

Atf İçin: Topal E, Sarioğlu A, Oskay D, Balkanska R, Güneş N, Tunca Rİ, 2021. Arıcılıkta Bazı Biyoteknolojik Gelişmelere Bakış. İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(4): 3308-3323.

To Cite: Topal E, Sarioğlu A, Oskay D, Balkanska R, Güneş N, Tunca Rİ, 2021. A Summary of Some Recent Biotechnological Advancements in Beekeeping. Journal of the Institute of Science and Technology, 11(4): 3308-3323.

Arıcılıkta Bazı Biyoteknolojik Gelişmelere Bakış

Erkan TOPAL^{1*}, Aybike SARIOĞLU², Devrim OSKAY³, Ralitsa BALKANSKA⁴, Nazmiye GÜNEŞ⁵, Raşan İVGİN TUNCA⁶

ÖZET: Arıcılıktaki araştırmalar birçok bilim dalının ışığında yapılmakta olup biyoteknoloji bunlardan biridir. İklimde yaşanan değişimler, arıların beslenme ve besin kaynaklarını etkilerken, son yıllarda hastalık ve zararlıların giderek artması ve kimyasal ilaçlara karşı gerek arının gerekse de parazit ve patojenlerin direnç geliştirmeleri sebebiyle hastalık etmenlerine bu kimyasalların çare olamaması arıcılıkta biyoteknolojik çalışmalara yönelimi hızlandırmıştır. Hastalıklara dirençli / verimli arı ırklarının ve mevcut katkı maddelerinin geliştirilmesiyle birlikte, yeni yem kaynakları oluşturulmasına yönelik biyoteknolojik araştırmalar yapılmaktadır. Özellikle dünyadaki gelişmelere uyum sağlamak sürdürülebilir arıcılık faaliyetleri açısından da oldukça önem taşımaktadır. Bu çalışmada bal arısı ve arıcılık sektöründe yapılmış bazı biyoteknolojik araştırmalar incelenerek bu alandaki gelişmelerin ortaya konulması ve yakın gelecekte yapılacak çalışmalara ışık tutulması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bal arısı, Mikroorganizma, Arı sağlığı, Biyokimya

A Summary of Some Recent Biotechnological Advancements in Beekeeping

ABSTRACT: Research in beekeeping is carried out in the light of many branches of science, and biotechnology is one of them. While the changes in the climate affect the nutrition and food resources of the bees, the increase of diseases and pests in recent years and the resistance of both bees and parasites and pathogens against chemical pesticides has accelerated the orientation to biotechnological studies in beekeeping. Many studies are being carried out to develop resistant / efficient bee breeds to improve existing additives and to create new food resources. Especially adapting to the developments in the world is essential to sustainable beekeeping activities. This review aims to reveal the developments in this field and shed light on the studies in the near future by examining some biotechnological research conducted in the honey bee and beekeeping sector.

Keywords: Honey bee, Microorganism, Bee health, Biochemistry

¹ Erkan TOPAL ([Orcid ID: 0000-0002-1398-4390](https://orcid.org/0000-0002-1398-4390)), Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Arıcılık Araştırma Merkezi, İzmir, Türkiye

² Aybike SARIOĞLU ([Orcid ID: 0000-0002-8287-6617](https://orcid.org/0000-0002-8287-6617)), Uludağ Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Biyokimya Bölümü, Bursa/Türkiye

³ Devrim OSKAY ([Orcid ID: 0000-0002-3410-2780](https://orcid.org/0000-0002-3410-2780)), Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Tekirdağ/Türkiye

⁴ Ralitsa BALKANSKA ([Orcid ID: 0000-0003-3486-1514](https://orcid.org/0000-0003-3486-1514)), Department of Special Branches – Bees, Institute of Animal Science, Kostinbrod, Spirka Pochivka 1, 2232, Bulgaria

⁵ Nazmiye GÜNEŞ ([Orcid ID: 0000-0002-8096-1316](https://orcid.org/0000-0002-8096-1316)), Uludağ Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Biyokimya Bölümü, Bursa/Türkiye

⁶ Raşan İVGİN TUNCA ([Orcid ID: 0000-0003-0745-6732](https://orcid.org/0000-0003-0745-6732)), Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Ula Meslek Yüksek Okulu, Muğla/Türkiye

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Erkan TOPAL, e-mail: topalerkan@tarimorman.gov.tr

GİRİŞ

Bilimsel gelişmelerden en önemlisi 20. yüzyılda biyoloji biliminde DNA'nın yapısının aydınlatılmasıdır. Gelişen teknolojinin ve metotların kullanıldığı çalışmaların sonuçları doğal yaşamı etkilediği gibi, aynı zamanda değiştirebilmektedir. Bu nedenle bilimsel platformlarda yeni yüzyıl biyoteknoloji yüzyılı olarak geçmektedir (Watson ve Crick, 1953; Erçetin, 1999; Kayıhan, 2018). Biyoteknoloji; tek veya çok hücreli canlıların, organ, doku veya hücreleri kullanılarak ekonomik değeri olan ürünlerin üretilmesini amaçlamaktadır (Scott, 1998; Gül, 2014). Başka bir ifade ile biyolojik materyaller kullanılarak doğal olarak var olmayan veya ihtiyacımız kadar üretilmeyen yeni ve sınırlı bulunan ürünlerin, mikrobiyoloji, biyokimya, moleküler biyoloji, immünoloji, protein mühendisliği, enzimoloji ve biyoproses teknolojileri gibi farklı bilim alanlarındaki yaklaşımların birleştirilerek gerçekleştirilmesidir. Son yıllarda özellikle genetik tekniklerin geliştirilmesiyle genetik materyallerin transferi ve ticari öneme sahip yeni metabolitlerin üretiminin optimizasyonu için uygun organizmaların varlığı biyoteknolojik uygulamalara hız kazandırmıştır (Gül, 2014). Multidisipliner bir bilim olan biyoteknolojinin; tıp, tarımsal faaliyetler, çevre ve endüstriyel biyoteknoloji gibi temel alanları bulunmaktadır. Bu alanların dünya pazarlarındaki durumuna bakıldığında; %77 gıda, %12 antibiyotik, %7 ilaç-kit ve %3 tarım sektörlerine ait biyoteknolojik ürünlerin olduğu görülmektedir (Kolankaya, 2000).

Tarımsal biyoteknoloji, bitki çeşitlerinin ve hayvan popülasyonlarının genetik iyileştirilmesi, bitki veya hayvan hastalıklarının teşhisi için gıda endüstrisinde ve tarımda kullanılan farklı teknolojileri temsil eder (Ruane ve Sonnino, 2011). Tarımsal biyoteknolojiye bakıldığında insanlığın ihtiyaçları doğrultusunda gen mühendisliği teknolojisi kullanılarak hastalıklara karşı dirençli, besin değeri daha yüksek ve lezzetli bitkilerin yanında; marjinal toprak ve iklim koşullarında yaşayabilen ve daha fazla ürün verebilen çiftlik hayvanları üretilmesi amaçlanmaktadır. Verimliliği arttırmaya yönelik olarak biyoteknoloji uygulamaları ile birlikte katkı maddesi kullanımı da oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir. Diğer yandan genetik yapısında değişikliğe uğramış bu ürünlerin insan ve çevre sağlığı açısından bir risk oluşturabileceğine yönelik görüşler artmaktadır. Günümüzde özellikle gelişmiş ülkelerde toplum bilincinin insan ve çevre sağlığına yoğunlaşması ve doğal ürün kullanımına yönelmesi organik üretimin önemini arttırmıştır (Yeşilbağ, 2004; Di Gioia ve Biavati, 2018).

İlk biyoteknolojik çalışmalar M.Ö. 6000 yıllara dayanan bir süreçte fermente ürünlerin elde edilmesiyle başlamıştır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte özellikle yaklaşık son iki yüz yıl içerisinde mikroorganizmaların ikincil ürünü olan organik asitler, antibiyotikler, enzimler ve çeşitli proteinler elde edilmeye başlanmıştır. Hayvancılıkta biyoteknolojinin kullanılması sonucu transgenik hayvanların üretimine geçilmiştir. İstenilen özellikler yönünden genetik olarak üstün hayvanlar elde etmek için yapay tohumlama, embriyo transferleri ve embriyo veya hücre çekirdeğine mikro injeksiyon ile gen transferi ve klonlama teknikleri kullanılmıştır. Değişik organizmalara ait genlerin bireysel olarak farklı organizmalara transfer edilebilmesi ve çalıştırılması, biyoteknolojinin bir endüstri kolu haline gelmesine yol açmıştır (Woyke, 1962; Sağırkaya, 2009; Cobey ve ark., 2013; İnanç ve Daşkın, 2015). Arıcılıkta yeni bilgilerin sektöre katkısı, hızlı gelişim ve değişim ile kendini göstermektedir. Teknolojideki hızlı değişim ve hızla gelişen biyoteknolojik çalışmaların son beş yıl içerisinde arıcılık sektöründeki bazı yansımaları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Arıcılıkta Yapılan Bazı Teknolojik ve Biyoteknolojik Uygulamalar

Uygulama alanı	Uygulama	Uygulama materyali	Kaynaklar
Moleküler biyoloji	Tür tanımlama, genomik, metagenomik	Arı, bal	Schmehl ve ark., 2014; Syromyatnikov ve ark., 2018; Utzeri ve ark., 2018; Gebremedhn ve ark., 2020
Genetik	Popülasyon genetiği, gen ekspresyonu	Arı	Saelao ve ark., 2020; Wu ve ark., 2020
Mikrobiyoloji	Yem (Mikroalg), bağırsak mikroorganizması, <i>Snodgrassella alvi</i>	Arı	Ricigliano, 2020; Tola ve ark., 2020; Leonard ve ark., 2020
Fizyoloji	Metilenkolesterol, bağışıklık	Arı	Kunc ve ark., 2019; Chakrabarti ve ark., 2020
Biyokimya	Kimyasal kuluçka sinyalleri, yağ asitleri ve keton madde	Arı	Wagoner ve ark., 2019; Lee ve ark., 2020
Üreme biyoteknolojisi	Yapay tohumlama	Arı	Gabka ve Cobey 2018
Bilgisayar mühendisliği	Ses sistemi, hava ölçer vb, morfolojik yazılım	Kovan, Arı kanadı	Nawrocka ve ark., 2018; Su ve ark., 2020; Braga ve ark., 2020

Özellikle biyoteknolojideki son gelişmeler, genetiği değiştirilmiş ürün ve uygulamalarla karşımıza çıkmaktadır (Schulte ve ark., 2014). Genetiği değiştirilen ürünlere karşı duyulan güvensizlik ve tüketilmesi neticesinde ortaya çıkacak sonuçların bilinmiyor olması, yakın zamanda birçok tartışmayı ve biyogüvenliği de beraberinde getirmektedir (Winston, 2003; Çetiner, 2011; Pinheiro ve Faria, 2020). Genetiği değiştirilen ürünlerin bal arılarına etkilerini belirlemeye yönelik çalışmalar yapılmaktadır (O'Brien ve Arathi, 2018; Yuanyuan ve ark., 2019). Oluşabilecek riskler tüketicileri bu ürünlerden uzak tutabilmektedir.

Arıcılıkta biyoteknolojik çalışmalardan temel alanları içeren ıslah, yem katkıları, üreme, biyokimya ve moleküler genetik konularındaki ilgili gelişmeler aşağıda verilmektedir.

Biyoteknoloji Temelli Islah Çalışmaları

Hayvanların genetik yapılarının iyileştirilmesi ile sağlanan hayvan ıslahı ve hayvansal ürünlerin artırılması çalışmalarında uygulanan metotlar kontrollü çiftleştirme ve seleksiyondur. Bu metotlar, biyoteknolojinin hayvan ıslahındaki ilk uygulamaları olarak değerlendirilebilir. Zamanla suni tohumlama, süperovulasyon ve embriyo transferi tekniklerinin uygulamaya konulması ile hayvan ıslahı çalışmaları önemli bir ivme kazanmıştır (Alpan, 1989). Arıcılığa baktığımızda son yıllarda hastalık ve zararlıların artması nedeniyle verim yönlü ıslahın yerine hastalıklara dirençli veya toleranslı bal arısı ırklarının geliştirilmesine yönelik çalışmalar ağırlık kazanmaktadır. Özellikle bu hastalık ve zararlılara karşı çözüm olarak kullanılan kimyasallara karşı parazit ve patojenlerin kendi varlıklarını sürdürmek için direnç geliştirmeleri sebebiyle hastalık etmenlerini ortadan kaldıramaması yanında kalıntı sorununu da beraberinde getirmektedir. Son zamanlarda sürdürülebilir arıcılığa yönelik *Varroa*, *Nosema*, yavru çürüklüğüne karşı dirençli hatların geliştirilmesine yönelik çalışmalar, yönetim planlamaları (Spivak ve Reuter, 2001; Villa ve ark., 2009; Huang ve ark., 2012; Huang, 2013; Kurze ve ark., 2015; Locke ve ark., 2019; Oskay ve ark., 2019; Kovacic ve ark., 2020; van Alphen ve Fernhout, 2020) ve uygulamalar (Lodesani ve ark., 2019) yapılmaktadır. Hijyenik davranış özelliğine yönelik çok sayıda çalışmalar yürütülmektedir (Bak ve ark., 2010; Kekeçoğlu, 2015; Kirrane ve ark., 2015). Özellikle *Varroa destructor*, Avrupa bal arısı kolonilerini tehdit etmeye devam etmektedir. Genel hijyen ve daha spesifik

Varroa Hassas Hijyen (VSH) davranışı *Varroa* akarına karşı direnç sağlamaktadır (Kirrane ve ark., 2015).

Varroa akarının yayılmasını önlemek için ümit verici yaklaşımlar, dirençli bal arıları yetiştirmek ve bal arısı işçilerinin genel olarak kuluçka hastalıklarına karşı davranışsal bir tepkisi olan hijyenik davranıştır. Yürütülen çalışmada bireysel işçi arılar tarafından *Varroa* ile parazitlenmiş yavruların tespiti ve yavru gözlerinden çıkarılmasıyla ilişkili SNP'lerin etrafındaki genomik bölgeler analiz edilmiştir. Bu çalışma için, 22 000 ayrı ayrı etiketlenmiş arı videosu izlenmiş ve 122 vaka ile 122 kontrolden oluşan bir örnek toplanarak SNP genotiplerinin hijyenik ve hijyenik olmayan davranıştan genom çapında bir ölçekte bağımlılığı / bağımsızlığı belirlemek için analiz yapılmıştır. Sonuç olarak 6 SNP işaretçisinin, araştırılan özellik ile oldukça önemli ilişkilere sahip olduğu bildirilmiştir ($\alpha < 0.01$). Bu SNP'lerin etrafındaki genomik bölgelerin incelenmesi, varsayılan aday genlerin keşfedilmesine yol açmıştır (Spötter ve ark., 2016). Lazarov ve ark. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, farklı hijyenik davranışa sahip (oldukça hijyenik, hijyenik ve hijyenik olmayan) bal arısı kolonileri için MDH-1 ve Est-3 lokusları için allel frekansları, polimorfizm seviyeleri ve heterozigotluk seviyelerindeki farklılıkları araştırmışlardır. Sonuçlar, bal arılarıyla gelecekteki seçim için kullanılacak hijyenik davranış ve alloenzim özellikleri arasındaki ilişkileri gösteren yeni bilgiler sunmaktadır.

Yem Katkı Maddeleri Çalışmaları

Özellikle besin değeri iyileştirilmiş yem katkı maddeleri (pre-probiyotik) ile hayvanların performansının artırılması, birim hayvandan elde edilen ürün miktarının artırılması ve hayvan sağlığının iyileştirilmesi biyoteknolojik uygulamaların ana hedeflerindedir (Özcan ve Ayaşan, 2009; Ptaszynska ve ark., 2016; Alberoni ve ark., 2018; Fanciotti ve ark., 2018). Faydalı bakteri takviyesinin *Apis mellifera* L.'nin bağırsak mikrobiyotası, koloni gelişimi ve üretkenliği üzerindeki etkisini belirlemek için, dört hafta boyunca açık alanda bulunan bir arı kovanının çerçevelerine arı bağırsağından izole edilen bifidobakteri ve laktobasil içeren şeker şurubu preparatı haftada bir uygulanmıştır. Sonrasında koloniler kuluçka süresi, bal ve polen verimleri için iki ay boyunca takip edilmiştir. Uygulanan bakterilerin, kuluçka popülasyonunda (%46.2), polenlerde (%53.4) ve hasat edilebilir balda (%59.21) önemli bir artışa neden olduğu bildirilmiştir (Alberoni ve ark., 2018). Farklı bir çalışmada ticari bir ürün olan *Lactobacillus salivarius* A3iob'un bal verimi üzerindeki etkisini belirlemek için yürütülen çalışmaya göre floral kaynakların etkisi olsa da bal veriminde artış sağladığı bildirilmiştir (Fanciotti ve ark., 2018).

Prebiyotik ve probiyotik yem takviyesi, işçi bal arılarının balmumu bezleri üzerinde etkilidir. Hem laktik asit hem de probiyotik bir ürünle beslenen arı kolonileri, saf şeker şurubu ile beslenen kontrol grubuna kıyasla daha iyi bir balmumu hücre gelişimine sahiptir (Patruica ve ark., 2012).

Prebiyotik ürünlerin (laktik ve asetik asit) ve probiyotik ürünlerin (Enterobiotik: *Lactobacillus acidophilus* LA-14 ve *Bifidobacterium lactis* BI-04) etkilerine ilişkin çalışmada; deney grubu koloniler, katkı maddelerini farklı dozajlarda içeren şeker şurubu ile beslenmiştir. Üç hafta sonra işçi arı bağırsakları üzerinde histolojik sonuçlara göre bağırsak gelişiminin, besinlerin emilimi ve aktif mevsimde arı kolonilerinin iyi gelişimi ile yakından ilişkili olduğu gösterilmiştir (Patruica ve ark., 2013).

Lactobacillus rhamnosus (ticari probiyotik) ve inülinin (prebiyotik) *Nosema ceranae* ile enfekte olmuş ve enfekte olmamış bal arılarının hayatta kalma oranları, fenoloksidaz (PO) aktivitesi seviyesi ve nosemoz seyri üzerindeki etkisini araştırmak için bir çalışma yürütülmüştür. Yalnızca 2 µg/mL'lik bir konsantrasyonda takviye edilen inülinin, bal arılarının hayatta kalmasını, PO aktivitesini veya nosemosis enfeksiyon seviyesini önemli ölçüde etkilemediği bildirilmiştir. Özellikle, bal arılarının diyetinin yanlış seçilmiş probiyotikler veya hem probiyotikler hem de prebiyotiklerle takviyesinin, nosemoz gelişimini engellemeyeceği, arının bağırsaklık sistemlerini bozabileceği ve arı ölüm oranını önemli ölçüde

artırabileceği ifade edilmiştir (Ptaszynska ve ark., 2016). Başka bir çalışmada ticari probiyotik karışımı *Nosema* spp. enfeksiyon düzeyleri ve kolonilerin gücüne bağlı olarak arı sağlığını koruma amacı ile kullanılmıştır. Probiyotik karışım, çok sayıda laktik asit bakterisi, maya ve fotosentetik bakteri türü içerir. Bal arısı koloni gücü açısından kontrol ve deney grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ($p < 0.001$) belirlenirken *Nosema* sporu sayılarında azalma tespit edilmiştir (Tlak Gajger ve ark., 2020).

Protein ve enerji dengesi sağlanmış ikame yemler kullanıldığında işçi arıların yaşam uzunluğunun arttığı, büyüme, gelişme, davranış ve yaşam uzunluğunu etkileyen genlerin (*AmILP-1*, *BRP*, *Vg*) gen ekspresyon seviyeleri yaşa ve farklı besin diyetlerine göre değişim gösterdiği rapor edilmiştir (Koru, 2018). Kışlık gıda olarak bal, sukroz ve yüksek fruktozlu şurup ile beslenen bal arılarında baskın bakteri topluluklarının sayısının etkilendiği ve bunun da kışlama sırasında bal arısı kolonilerinin sağlığını ve güvenliğini etkilediği bildirilmiştir. Sakkaroz ile beslenen bal arılarının bağırsaklarında *Alphaproteobacteria*, *Bifidobacteriales* ve *Lactobacillaceae*'nin varlığı ve baldan daha ucuz olması nedeniyle, sukrozun bal arıları için kışlık besin olarak daha uygun olduğu bildirilmiştir (Wang ve ark., 2020).

Üreme Faaliyetleri Üzerine Çalışmalar

Modern hayvan yetiştirme yöntemlerinin arılara aktarılması, arıcılığın biyolojik, çevresel ve endüstri ile ilgili gerçeklerinden dolayı zor olabilmektedir. Serbest çiftleşme nedeniyle soyağacının olmaması ve genetik ilerlemenin sağlanamaması nedeniyle modern bal arısı yetiştirme programları uygulanmaya başlanmıştır. Böylelikle kontrollü çiftleştirme ya da yapay tohumlama ile istenen genetiğe bağlı özellikleri içinde bulunduran bal arısı kolonilerinin oluşturulması ile sektörün ihtiyaçları karşılanmaktadır (Petersen ve ark., 2020). Bal arısı kolonilerinde bulunan ana arılar hayatları boyunca sadece bir kez havada uçarken ortalama 10-20 erkek arı ile çiftleşirler (Tarpy ve Nielsen, 2002). Bu nedenle; ana arının hangi kovanda bulunan erkek arıyla çiftleştiğini bilmek çok zordur. Bilimsel araştırmalarda ve ıslah çalışmalarında genetik kontrolü sağlayabilmek için üreme biyoteknolojisi alanının konusu olan yapay tohumlama tekniğinden yararlanılır. Teknik; enjeksiyon yardımıyla erkek arılardan toplanan spermin iğne ve karın kancaları yardımıyla ana arının üreme organına enjekte edilmesi üzerine kuruludur. Yapay tohumlama tekniği 1927 yılından itibaren dünyanın çeşitli ülkelerinde bal arısı ile ilgili araştırmalarda ve ıslah çalışmalarında başarılı olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde Muğla arısının (*A.m. anatoliaca*) hijyenik davranışının geliştirilmesi üzerine yapılan ıslah programlarında yapay tohumlama tekniği başarıyla kullanılmıştır (Oskay ve ark., 2019). Yapay tohumlama tekniğinin uygulanması; ana arıların yetiştirilmesi, tuzlu su çözeltisinin hazırlanması, erkek arılardan spermin toplanması, ana arının anestezisi, spermin ana arının üreme organına enjeksiyonu, koloniye kabul ettirilmesi ve yumurtlamaya başlaması basamaklarından oluşur (Cobey ve ark., 2013). Yapay tohumlama tekniği sayesinde doğada olmayan bir erkek arıda bulunan sperm ile birden fazla ana arının döllenmesi ya da yüzlerce erkek arıdan toplanarak oluşturulan havuzdaki spermler ile birçok ana arının döllenmesi sağlanabilir. Yapay tohumlama ile birlikte bal arısı spermasının depolanabilirliği üzerinde çalışmalar da 1960'lı yıllarda başlamıştır. Günümüzde, bal arısı sperması taze olarak 16°C'de 2 hafta gibi bir süre canlı olarak muhafaza edilebilmektedir. Dondurma işleminde ise tam bir başarı elde edilmiş değildir. Günümüzde depolanmış sperma ile döllenmiş ana arılarda %50'nin üzerinde işçi arı oranı elde edilmesine rağmen, spermanın saklanması konusunda metodların geliştirilmesi üzerine araştırmaların devam etmesi gerekmektedir (Gül ve Ceylan, 2016).

Son zamanlarda erkek arı semeninin saklanmasıyla ilgili çalışmalar yürütülmektedir (Harbo, 1977; Taylor ve ark., 2009; Hopkins ve Herr, 2010; Wegener ve ark., 2014a; Wegener ve ark., 2014b; Dadkhah ve ark., 2016; Gül ve ark., 2017; Paillard ve ark., 2017; Alcay ve ark., 2019a; Mills, 2019; Nur

ve ark., 2020). Sperm kriyoprezervasyonu kullanımındaki artış, suni tohumlamanın yalnızca evcil hayvanlar için değil, memeli olmayan türler ve insanlar için de kullanılmasını daha pratik hale getirmiştir. Dimetil Sülfoksit (DMSO), bal arısı erkek arı spermasını dondururken koruyan, en sık kullanılan kriyoprotektandır. Dondurmada en kritik nokta olan donma-çözülme süreci, eritme sonrası erkek arı meni canlılığı için zararlıdır (Nur ve ark., 2020). Erkek arı spermasının çözündürme sonrası kalitesinin korunabilmesi için sığır serum albümini takviyeli TL-Hepes bazlı sulandırıcıların, eritme sonrası erkek arı semen parametreleri üzerinde faydalı etkiye sahip olduğu gösterilmiştir (Alcay ve ark., 2019b).

Farklı bir çalışmada kriyoprotektanların erkek arı spermatozoasının çözülme sonrası semen motilitesi ve plazma membran bütünlüğü üzerindeki etkisini değerlendirmek için toplanan semen, iki aşamalı bir seyreltme kullanılarak %0 kriyoprotektan (kontrol), %6 gliserol, %6 Etilen Glikol, %6 1.2 propandiol veya %6 DMSO içinde 1/5 nihai konsantrasyona seyreltilmiştir. Mevcut çalışmanın erime sonrası sperm motilitesi ve plazma membran bütünlüğü, kontrol, gliserol, etilen glikol, 1.2 propandiol ($P < 0.05$) ile ilgili olarak sperm DMSO'da dondurulduğunda önemli ölçüde daha iyi olduğu bildirilmiştir (Alcay ve ark., 2015).

Biyokimyasal Çalışmalar

Arı yetiştiriciliğinde diğer sosyal ve kalabalık böceklerde olduğu gibi yakın temasta yaşayan canlıların hastalıklara karşı daha dirençli hale gelmesi ve oluşan hastalıklara karşı tedavilerin geliştirilmesinde birçok biyokimyasal yöntemden faydalanılmaktadır (Cremer ve Armitage, 2007; Möckel ve ark., 2011). Bal arılarının parazitlere ve patojenlere karşı duyarlılığı ve yayılma hızı önemli ölçüde koloni kayıplarına yol açmıştır (Kearns ve ark., 1998; Anderson ve Trueman, 2000; Aizen ve ark., 2008; Wilfert ve ark., 2016). Özellikle *Varroa* ektoparazitleri arıcılık için büyük bir sorun olmasına rağmen bu paraziti kontrol altına almak için yapılan çalışmalardan henüz etkili bir çözüm bulunamamıştır (Dietemann ve ark., 2012). *Varroa* popülasyonlarını azaltmak için kullanılan kimyasallar arılar için zararlıdır ve akarların hızlı direnç gelişimi nedeniyle yalnızca geçici olarak etkilidir (Sammataro ve ark., 2005; Rosenkranz ve ark., 2010). *Varroa* ile mücadelede en umut verici stratejilerden biri olan, Minnesota hijyenik (HYG) ve *Varroa* hijyenik davranış (VSH) gösteren kolonilerde dahil olmak üzere hastalığa dirençli bal arılarının seçilerek yetiştirilmesidir (Wagoner ve ark., 2020). Hijyenik davranış, hastalıklı yavruların (larva veya pupa) kovandan tespit edilmesi ve çıkarılmasıdır (Steinhauer ve ark., 2014; Lee ve ark., 2015; Kulhanek ve ark., 2017) ve en yaygın olarak 15 ila 20 günlük işçi arılarda görülmektedir (Seitz ve ark., 2016). HYG arıları, dondurularak öldürülmüş arıların hijyenik olarak uzaklaştırılmasına dayalı olarak seçilirken (VanEnglesdorp ve ark., 2008), VSH arıları, akar üremesini belirgin şekilde bastırmalarına göre seçilmektedir (Harris, 2007). Bal arısı hijyenik davranışını ortaya çıkaran doğal kimyasal sinyalin belirlenmesinin, iyileştirilmiş hijyenik seçim araçlarının geliştirilmesinde ve dolayısıyla parazitli ve hastalıklı yavruların daha fazla uzaklaştırılması yoluyla bal arısı sağlığının iyileştirilmesinde faydalı olabileceği öne sürülmüştür (Wagoner ve ark., 2019).

İnspekt kütikülleri, hidrokarbonlar, balmumu esterleri, gliseritler, serbest yağ asitleri, steroller, aldehitler ve alkoller dâhil çeşitli lipitlerle kaplıdır (Blomquist ve Bagneres, 2010). Bal arılarında kütiküler bileşikler tipik olarak hidrokarbonlar, özel olarak alkanlar, alkenler ve metilalkanlardan oluşur (Francis ve ark., 1985; Annoscia ve ark., 2012). Doymuş hidrokarbonların, kurumaya karşı direnç sağlamak için olduğu düşünülürken (Gibbs, 1998), metil dallı ve doymamış hidrokarbonların böcek kütikülleri üzerinde, tür içi ve türler arası iletişim gibi işlevlere hizmet ettiği tahmin edilmektedir (Hefetz, 2007). Bal arısı kolonisinde yaygın bal arısı stres etkenlerine tepki olarak oranı önemli ölçüde

artan iki alkan, dört metilalkan ve dört mono doymamış alken olmak üzere on kimyasal belirlenmiştir (Wagoner ve ark., 2019). Salvy ve ark. (2001) ise *Varroa* ile parazitlenmiş larvaların daha yüksek miktarlarda tritriacontene ve hentriacontene içerdiğini bulmuştur. Benzer şekilde Nazzi ve ark. (2004), *Varroa* istilasına yanıt olarak kısa zincirli alkenler pentadecene ve heptadecene 'de bir artış bildirmiş ve en az bir pentadecene izomerinin olduğunu göstermiştir. Bu bulgular, kütiküler kimyadaki stres etkeni kaynaklı farklılıkların bal arısı yavrularının hasara bağlı olarak uzaklaştırılmasına yol açtığı fikrini desteklemektedir (Wagoner ve ark., 2019). Yapılan çalışmalar, bal arısı kuluçkasındaki kütiküler hidrokarbonların bileşimi üzerindeki Deforme Kanat Virüsü (DWV) ve *Varroa* istilasının önemli etkilerinin kanıtlarını sağlamış (Aumeier ve ark., 2001; Schöning ve ark., 2012) ve bu değişiklikleri hijyenik uzaklaştırmayla ilişkilendirmiştir (Salvy ve ark., 2001; Schöning ve ark., 2012).

Wagoner ve ark. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada stresli bal arısı kuluçka ve hijyenik davranışıyla ilişkili iki hidrokarbonun hijyenik etkileri araştırılmış Z6-C15 ((Z)-6-pentadecene) ve Z10-C33'ün (Z-10-tritriacontene) kuluçka sağlığından bağımsız olarak bal arısı hijyenik davranışını tetikleyeceği hipotezi test edilmiştir. Bu iki hidrokarbon, önceki çalışmalarda bal arısı stresörleri (parazitler ve virüsler) ile hijyenik davranış arasındaki ilişki esas alınarak seçilmiştir (Salvy ve ark., 2001; Schöning ve ark., 2012). Bal arısı kuluçkasında doğal olarak bulunmayan bileşiklerin, işçiler tarafından "yabancı" olarak algılanabileceği, kuluçka hücrelerinde veya kuluçka hücre kapaklarında tespit edildiğinde bir tür kapak açma ve/veya çıkarma davranışına yol açabileceği öne sürülmüştür (Wagoner ve ark., 2019). Hijyenik davranış, doğal olarak oluşan doğal kimyasalların miktar ve oranlarındaki değişiklikler yoluyla intraspesifik sinyaller (feromonlar) tarafından da uyarılabilir (Wagoner ve ark., 2020). Z10-C33 ve Z6-C15 hidrokarbonlarının, kuluçka veya kapalı kuluçka hücrelerine uygulandığında hijyenik davranışı uyardığını gösteren çalışmalar da yapılmıştır (Wagoner ve ark., 2019).

Bu moleküllere ek olarak β -okimen ve oleik asit, sıvı nitrojenle dondurularak öldürülmüş bal arısı yavrularından salınır ve hijyenik davranışı ortaya çıkarmak için kullanılabilir (McAfee ve ark., 2018). Bununla birlikte, β -okimen, sağlıklı larvalar tarafından beslenmeyi istemek için üretilir (He ve ark., 2016) ve oleik asit, genel bir böcek nekromonudur (Wilson ve ark., 1958; Rollo ve ark., 1994). Çok sayıda bakıcı arı tarafından tespit edilmesi daha kolay olduğu için *Varroa* savunmasını artırabilir (Gramacho ve Spivak, 2003). Akar istilasına uğramış kuluçka için yok etme oranları, dondurularak öldürülmüş kuluçka için daha düşük olduğundan (Boecking ve Drescher, 1992; Spivak ve Downey, 1998), hijyenik davranışı ortaya çıkaran koku alma sinyalinin canlı kuluçkada, ölü kuluçkadan daha düşük olduğu anlaşılmıştır (Spötter ve ark., 2012). Bu, stres altındaki canlı kuluçka tarafından salınan hentriacontene ve tritriacontene'a göre ölü kuluçka tarafından salınan β -okimen ve oleik asidin daha yüksek yayılımı olduğunu ortaya çıkarmaktadır (McAfee ve ark., 2018). Yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar, stres faktörlerinin bal arısı kuluçka kütikül hidrokarbonlarını (CHC) etkilediğini ve çeşitli stres faktörlerine yanıt olarak kuluçka CHC'lerindeki değişikliklerin, koloniye bağlı bir şekilde hijyenik davranışın ortaya çıkmasına katkıda bulunduğu fikrini desteklemektedir. Hijyenik temizleme, hedeflenen kuluçka için ölümcül olduğundan, hijyenik sinyallerin iyi lokalize olmasının sağlıklı yavruların kazara çıkarılma olasılığını azalttığı bildirilmiştir (Wagoner ve ark., 2019). Aynı çalışmada buna ek olarak, bir haşere veya patojenin bulunduğu genel alana hijyenik davranış sergileyen bakıcı arıları çekmek için ek uçucu sinyallerin kullanılmasının yararlı olabileceği önerilmiştir.

Moleküler Biyoloji Çalışmaları

Genomik çalışmalar polinatörler konusunda katkı sağlarken, popülasyon genomiği risk altındaki veya dirençli popülasyonları tanımlamak için kullanılabilir. Transkriptomik çalışmalar, arı

sağlığını tehdit eden birçok stres faktörünü ve arıların bu stres faktörleriyle savaştığı karmaşık mekanizmaları ortaya koymaktadır. Metagenomik, arılarla etkileşime giren çeşitli ve karmaşık mikroorganizma topluluklarını karakterize etmek ve arıların yiyecek arama tercihlerini ve beslenme gereksinimlerini keşfetmek için yüksek verimli bir strateji sağlayabilir. Bu yaklaşımlar bir araya getirildiğinde, dirençli özellikler için seçim, hızlı ve kapsamlı teşhis yaklaşımları, diyet probiyotiklerinin geliştirilmesi veya hedeflenen floral alanlar yoluyla arı sağlığını iyileştirmek için kullanılacak bir omik araç seti oluşturabileceği ve arı direncini artırmak için potansiyel genetik modifikasyonlar yapılabileceği bildirilmektedir (Chapman ve ark., 2008; Maleszka, 2008; Schmehl ve ark., 2014; Galbraith ve ark., 2015; Galbraith ve ark., 2018; Regan ve ark., 2018; Rittschof ve ark., 2019; Avalos ve ark., 2020; Grozinger ve Zayed, 2020).

Batı Avustralya'da hastalık ve diğer nedenlerle kapalı bir popülasyon ıslah programı oluşturulmuştur. 25 yıllık seçici yetiştirmeye rağmen, üreme popülasyonunun hatırı sayılır genetik çeşitliliği koruduğu belirlenmiştir. Batı Avustralya bal arılarının, iki alt türden kaynaklanan üç mitotip gösterdiği bildirilmiştir (Chapman ve ark., 2008). Türkiye bal arısı popülasyonunu temsil eden yedi farklı bölgeden 23 popülasyonun 25 mikrosatellit lokus bakımından tanımlanması yapılmış, bu popülasyonların yetiştirildikleri coğrafyagöz önüne alınarak beş ana bölgede sınıflandırılmıştır (Yıldız ve ark., 2010). İspanya'da İber bal arılarının genetik yapısını ortaya koymak için dokuz bölgeden 362 işçi arı örneği alınarak 10 mikrosatellit lokus analiz edilmiştir. Allellik çeşitlilik birkaç lokusta oldukça yüksek iken, heterozigotluk değerleri Afrika ve Batı Avrupa popülasyonları arasında bulunmuştur. İber bal arısının uyum sağladığı bir bölgenin olduğu ve göçer arıcılık ile genetik homojenleşme olacağı, bal veriminin artacağı ama ilerleyen süreçte yok olma riski ile karşı karşıya kalacağı bildirilmiştir (Canovas ve ark., 2011).

Bal arısı sağlığı, çevrenin, konakçı genetiğin ve ilgili mikroorganizmaların (ortak, fırsatçı ve patojenik) karmaşık bir sonucudur. İngiltere'nin dört bir yanından 19 bal arısı kolonisinin genomlarını ve metagenomlarını karakterize etmek için DNA dizilimi yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre bal arılarıyla ilişkili mikrobiyal topluluklara ışık tutulmuş ve tarımsal ekosistemlerdeki yeni biyolojik tehditleri belirlemek için yüksek verimli, yönlendirilmiş metagenomiklerin gücünü gösterdiği bildirilmiştir (Regan ve ark., 2018).

Bal arılarının beslenme ve pestisite maruz kalması sonucu, işçi arılarda detoksifikasyon, davranışsal olgunlaşma, bağışıklık ve beslenmeyle ilgili genler dahil 1118 transkriptte önemli değişiklikler tespit edilmiştir. Yine pestisitlere ve polen içeren diyetlere transkripsiyon düzeyinde yanıtlarda önemli bir benzerlik bulunmuş, polen bazlı diyetlerin işçilerin pestisit duyarlılığını azalttığı göstermiştir. Bu nedenle, bal arılarına ve diğer tozlayıcılara kaliteli beslenme sağlamanın, arıların pestisitlere karşı direncini artırabileceği bildirilmiştir (Schmehl ve ark., 2014).

Bal arısı kolonisi savunması, bireysel agresif tepkiler sonucu oluşan bir özelliktir. Arılarda bireysel genotip, koloni allel sıklığı ve saldırganlık arasındaki ilişkiyi araştıran çalışmada, koloni düzeyinde savunma yanıtının, nedensel genomik bölgeleri tanımlamak için kullanılacak bir şekilde koloni düzeyinde allel frekansı ile güçlü bir şekilde ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Hem bekçi hem de tarlacı arılarda çok benzer allel frekansı korelasyonları gözlemlendiği, fakat arıların sokma konusundaki ölümcül kararı almada grup genetiğinin bireysel genetikten daha önemli olduğu rapor edilmiştir (Avalos ve ark., 2020). Bal arılarında sosyal zorluklara davranışsal, transkriptomik ve epigenetik tepkileri belirlemek üzere, kovana izinsiz giriş tepkilerine bakıldığında saldırganlık olasılığı ve yoğunluğu gibi faktörlerin etkisiyle birden çok nöral ve endokrin sisteminin anında bir tepkiyi tetiklemesi ve bir sonraki zorluğu önceden tahmin etmek için gelecekteki davranışı ayarladığı bildirilmektedir (Shpigler ve ark., 2017). Başka bir çalışmada bal arılarının İsrail Akut Felç Virüsüne (IAPV) karşı ortaya koyduğu

transkriptomik tepki mekanizması aydınlatılmıştır. Bu çalışmanın antiviral stratejilerin geliştirilmesine büyük katkı sağlayacağı bildirilmiştir (Li-Byarlay ve ark., 2020).

Arı Ürünlerinde Biyoteknolojinin Kullanımı

Tarımsal biyoteknoloji, moleküler belirteçler, moleküler teşhis, genetik mühendisliği gibi bilimsel araçları ve teknikleri kullanır. Balın botanik ve coğrafi kökenlerinin belirlenmesi için farklı yöntemler kullanılabilir (Anklam, 1998). Polen analizi (melissopalinoji) geleneksel olarak balın botanik kökenini belirlemek için kullanılmaktadır. Bu yaklaşım balda bulunan polenin mikroskopik incelemesine dayanmaktadır. Bu yöntemdeki kritik noktalar sürecin yorucu ve vasıflı personel gerektirmesidir. Son yıllarda arı balının botanik kökeninin belirlenmesinde DNA'ya dayalı teknikler hızlı, kesin ve daha güvenilir şekilde etkili olmaktadır (Jain ve ark., 2013). Üç plastid bölgesi (*rbcL*, *trnH-psbA* ve *matK*) ve nükleer gen bölgeleri (ITS1 ve ITS2), bitki genomunda standart barkod olarak tanımlanır (Hawkins ve ark., 2015). Bir çalışmada balın coğrafi kökenini bulmak için, DNA meta barkodlama yapılarak iki moleküler belirteç (ITS2 ve *rbcL*) kullanılmıştır. İncelenen örneklerde 926 bitki türü belirlenmiştir. Araştırmacılar ITS2'nin *rbcL*'den daha fazla türü tespit edebildiği sonucuna varmışlardır. Her iki işaretleyicinin kombinasyonu, bal örneklerinin coğrafi kökeni hakkında daha fazla bilgi sağlamaktadır (Khansaritoreh ve ark., 2020). Prosser ve Hebert (2017), balın botanik ve entomolojik kökenleri hakkında bilgi sağlamak için üç gen bölgesinin (ITS2, *rbcLa* ve COI) DNA metabarkodlamasını kullanan bir protokol tanımlamıştır. Soares ve ark. (2018), plastidial *matK* genini, bal örneklerinde *Lavandula* türlerinin tanımlanması için aday barkod olarak kullanmışlardır. Önerilen bu yöntem, balın botanik kökenini doğrulamak için basit, spesifik ve uygun maliyetli bir araçtır.

SONUÇ

Biyoteknoloji, tarımsal üretim alanlarında yeni gelişmelere neden olmaktadır. Bu gelişmeler uygulamaya geçmeden önce başta insan sağlığına olmak üzere hayvan sağlığına ve çevreye olası etkileri iyi değerlendirilmelidir. Bal arılarının tanımlanması ile başlayan süreç verimli ve dirençli arı ırklarının geliştirilmesi ile devam etmiştir. Biyoteknoloji, özellikle hastalıklarla mücadelede ve kimyasal kalıntısız arı ürünlerinin üretiminde oldukça önemlidir. Bal arısı hijyenik davranışını ortaya çıkaran doğal kimyasal sinyalin tanımlanması, iyileştirilmiş hijyenik temizleme araçlarının geliştirilmesinde ve dolayısıyla parazitli ve hastalıklı yavruların daha fazla uzaklaştırılması yoluyla bal arısı sağlığının iyileştirilmesinde faydalı olabilecektir.

Sonuç olarak, bal arısı ve arı ürünleri üretimi dünyada olduğu gibi ülkemizde de önemli ekonomik kaynaklardan birisidir. Ülkemize arı popülasyonu yönünden bakıldığında değerli bir hazineye sahip olduğu ancak bunların üretimi ve geliştirilmesi yönünden ele alındığında, mevcut potansiyelinin yeterince kullanılmadığı görülmektedir. Bu duruma katkı yapan birçok etkenin yanında özellikle iklimsel değişikliklerle beraber çevre şartlarının etkisi giderek artmaktadır. Bu nedenle tüm üretim sektörlerinde olduğu gibi arı yetiştiriciliğinde ve arı ürünlerinde biyoteknolojik gelişme ve uygulamaların önemi ortaya çıkmaktadır. Bu derlemede özetlenen çalışmalarda olduğu gibi dünya literatürlerindeki örneklerine benzer biyoteknoloji yönünden ön plana çıkan, arı sağlığı ve arı ürünleri üretiminde fayda sağlayan çalışmaların arttırılması yanında elde edilen yeni biyoteknolojik bilgilerin uygulamaya geçirilerek sonuçlarının gözlenmesi önem arz etmektedir.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Yazar Katkısı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

KAYNAKLAR

- Aizen MA, Garibaldi LA, Cunningham SA, Klein AM, 2008. Long-term global trends in crop yield and production reveal no current pollination shortage but increasing pollinator dependency. *Current Biology*, 18:1572–1575.
- Alberoni D, Baffoni L, Gaggia F, Ryan PM, Murphy K, Ross PR, Di Gioia D, 2018. Impact of beneficial bacteria supplementation on the gut microbiota, colony development and productivity of *Apis mellifera* L. *Beneficial microbes*, 9(2), 269-278.
- Alcay S, Cakmak S, Cakmak I, Mulkpınar E, Gokce E, Ustuner B, Nur Z, 2019a. Successful cryopreservation of honey bee drone spermatozoa with royal jelly supplemented extenders. *Cryobiology*, 87, 28-31.
- Alcay S, Cakmak S, Cakmak I, Mülkpınar E, Toker MB, Üstüner B, Nur, Z, 2019b. Drone Semen Cryopreservation with Protein Supplemented TL-Hepes Based Extender. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 25(4).
- Alcay S, Ustuner B, Çakmak I, Çakmak SS, Nur Z, 2015. Effects of various cryoprotective agents on post-thaw drone semen quality. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 21; 31-35.
- Alpan O, 1989. Biyoteknoloji Ve Hayvan Islahı. Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, 29(1), 107-114.
- Anderson D, Trueman J, 2000. *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species. *Experimental & Applied Acarology*, 24:165–189.
- Anklam E, 1998. A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey. *Food Chemistry*, 63(4): 549-562.
- Aumeier P, Rosenkranz P, 2001. Scent or movement of *Varroa destructor* mites does not elicit hygienic behaviour by Africanized and Carniolan honey bees. *Apidologie*, 32: 253–264.
- Annoscia D, Del Piccolo F, Nazzi F, 2012. How does the mite *Varroa destructor* kill the honeybee *Apis mellifera*? Alteration of cuticular hydrocarbons and water loss in infested honeybees. *Journal of Insect Physiology*, 58:1548–1555.
- Avalos A, Fang M, Pan H, Lluch AR, Lipka AE, Zhao SD, Hudson ME, 2020. Genomic regions influencing aggressive behavior in honey bees are defined by colony allele frequencies. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(29), 17135-17141.
- Bak B, Wilde J, Siuda M, 2010. Comparison of hygienic behaviour between five honey bee breeding lines. *Journal of Apicultural Science*, 54(2), 17-24.
- Blomquist GJ, Bagnères AG, 2010. *Insect hydrocarbons: biology, biochemistry, and chemical ecology*. (Cambridge University Press,
- Boecking O, Drescher W, 1992. The removal response of *Apis mellifera* L. colonies to brood in wax and plastic cells after artificial and natural infestation with *Varroa jacobsoni* Oud. and to freeze-killed brood. *Experimental & Applied Acarology*, 16:321–329.
- Braga AR, Gomes DG, Rogers R, Hassler EE, Freitas BM, Cazier JA, 2020. A method for mining combined data from in-hive sensors, weather and apiary inspections to forecast the health status of honey bee colonies. *Computers and Electronics in Agriculture*, 169, 105161.
- Cánovas F, de la Rúa P, Serrano J, Galián J, 2011. Microsatellite variability reveals beekeeping influences on Iberian honeybee populations, *Apidologie*, 42(3), 235-251.
- Chakrabarti P, Lucas HM, Sagili RR, 2020. Evaluating Effects of a Critical Micronutrient (24-Methylenecholesterol) on Honey Bee Physiology. *Annals of the Entomological Society of America*, 113(3), 176-182.
- Chapman NC, Lim J, Oldroyd BP, 2008. Population genetics of commercial and feral honey bees in Western Australia. *Journal of economic entomology*, 101(2), 272-277.

- Cobey SW, Tarpy DR, Woyke J, 2013. Standard methods for instrumental insemination of *Apis mellifera* queens. *Journal of Apicultural Research*, 52(4), 1-18.
- Cremer S, Armitage SA, Schmid-Hempel P, 2007. Social immunity. *Current Biology* 17, R693–R702
- Çetiner S, 2011. Biyogüvenlik nedir? ne değildir? *Tarla Sera Dergisi*, 88-91.
- Dadhah F, Nehzati-Paghaleh G, Zhandi M, Emamverdi M, Hopkins BK, 2016. Preservation of honey bee spermatozoa using egg yolk and soybean lecithin-based semen extenders and a modified cryopreservation protocol. *Journal of Apicultural Research*, 55(4), 279-283.
- Dietemann V, Pflugfelder J, Anderson D, Charrière JD, Chejanovsky N, Dainat B, Neumann P, 2012. *Varroa destructor*: research avenues towards sustainable control. *Journal of Apicultural Research*, 51(1), 125-132.
- Di Gioia D, Biavati B, 2018. Probiotics and prebiotics in animal health and food safety: Conclusive remarks and future perspectives. In *Probiotics and prebiotics in animal health and food safety* (pp. 269-273). Springer, Cham.
- Erçetin Ş, 1999. Biyoteknoloji ile Değişen Dünya Düzeni ve Eğitim-1. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi Dergisi*, 5(2), 169-180.
- Fanciotti MN, Tejerina M, Benítez-Ahrendts MR, Audisio, MC, 2018. Honey yield of different commercial apiaries treated with *Lactobacillus salivarius* A3iob, a new bee-probiotic strain. *Beneficial microbes*, 9(2), 291-298.
- Francis B, Blanton W, Nunamaker R, 1985. Extractable surface hydrocarbons of workers and drones of the genus *Apis*. *Journal of Apicultural Research* 24, 13–26.
- Çabka J, Cobey SW, 2018. Factors, based on common practices, affecting the results of instrumental insemination of honey bee queens. *Apidologie*, 49(6), 773-780.
- Galbraith DA, Fuller ZL, Ray AM, Brockmann A, Frazier M, Gikungu MW, Grozinger CM, 2018. Investigating the viral ecology of global bee communities with high-throughput metagenomics. *Scientific reports*, 8(1), 1-11.
- Galbraith DA, Yang X, Nino EL, Yi S, Grozinger C, 2015. Parallel epigenomic and transcriptomic responses to viral infection in honey bees (*Apis mellifera*). *PLoS Pathog*, 11(3), e1004713
- Gebremedhn H, Deboutte W, Schoonvaere K, Demaeght P, De Smet L, Amssalu B, de Graaf DC, 2020. Metagenomic Approach with the NetoVIR Enrichment Protocol Reveals Virus Diversity within Ethiopian Honey Bees (*Apis mellifera simensis*). *Viruses*, 12(11), 1218.
- Gibbs AG, 1998. Water-proofing properties of cuticular lipids. *American Zoologist*, 38: 471–482.
- Gül ÜD, 2014. Sağlık alanında biyoteknolojik uygulamalar: Kırmızı biyoteknoloji. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1(1), 66-70.
- Gül A, Ceylan DA, 2016. Bal Arısı (*Apis Mellifera* L.) Spermasının Taze Ve Dondurularak Muhafaza Edilmesi. *Uludag Bee Journal*, 16(2): 76-84
- Gül A, Şahinler N, Onal AG, Hopkins BK, Sheppard WS, 2017. Effects of diluents and plasma on honey bee (*Apis mellifera* L.) drone frozen-thawed semen fertility. *Theriogenology*, 101, 109-113.
- Gramacho KP, Spivak M, 2003. Differences in olfactory sensitivity and behavioral responses among honey bees bred for hygienic behavior. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 54: 472–479.
- Grozinger CM, Zayed A, 2020. Improving bee health through genomics. *Nature Reviews Genetics*, 1-15.
- Harbo JR, 1977. Survival of honey bee spermatozoa in liquid nitrogen. *Annals of the entomological society of America*, 70(2), 257-258.
- Hawkins J, de Vere N, Griffith A, Ford CR, Allainguillaume J, Hegarty MJ, Baillie L, AdamsGroom B, 2015. Using DNA metabarcoding to identify the floral composition of honey: A new tool for investigating honey bee foraging preferences. *PLoS One*, 10(8), e0134735.
- Harris JW, 2007. Bees with *Varroa* sensitive hygiene preferentially remove mite infested pupae aged \leq five days post capping. *Journal of Apicultural Research*, 46: 134–139.

- He XJ, Zhang XC, Jiang WJ, Barron AB, Zhang JH, Zeng ZJ, 2016. Starving honey bee (*Apis mellifera*) larvae signal pheromonally to worker bees. *Scientific reports* 6, 22359.
- Hefetz A, 2007. The evolution of hydrocarbon pheromone parsimony in ants (Hymenoptera: Formicidae)—interplay of colony odor uniformity and odor idiosyncrasy. *Myrmecological News* ,10: 59–68.
- Hopkins BK, Herr C, 2010. Factors affecting the successful cryopreservation of honey bee (*Apis mellifera*) spermatozoa. *Apidologie*, 41(5), 548-556.
- Huang Q, 2013. Genetic analysis of *Nosema* tolerance in the honey bee, *Apis mellifera*. Doctoral Thesis. Universitäts- und Landesbibliothek Sachsen-Anhalt. <http://dx.doi.org/10.25673/938>. (Erişim Tarihi: 30.11.2020).
- Huang Q, Kryger P, Le Conte Y, Moritz RFA, 2012. Survival and immune response of drones of a *Nosemosis* tolerant honey bee strain towards *N. ceranae* infections. *J Invertebr Pathol.*109(3):297–302. [pmid:22285444](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22285444/)
- İnanç M, Daşkın A, 2015. Sığırlarda suni tohumlama uygulamaları yönünden genomik seleksiyonun önemi. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 10(2);139-145.
- Jain SA, De Jesus FT, Marchioro GM, De Araújo ED, 2013. Extraction of DNA from honey and its amplification by PCR for botanical identification. *Food Sci. Technol, Campinas*, 33(4): 753-756.
- Kayıhan C, 2018. *Biyoteknoloji: On Bin Yıllık Serüven*. Pivolka, Nisan 2018, Cilt: 8, Sayı: 27
- Kearns CA, Inouye DW, Waser NM, 1998. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 83-112.
- Kekeçoğlu M, 2015. Yığılca balarısı (*Apis mellifera* L.)'nin hijyenik davranış bakımından performanslarının belirlenmesi ve geliştirilmesi. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 15(2), 47-59.
- Khansaritoreh E, Salmaki Y, Ramezani E, Azirani TA, Keller A, Neumann K, Alizadeh K, Zarre S, Beckh G, Behling H, 2020. Employing DNA metabarcoding to determine the geographical origin of honey. *Heliyon*, 6, 11, 1 – 6.
- Kirrane MJ, de Guzman LI, Holloway B, Frake AM, Rinderer TE, Whelan PM, 2015. Phenotypic and genetic analyses of the varroa sensitive hygienic trait in Russian honey bee (Hymenoptera: Apidae) colonies. *PLoS One*, 10(4), e0116672.
- Kolankaya N, 2000. "Küreselleşme Sürecinde Biyoteknoloji ve Biyogüvenlik", *Biyoteknolojiye Bir Bakış: Dünya ve Türkiye Sempozyum Bildirileri Kitabı*, T.C. Çevre Bakanlığı, T.C. Tarım ve Köyşleri Bakanlığı ve Biyoteknoloji Derneği Ortak Yayınları, Ankara, pp. 1- 6,
- Kovačić M, Raguž N, Majić I, Lukić B, Sarajlić A, Puškadija Z, 2020. Results of the first generation of Carniolan honey bees (*Apis mellifera carnica*) selection to *Varroa destructor* resistant traits. *sa*55, 334.
- Koru BY, 2018. *Bal Arılarında (Apis Mellifera) Beslenme Farklılığının Yaşam Uzunluğu, Gelişme, Davranış (Amilp-1, Vg) Ve Nörotransmitter Salınımını Düzenleyen (Brp) Genlerindeki Etkilerinin Araştırılması*. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Tekirdağ. 65 sayfa.
- Kulhanek K, Steinhauer N, Rennich K, Caron DM, Sagili RR, Pettis JS, vanEngelsdorp D, 2017. A national survey of managed honey bee 2015–2016 annual colony losses in the USA. *Journal of Apicultural Research*, 56(4), 328-340.
- Kunc M, Dobeš P, Hurychová J, Vojtek L, Poiani SB, Danihlák J, Hyršl P, 2019. The Year of the Honey Bee (*Apis mellifera* L.) with Respect to Its Physiology and Immunity: A Search for Biochemical Markers of Longevity. *Insects*, 10(8), 244.
- Kurze C, Le Conte Y, Dussaubat C, Erler S, Kryger P, Lewkowski O, Moritz RF, 2015. *Nosema* tolerant honeybees (*Apis mellifera*) escape parasitic manipulation of apoptosis. *PLoS One*, 10(10), e0140174.
- Lazarov S, Stoyanov I, Georgieva V, Zhelyazkova I, Ivanova E, 2019. Aloenzimna genetična karakteristika na pčelni semeystva *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) ot Bulgaria s različno higienno povedeni. *Journal of Central European Agriculture*, 20(2), 592-597.

- Lee KV, Steinhauer N, Rennich K, Wilson ME, Tarpy DR, Caron DM, Sagili R, 2015. A national survey of managed honey bee 2013–2014 annual colony losses in the USA. *Apidologie*, 46(3), 292-305.
- Lee S, Lim S, Choi YS, Lee ML, Kwon HW, 2020. Volatile disease markers of American foulbrood-infected larvae in *Apis mellifera*. *Journal of insect physiology*, 122, 104040.
- Leonard SP, Powell JE, Perutka J, Geng P, Heckmann LC, Horak RD, Moran NA, 2020. Engineered symbionts activate honey bee immunity and limit pathogens. *Science*, 367(6477), 573-576.
- Li-Byarlay H, Boncristiani H, Howell G, Herman J, Clark L, Strand MK, Rueppell O, 2020. Transcriptomic and epigenomic dynamics of honey bees in response to lethal viral infection. *Frontiers in genetics*, 11, 1056.
- Locke B, Low M, Forsgren E, 2019. An integrated management strategy to prevent outbreaks and eliminate infection pressure of American foulbrood disease in a commercial beekeeping operation. *Preventive Veterinary Medicine*, 167, 48-52.
- Lodesani M, Franceschetti S, Dall'Ollio R, 2019. Evaluation of early spring bio-technical management techniques to control varroosis in *Apis mellifera*. *Apidologie*, 50(2), 131-140.
- Maleszka R, 2008. Epigenetic integration of environmental and genomic signals in honey bees: the critical interplay of nutritional, brain and reproductive networks. *Epigenetics*, 3(4), 188-192.
- McAfee A, Chapman A, Iovinella I, Gallagher-Kurtzke Y, Collins TF, Higo H, Foster LJ, 2018. A death pheromone, oleic acid, triggers hygienic behavior in honey bees (*Apis mellifera* L.). *Scientific Reports* 8, 5719.
- Mills S, 2019. Instrumental Insemination and Semen Cryopreservation: Can Honey Bees be Selectively Bred Like Cattle? *Journal of the NACAA*, 12(2).
- Möckel N, Gisder S, Genersch E, 2011. Horizontal transmission of deformed wing virus: pathological consequences in adult bees (*Apis mellifera*) depend on the transmission route. *Journal of General Virology* 92, 370–377.
- Nawrocka A, Kandemir İ, Fuchs S, Tofilski A, 2018. Computer software for identification of honey bee subspecies and evolutionary lineages. *Apidologie*, 49(2), 172-184.
- Nazzi F, Della Vedova G, D'Agaro M, 2004. A semiochemical from brood cells infested by *Varroa destructor* triggers hygienic behaviour in *Apis mellifera*. *Apidologie*, 35: 65–70.
- Nur Z, Seven Çakmak S, Çakmak İ, Onder NT, Gökçe E, Ustuner B, Alcay S, Toker MB, Soylu MK, 2020. Effects of trehalose supplementation on post-thaw sperm quality of honey bee drones. *Online J. Anim. Feed Res.*, 10(5): 191-196
- O'Brien C, Arathi HS, 2018. Bee genera, diversity and abundance in genetically modified canola fields. *GM crops & food*, 9(1), 31-38.
- Oskay D, Kükreler M, Kence A, 2019. Muğla Bal Arısında (*Apis mellifera anatoliaca*) Amerikan Yavru Çürüklüğü Hastalığına Karşı Direnç Geliştirilmesi. *Arıcılık Araştırma Dergisi*, 11(1), 8-20.
- Özcan BD, Ayaşan T, 2009. Hayvan Beslemede Biyoteknoloji Uygulamaları. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi*, 8(1), 58-63.
- Paillard M, Rousseau A, Giovenazzo P, Bailey JL, 2017. Preservation of domesticated honey bee (hymenoptera: apidae) drone semen. *Journal of Economic Entomology*, 110(4), 1412-1418.
- Patruica S, Dumitrescu G, Stancu A, Bura M, Dunea IB, 2012. The Effect of Prebiotic and Probiotic Feed Supplementation on the Wax Glands of Worker Bees (*Apis mellifera*). *Scientific Papers: Animal Sciences and Biotechnologies*, 45 (2), 268 – 271.
- Patruica S, Dumitrescu G, Popescu R, Filimon NM, 2013. The effect of prebiotic and probiotic products used in feed to stimulate the bee colony (*Apis mellifera*) on intestines of working bees. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11(3&4), 2461-2464.
- Petersen GEL, Fennessy PF, Amer PR, Dearden PK, 2020. Designing and implementing a genetic improvement program in commercial beekeeping operations. *Journal of Apicultural Research*, 1-10.

- Pinheiro PV, de Faria JC, 2020. GMOs–Impact on Non-target Arthropods. *GMOs*, 87-127.
- Prosser SWJ, Hebert PDN, 2017. Rapid identification of the botanical and entomological sources of honey using DNA metabarcoding. *Food Chemistry*, 214: 183-191.
- Ptaszyńska AA, Borsuk G, Zdybicka-Barabas A, Cytryńska M, Małek W, 2016. Are commercial probiotics and prebiotics effective in the treatment and prevention of honeybee nosemosis C?. *Parasitology research*, 115(1), 397-406.
- Regan T, Barnett MW, Laetsch DR, Bush SJ, Wragg D, Budge GE, Freeman TC, 2018. Characterisation of the British honey bee metagenome. *Nature communications*, 9(1), 1-13.
- Ricigliano VA, 2020. Microalgae as a promising and sustainable nutrition source for managed honey bees. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 104(1), e21658
- Rittschof CC, Rubin BE, Palmer JH, 2019. The transcriptomic signature of low aggression in honey bees resembles a response to infection. *BMC genomics*, 20(1), 1-14.
- Rollo C, Czwzewska E, Borden J, 1994. Fatty acid necromones for cockroaches. *Naturwissenschaften* 81, 409–410.
- Rosenkranz P, Aumeier P, Ziegelmann B, 2010. Biology and control of *Varroa destructor*. *Journal of Invertebrate Pathology* 103, S96–S119.
- Ruane J, Sonnino A, 2011. Agricultural biotechnologies in developing countries and their possible contribution to food security. *Journal of Biotechnology*, 156 (4), 356-363
- Saelao P, Simone-Finstrom M, Avalos A, Bilodeau L, Danka R, de Guzman L, Tokarz P, 2020. Genome-wide patterns of differentiation within and among US commercial honey bee stocks. *BMC genomics*, 21(1), 1-12.
- Sağırkaya H, 2009. Sığırlarda embriyo transfer uygulaması ve Türkiye açısından önemi. *Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 28(2), 11-20.
- Salvy M, Martin C, Bagnères AG, Provost É, Roux M, Le Conte Y, Clement J L, 2001. Modifications of the cuticular hydrocarbon profile of *Apis mellifera* worker bees in the presence of the ectoparasitic mite *Varroa jacobsoni* in brood cells. *Parasitology* 122, 145–159.
- Sammataro D, Untalan P, Guerrero F, Finley J, 2005. The resistance of *Varroa* mites (Acari: Varroidae) to acaricides and the presence of esterase. *International Journal of Acarology*, 31: 67–74
- Scott K, 1998. *Handbook of Industrial Membranes*, 2 nd ed., 14, pp. 655- 680
- Seitz N, Traynor KS, Steinhauer N, Rennich K, Wilson ME, Ellis JD, Rose R, Tarpy DR, Sagili RR, Caron DM, Delaplane KS, Rangel J, Lee K, Baylis K, Wilkes JT, Skinner JA, Pettis JS, vanEngelsdorp D, 2016. A national survey of managed honey bee 2014–2015 annual colony losses in the USA, *Journal of Apicultural Research*, DOI: 10.1080/00218839.2016.1153294.
- Schöning C, Gisder S, Geiselhardt S, Kretschmann I, Bienefeld K, Hilker M, Genersch E, 2012. Evidence for damage-dependent hygienic behaviour towards *Varroa destructor*-parasitised brood in the western honey bee, *Apis mellifera*. *Journal of Experimental Biology*, 215(2), 264-271.
- Schulte C, Theilenberg E, Müller-Borg M, Gempe T, Beye M, 2014. Highly efficient integration and expression of piggyBac-derived cassettes in the honeybee (*Apis mellifera*). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(24), 9003-9008.
- Schmehl DR, Teal PE, Frazier JL, Grozinger CM, 2014. Genomic analysis of the interaction between pesticide exposure and nutrition in honey bees (*Apis mellifera*). *Journal of Insect Physiology*, 71, 177-190.
- Shpigler HY, Saul MC, Murdoch EE, Cash-Ahmed AC, Seward CH, Sloofman L, Robinson GE, 2017. Behavioral, transcriptomic and epigenetic responses to social challenge in honey bees. *Genes, Brain and Behavior*, 16(6), 579-591.

- Spötter A, Gupta P, Nürnberg G, Reinsch N, Bienefeld K, 2012. Development of a 44K SNP assay focussing on the analysis of a varroa-specific defence behaviour in honey bees (*Apis mellifera carnica*). *Molecular Ecology Resources*, 12, 323–332.
- Spötter A, Gupta P, Mayer M, Reinsch N, Bienefeld K, 2016. Genome-wide association study of a Varroa-specific defense behavior in honeybees (*Apis mellifera*). *Journal of Heredity*, 107(3), 220-227
- Spivak M, Downey DL, 1998. Field assays for hygienic behavior in honey bees (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Economic Entomology*, 91: 64–70.
- Spivak M, Reuter GS, 2001. Resistance to American foulbrood disease by honey bee colonies *Apis mellifera* bred for hygienic behavior. *Apidologie*. 32:555–65.
- Steinhauer NA, Rennich K, Wilson ME, Caron DM, Lengerich EJ, Pettis JS, 2014. Bee Informed Partnership. A national survey of managed honey bee 2012–2013 annual colony losses in the USA: results from the Bee Informed Partnership. *Journal of Apicultural Research*, 53(1), 1-18.
- Soares S, Grazina L, Costa J, Amaral JS, Oliveira B, Mafra I, 2018. Botanical authentication of lavender (*Lavandula spp.*) honey by a novel DNA-barcoding approach coupled to high resolution melting analysis. *Food Control*, 86: 367-373.
- Su TS, Wu CC, Chang LW, 2020. Integration of audio surveillance on a queen bee rearing and breeding management system. *Journal of Information and Optimization Sciences*, 1-16.
- Syromyatnikov MY, Borodachev AV, Kokina AV, Popov VN, 2018. A molecular method for the identification of honey bee subspecies used by beekeepers in Russia. *Insects*, 9(1), 10.
- Tarpy, DR, Nielsen DI, 2002. Sampling error, effective paternity, and estimating the genetic structure of honey bee colonies (Hymenoptera: Apidae). *Annals of the Entomological Society of America* 95: 513–528.
- Taylor MA, Guzman-Novoa E, Morfin N, Buhr MM, 2009. Improving viability of cryopreserved honey bee (*Apis mellifera* L.) sperm with selected diluents, cryoprotectants, and semen dilution ratios. *Theriogenology*, 72(2), 149-159.
- Tlak Gajger I, Vlainić J, Šoštarić P, Prešern J, Bubnić J, Smodiš ŠMI, 2020. Effects on Some Therapeutical, Biochemical, and Immunological Parameters of Honey Bee (*Apis mellifera*) Exposed to Probiotic Treatments, in Field and Laboratory Conditions. *Insects*, 11(9), 638.
- Tola YH, Waweru JW, Hurst GD, Slippers B, Paredes JC, 2020. Characterization of the Kenyan Honey Bee (*Apis mellifera*) Gut Microbiota: A First Look at Tropical and Sub-Saharan African Bee Associated Microbiomes. *Microorganisms*, 8(11), 1721.
- Utzeri VJ, Ribani A, Fontanesi L, 2018. Authentication of honey based on a DNA method to differentiate *Apis mellifera* subspecies: Application to Sicilian honey bee (*A. m. siciliana*) and Iberian honey bee (*A. m. iberiensis*) honeys. *Food Control*, 91, 294-301.
- Watson JD, Crick FH, 1953. The structure of DNA. In *Cold Spring Harbor symposia on quantitative biology* (Vol. 18, pp. 123-131). Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Wang H, Liu C, Liu Z, Wang Y, Ma L, Xu B, 2020. The different dietary sugars modulate the composition of the gut microbiota in honeybee during overwintering. *BMC microbiology*, 20(1), 1-14.
- Wagoner K, Spivak M, Hefetz A, Reams T, Rueppell O, 2019. Stock-specific chemical brood signals are induced by Varroa and Deformed Wing Virus, and elicit hygienic response in the honey bee. *Scientific reports*, 9(1), 1-14.
- Wagoner KM, Millar JG, Schal C, Rueppell O, 2020. Cuticular pheromones stimulate hygienic behavior in the honey bee (*Apis mellifera*). *Scientific Reports*, 10(1). doi:10.1038/s41598-020-64144-8. *Scientific Reports*, 9 (1). doi:10.1038/s41598-019-45008-2.
- Wegener J, May T, Kamp G, Bienefeld K, 2014a. New methods and media for the centrifugation of honey bee (Hymenoptera: Apidae) drone semen. *Journal of Economic Entomology*, 107(1), 47-53.

- Wegener J, May T, Kamp G, Bienefeld K, 2014b. A successful new approach to honeybee semen cryopreservation. *Cryobiology*, 69(2), 236-242.
- Wilfert L, Long G, Leggett HC, Schmid-Hempel P, Butlin R, Martin SJM, Boots M, 2016. Deformed wing virus is a recent global epidemic in honeybees driven by Varroa mites. *Science* 351, 594–597
- Wilson EO, Durlach NI, Roth LM, 1958. Chemical releasers of necrophoric behavior in ants. *Psyche* 65, 108–114.
- Winston ML, 2003. Bees and biotechnology. *Bee World*, 84(4), 141-143
- Woyke J, 1962. Natural and artificial insemination of queen honeybees. *Bee World*, 43(1), 21-25.
- Wu X, Galbraith DA, Chatterjee P, Jeong H, Grozinger CM, Yi SV, 2020. Lineage and parent-of-origin effects in DNA methylation of honey bees (*Apis mellifera*) revealed by reciprocal crosses and whole-genome bisulfite sequencing. *Genome Biology and Evolution*, 12(8), 1482-1492.
- van Alphen JJ, Fernhout BJ, 2020. Natural selection, selective breeding, and the evolution of resistance of honeybees (*Apis mellifera*) against Varroa. *Zoological Letters*, 6, 1-20.
- vanEnglesdorp D, Hayes JJr, Underwood RM, Pettis J, 2008. A survey of honey bee colony losses in the US, Fall 2007 to Spring 2008. *PloS one* 3, e4071.
- Villa JD, Danka RG, Harris JW, 2009. Simplified methods of evaluating colonies for levels of Varroa Sensitive Hygiene (VSH). *Journal of Apicultural Research and Bee World*, 48(3): 162–167.
- Yeşilbağ D, 2004. Tarımsal ve hayvansal ürünlerde modern biyoteknoloji ve organik üretim. *Uludag Univ. J. Fac. Vet. Med*, 23(1-3), 157-162.
- Yıldız MA, Gürel F, Özkan M, 2010. Türkiye Bal Arısı Populasyonlarının Mikrosatelit DNA Analizi Yöntemiyle Tanımlanması, Scientific and Technical Research Council of Turkey, Project No: 108O200
- Yuanyuan J, Yi J, Yongmin L, Xuan Z, Xiaoyun C, Junfeng X, Xiaoli X, 2019. Potential effect of genetically modified maize DR 12-5 on honey bee (*Apis mellifera*). *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 31(11), 1834.