiş olup, kalitesinin korunması için donmuş halde saklanması önerilmektedir (Kausar ve More 2019, Ramanathan

vd. 2018). Yapılan bir çalışmada oda sıcaklığında bir hafta depolanan arı sütü örneklerinin viskozite değerinin 7.05 Pa.s olduğu ve bu değer 30 günlük depolama sonunda 8.74 Pa.s değerine yükseldiği bildirilmiştir (Chen vd. 2023).

ARI SÜTÜNÜN KİMYASAL KOMPOZİSYONU

Su içeriği

Arı sütü yüksek miktarda (>%60) su içeriğine sahiptir ve su içeriği arı sütünün kalitesi üzerinde etkilidir (Kausar ve More 2019). ISO 12824 arı sütü standardına göre saf arı sütünün su içeriğinin %62,00-68,50 aralığında (Anonymous 2016) ve TS 6666 arı sütü standardına göre ise %60,00-70,00 aralığında olması gerekmektedir (Anonim 2010). Arı sütünün su içeriği üretim mevsimi, üretim şekli ve saklama koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Kanelis vd. 2015, Bagameri vd. 2022). ISO 12824 Standardı'na göre arı sütünün taşınması gereken kimyasal bileşim özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. ISO 12824 Standardı'na göre arı sütünün taşınması gereken kimyasal bileşim özellikleri (Anonymous 2016)

Özellikler	Standart Değerleri		
		Tip 1	Tip 2
Nem içeriği	En az	%62,00	%62,00
	En çok	%68,50	%68,50
10-hidroksi-2-dekenoik asit (10-HDA)	En az	%1,40	%1,40
Protein	En az	%11,00	%11,00
	En çok	%18,00	%18,00
Toplam şeker	En az	%7,00	%7,00
	En çok	%18,00	%18,00
Fruktoz		%2,00-9,00	%2,00-9,00
Glikoz		%2,00-9,00	%2,00-9,00
Sakkaroz		<%3,00	-
Erloz		<%0,50	-
Maltoz		<%1,50	-
Maltotrioz		<%0,50	-
Toplam asitlik [(1 mol/L NaOH) mL/100 g]	En az	30,00	30,00
	En çok	53,00	53,00
Toplam lipit		%2,00-8,00	%2,00-8,00
C ₁₃ /C ₁₂ oranı (δ ‰)		-29 ila -20	-29 ila -14

DERLEME / REVIEW

Bazeyad vd. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, Suudi Arabistan'da toplanan 12 farklı taze arı sütü örneğinin nem içeriklerinin %61,70-76,80 aralıklarında olduğu bildirilmiştir. Türkiye'de yapılan çalışmalarda arı sütü örneklerinin nem içeriklerinin %62,50-68,50 (Kanelis vd. 2015) ve %61,60-73,00 (Kolayli vd. 2016) değerlerinde olduğu rapor edilmiştir. Yunanistan'dan toplanan arı sütü örnekleri ile gerçekleştirilen bir araştırmada ise arı sütü örneklerinin nem içeriklerinin %46,70-73,20 aralığında bulunduğu bildirilmiştir (Kanelis vd. 2015).

Karbonhidrat içeriği

Arı sütü bileşiminin %7,50-15,00 kadarını karbonhidratlar oluşturmaktadır. ISO 12824 arı sütü standardına göre saf arı sütünün toplam şeker içeriğinin %7,00-18,00 aralığında olması gerekmektedir (Anonymous 2016). Arı sütünün karbonhidrat içeriğinin mevsime, coğrafik bölgeye, botanik kaynağına, arı türüne ve üretim metoduna göre değişiklik gösterebildiği rapor edilmiştir (Kunugi ve Mohammed Ali 2019). Ancak majör karbonhidratların türlerinin çoğunlukla aynı olduğu, sadece miktarlarında farklılık olabildiği belirtilmiştir (Maghsoudlou vd. 2019).

Arı sütünün karbonhidrat içeriğinin %90 kadarı fruktoz ve glikozdur ve bu karbonhidratlar arı sütünde ortalama %2,30-8,10 oranında bulunmaktadır (Collazo vd. 2021). Ayrıca arı sütünün yapısında %0,80-3,60 oranda sakkaroz da bulunmaktadır (Kunugi ve Mohammed Ali 2019). ISO 12824 arı sütü standardına göre saf arı sütünün fruktoz ve glikoz içeriklerinin %2,00-9,00 aralığında ve sakkaroz içeriğinin ise %3,00 değerinin altında olması gerekmektedir (Anonymous 2016). Bu karbonhidratların yanı sıra az miktarda trehaloz, maltoz, erloz, melibiyoz, riboz, gentiobiyoz, izomaltoz, rafinoz ve melezitozun da arı sütünün yapısında bulunduğu ve bu bileşenlerin ürünün saflığının kontrolünde önemli olduğu rapor edilmiştir (Bagameri vd. 2022).

Protein ve aminoasit içeriği

Arı sütünün protein içeriği %9,00-18,00 değerleri arasında değişmektedir (El-Guendouz vd. 2020a). ISO 12824 arı sütü standardına göre saf arı sütünün toplam protein içeriğinin %11,00-18,00 aralığında (Anonymous 2016) ve TS 6666 arı sütü standardına göre ise %9,00-18,00 aralığında olması gerekmektedir (Anonim 2010). Farklı ülkelerde üretilen arı sütleri ile yapılan çalışmalarda ise arı sütü örneklerinin protein içeriklerinin %10,20-19,60

olduğu rapor edilmiştir (El-Guendouz vd. 2020a). Protein içeriğinin %80 kadarını ise molekül ağırlıkları 49-87 kDa arasında değişen arı sütünün ana proteinleri (MRJP) oluşturmaktadır (Maghsoudlou vd. 2019, Melliou ve Chinou 2014). Bu proteinler birçok esansiyel aminoasidi yapısında bulundurduğu için kraliçe arıların gelişiminde önemli rol oynamaktadır (Maghsoudlou vd. 2019). Arı sütünün ana proteinlerinde bulunan esansiyel aminoasitlerin arginin, histidin, izolösin, lösin, lizin, metiyonin, fenilalanin, treonin, triptofan ve valin olduğu ve ana proteinlerin MRJP1, MRJP2, MRJP3, MRJP4, MRJP5, MRJP6, MRJP7, MRJP8 ve MRJP9 olmak üzere dokuz farklı alt üyesinin bulunduğu rapor edilmiştir (Ramanathan vd. 2018). Ancak son yıllarda filogenetik olarak eski bir bal arısı türü olan *Apis florea* kaynaklı ve MRJP10 olarak adlandırılan yeni bir üyenin de olduğu belirtilmiştir (Helbing vd. 2017). MRJP1, 2 ve 4 üyelerinde lösin ve valin; MRJP3 üyesinde arginin ve lizin; MRJP5 üyesinde arginin ve metiyonin; MRJP6, 7 ve 8 üyelerinde lösin ve MRJP9 üyesinde ise izolösin aminoasitlerinin miktarlarının daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Ramanathan vd. 2018).

MRJP1, arı sütü ana proteinlerinin yaklaşık %45 kadarını oluşturan ve moleküler ağırlığı 350-420 kDa arasında olan zayıf asidik bir glikoproteindir (Maghsoudlou vd. 2019). Bu proteinin degradasyonu arı sütünün depolama sıcaklığı ve süresi ile pozitif korelasyon gösterdiğinden MRJP1 proteini arı sütü kalitesi ve tazeliğini değerlendirmede önemli bir indikatör olarak kabul edilmektedir (Guo vd. 2021). MRJP2, 3, 4 ve 5 proteinleri sırasıyla 49,60-70,60 ve 80 kDa moleküler ağırlıklara sahip bazik özellik gösteren glikoproteinlerdir (Maghsoudlou vd. 2019). MRJP6 ve MRJP7 arıların hipofaringeal bezlerinden salgılanan proteinlerdir. Ayrıca MRJP7'nin bakıcı arıların beyinlerinde de bulunduğu belirtilmiştir. MRJP 8 ve 9 proteinleri arı sütü ana protein ailesinin en eski üyeleri olarak ifade edilmektedir ve MRJP8 proteini diğer proteinlere göre arı sütünde daha az miktarlarda bulunmaktadır (Ramanathan vd. 2018).

Arı sütü ana proteinlerinden daha düşük miktarda bulunan diğer arı sütü proteinleri ise royalisin, jelleinler, apisimin ve royalaktindir. Royalisinin kökeni bilinmemekle beraber doğrudan bal arısı kaynaklı olabileceği varsayılmaktadır. Royalisin 51 aminoasit kalıntısından oluşan amfifilik bir proteindir ve yapısında bulunan disülfid bağları sayesinde yüksek sıcaklık ve düşük pH değerlerinde oldukça stabildir. Jelleinler, MRJP1 proteinlerinin spesifik proteazlar ile parçalanması sonucu oluşan ve

DERLEME / REVIEW

hidrofobik kalıntılar içeren bir protein fraksiyonudur (Fratini vd. 2016). Apisimin proteininin bal arısının kafasında yüksek oranda var olduğu ve MRJP 1 proteinini güçlü bir şekilde bağlama kapasitesine sahip olduğu rapor edilmiştir. Arı sütü proteininde bulunan ve 54 aminoasit kalıntısından oluşan bir polipeptit olan apisiminin valin (%18,5) ve serin (%16,7) aminoasitleri bakımından zengin olduğu, yapısında sistein içermediği ve aromatik aminoasitlerden sadece fenilalanini bulundurduğu rapor edilmiştir. Ayrıca içerdiği 54 aminoasit kalıntısında metiyonin, prolin, arginin, histidin, tirozin ve triptofan da bulunmadığı bildirilmiştir (Bärnuțiu vd. 2011). Royalaktin proteininin ise kraliçe arının farklılaşmasında rol oynadığı rapor edilmiştir (Fratini vd. 2016).

Lipit ve yağ asidi içeriği

Arı sütündeki lipit fraksiyonu %3,00-6,00 kadar olup lipit içeriğinin koloninin gelişmesi için önemli biyolojik aktivitelerden sorumlu olduğu belirtilmiştir (Collazo vd. 2021). Arı sütündeki lipitlerin özellikle kolesterol seviyelerinin düşürülmesinde ve sağlıklı nöronları kaplayan miyelinin yalıtımını sağlayan glial hücrelerinin uyarılmasında rol oynadıkları belirtilmiştir (Bärnuțiu vd. 2011).

Arı sütünde bulunan lipitlerin %80-90 kadarını ise serbest yağ asitleri oluşturmaktadır (Collazo vd. 2021). Arı sütünde ayrıca mumlar (%5,0-6,0), steroidler (%3,0-4,0) ve fosfolipitlerin (%0,4-0,8) de bulunduğu rapor edilmiştir (Ahmad vd. 2020, Li vd. 2013).

Yağ asidi fraksiyonunun yaklaşık %80-90 kadarı zincirde 8 ve 10 karbon atomu içeren mono- ve dihidroksi asitler ve dikarboksilik asitlerden oluşmaktadır (Kocot vd. 2018, Collazo vd. 2021). Arı sütünde 8-hidroksioktanoik, 3-hidroksidekanoik, 9-hidroksidekanoik, 9-hidroksi-2-dekenoik, 10-hidroksidekanoik, 10-hidroksi-2-dekenoik (10-HDA), 3,10-dihidroksidekanoik, 2-okten-1,8-dioik ve 2-deken-1,10-dioik asitlerin bulunduğu rapor edilmiştir (Kolaylı vd. 2016). Arı sütünün ana yağ asidi ise 10-HDA olarak bildirilmiş olup bu yağ asidinin varlığı başka bir arıcılık ürününde veya doğal ham bir kaynaktan rapor edilmediğinden arı sütünün kalitesi ve doğruluğu hakkında bilgi vermektedir (El-Guendouz vd. 2020a). Arı sütündeki 10-HDA miktarının %0,75-3,39 aralığında değiştiği bildirilmiştir (Kocot vd. 2018). Ayrıca 10-HDA bileşiği, 10-hidroksidekanoik asit ve sebasik asit ile birlikte arı sütünün toplam organik asit içeriğinin %80,00-90,00 kadarından fazlasını oluşturmaktadır

(Çelik vd. 2022). Yapılan bir çalışmada, 18 farklı arı sütü örneğinin toplam yağ asidi içeriğinin %2,30-7,30 ve 10-HDA içeriğinin ise %1,00-3,90 aralığında olduğu rapor edilmiştir (Kolaylı vd. 2016).

Vitamin içeriği

Arı sütünün vitamin içeriği arı sütündeki vitaminlerin temel kaynağı olan çiçek polenlerini etkileyen mevsimsel değişimlere bağlı olarak farklılık göstermekle birlikte, arı sütünde B grubu vitaminlerin ve özellikle de pantotenik asit miktarının yüksek olduğu belirtilmiştir (Fratini vd. 2016).

Arı sütünün yapısında tiamin (B1), riboflavin (B2), niasin (B3), pantotenik asit (B5), piridoksin (B6), biyotin (B7), folik asit (B9) ve kobalamin (B12) bulunduğu rapor edilmiştir (Collazo vd. 2021, Guo vd. 2021). Ayrıca bu vitaminlerin yanı sıra arı sütünde A, C, D ve E vitaminlerinin de olduğu bildirilmiştir (Collazo vd. 2021). Arı sütünde bulunan A, C, D, E, B1, B2, B3, B5, B6, B9 ve B12 vitaminlerinin miktarlarının sırasıyla 1,10; 2,00; 0,20; 5,00; 2,06; 2,77; 42,42; 52,80; 11,90; 0,40 ve 0,15 mg/100 g olduğu rapor edilmiştir (Bärnuțiu vd. 2011, Xue vd. 2017).

Mineral içeriği

Arı sütünün mineral içeriğinin kuru maddede %2,00-5,00 aralığında olduğu rapor edilmiştir (Collazo vd. 2021). TS 6666 arı sütü standardına göre saf arı sütünün kül içeriğinin %0,80-3,00 aralığında olması gerekmektedir (Anonim 2010). Arı sütünde bulunan temel mineraller bulunma miktarlarına göre sırasıyla potasyum, kalsiyum, sodyum, magnezyum, çinko, demir, bakır ve mangan olarak bildirilmiştir. Ayrıca arı sütünde iz miktarda kobalt, baryum, tungsten, krom, nikel, vanadyum, kurşun ve molibden gibi minerallerin de olduğu rapor edilmiştir (Balan vd. 2020). Yapılan bir çalışmada, 30 farklı arı sütü örneğinin potasyum, fosfor, magnezyum, kalsiyum, sodyum, çinko ve demir içerikleri ortalamalarının sırasıyla 2031, 2009, 259, 153, 95, 21 ve 17 mg/kg olduğu; bakır, alüminyum, mangan, baryum, krom, selenyum, nikel, vanadyum ve molibden gibi minerallerin miktarının ise 5 mg/kg değerinin altında bulunduğu rapor edilmiştir (Balkanska vd. 2017).

Bal ve polen gibi diğer arı ürünlerinin mineral içerikleri botanik kaynağına ve üretildiği bölgenin toprak özelliklerine göre geniş bir aralıkta farklılık gösterirken, arı sütlerinin mineral madde içeriklerinin farklı botanik kaynaklardan veya coğrafi bölgelerde üretilenler dahi önemli derecede farklılık göstermedikleri raporlanmıştır. Bu durumun anne

DERLEME / REVIEW

sütüne benzer olarak bakıcı arılar tarafından arı sütündeki temel ve iz mineral maddelerin homeostatik olarak ayarlanması ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Collazo vd. 2021).

Fenolik bileşik miktarı ve kompozisyonu

Fenolik bileşikler sahip oldukları çeşitli terapötik ve biyolojik özelliklerinden dolayı en önemli kimyasal bileşik sınıflarından birisi olarak kabul edilmektedir. Fenolik bileşikler, biyoaktif yağ asitleri ve proteinler ile birlikte arı sütünün biyolojik özelliklerinin kaynağını oluşturmaktadır (El-Guendouz vd. 2020a). Arı sütü genç işçi arılar tarafından salgılandığı ve sınırlı miktarlarda diğer arı ürünleri ile karıştırıldığı için bal, polen ve propolis gibi diğer arıcılık ürünlerine göre daha düşük miktarlarda fenolik madde içermektedir (Kolaylı vd. 2016).

Türkiye’de beş farklı arı sütü örneği ile gerçekleştirilen bir çalışmada örneklerin ortalama toplam fenolik madde miktarının 59,16 mg GAE/100 g olduğu rapor edilmiştir (Özkök ve Silici 2017). Bir diğer araştırmada ise farklı üretim zamanlarında temin edilen arı sütü örneklerinin toplam fenolik madde miktarlarının 27,09-36,48 mg GAE/100 g olduğu ve fenolik bileşik miktarlarında örnekler ve toplanma zamanları açısından farklılık gözlemlendiği bildirilmiştir (Emir 2020). Arı sütünün fenolik bileşik kompozisyonunun incelendiği bir araştırmada ise arı sütünde *p*-kumarik asit, benzoik asit, rozmarinik asit, kaempferol, gallik asit, *p*-hidroksi benzoik asit, ferulik asit, *o*-kumarik asit, resveratrol, kuersetin, mirisetin, pirogallol, siringik asit, ellajik asit ve sinamik asidin bulunduğu rapor edilmiştir (Hassan vd. 2022). Ayrıca arı sütünde çeşitli flavonların (apigenin ve glikozitleri, luteolin, krizin ve akasetin), flavanonların (naringenin, hesperetin ve izosakuranetin), flavonollerin (kaempferol ve izoramnetin glikozitleri) ve izoflavonoidlerin (genistein ve formononetin) bulunduğu da bildirilmiştir (Ahmad vd. 2020).

ARI SÜTÜNÜN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ

Antimikrobiyal etki

Arı sütü eski çağlardan beri antimikrobiyal ajan olarak kullanılmaktadır (Khazaei vd. 2018, Civelek 2022). Arı sütünün gram pozitif ve gram negatif bakterilere karşı antimikrobiyal özelliğe sahip olduğu ilk kez 1939 yılında McCleskey ve Melampy tarafından keşfedilmiş ve daha sonra yapılan çeşitli araştırmalarda arı sütünün *Bacillus cereus*, *B. subtilis*, *Enterococcus faecium*, *E. faecalis*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella infantis*, *S. typhi*, *Staphylococcus aureus* ve *S.*

epidermidis gibi mikroorganizmalar üzerinde inhibe edici etkisinin olduğu rapor edilmiştir (Fratini vd. 2016).

Arı sütünün bileşimindeki 8-9 aminoasit kalıntısı içeren peptitler, apalbumin, royalisin, jelleinler, royalaktin, apisimin ve 10-HDA gibi biyoaktif bileşenlerin antimikrobiyal aktivite üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir (Šedivá vd. 2018, Nader vd. 2021, Collazo vd. 2021). Antimikrobiyal peptitlerin pozitif yükü, negatif yüklü hücre zarlarıyla etkileşime girerek bakteri hücrelerini denatüre etmekte ve böylelikle bakterilerin gelişimlerini inhibe etmektedir (Collazo vd. 2021).

Yapılan bir çalışma ile arı sütü proteinlerinden apalbumin2'nin *Paenibacillus larvae*, *B. subtilis* ve *E. coli* üzerinde antimikrobiyal etkisinin olduğu ve bu etkinin apalbumin2 bileşiğinin yapısında bulunan yüksek mannoz içeriğinden kaynaklanabileceği rapor edilmiştir (Bíliková vd. 2009). Arı sütünün protein bileşenlerinden biri olan royalisinin toplam 51 aminoasit ve bunlar arasında ise 6 sistein kalıntısı içerdiği ve mantarlara ve bakterilere karşı antimikrobiyal etki gösterdiği bildirilmiştir. Rekombinant olarak üretilen royalisinin de gram pozitif bakterilerin hücre duvarları ve zarlarını parçalayarak işlev bozukluğuna neden olduğu rapor edilmiştir (Kim vd. 2019). Yapılan bir çalışmada, üretilen rekombinant royalisinin gram pozitif bakteriler olan *B. subtilis*, *Micrococcus flavus* ve *S. aureus* mikroorganizmalarının hücre zarları ve duvarlarına zarar vererek inhibe ettiği, ancak gram negatif bakteriler olan *E. coli*, *S. typhimurium* ve *Proteus vulgaris* ile *Aspergillus oryzae*, *Penicillium viridicatum* ve *Pichia pastoris* üzerinde antimikrobiyal bir etki göstermediği bildirilmiştir (Shen vd. 2012). Arı sütünde jelleinler olarak bilinen antimikrobiyal peptitlerin ise *B. subtilis*, *E. coli*, *K. pneumoniae*, *Listeria monocytogenes* ve *S. aureus* mikroorganizmaları üzerine inhibe edici etki gösterdiği belirtilmiştir (Fratini vd. 2016).

Antimikrobiyal peptitler dışında arı sütünün bileşiminde bulunan 10-HDA bileşiğinin de bal arısı larvalarında Amerikan yavru çürüklüğüne neden olan *Paenibacillus larvae* mikroorganizmasının farklı suşları üzerinde antimikrobiyal etki gösterdiği rapor edilmiştir (Šedivá vd. 2018).

Antioksidan etki

Arı sütünün antioksidan özelliğe sahip olmasını sağlayan maddelerin bileşiminde bulunan proteinler (MRJP1-9) ve peptitler olduğu belirtilmiştir (Collazo

DERLEME / REVIEW

vd. 2021, Civelek 2022). Yapılan bir çalışma ile arı sütünde antioksidan etki içeren 29 peptit izole edilmiş olup bu peptitler arasından 2-4 aminoasit kalıntısı olan (alanin-lösin, fenilalanin-lisin, fenilalanin-arginin, izolösin-arginin, lisin-lösin, lösin-aspartik asit-arginin, lisin-asparajin-tirozin-prolin) ve özellikle tirozin kalıntıları içeren küçük peptitlerin antioksidan özellik taşıdığı bildirilmiştir (Guo vd. 2009). Ayrıca protein ve peptitlerin yanı sıra arı sütünde bulunan fenolik bileşiklerin de antioksidan aktiviteye katkı sağladığı rapor edilmiştir (Ecem Bayram vd. 2021). Fas, Portekiz ve İspanya'dan temin edilen farklı arı sütü örnekleri ile yapılan bir çalışmada örneklerin ABTS, DPPH, süperoksit ve nitrik oksit radikalleri ile hidrojen peroksit üzerine antioksidan aktivite gösterdiği bildirilmiştir. Bu çalışmada arı sütündeki fenolik bileşiklerin tüm radikaller ve hidrojen peroksit üzerinde etkili olduğu, ancak proteinlerin ise sadece DPPH radikali ile hidrojen peroksit üzerinde antioksidan etki gösterdiği belirtilmiştir (El-Guendouz vd. 2020b). Fareler üzerinde yapılan bir çalışmada ise kısıtlama ve soğuk stres uygulanan farelere arı sütü takviye edilerek arı sütünün farelerin glisemi, plazma enzimleri, kortikosteron seviyesi ve hepatic antioksidan sistemi üzerine etkisi incelenmiştir. Deney sonucunda arı sütü takviyesinin kortikosteron seviyesini düşürdüğü, toplam antioksidan kapasiteyi iyileştirdiği ve stres ortamında glisemi kontrolüne yardımcı olduğu rapor edilmiştir (Caixeta vd. 2018).

Antiinflamatuvar etki

İnflamasyon fiziksel, kimyasal veya mikrobiyal etkiler ile oluşan lokal tahribe karşı vücudun gösterdiği tepki olup kızarıklık, ısınma, acı ve şişme şeklinde göstergeleri bulunmaktadır. Arı sütü antiinflamatuvar etkisi nedeniyle ilaçlara karşı alternatif doğal bir ürün olarak önerilmektedir (El-Guendouz vd. 2020a). Arı sütündeki antiinflamatuvar etkiye sahip önemli bileşenlerden birisinin 10-HDA olduğu belirtilmiştir (Yang vd. 2018). Ayrıca yapılan araştırmalarda MRJP1, MRJP2 ve MRJP3 proteinlerinin de antiinflamatuvar aktivite gösterdiği rapor edilmiştir (Mureşan vd. 2022).

Yapılan bir çalışmada arı sütünün farelerde proinflamatuvar sitokinlerin (TNF- α , IL-6 ve IL-1) sekresyonunu baskılaması nedeniyle antiinflamatuvar aktivite gösterdiği bildirilmiş olup arı sütünün inflamatuvar bağırsak hastalıkları gibi otoimmün hastalıklarda yaşam kalitesinin iyileştirilmesi için etkili bir besin takviyesi olabileceği belirtilmiştir (Kohno vd. 2004). Yapılan bir diğer

araştırmada arı sütünden izole edilen 10-HDA bileşiğinin proinflamatuvar sitokinler olan TNF- α , IL-1 β ve IL-8'in üretimini inhibe ettiği ve bu nedenle arı sütündeki 10-HDA bileşiğinin antiinflamatuvar aktivitesi yoluyla gastrointestinal sisteme fayda sağlayabileceği değerlendirilmiştir (Yang vd. 2018). Fareler üzerinde yapılan bir çalışmada ise 2,4,6-trinitrobenzensülfonik asit ile indüklenen kolitte arı sütü ile ağızdan uygulanan tedavi sonucunda arı sütünün bağırsak mukozasını korumada etkili olduğu bildirilmiştir (Manzo vd. 2015).

Bağışıklık düzenleyici etki

Arı sütünün vücuttaki hücrelerin yenilenmesi, üretimi ve metabolizması üzerinde etkili olarak organizmanın tüm dokularında canlılık, sağlık, enerji ve yüksek bağışıklık sağladığı bildirilmektedir. Arı sütünde bulunan γ -globülin, enfeksiyonu engellemekte ve bağışıklık sistemini güçlendirmektedir (Strant vd. 2019). Ayrıca yapılan *in vivo* ve *in vitro* çalışmalarda MRJP3 proteininin güçlü bağışıklık düzenleyici aktiviteye sahip olduğu rapor edilmiştir. Arı sütünde bulunan 10-HDA ve 3,10-DDA (3,10-dihidroksidekanoik asit) gibi yağ asitlerinin de allojenik T-hücre proliferasyonunu ve IL-2 üretimini azaltarak güçlü immünomodülatör aktivite gösterdikleri belirtilmiştir (Ahmad vd. 2020).

Çocuklarda sistemik lupus eritematozus ile ilgili yapılan bir çalışmada, üç aylık arı sütü uygulamasından sonra iyileşme görüldüğü bildirilmiştir (Zahran vd. 2016). Yapılan bir diğer çalışmada β -laktoglobuline (β -Lg) alerjisi olan farelere arı sütü uygulaması ile serumdaki anti β -Lg, IgE, IgG ve plazmadaki histamin seviyelerinin düştüğü, alerjik semptomların hafiflediği ve bağırsak disfonksiyonunun önemli ölçüde azaldığı rapor edilmiştir (Guendouz vd. 2017). Fareler üzerinde yapılan başka bir çalışmada ise siklofosfamid ile indüklenen farelerde vücut, timus ve dalak ağırlığının 10-HDA etkisi ile geri kazanıldığı ve buradan hareketle 10-HDA bileşiğinin immüno-organ korumada potansiyel rolünün bulunduğu bildirilmiş olup, arı sütünün hipoiimmünite tedavisinde doğal bir ürün olarak kullanılabileceği belirtilmiştir (Fan vd. 2020).

Sinir sistemi üzerine etki

Arı sütünün hafızayı geliştirme, yaşlılığı önleme, enerjiyi artırma, kaygıyı azaltma ve hiperaktif bireyleri sakinleştirme gibi etkilerinin olduğu bildirilmiştir (Pavel vd. 2011). Yapılan araştırmalarda arı sütünün bal arılarının öğrenmelerini ve hafıza

DERLEME / REVIEW

yeteneklerini geliştirdiği (Shi vd. 2018) ve farelerde ise bilişsel eksiklikleri iyileştirdiği (You vd. 2018) belirtilmiştir.

Arı sütü hem periferik hem de merkezi sinir sistemlerinde bir nörotransmitter ve somatik sinir sisteminin motor bölümünde kullanılan tek nöromodülatör olan asetilkolini içermektedir (Pavel vd. 2011). Arı sütünde bulunan 10-HDA bileşiğinin de nöronların oluşumunu artırdığı ifade edilmiştir (Mohamed vd. 2015). Yapılan bir çalışmada arı sütünün beyin hücreleri farklılaşmasında önemli bir rol oynadığı, oral olarak uygulanan arı sütü tedavisinin bilişsel süreçte kritik rol oynayan hipokampal granül hücrelerinin yenilenmesi nedeniyle nöral işlevi iyileştirdiği ve ayrıca beyni oksidatif hasardan koruduğu bildirilmiştir (Ahmad vd. 2020). Bu etkilerin yanı sıra arı sütü alımının menopoza bağlı nörolojik bozuklukların hafifletilmesinde etkili olduğu ve kolesterol ve beta-amiloid seviyelerinin düşürülmesi, östrojen seviyelerinin yükseltilmesi ve kan-beyin bariyerinin iyileştirilmesi etkileri arı sütünün nöroprotektif rolünü gösteren mekanizmalar olarak rapor edilmektedir (Bâlan vd. 2020).

Sindirim sistemi üzerine etki

Arı sütünde bulunan 10-HDA bileşiğinin *S. aureus*, *Streptococcus alactolyticus*, *S. intermedius* B, *S. xyloso*, *Salmonella cholearasuis*, *Vibro parahaemolyticus* ve *E. coli* gibi mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal etkisi ve kolon adenokarsinomu olan WiDr hücrelerine karşı gösterdiği sitotoksik aktivite nedeniyle insan gastrointestinal sistemi üzerine olumlu etki sağlama potansiyelinin bulunduğu rapor edilmiştir (Yang vd. 2018). Yapılan bir çalışmada asetik asitle indüklenen kolit farelerde oral takviye ile arı sütü uygulamasının daha önce bozulmuş olan bağışıklık fonksiyonunu eski haline getirmede yararlı olabileceği belirtilmiştir (Karaca vd. 2012). Bir diğer çalışmada ise arı sütünün, diklofenakin neden olduğu gastrointestinal hasara karşı koruma sağladığı ve inflamatuvar yanıtı azalttığı rapor edilmiştir (Mostafa vd. 2020). Ayrıca arı sütünün farelerden izole edilen ileum üzerinde gastrointestinal motilite etkisinin incelendiği bir çalışmada ise arı sütü tüketiminin bağırsak hareketliliğini artırmadığı ve normal şartlar altında ishal gibi ciddi semptomlara neden olmayacağı değerlendirilmiştir (Miyauchi-Wakuda vd. 2019).

Antidiyabetik etki

Diyabet günümüzde insan sağlığı için tehlike oluşturan önemli bir sorundur ve dünyada diyabetli

kişi sayısının 2030 yılına kadar 439 milyon kişiye ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu nedenle diyabeti önlemek için çeşitli araştırmalar yapılmaktadır. Arı sütünde bulunan proteinlerin ve 10-HDA bileşiğinin de diyabete karşı olumlu etkilerinin bulunduğu bildirilmiştir (Maleki vd. 2019).

Yapılan bir çalışmada arı sütünün streptozotosin ile indüklenen diyabeti önemli ölçüde azalttığı ve karaciğerdeki malondialdehit seviyesi, glutatyon içeriği, süperoksit dismutaz, katalaz ve glutatyon peroksidaz aktivitelerinde önemli artışlar sağladığı bildirilmiştir (Abdelsalam vd. 2023). Bir diğer çalışmada ise bal ve arı sütü karışımı (%98:2) ile yapılan uygulamanın streptozotosin kaynaklı Tip 1 diyabetli sıçanların kan şekerini etkili bir şekilde kontrol edebildiği, çok düşük yoğunluklu lipoprotein kolesterolünü ve trigliseritleri azalttığı ve böylece bu karışımın umut verici bir alternatif antidiyabetik takviye olabileceği rapor edilmiştir (Nohair 2021). Ayrıca yapılan bir çalışmada da 60 erkek bireyde yoğun egzersiz ile birlikte arı sütü takviyesinin kardiyovasküler hastalığa ve çeşitli diyabet türlerine eğilimli obez veya aşırı kilolu bireylerde kan şekeri ve insülin seviyelerini iyileştirdiği ve insülin direnç indeksini azalttığı rapor edilmiştir (Gohari vd. 2022). Bir diğer çalışmada ise Tip 2 diyabetli 50 kadın ile yapılan 8 hafta boyunca günlük 1000 mg arı sütü uygulamasının açlık kan şekerini 163,05 mg/dL seviyesinden 149,68 mg/dL seviyesine azalttığı, ayrıca eritrosit süperoksit dismutaz ve glutatyon peroksidaz aktivitelerini önemli ölçüde artırdığı ve arı sütü takviyesinin diyabetin etkilerini kontrol etmede faydalı olabileceği bildirilmiştir (Pourmoradian vd. 2014).

Antikanser etki

Arı sütünün antikanser etki gösteren doğal maddelerden biri olduğu ve antioksidan aktivitesi sayesinde kanser tedavisinde kemoterapi ve diğer tedaviler ile birlikte kullanım için alternatif bir ürün olabileceği bildirilmiştir (Shakib Khoob vd. 2022). Arı sütünün antikanser özellikleri yapısında bulunan hesperetin, naringenin, izosakuranetin, krizin, akasetin, luteolin, apigenin, kaempferol ve izoramnetin glikozitleri ve çeşitli proteinler ile ilişkilendirilmektedir (Salama vd. 2022). Polifenol bileşiklerin kanser önleyici aktivitelerini sinyal yolu değişikliği ile hücreleri ortadan kaldırması, hücre döngüsünü baskılaması, apoptozu indüklemesi ve reaktif oksijen türlerini temizleyici enzim aktivitelerini kontrol etmesi gibi mekanizmalar aracılığıyla gösterdiği belirtilmiştir (Alnomasy ve Al Shehri

DERLEME / REVIEW

2022). Ayrıca yapılan çalışmalar doğrultusunda arı sütünde bulunan MRJP2 proteininin, 10-HDA, HPO-DAEE, (10-HDA'nın türevi), AMP-N1 oksit bileşikleri ve analoglarının da antikanser etki gösteren bileşikler olduğu rapor edilmiştir (Guo vd. 2021).

Yapılan bir çalışmada arı sütünden izole edilen MRJP2 ve onun izoformu olduğu tahmin edilen X1 proteinlerinin karbon tetraklorür ile indüklenen hepatotoksisite ve Hep-G2 hücrelerinin gelişimine karşı önemli düzeyde inhibe edici etkisinin olduğu bildirilmiştir (Abu-Serie ve Habashy 2019). Bir diğer çalışmada ise arı sütünde bulunan 10-HDA bileşiğinin tirozinaz enzimi ile tirozinaz ile ilişkili TRP-1 ve TRP-2 melanojenik enzim ekspresyonlarını inhibe etmesine bağlı olarak melanomaya karşı etkili potansiyel bir bileşik olabileceği rapor edilmiştir (Peng vd. 2017). Arı sütünün PC-3 prostat (Abandansari vd. 2018), MCF-7 meme (Nakaya vd. 2007) ve HT-29 kolon (Ayna vd. 2021) kanseri hücrelerinin inhibisyonu üzerinde de etkili olduğu bildirilmiştir.

Antihipertansif aktivite

Hipertansiyonun yaşlı bireylerde en yaygın rastlanan kardiyovasküler risk faktörlerinden biri olduğu bilinmektedir (Bâlan vd. 2020). Arı sütünün bileşimindeki MRJP1 proteinlerinin antihipertansif etkisinin olduğu bildirilmiştir (Collazo vd. 2021). Ayrıca arı sütünde bulunan triptofan-valin-lösin, tirozin-tirozin-serin-prolin, izolösin-tirozin, valin-tirozin, izolösin-valin-tirozin, tirozin-tirozin, izolösin-fenilalanin, lisin-serin, aspartik asit-glisin-lösin ve lösin-tirozin-fenilalanin biyoaktif peptitlerinin de antihipertansif etkiye sahip oldukları rapor edilmiştir (Escamilla vd. 2022).

Yapılan bir çalışma doğrultusunda arı sütünde bulunan üç peptidin (izolösin-valin-tirozin, valin-tirozin ve izolösin-tirozin), sadece 28 günlük tedaviden sonra hipertansif sıçanlarda sistolik kan basıncını normaleştirdiği rapor edilmiştir (Bâlan vd. 2020). Arı sütünün fareler üzerindeki antihipertansif etkisinin araştırıldığı bir diğer çalışmada ise sürekli arı sütü tüketiminin kan basıncı değerlerinde yükselmeyi engellediği rapor edilmiştir (Escamilla vd. 2022). Pan vd. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada ise arı sütünün, nitrik oksidin azalması ve serbest oksijen radikallerinin artmasıyla bağlantılı olan hipertansiyonu, nitrik oksit üretimini artırarak engelleyebileceği ve bu nedenle antihipertansif özelliklere sahip olduğu bildirilmiştir.

Arı Sütü Tüketimi

Genel olarak arı ürünleri, vücudumuzu sağlıklı tutmak için tüketilen besin kaynakları arasındadır. Çevre kirliliği ve kimyasalların aşırı kullanımı sonucunda ortamın toksik yükü arttıkça sağlığımızı korumamız zorlaşmakta olup hem besin kaynakları hem de diyetler çoğu zaman beslenme açısından yetersiz kalmaktadır. Bal, taze arı poleni, arı sütü, arı ekmeği, kraliçe arı larvası, apilarnil ve propolis gibi arı ürünleri sağlığımızı desteklemek ve güçlendirmek için günlük beslenmemizde kullanabileceğimiz fonksiyonel ürünlerdir (Strant vd. 2019).

Arı sütü beslenmemiz açısından çok önemli olan fonksiyonel bir gıdadır. Arı sütü içerisinde bol miktarda bulunan 10-HDA, B grubu vitaminler ve folat gibi bileşenler sayesinde yüksek düzeyde beslenme sağlamaktadır (Strant vd. 2019). Arı sütünün vücuttaki en önemli işlevleri detoksifikasyon ve yenilenmeye dayalı hücre işlevlerini dengelemek ve normalleştirmektir (Menkovska 2013). Ayrıca arı sütünün hipotansif aktivite, büyüme hızında artış, yaşlanma karşıtı etki, dezenfektan etki, antiinflamatuvar ve antitümör etki dahil olmak üzere birçok farmakolojik aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir (Ramadan ve Al-Ghamdi 2012). Arı sütü kendisine atfedilen bu biyolojik özellikleri nedeniyle ilaç, gıda ve kozmetik sektörlerine kadar birçok alanda kullanılmaktadır (Strant vd. 2019).

Arı sütü ticari olarak saf halde veya bal, polen ve propolis gibi diğer ürünlerle karışım halinde satışa sunulmaktadır (Genç ve Aslan 1999). Arı sütünün doğrudan tüketiminde sıvı, toz kapsül veya tablet şeklinde formlarının olduğu rapor edilmiştir (Collazo vd. 2021). Ayrıca yapılan farklı çalışmalarda inek sütü ile zenginleştirildiği ve böylece elde edilen ürünlerde antioksidan aktivitede artış olduğu, biyoaktif peptitlerin birikimi ile antihipertansif etki gözlemlendiği ve bazı gram-pozitif ve gram-negatif bakterin gelişimlerinin engellendiği bildirilmiştir (Alu'datt vd. 2015; Collazo vd. 2021). Bir diğer araştırmada ise arı sütü, bal, propolis, ekinezya ve çivanperçemi karışımı hazırlanarak elde edilen fonksiyonel ürünün antioksidan aktivitesinin, prolin aminoasidi içeriğinin, vitamin ve mineral miktarlarının yüksek olduğu rapor edilmiştir (Soylu ve Bayram 2020).

Bebekler, çocuklar ve yetişkinler tarafından fizyolojik durumlarına göre farklı miktarlarda günlük olarak tüketilebilen arı sütünün hastalara önerilmesi sırasında hastaların özel ihtiyaçları, sağlık durumları

DERLEME / REVIEW

ve yaşları kadar araştırmacıların laboratuvarında gözlemlendiği sonuçlar da göz önünde bulundurulmalıdır. Bazı durumlarda çok düşük dozlar bireyler üzerinde çok etkili olabilirken bazen ise daha yüksek dozlar gerekebilmektedir (Strant vd. 2019).

Arı Sütünün Tüketimi ile İlgili Potansiyel Yan Etkiler

Alerjik reaksiyonlar arı sütünün en sık görülen yan etkisi olmakla birlikte oluşum sıklıkları çok bilinmemektedir. Arı sütü alerjisinin oluşum riski, başka alerjileri olan veya diğer arıcılık ürünlerine de alerjisi bulunan bireylerde daha yüksektir (Pavel vd. 2011).

Arı sütünün tüketimi alerjik reaksiyonlar, gastrointestinal problemler, oral alerji sendromu ve atopi gibi bazı küçük yan etkiler ile anafilaktik şok, akut astım, bağırsak kanaması ve hatta ölüm gibi ciddi etkilere de neden olabilmektedir (Torrijos vd. 2016, Ahmad vd. 2020). Arı sütünün merhemler halinde veya saf olarak topikal uygulamalarının ise deri döküntülerine ve egzamaya yol açabileceği bildirilmiştir (Pavel vd. 2011).

Arı sokması ve bal alerjisi veya astım sorunları olan kişiler ile hamile ve emziren kadınlar ve küçük çocukların arı sütü tüketiminde dikkatli olmaları ve bu nedenle arı sütü tüketiminden önce *in vivo* deri delme ve histamin salınımı gibi alerji testlerinin yapılması önerilmektedir (Ahmad vd. 2020).

Sonuç

Fonksiyonel bir gıda özelliği taşıyan arı sütünün yapısında bulunan farklı biyoaktif bileşikleri sayesinde antimikrobiyal, antioksidan, antiinflamatuvar, antidiyabetik, antikanser ve antihipertansif etkiler göstermesi nedeniyle sağlığı koruyucu ve geliştirici bir gıda takviyesi olarak insanlar tarafından tüketimi tercih edilmektedir. Toplumda fonksiyonel gıdalara ve sağlıklı beslenmeye karşı artan ilgiye bağlı olarak arı sütüne olan ilgi de giderek artmaktadır. Bu bakımdan arı sütünün hem gıda bilimi hem de endüstrisi bakımından önemli bir potansiyelinin olduğu değerlendirilmiştir.

Çıkar Çatışması: Yazarların çalışma 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 çalışmanın gerçekleştirilmesine yazarlar eşit olarak katkı sağlamıştır.

KAYNAKLAR

- Abandansari RM, Parsian H, Kazerouni F, Porbagher R, Zabihi E, Rahimipour A. Effect of simultaneous treatment with royal jelly and doxorubicin on the survival of the prostate cancer cell line (PC3): an in vitro study. *Int J Cancer Manag*, 2018, 11: e13780.
- Abdelsalam HM, Diab AA, Hussien AG, Helmi SM, Aziz JA. Ginseng and royal jelly diminish diabetic hepato-and nephrotoxicity in STZ-induced diabetic male rats. *Nutrire*, 2023, 48(1): 8.
- Abu-Serie MM, Habashy NH. Two purified proteins from royal jelly with in vitro dual anti-hepatic damage potency: Major royal jelly protein 2 and its novel isoform X1. *Int J Biol Macromol*, 2019, 128: 782-795.
- Ahmad S, Campos MG, Fratini F, Altaye SZ, Li J. New insights into the biological and pharmaceutical properties of royal jelly. *Int J Mol Sci*, 2020, 21(2): 382.
- Alnomasy SF, Al Shehri ZS. Anti-cancer and cell toxicity effects of royal jelly and its cellular mechanisms against human hepatoma cells. *Pharmacogn Mag*, 2022, 18(79): 635-640.
- Anonim. TS 6666/2000 ve T1/2010 Arı sütü standardı. Türk Standardları Enstitüsü, 24 Haziran 2010 kabul tarihli standart, Ankara.
- Anonymous. ISO 12824 international royal jelly standard. 15/09/2016, <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/59729cd3-3d97-41c6-b828-32d63f914334/iso-12824-2016>.
- Altaye SZ, Meng L, Li J. Molecular insights into the enhanced performance of royal jelly secretion by a stock of honeybee (*Apis mellifera ligustica*) selected for increasing royal jelly production. *Apidologie*, 2019, 50: 436-453.

DERLEME / REVIEW

- Alu'datt MH, Rababah T, Obaidat MM, Ereifej K, Alhamad MN, Mhaidat N, Andrade JE, Johargy A, Ayadi W. Probiotics in milk as functional food: characterization and nutraceutical properties of extracted phenolics and peptides from fermented skimmed milk inoculated with royal jelly. *J Food Saf*, 2015, 35(4): 509-522.
- Ayna A, Tunc A, Özbolat SN, Bengü AŞ, Aykutoğlu G, Canli D, Polat R, Çiftci M, Darendelioğlu E. Anticancer, and antioxidant activities of royal jelly on HT-29 colon cancer cells and melissopalynological analysis. *Turk J Bot*, 2021, 45(8): 809-819.
- Bagameri L, Baci GM, Dezmirean DS. Royal jelly as a nutraceutical natural product with a focus on its antibacterial activity. *Pharmaceutics*, 2022, 14(6): 1142.
- Bălan A, Moga MA, Dima L, Toma S, Elena Neculau A, Anastasiu, CV. Royal jelly-A traditional and natural remedy for postmenopausal symptoms and aging-related pathologies. *Molecules*, 2020, 25(14): 3291.
- Balkanska R, Mladenova E, Karadjova I. Quantification of selected trace and mineral elements in royal jelly from Bulgaria by ICP-OES and etaas. *J Apic Sci*, 2017, 61(2): 223-232.
- Bărnuțiu LI, Mărghitaş LA, Dezmirean DS, Mihai CM, Bobiş O. Chemical composition and antimicrobial activity of Royal Jelly-Review. *Sci P Anim Sci Biotechnol*, 2011, 44(2): 67-72.
- Bazeyad AY, Al-Ghamdi AA, Alattal YZ. Physicochemical characteristics of local royal jelly produced in Al-Baha region, Saudi Arabia. *World J Adv Res Rev*, 2022, 14: 284-292.
- Bíliková K, Mirgorodskaya E, Bukovská G, Gobom J, Lehrach H, Šimúth J. Towards functional proteomics of minority component of honeybee royal jelly: The effect of post-translational modifications on the antimicrobial activity of apalbumin2. *Proteomics*, 2009, 9(8): 2131-2138.
- Caixeta DC, Teixeira RR, Peixoto LG, Machado HL, Baptista NB, de Souza AV, Vilela DD, Franci CR, Salmen Espindola, F. Adaptogenic potential of royal jelly in liver of rats exposed to chronic stress. *PloS One*, 2018, 13(1): e0191889.
- Chen D, Guo C, Lu W, Zhang C, Xiao C. Rapid quantification of royal jelly quality by mid-infrared spectroscopy coupled with backpropagation neural network. *Food Chem*, 2023, 418: 135996.
- Civelek İ. Biological activities of royal jelly: a mini-review. *Anatol J Biol*, 2022, 3(1): 1-8.
- Collazo N, Carpena M, Nuñez-Estevez B, Otero P, Simal-Gandara J, Prieto MA. Health promoting properties of bee royal jelly: Food of the queens. *Nutrients*, 2021, 13(2): 543.
- Çelik S, Gerçek YC, Özkök A, Ecem Bayram N. Organic acids and their derivatives: minor components of bee pollen, bee bread, royal jelly and bee venom. *Eur Food Res Technol*, 2022, 248(12): 3037-3057.
- Damico ME, Rueppell O, Shaffer Z, Han B, Raymann K. High royal jelly production does not impact the gut microbiome of honeybees. *Animal Microbiome*, 2021, 3(1): 1-11.
- Ecem Bayram N, Cebi N, Celik S, Gercek YC, Bayram S, Tanuğur Samancı AE, Sağdıç O, Özkök A. Turkish royal jelly: amino acid, physicochemical, antioxidant, multi-elemental, antibacterial and fingerprint profiles by analytical techniques combined with chemometrics. *J Apicult Res*, 2021, 60(5): 751-764.
- El-Guendouz S, Lyoussi B, Miguel MG. Insight into the chemical composition and biological properties of Mediterranean royal jelly. *J Apic Res*, 2020a, 59(5), 890-909.
- El-Guendouz S, Machado AM, Aazza S, Lyoussi B, Miguel MG, Mateus MC, Figueiredo, AC. Chemical characterization and biological properties of royal jelly samples from the Mediterranean area. *Nat Prod Commun*, 2020b, 15(2): 1934578X20908080.
- Emir M. Effect of harvesting period on chemical and bioactive properties of royal jelly from Turkey. *Eur Food Sci Eng*, 2020, 1(1): 9-12.
- Escamilla KIA, Ordóñez YBM, Sandoval-Peraza VM, Fernández JJA, Ancona DAB. Anti-hypertensive activity in vitro and in vivo on royal jelly produced by different diets. *Emir J Food Agr*, 2022, 34(1): 9-15.

DERLEME / REVIEW

- Fan P, Han B, Hu H, Wei Q, Zhang X, Meng L, Nie J, Tang X, Tian X, Zhang L, Wang L, Li J. Proteome of thymus and spleen reveals that 10-hydroxydec-2-enoic acid could enhance immunity in mice. *Expert Opin Ther Targets*, 2020, 24(3): 267-279.
- Fratini F, Cilia G, Mancini S, Felicioli A. Royal Jelly: An ancient remedy with remarkable antibacterial properties. *Microbiol Res*, 2016, 192: 130-141.
- Genç M, Aslan A. Determination of trans-10-hydroxy-2-decenoic acid content in pure royal jelly and royal jelly products by column liquid chromatography. *J Chromatogr A*, 1999, 839(1-2): 265-268.
- Gohari I, Khajehlandi A, Mohammadi, A. Effect of high-intensity interval training with royal jelly consumption on serum levels of glucose, insulin, and insulin resistance index of overweight and obese middle-aged men: A quasi-experimental study. *Jundishapur J Chronic Dis Care*, 2022, 11(4): e123363.
- Guendouz M, Haddi A, Grar H, Kheroua O, Saidi D, Kaddouri, H. Preventive effects of royal jelly against anaphylactic response in a murine model of cow's milk allergy. *Pharm Biol*, 2017, 55(1): 2145-2152.
- Guo H, Kouzuma Y, Yonekura M. Structures and properties of antioxidative peptides derived from royal jelly protein. *Food Chem*, 2009, 113(1): 238-245.
- Guo J, Wang Z, Chen Y, Cao J, Tian W, Ma B, Dong, Y. Active components and biological functions of royal jelly. *J Funct Foods*, 2021, 82: 104514.
- Hassan AAM, Elenany YE, Nassrallah A, Cheng W, Abd El-Maksoud AA. Royal jelly improves the physicochemical properties and biological activities of fermented milk with enhanced probiotic viability. *LWT*, 2022, 155: 112912.
- Helbing S, Lattorff HMG, Moritz RF, Buttstedt A. Comparative analyses of the major royal jelly protein gene cluster in three *Apis* species with long amplicon sequencing. *DNA Res*, 2017, 24(3): 279-287.
- Hu H, Bezabih G, Feng M, Wei Q, Zhang X, Wu F, Meng L, Fang Y, Han B, Ma C, Li J. In-depth proteome of the hypopharyngeal glands of honeybee workers reveals highly activated protein and energy metabolism in priming the Secretion of Royal Jelly^[9]. *Mol Cell Proteomics*, 2019, 18(4): 606-621.
- Kanelis D, Tananaki C, Liolios V, Dimou M, Goras G, Rodopoulou A, Karazafiri, E, Thrasyvoulou AA. Suggestion for royal jelly specifications. *Arh Hig Rada Toksikol*, 2015, 66: 275–284.
- Karaca T, Şimşek N, Uslu S, Kalkan Y, Can I, Kara A, Yörük M. The effect of royal jelly on CD3+, CD5+, CD45+ T-cell and CD68+ cell distribution in the colon of rats with acetic acid-induced colitis. *Allergol Immunopathol*, 2012, 40(6): 357-361.
- Kausar SH, More VR. Royal jelly: Organoleptic characteristics and physicochemical properties. *Pharm Chem J*, 2019, 6: 20-24.
- Khan KA, Ghramh HA, Ahmad Z, El-Niweiri MA, Ahamed Mohammed ME. Queen cells acceptance rate and royal jelly production in worker honey bees of two *Apis mellifera* races. *PLoS One*, 2021, 16(4): e0248593.
- Khazaei M, Ansarian A, Ghanbari E. New findings on biological actions and clinical applications of royal jelly: a review. *J Diet Suppl*, 2018, 15(5): 757-775.
- Kim BY, Lee KS, Jung B, Choi YS, Kim HK, Yoon HJ, Gui ZZ, Lee J, Jin BR. Honeybee (*Apis cerana*) major royal jelly protein 4 exhibits antimicrobial activity. *J Asia-Pac Entomol*, 2019, 22(1): 175-182.
- Kocot J, Kielczykowska M, Luchowska-Kocot D, Kurzepa J, Musik I. Antioxidant potential of propolis, bee pollen, and royal jelly: possible medical application. *Oxi Med Cell Longev*, 2018: 7074209.
- Kohno K, Okamoto I, Sano O, Arai N, Iwaki K, Ikeda M, Kurimoto M. Royal jelly inhibits the production of proinflammatory cytokines by activated macrophages. *Biosci Biotechnol Biochem*, 2004, 68(1): 138-145.
- Kolayli S, Sahin H, Can Z, Yildiz O, Malkoc M, Asadov A. A member of complementary medicinal food: anatolian royal jellies, their chemical compositions, and antioxidant properties. *J Evid-Based Complement Altern Med*, 2016, 21(4): NP43-NP48.
- Kunugi H, Mohammed Ali A. Royal jelly and its components promote healthy aging and

DERLEME / REVIEW

- longevity: from animal models to humans. *Int J Mol Sci*, 2019, 20(19): 4662.
- Li L, Wang P, Xu, Y, Wu X, Liu X. Effect of trehalose on the physicochemical properties of freeze-dried powder of royal jelly of northeastern black bee. *Coatings*, 2022, 12(2): 173.
- Li XA, Huang C, Xue, Y. Contribution of lipids in honeybee (*Apis mellifera*) royal jelly to health. *J Med Food*, 2013, 16(2): 96-102.
- Maghsoudlou A, Mahoonak AS, Mohebodini H, Toldra F. Royal jelly: chemistry, storage and bioactivities. *J Apic Sci*, 2019, 63(1): 17-40.
- Maleki V, Jafari-Vayghan H, Saleh-Ghadimi S, Adibian M, Kheirouri S, Alizadeh M. Effects of royal jelly on metabolic variables in diabetes mellitus: A systematic review. *Complement Ther Med*, 2019, 43: 20-27.
- Manzo LP, de-Faria FM, Dunder RJ, Rabelo-Socca EA, Consonni SR, de Almeida ACA, Regina A, Souza-Brito ARM, Luiz-Ferreira, A. Royal jelly and its dual role in TNBS colitis in mice. *Sci World J*, 2015: 956235.
- Melliou E, Chinou I. Chemistry and bioactivities of royal jelly. *Stud Nat Prod Chem*, 2014, 43: 261-290.
- Menkovska M. The newest experience with effervescent tablets containing royal jelly as functional food on packing, dosage and synergistic action in prevention, prophylaxis and healing. *J Food Process Technol*, 2013, 4(10): 272.
- Miguel MG, El-Guendouz S. Volatile compounds of royal jelly. *Bee Products-Chemical and Biological Properties*, Springer, 2017, 191-197.
- Miyauchi-Wakuda S, Kagota S, Maruyama-Fumoto K, Wakuda H, Yamada S, Shinozuka K. Effect of royal jelly on mouse isolated ileum and gastrointestinal motility. *J Med Food*, 2019, 22(8): 789-796.
- Mohamed AAR, Galal AA, Elewa YH. Comparative protective effects of royal jelly and cod liver oil against neurotoxic impact of tartrazine on male rat pups brain. *Acta Histochem*, 2015, 117(7): 649-658.
- Mostafa RE, El-Marasy SA, Jaleel GAA, Bakeer RM. Protective effect of royal jelly against diclofenac-induced hepato-renal damage and gastrointestinal ulcerations in rats. *Heliyon*, 2020, 6(2): e03330.
- Mureşan CI, Dezmirean DS, Marc BD, Suharoschi R, Pop OL, Buttstedt A. Biological properties and activities of major royal jelly proteins and their derived peptides. *J Funct Foods*, 2022, 98: 105286.
- Nader RA, Mackieh R, Wehbe R, El Obeid D, Sabatier JM, Fajloun, Z. Beehive products as antibacterial agents: a review. *Antibiotics*, 2021, 10(6): 717.
- Nakaya M, Onda H, Sasaki K, Yuki-yoshi A, Tachibana H, Yamada K. Effect of royal jelly on bisphenol A-induced proliferation of human breast cancer cells. *Biosci Biotechnol Biochem*, 2007, 71(1): 253-255.
- Nohair SFA. Antidiabetic efficacy of a honey-royal jelly mixture: Biochemical study in rats. *International J Health Sci*, 2021, 15(4): 4-9.
- Özkök D, Silici S. Antioxidant activities of honeybee products and their mixtures. *Food Sci Biotechnol*, 2017, 26: 201-206.
- Özkök A, Akbay E, Samancı A, Mayda N, Onur M. Evaluation of bioactive compounds and proliferation properties of different royal jelly samples. *Prog Nutr*, 2021, 23(1): e2021029.
- Pan Y, Rong Y, You M, Ma Q, Chen M, Hu F. Royal jelly causes hypotension and vasodilation induced by increasing nitric oxide production. *Food Sci Nutr*, 2019, 7(4): 1361-1370.
- Pavel CI, Mărghitaş LA, Bobiş O, Dezmirean DS, Şapcaliu A, Radoi I, Mădaş MN. Biological activities of royal jelly-review. *Sci Pap Anim Sci Biotechnol*, 2011, 44(2): 108-118.
- Peng CC, Sun HT, Lin I, Kuo PC, Li JC. The functional property of royal jelly 10-hydroxy-2-decenoic acid as a melanogenesis inhibitor. *BMC Complement Altern Med*, 2017, 17(1): 1-8.
- Pourmoradian S, Mahdavi R, Mobasseri M, Faramarzi E, Mobasseri M. Effects of royal jelly supplementation on glycemic control and oxidative stress factors in type 2 diabetic female: a randomized clinical trial. *Chin J Integr Med*, 2014, 20: 347-352.

DERLEME / REVIEW

- Ramadan MF, Al-Ghamdi A. Bioactive compounds and health-promoting properties of royal jelly: A review. *J Funct Foods*, 2012, 4(1): 39-52.
- Ramanathan ANKG, Nair AJ, Sugunan VS. A review on Royal Jelly proteins and peptides. *J Funct Foods*, 2018, 44: 255-264.
- Sabatini AG, Marcuzzan GL, Caboni MF, Bogdanov S, Almeida-Muradian LBD. Quality and standardisation of royal jelly. *J Apiprod Apimed Sci*, 2009, 1(1): 1-6.
- Salama S, Shou Q, Abd El-Wahed AA, Elias N, Xiao J, Swillam A, Umair M, Guo Z, Dagila M, Wang K, Khalifa SAM, El-Seedi HR. Royal jelly: Beneficial properties and synergistic effects with chemotherapeutic drugs with particular emphasis in anticancer strategies. *Nutrients*, 2022, 14(19): 4166.
- Šedivá M, Laho M, Kohútová L, Mojžišová A, Majtán J, Klauđiny J. 10-HDA, a major fatty acid of royal jelly, exhibits pH dependent growth-inhibitory activity against different strains of *Paenibacillus* larvae. *Molecules*, 2018, 23(12): 3236.
- Shakib Khoob M, Hosseini SM, Kazemi S. In vitro and in vivo antioxidant and anticancer potentials of royal jelly for dimethylhydrazine-induced colorectal cancer in wistar rats. *Oxi Med Cell Longev*, 2022, 9506026.
- Shen L, Liu D, Li M, Jin F, Din M, Parnell LD, Lai CQ. Mechanism of action of recombinant Acc-royalisin from royal jelly of Asian honeybee against gram-positive bacteria. *PloS One*, 2012, 7(10): e47194.
- Shi JL, Liao CH, Wang ZL, Wu XB. Effect of royal jelly on longevity and memory-related traits of *Apis mellifera* workers. *J Asia-Pac Entomol*, 2018, 21(4): 1430-1433.
- Soylu P, Bayram B. Bal, propolis, arı sütü, çivanperçemi (*Achillea millefolium*) ve ekinezya (*Echinacea paradoxa*) karışımından fonksiyonel gıda üretimi, ürünün fizikokimyasal ve biyokimyasal özelliklerinin incelenmesi. *Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi*, 2020, 9(1): 25-38.
- Strant M, Yücel B, Topal E, Puscasu AM, Margaoan R, Varadi A. Use of royal jelly as functional food on human and animal health. *Hayvansal Üretim*, 2019, 60(2): 131-144.
- Torrijos EG, Diaz YM, Segade JMB, Brito JFF, Arias TA, Bonilla PAG, Fernandez AL, Rodríguez RG. Occupational allergic respiratory disease due to royal jelly. *Ann Allergy Asthma Immunol*, 2016, 117(1): 102-103.
- Viuda-Martos M, Ruiz-Navajas Y, Fernández-López J, Pérez-Álvarez JA. Functional properties of honey, propolis, and royal jelly. *J Food Sci*, 2008, 73(9): R117-R124.
- Xue X, Wu L, Wang K. (2017). Chemical composition of royal jelly. *Bee products-chemical and biological properties*. Springer, 2017, 181-190.
- Yang YC, Chou WM, Widowati DA, Lin IP, Peng CC. 10-hydroxy-2-decenoic acid of royal jelly exhibits bactericide and anti-inflammatory activity in human colon cancer cells. *BMC Complement Altern Med*, 2018, 18: 1-7.
- You MM, Chen YF, Pan YM, Liu YC, Tu J, Wang K, Hu FL. Royal jelly attenuates LPS-induced inflammation in BV-2 microglial cells through modulating NF-κB and p38/JNK signaling pathways. *Mediators Inflamm*, 2018, 7834381.
- Zahran AM, Elsayh KI, Saad K, Eloseily EM, Osman NS, Alblihed MA, Badr G, Mahmoud MH. Effects of royal jelly supplementation on regulatory T cells in children with SLE. *Food Nutr Res*, 2016, 60(1): 32963.