

ARı ÜRÜNLERİNİN NANOTEKNOLOJİ VE NANOBİYOTEKNOLOJİ ALANLARINDA KULLANIM OLANAKLARI

Abdullah Demirci^{1*}

¹Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Merkezi Araştırma ve Uygulama Laboratuvarı, 04000, Ağrı,
ademirci@agri.edu.tr, Orcid: 0000 0002 0422 5632

Özet

Antik çağlardan beri arı ürünleri; bal, propolis, polen, arı zehri, arı ekmeği (perga) ve arı sütü bir dizi hastalığa karşı terapötik etkilere sahip doğal ilaçlar olarak kabul edilmişlerdir. Bu ürünlerin içeriği; arıların genetik farklılıkları başta olmak üzere, arıların yaşadığı ekosistem biyoçeşitliliğine bağlı olarak topladığı nektar, polen, bal özü gibi kaynaklara bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Güncel çalışmalar arı ürünlerinin; protein, karbonhidrat, vitamin, mineral, antioksidan, enzim, organik asit, reçine ve çeşitli fenolik madde miktarları bakımından oldukça zengin olduğunu ortaya koymuştur. Bilinçli tüketicilerin daha sağlıklı ve kaliteli gıda tüketme isteği yeni çalışmaların yapılmasını gerekli kılmıştır. Son zamanlarda gelişen nanoteknoloji; sağlık, endüstri, ilaç, kozmetik ve gıda gibi alanlarda nano malzemelerin mükemmel özellikleriyle yeni bir çağ açmıştır. Arı ürünlerinin; prebiyotik, probiyotik, antimikrobiyal, anti kanser, antioksidan ve antienflamatuar gibi birçok özelliği nanoteknoloji ve nanobiyoteknoloji ile buluşarak faydalanabilirliği artmıştır.

Anahtar kelimeler: Arı Ürünleri, Nanoteknoloji, Nanobiyoteknoloji, Propolis, Arı sütü

POSSIBILITIES OF USE OF BEE PRODUCTS IN NANOTECHNOLOGY AND NANOBIO TECHNOLOGY

Absract

Since ancient times, bee products; honey, propolis, pollen, bee venom, bee bread (perga) and royal jelly have been recognized as natural medicines with therapeutic effects against a range of diseases. The content of these products may vary depending on the sources such as nectar, pollen and honey extract that bees collect depending on the biodiversity of the ecosystem where they live, especially the genetic differences of bees. Recent studies have shown that bee products are rich in protein, carbohydrates, vitamins, minerals, antioxidants, enzymes, organic acids, resins and various phenolic substances. The desire of conscious consumers to consume healthier and higher quality food has made it necessary to carry out new studies. Recently developing nanotechnology has opened a new era with the excellent properties of nano materials in areas such as health, industry, medicine, cosmetics and food. Many properties of bee products such as prebiotic, probiotic, antimicrobial, anti-cancer, antioxidant and anti-inflammatory have been utilized with nanotechnology and nanobiotechnology.

Keywords: Bee Products, Nanotechnology, Nanobiotechnology, Propolis, Royal Jelly

1. Giriş

Arı, zar kanatlılar takımına ait *Apoidea* familyasını oluşturan tüm böcek türlerine verilen isim olarak tanımlanmaktadır. Dünya üzerinde yaklaşık olarak 20 binden fazla arı türü olduğu bilinmektedir (Michener, 1974; URL-1, 2024). Dünya ekosisteminde önemli bir yere sahip olan bal arıları (*Apis mellifera*), ürettikleri ürünler ile

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author): Abdullah Demirci,

¹Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Merkezi Araştırma ve Uygulama Laboratuvarı,
04000, Ağrı, Türkiye
ademirci@agri.edu.tr

Geliş (Received) : 25.12.2024

Kabul (Accepted) : 29.12.2024

Basım (Published) : 31.12.2024

insan sağlığına faydalarıyla daha fazla dikkat çekmektedir. Ortalama ömürleri 30-60 gün arasında değişen arılar hem neslini devam ettirmek hem de bulunduğu ortam biyoçeşitliliğinden yararlanarak farklı ürünler (bal, propolis, arı sütü, arı poleni, arı ekmeği, arı zehri ve balmumu vb.) üretmektedir (Sorucu, 2019).

Bal: Arılar tarafından üretilen ve değerli bir besin ürünü olarak tanımlanmaktadır. Balların fizikokimyasal özelliğine arının genetiği yanında arılığın bulunduğu coğrafyanın bitki örtüsü, mevsim şartları gibi özellikler de etkilemektedir. Bazı bölgelerin balları yörenin ismi ile ticarileştirilmiştir. Örn; Anzer balı, Kars Kafkas, Ordu kestane balı, Muğla çam balı, Hakkâri yaban çiçeği balı vb. (Polat, 2007)

Propolis: Bitkileri hem soğuktan hem de mikroorganizma saldırısından koruyan bitkinin salgıladığı reçineli bileşiklerin, bal arıları tarafından toplandıktan sonra transforme edilmesinden dolayı güçlü ve yapışkan bir özellik kazanmış su geçirmez, antimikrobiyal ve ısı yalıtan kompleks yapıli maddeler olarak bilinmektedir. Arılar da propolisi kendi yaşam alanları olan kovanlarını dış faktörlere (sıcak soğuk, parazit saldırısı ve antimikrobiyal kontaminasyon) karşı korumak için kullanmaktadır (Acun & Gül, 2020).

Polen: Bitkilerin erkek üreme hücresi olan polen, 21 günlük işçi bal arıları tarafından, arı kolonisinin arı sütü üretimi ve larvaların gelişmesinde protein ihtiyacını karşılamak için toplanır. Polen, genç işçi arıların, yavruların ve yavru gıda bezlerinin gelişmesi için gerekli bir besin kaynağıdır. Arı poleni protein, mineral ve vitamin değeri yüksek bir arı ürünüdür. Polen olmadan yavru geliştirilmesi mümkün değildir. Polen elde edildiği kaynağa göre farklı renk ve şekillerde olabilmektedir (Korkmaz, 2015). Son zamanlarda arı poleni (AP), yaklaşık 250 farklı biyoaktif bileşen içeren faydalı bir gıda takviyesi ve katma değerli bir ürün olarak kabul edilmektedir. Mg, Ca, Mn, K ve fenolik bileşikler gibi çok sayıda faydalı element içerir. AP, güçlü antioksidan, anti-inflamatuar, antimikrobiyal, antiviral, analjezik, immünostimülan, nöroprotektif, antikanser ve hepatoprotektif özelliklere sahiptir (Thakur & Nanda, 2020).

Arı Sütü: 5-15 günlük işçi arıların yutak üstü salgı bezlerinden salgıladıkları bir maddedir. Jel halinde akıcı kıvamda, kremi-beyaz renktedir. Tadı ekşi ve kokusu keskin fenolik yapıdadır. Yoğunluğu 1.1 g/cm³ olup kısmen suda çözünebilmektedir. Arı sütü; yaklaşık %66 su, %14.5 karbonhidrat, %4.5 lipid, %13 aminoasit, B grubu vitaminlerinin tümüne ek olarak A, D, C, E vitaminleri, biyolojik aktif maddeler, önemli bazı mineral maddeler ve bir miktar da tespit edilemeyen maddeler içerir. Ayrıca 10 temel amino asitten (esansiyel) sekizini de (metionin, lösin, lizin, valin, fenil-alanin, treonin, triptofan, izolösin) doğal hormon ve enzimleri içermektedir (Aslan & Bayraktar, 1996).

Arı Ekmeği (perga): İşçi arıların çiçeklerden topladığı polenleri çeşitli işlemler ile fermente ederek ürettiği bir arı ürünüdür. Arı ekmeği, polene göre daha zengin ve sindirilebilir besin maddelerine sahiptir. İçeriğinde; Proteinler, Amino asitler, Karbonhidratlar, Vitaminler (B kompleks, C, E, K ve A vitaminleri), Mineraller (potasyum, kalsiyum, demir, magnezyum, çinko vb.), Enzimler, Probiyotikler ve antioksidan bileşenler bulunmaktadır. İşçi arılar ve yavru arıların temel gıda maddesi olan bu ürün, arılar tarafından petek gözlerinde depolanmaktadır (Değirmenci & Yıldız, 2021; Ciric vd., 2022).

Arılar bu temel ürünlerin dışında; arı zehri, balmumu ve apilarnil gibi önemli biyoaktif bileşenler de üretmektedir. Üretilen arı ürünlerinin içerikleri; arının türüne, bulunulan ortamın biyoçeşitliliğine ve mevsim gibi çevre şartlarına göre farklılıklar göstermektedir (Mutlu vd., 2017). Hem besin içeriğinin zenginliği hem de biyoaktivitesinin yüksek ürünler olmasından dolayı konu ile ilgili çok fazla akademik çalışma bulunmaktadır ve çalışılmaya devam edilmektedir.

Son zamanlarda teknolojinin de gelişmesiyle yeni ve fonksiyonel ürünler geliştirilmektedir. Bilinçli tüketiciler hem sağlıklı hem de fonksiyonel kaliteli gıda tüketmek istemektedir. Bu özellikleri sağlayabilen gıda formülasyonuna ulaşmak için ise nanoteknoloji ve nanobiyoteknoloji gibi çalışma alanlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Arı ürünlerinin, sahip oldukları doğal yapıları ve biyoaktif bileşenleri sayesinde nanoteknoloji alanında ilgi çekici potansiyellere sahip olabileceği düşünülmektedir.

2. Arı Ürünlerinden Nanoteknoloji ve Nanobiyoteknoloji Alanlarında Yararlanılması

Nanoteknoloji, maddenin atomik ve moleküler ölçekte (yaklaşık 1 ila 100 nanometre) manipüle edilerek yeni malzemeler, cihazlar ve sistemlerin yaratıldığı bir bilim ve mühendislik dalı olarak ifade edilmektedir. Nanoteknoloji ile üretilen nano malzemeler; elektronik, manyetik ve optoelektronik, biyomedikal, ilaç, kozmetik, enerji, katalitik ve malzeme uygulamalarının yanı sıra savunma, ulaşım, gıda güvenliği ve ekoloji gibi farklı birçok alanda kullanılmaktadır (Adlakha-Hutcheon vd., 2009; Hull vd.,2015).

Arı ürünleri geniş bir yelpazede; antibakteriyel, antiviral, antioksidan, antiinflamatuvar, immünomodülatör ve antitümör özelliklere sahip biyoaktif bileşikler nedeniyle geleneksel tıpta ve kozmetikte kullanılmaktadır (Lou vd., 2021). Arı ürünlerinden bal ve propolis elektroğrülerek yara bakımı uygulamaları için araştırılmıştır. Ballar arasında en çok test edilen manuka balı olmuş, bunu akasya balı, yonca balı ve çok çiçekli bal izlemiştir. Farklı derecelerdeki Manuka balı beş farklı konsantrasyonda elektroğirme ile elde edilen lifli malzemeler *E. coli* , *S. aureus* , *MRSA* , *MSSA* ve *P. aeruginosa* gibi bakterilerin çoğalmasını durdurmada etkili olmuştur (Mele, 2023).

Adhikari vd., (2022), bal ve betel yapraklarını doku mühendisliği için kitosan ve polikaprolakton ile elektroğrülerek nanomateryal oluşturmuşlardır. Yapılan çalışma sonucunda bal yüklü nanomateryallerin daha fazla hidrofilitate sergilediğini vurgulanmıştır. Yapılan başka bir çalışmada Al-Hatamleh vd., (2022), bal ve propolisi aljinat bazlı nanomalzemelerle nanoenkapsüle ederek, yara iyileşmesi ve cilt doku mühendisliği için umut verici bulgulara yol açabileceğini ifade etmişlerdir.

Nanopartiküllerin (NP'ler) sentezi için çeşitli fiziksel ve kimyasal yöntemler kullanılır. Bu yöntemler pahalıdır ve uzun zaman alır. Bu nedenle, "yeşil nanoteknoloji" kavramı ortaya çıkmıştır. Nanopartiküllerin yeşil sentezi, birçok doğal kaynaktan nanopartiküllerin oluşumunu içerir. Nanopartikül sentezinde kullanılmak üzere birçok biyolojik kaynak mevcuttur (yumurta, bal, çeşitli bitkisel materyaller, vb.). Son zamanlarda, bal aracılı yeşil sentez araştırmada ilgi konusu haline gelmiştir. Bal aracılı yeşil sentez, metalik nanopartikülleri sentezlemek için kullanılan yeni bir yöntemdir. Balın bir dengeleyici ve indirgeyici madde olarak işlev görmesi, bu sentezi daha kullanışlı hale getirmiştir. Bu sentez ucuzdur ve sağlık uygulamalarında sağlığa zararlı toksik maddeler içermez. Bal aracılı yeşil sentez; tekrarlanabilir, biyouyumlu, hızlı, güvenli ve basit bir yöntem olup, çeşitli alanlarda çok sayıda değerli son ürün sağlayabildiği ifade edilmiştir (Keskin vd.,2022).

Balın altın nanopartiküllerinin (AuNP) sentezi için olası uygulamalarını ilk kez Philip analiz etmiştir (Philip, 2009). Balın AgNP'lerin yeşil sentezinde olası bir ajan olarak önerilmesine rağmen, 2010 yılında Philip, indirgeyici ve koruyucu maddeler olarak doğal Kerala balı vasıtasıyla oda koşullarında suda çok küçük gümüş nanopartikülleri üretmek için ilk basit ve çevre dostu yöntemi bildirmiştir. Sreelakshmi ve çalışma arkadaşları 2011 yılında oda sıcaklığında doğal bal kullanarak altın ve gümüş nanopartikül stabilizasyonu için tek adımlı bir yeşil yaklaşım geliştirmişlerdir. Bu, antimikrobiyal aktivite de gösteren doğal bal kullanılarak gümüş ve altın nanopartikül sentezine ilişkin ilk rapor olarak bilinmektedir. Bu çalışmalar, balla yeşil metodoloji yoluyla Ag nanopartikülleri üretmenin, zararlı çözücü ve atıkların varlığından kaçınmanın mümkün olduğunu göstermektedir.

Propolisin, nanoteknoloji tabanlı dağıtım sistemlerine entegre edilmesini sağlayan özelliklere sahip olduğu ifade edilmiştir (Ramli vd., 2021). Propolis; fenolikler, flavonoidler, terpenoidler ve diğer fitokimyasallar gibi çeşitli terapötik özellikler (antimikrobiyal, anti-inflamatuvar, antioksidan ve antikanser aktiviteleri) gösteren biyoaktif bileşiklerden oluşmaktadır (İbrahim vd., 2018). Propolisin biyoaktif bileşikler, propolis bazlı dağıtım sistemleri olarak nanopartiküller, lipozomlar, misel veya nanofiberler gibi nanotaşıyıcılara kapsüllenebilir veya dahil edilebilmektedir (Mahmad vd., 2023).

Propolis, lipid nanopartikül şeklinde kapsülendirilerek lipit ilaç dağıtım sisteminde terapötik bir yaklaşım çalışılmıştır. Propolis özütlerinin lipozomlara kapsülendirilmesinin, onun çoklu biyolojik aktivitelerini arttırdığı ileri sürülmüştür (Mendez-Pfeiffer vd., 2021). Aytekin ve arkadaşları (2020), lipit matrisi olarak fosfolipon 90G (askorbil palmitat ile stabilize edilmiş ana fosfatidilkolin karışımı) kullanarak Türk propolisini etanol enjeksiyon yöntemi ile lipozomlara kapsülendirilmiş ve antioksidan ve antimikrobiyal aktivitesini *in vitro* değerlendirmişlerdir. Kapsülendirilmiş propolis özütünün, Gram pozitif ve Gram negatif bakterilere ve *Candida albicans* ve *Candida krusei* gibi mantarlara karşı serbest propolise kıyasla daha iyi bir antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğunu göstermişlerdir. Bu çalışmalar propolis özütlerinin ve kimyasal bileşenlerinin terapötik ajanlar olarak olası uygulanmasına doğru atılmış bir adım olarak görülebilmektedir. Aynı zamanda propolisin nanoteknolojik olarak antimikrobiyal etkisi nanobiyoteknoloji alanını da içersine almaktadır.

Diğer bir arı ürünü olan Arı poleni (AP), değerli bir apiterapötik üründür ve eski çağlardan beri doğal tıp tarafından takdir edilen besleyici ve sağlıklı bir gıda olarak ifade edilmektedir. İnsanlığın refahı için farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Ek olarak, bal arısı ürünlerinin doğal bir çare ve besleyici işlevi olarak birçok amaç için hasat edilmesine ve kullanılmasına olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır (Denisow & Denisow-Pietrzyk, 2016).

Arı polenindeki karmaşık ve doğal olarak var olan mikro yapılar, belirli özelliklere sahip nanomalzeme tasarımı için optimum bir şablon sunmaktadır. Arı poleninde bulunan doğal yapıların kullanımı yoluyla araştırmacılar, tıp, elektronik ve çevre iyileştirme dahil olmak üzere çeşitli sektörlerde nanomalzeme uygulamaları geliştirmeyi amaçlamaktadır (Turunc vd., 2021).

Arı sütü (AS), fonksiyonel gıdada, kozmetikte ve birçok hastalığın tedavisinde yaygın olarak kullanılan arı ürünlerinden biridir. İşçi arıların mandibular ve hipofarenks bezlerinden gelen kremi asidik bir salgıdır (Ahmadvd., 2020). Ayrıca, arı larvalarına 1-3 gün ve kraliçeye yaşam süresi boyunca verilen tek gıda olarak kabul edilir ve gelişmiş kimyasal profili nedeniyle bal arısının fizyolojik işlevinin düzenlenmesine yardımcı olmaktadır (Salama vd., 2022). Arı sütü su (%60-70), toplam şeker (%10-16), ham protein (%12-15), lipitler (%3-6), vitaminler, serbest amino asitler, fenoller, flavonoidler ve tuzlar içermektedir (Ahmadvd., 2020; Guo vd., 2021). Arı sütünün biyolojik aktiviteleri in vitro ve in vivo olarak incelenmiş ve birçok klinik çalışmada da ele alınmıştır. AS'nin bağışıklık ve hafıza düzenlemesi, sindirim sistemi geliştirme, glikoz seviyesi düzenlemesi, obezitenin azaltılması ve anti-inflamatuar ve antikanser varlıklar üzerindeki etkileri kanıtlanmıştır. Ek olarak, AS, küresel, nanodisk ve kümelenmiş NP'lerin görüldüğü AgNP'lerin yeşil sentezinde yüksek yetenek göstermiştir. Ayrıca hem Gram pozitif hem de Gram negatif bakterilere karşı antibakteriyel aktivite göstermişlerdir (Gevorgyan vd., 2021).

Arı sütünün yüksek kalitede kullanımını iyileştirmek iyonik jelyasyon yöntemi kullanılarak kitosan kaplı nano maddeler oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda arı sütü başarılı bir şekilde nanokaplanarak kararlı yapı ve amorf şekil özellikleri sergilemiştir. Nanokaplı materyalde arı sütü oranı arttıkça antioksidan aktivite de artmıştır. Ayrıca ilginç bir şekilde, gram-pozitif bakteriler üzerindeki antibakteriyel aktivite, gram-negatif bakterilerden daha iyi göstermiştir. En önemlisi, nanokaplı arı sütü kontrol örneğine göre sindirim sisteminde daha iyi stabilite ve sindirilebilirlik sergilemiştir. Genel olarak, bu bulgular arı sütünün kitosanla nanokaplanabileceğini ve nanokaplı arı sütünün normal arı sütünden yüksek kaliteli kullanımının geliştirilmesi ve uygulanması için önemli olan iyi termal stabilite, antioksidan aktivite, antibakteriyel aktiviteler ve biyoyararlanım sergilediğini ortaya koymuştur (Tao vd., 2024).

Arı sütü kullanılarak yeşil sentez yoluyla üretilen Gümüş Nanopartikülleri, HeLa servikal kanser ve A549 akciğer kanseri hücre hatları üzerindeki etkilerini (VEGFa/PI3K/Akt/MMP-2 Yolunun Modülasyonu) azaltmak için denenmiştir. Araştırma bulgularında, VEGFa/PI3K/Akt/MMP-2 yolunu ve kanser hücrelerinde ROS/RNS modülasyonu hedeflenerek Arı sütü-AgNP'lerinin antikanser potansiyelinin olduğu ortaya konulmuştur (Kocharyan vd., 2024).

Bal arıları floradan nektar ve polen toplar ve bunları peteklerde depolar. Burada toplanan maddeler laktik asit bakterilerinin ve sindirim enzimlerinin etkisiyle fermantasyona uğrar ve Arı Ekmeği (AE) olarak bilinen bir karışım elde edilmektedir. Bu karışımın asidik pH değeri 3,5 ila 4,2 arasındadır. AE, hem larvalar hem de yetişkin arılar için besin sağlayarak kovandaki birincil protein kaynağı olarak hizmet eder. AE, çeşitli kimyasal bileşenlerin zengin bir kaynağıdır. Aldehitler, doymamış alifatik asitler, alkoller, ketonlar ve nitrillerle birlikte proteinler, amino asitler ve karbonhidratlar içerir. Ek olarak, karotenoidler, terpen türevleri, polifenoller ve flavonoidlerle doludur. C, B, K, P ve E vitaminleri ile furfural gibi vitaminlerin varlığı, besin profilini daha da artırır (Khalifa vd., 2020).

Çok sayıda çalışma, AE'nin antimikrobiyal, anti-inflamatuar, antioksidan ve antikanser özellikleri de dahil olmak üzere çeşitli biyolojik aktivitelerini vurgulamıştır. Önemli bir fenolik bileşik olan Rutin, AE'de bulunur ve yüksek içeriği ekmeğin tazeliğinin bir göstergesi olarak hizmet eder (Bayram vd., 2021). Son zamanlarda, AE'ye benzer, 20 ila 40 g/dalton arasında değişen önerilen bir alımla bir diyet takviyesi olarak popülerlik kazanmıştır. AE'nin bileşenleri yalnızca benzersiz biyolojik aktiviteler sergilemekle kalmaz, aynı zamanda potansiyel indirgeyici güçlere de sahiptir. Bu etkiler, NP'lerin çevre dostu sentezinde kullanılan doğal bir ürün olarak başarısına katkıda bulunacağı düşünülmektedir (Khalifa vd., 2024).

Arı ekmeği ekstraktlarının indirgeyici ve dengeleyici özellikleri sayesinde yeşil sentez yoluyla gümüş nanopartikülleri üretilmiştir. Üretilen AE-AgNP'ler; test edilen Gram-pozitif ve Gram-negatif bakteri suşları üzerinde iyi antibakteriyel aktivite göstermiştir. Test sonucunda; *S. aureus*, *B. cereus*, *E. faecalis*, *E. coli*, *P.*

aeruginosa, *S. enteritidis* ve maya *C. albicans* üzerinde sırasıyla inhibisyon çapları $7,67 \pm 0,59$ ile $22,21 \pm 1,06$ mm arasında değişirken, minimum inhibitör konsantrasyonu için elde edilen değerler $0,39$ ile $6,25 \mu\text{g/mL}$ arasında değişmiştir. İn vitro antiproliferatif aktivite kolon adenokarsinomu, ATCC HTB-37 hücre hattı üzerinde test edildi ve sonuçlar yeşil sentezlenen AE-AgNP'lerin $24,58$ ila $67,91 \mu\text{g/mL}$ arasında değişen bir IC50 ile doz bağımlı bir şekilde tümör hücresi canlılığında önemli bir azalmaya neden olduğunu ifade edilmiştir (Urcan vd., 2023).

3. Sonuç

Yapılan çalışmalarda da görüldüğü gibi arı ürünleri zengin bileşik kompozisyonundan dolayı birçok çalışma alanına girmiştir ve girmeye devam etmektedir. Nanoteknolojik çalışmalarda üretilen nano malzemelerin yüzey alan oranı artırıldığından elde edilen faydalanma da artmaktadır. Arı ürünlerinin; bal, propolis, polen, arı sütü e arı ekmeği nanoteknoloji alanında önemli bir potansiyele sahiptir bu ürünler; doğal, sürdürülebilir ve çok yönlü malzemelerdir. Yapılan çalışmalarda da görüldüğü gibi ilaç taşıma, yara iyileştirme, antibakteriyel uygulamalar, gıda ambalajları, fonksiyonel gıda üretimi ve kozmetik gibi alanlarda kullanılarak, insan sağlığına ve çevreye önemli katkılar sağlayabileceği ifade edilmiştir. Ancak, bu alandaki araştırmaların ve geliştirmelerin devam etmesi gerekmektedir.

Kaynaklar

1. Acun, S., & Gül, H. (2020). Fonksiyonel Bir Ürün Olan Propolisin Sağlık Üzerine Etkisi. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 20(2), 189-208.
2. Adhikari, J., Ghosh, M., Das, P., Basak, P., & Saha, P. (2022). Polycaprolactone assisted electrospinning of honey/betel with chitosan for tissue engineering. *Materials Today: Proceedings*, 57, 307-315.
3. Adlakha-Hutcheon, G., Khaydarov, R., Korenstein, R., Varma, R., Vaseashta, A., Stamm, H., & Abdel-Mottaleb, M. (2009). Nanomaterials, nanotechnology: applications, consumer products, and benefits. In *Nanomaterials: risks and benefits* (pp. 195-207). Springer Netherlands.
4. Ahmad, S., Campos, M. G., Fratini, F., Altaye, S. Z., & Li, J. (2020). New insights into the biological and pharmaceutical properties of royal jelly. *International journal of molecular sciences*, 21(2), 382.
5. Al-Hatamleh, M. A., Alshaer, W., Hatmal, M. M. M., Lambuk, L., Ahmed, N., Mustafa, M. Z., ... & Mohamud, R. (2022). Applications of alginate-based nanomaterials in enhancing the therapeutic effects of bee products. *Frontiers in Molecular Biosciences*, 9, 865833.
6. Aslan, A., & Bayraktar, A. (1996). Arı sütlerinin Kimyasal Bilesimi ve Beslenme Açısından önemi. II. *Gıda Mühendisliği Kongresi. Gaziantep. S.*, 339-349.
7. Aytekin, A. A., Tuncay Tanrıverdi, S., Aydın Köse, F., Kart, D., Eroğlu, İ., & Özer, Ö. (2020). Propolis loaded liposomes: evaluation of antimicrobial and antioxidant activities. *Journal of liposome research*, 30(2), 107-116.
8. Bayram, N. E., Gercek, Y. C., Çelik, S., Mayda, N., Kostić, A. Ž., Dramićanin, A. M., & Özkök, A. (2021). Phenolic and free amino acid profiles of bee bread and bee pollen with the same botanical origin—similarities and differences. *Arabian Journal of Chemistry*, 14(3), 103004.
9. Ciric, J., Haneklaus, N., Rajić, S., Baltić, T., Lazić, I. B., & Đorđević, V. (2022). Chemical composition of bee bread (perga), a functional food: A review. *Journal of Trace Elements and Minerals*, 2, 100038.
10. Değirmenci, O., & Yıldız, O. (2021). Polenin Arı Ekmeğine Dönüşüm Süreci: Arı Ekmeği Mikrobiyolojisi. *Türkiye Klinikleri Yayınevi*, 86-89.
11. Denisow, B., & Denisow-Pietrzyk, M. (2016). Biological and therapeutic properties of bee pollen: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(13), 4303-4309.
12. Gevorgyan, S., Schubert, R., Yeranossyan, M., Gabrielyan, L., Trchounian, A., Lorenzen, K., & Trchounian, K. (2021). Antibacterial activity of royal jelly-mediated green synthesized silver nanoparticles. *AMB Express*, 11, 1-8.
13. Guo, J., Wang, Z., Chen, Y., Cao, J., Tian, W., Ma, B., & Dong, Y. (2021). Active components and biological functions of royal jelly. *Journal of Functional Foods*, 82, 104514.
14. URL-1, (2024) <https://www.usgs.gov/faqs/how-many-species-native-bees-are-united-states>
15. Hulla, J. E., Sahu, S. C., & Hayes, A. W. (2015). Nanotechnology: History and future. *Human & experimental toxicology*, 34(12), 1318-1321.
16. Keskin, M., Kaya, G., & Keskin, S. (2022). Nanotechnology in Honey: Future and Perspectives Honey as Nanoparticles. *Nanotechnology in Functional Foods*, 87-101.

17. Khalifa, S. A., Elashal, M., Kieliszek, M., Ghazala, N. E., Farag, M. A., Saeed, A., ... & El-Seedi, H. R. (2020). Recent insights into chemical and pharmacological studies of bee bread. *Trends in Food Science & Technology*, 97, 300-316.
18. Khalifa, S. A., Shetaia, A. A., Eid, N., Abd El-Wahed, A. A., Abolibda, T. Z., El Omri, A., ... & El-Seedi, H. R. (2024). Green Innovation and Synthesis of Honeybee Products-Mediated Nanoparticles: Potential Approaches and Wide Applications. *Bioengineering*, 11(8), 829.
19. Kocharyan, M., Marutyan, S., Nadiryan, E., Ginovyan, M., Javrushyan, H., Marutyan, S., & Avtandilyan, N. (2024). Royal Jelly–Mediated Silver Nanoparticles Show Promising Anticancer Effect on HeLa and A549 Cells Through Modulation of the VEGFa/PI3K/Akt/MMP-2 Pathway. *Applied Organometallic Chemistry*, 38(12), e7726.
20. Korkmaz, A. (2015). *Anlaşılabilir Arıcılık* (Vol. 1). Ali Korkmaz.
21. Luo, X., Dong, Y., Gu, C., Zhang, X., & Ma, H. (2021). Processing technologies for bee products: an overview of recent developments and perspectives. *Front Nutr* 8: 727181.
22. Mahmad, A., Chua, L. S., Noh, T. U., Siew, C. K., & Seow, L. J. (2023). Harnessing the potential of Heterotrigena itama propolis: An overview of antimicrobial and antioxidant properties for nanotechnology–Based delivery systems. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 102946.
23. Mele, E. (2023). Electrospinning of honey and propolis for wound care. *Biotechnology and Bioengineering*, 120(5), 1229-1240.
24. Mendez-Pfeiffer, P., Juarez, J., Hernandez, J., Taboada, P., Virués, C., Valencia, D., & Velazquez, C. (2021). Nanocarriers as drug delivery systems for propolis: A therapeutic approach. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 65, 102762.
25. Michener, C. D. (1974). *The Social Behavior of the Bees: A Comparative Study* (Vol. 404). Harvard University Press (Belknap Press).
26. Mutlu, C., Erbaş, M., & Tontul, S. A. (2017). Bal ve diğer arı ürünlerinin bazı özellikleri ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Akademik Gıda*, 15(1), 75-83.
27. Philip, D. (2009). Honey mediated green synthesis of gold nanoparticles. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 73(4), 650-653.
28. Philip, D. (2010). Honey mediated green synthesis of silver nanoparticles. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 75(3), 1078-1081.
29. Polat, G. (2007). Farklı lokasyon ve orijinlere sahip balların reolojik, fizikokimyasal karakteristikleri ve mineral içeriklerinin belirlenmesi.
30. Ramli, N. A., Ali, N., Hamzah, S., & Yatim, N. I. (2021). Physicochemical characteristics of liposome encapsulation of stingless bees' propolis. *Heliyon*, 7(4).
31. Salama, S., Shou, Q., Abd El-Wahed, A. A., Elias, N., Xiao, J., Swillam, A., ... & El-Seedi, H. R. (2022). Royal jelly: Beneficial properties and synergistic effects with chemotherapeutic drugs with particular emphasis in anticancer strategies. *Nutrients*, 14(19), 4166.
32. Sorucu, A. (2019). ARI ÜRÜNLERİ ve APİTERAPİ. *Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni*, 10(1), 1-15.
33. Sreelakshmi, C. H., Datta, K. K. R., Yadav, J. S., & Reddy, B. V. (2011). Honey derivatized Au and Ag nanoparticles and evaluation of its antimicrobial activity. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 11(8), 6995-7000.
34. Tao, J., Bi, Y., Luo, S., Quan, S., He, J., Dong, P., ... & Fang, X. (2024). Chitosan nanoparticles loaded with royal jelly: Characterization, antioxidant, antibacterial activities and in vitro digestion. *International Journal of Biological Macromolecules*, 280, 136155.
35. Thakur, M., & Nanda, V. (2020). Composition and functionality of bee pollen: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 98, 82-106.
36. Turunc, E., Kahraman, O., & Binzet, R. (2021). Green synthesis of silver nanoparticles using pollen extract: Characterization, assessment of their electrochemical and antioxidant activities. *Analytical Biochemistry*, 621, 114123.
37. Urcan, A. C., Criste, A. D., Szanto, K. I., Ştefan, R., Zahan, M., Muscă, A. S., ... & Olah, N. K. (2023). Antimicrobial and antiproliferative activity of green synthesized silver nanoparticles using bee bread extracts. *Pharmaceutics*, 15(7), 1797.