



Factors Affecting Colony Losses in Honey Bees (*Apis mellifera*)

Halit Yücel^{1,a}, Kübra Ekinci^{2,b}, Altug Karaman^{3,c}, Halil Yeninar^{1,d}, Hülya Koca Karaman^{4,e,*}

¹Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, 46100 Kahramanmaraş, Türkiye

²Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Atatürk University, 25240 Erzurum, Türkiye

³Laboratory and Veterinary Health Department, Munzur University Pertek Sakine Genç Vocational School, 62000 Tunceli, Türkiye

⁴Department of Food Engineering, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, 46100 Kahramanmaraş, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Review Article</i></p> <p>Received : 12/04/2022 Accepted : 24/08/2022</p> <p>Keywords: Honey bee Probiotic Prebiotics Vitellogen Bibliometric analysis</p>	<p>Honey bees are a very important species in terms of economy, agriculture, and environment. In recent years, there has been a significant reduction in honey bee colonies in some parts of the world. Honeybee losses are not an unusual event, but there has been a significant reduction in honey bee colonies in many countries around the world. Due to the different social behaviors of honey bees, it is difficult to identify the main factors causing colony losses. According to the latest research, colony losses are mainly caused by parasites, diseases, bee keeping practices, and bee management including reproduction, changes in climatic conditions, agricultural practices and pesticide use, pesticides, nutrition, and beekeeping practices. In this review, the structure of prebiotic, probiotic, climate change, and vitellogen, which causes colony losses, is emphasized, and the potential solutions of these factors that will shed light on colony losses in honey bees from a different point of view are emphasized. In addition, bibliometric analysis was performed using the SCOPUS database to emphasize the importance of probiotic microorganisms and vitellogen.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 10(9): 1662-1670, 2022

Bal Arılarında (*Apis mellifera*) Koloni Kayıplarını Etkileyen Faktörler

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Derleme Makale</i></p> <p>Geliş : 12/04/2022 Kabul : 24/08/2022</p> <p>Anahtar Kelimeler: Bal arısı Probiyotik Prebiyotikler Vitellogenin Bibliyometrik analiz</p>	<p>Bal arıları ekonomik, tarımsal ve çevresel açıdan çok önemli bir türdür. Son yıllarda, dünyanın bazı bölgelerinde bal arısı kolonilerinde önemli bir azalma görülmüştür. Aslında bal arısı kayıpları olağandışı bir olay değildir, ancak dünya çapında birçok ülkede bal arısı kolonilerinde kayda değer bir azalma olmuştur. Bal arılarının farklı sosyal davranışları nedeniyle koloni kayıplarına neden olan ana faktörleri belirlemek zordur. Yapılan son araştırmalara göre koloni kayıpları için özellikle parazitler, hastalıklar arıcılık uygulamaları ve üreme dahil olmak üzere arı yönetimi, iklim koşullarındaki değişiklikler, tarımsal uygulamalar ile pestisit kullanımı, böcek ilaçları, beslenme ve arıcı uygulamaları gibi başlıca etkenlerle oluşmaktadır. Bu derlemede koloni kayıplarına neden olan prebiyotik, probiyotik, iklim değişikliği ve vitellogenin yapısı üzerinde durularak bu faktörlerin bal arılarında koloni kayıplarına diğer çalışmalardan farklı bir bakış açısıyla ışık tutacak potansiyel çözümleri üzerinde durulmuştur. Ayrıca probiyotik mikroorganizmaların ve vitellogenin önemini vurgulamak için SCOPUS veri tabanı kullanılarak bibliyometrik analiz yapılmıştır.</p>

^a halit_ksu@hotmail.com

^b <https://orcid.org/0000-0002-6196-5303>

^c kubraekinci1712@gmail.com

^d <https://orcid.org/0000-0002-0877-1358>

^e altugkaraman@munzur.edu.tr

^f <https://orcid.org/0000-0003-4918-7796>

^g yeninar@ksu.edu.tr

^h <https://orcid.org/0000-0003-0361-5628>

ⁱ hluya_koca@hotmail.com

^j <https://orcid.org/0000-0001-8736-5499>



Giriş

Yabancı tozlaşmaya ihtiyaç duyan çiçekli bitkilerde, erkek germ hücrelerini taşıyan polen tozlarının dışıçık tepesine taşınmasına hava, su, böcek, kuş ve memeliler gibi çeşitli vektörler aracılık etmektedir (MacInnis ve ark., 2020; Van Der Kooi ve Ollerton, 2020). Doğal ekosistemler ve tarımsal üretimde, tozlaşma ile döllenmenin gerçekleşmemesi sonucu tohum tutma ve meyve oluşumu gerçekleşmemektedir. İnsanların gıda olarak tükettikleri bitkisel ürünlerin %80 gibi büyük çoğunluğu yabancı tozlaşmaya ihtiyaç duymaktadır. Bitkisel üretimde, bakım, besleme, mücadele yöntemleri gibi tüm girdi ve olguların optimal uygulanması sonucu vegetatif gelişim olmakta, olgun polen taneciklerinin vektörler aracılığı ile çiçeklerin tozlaşmaması sonucunda döllenme olmamaktadır. Bu durum tarımsal üretimin hiç olmamasına veya yetersiz tozlaşma durumlarında da verim düşüklüklerine neden olmaktadır (Das ve ark., 2018).

Bal arıları (*Apis mellifera*); doğal ekosistemler ve tarımsal üretimde en önemli genel doğal tozlayıcı (polytropic) türlerden birisi olup dünya genelinde endüstriyel tarım uygulamalarında önemli bir yere sahip (Fontaine ve ark., 2006, vanEngelsdorp ve ark., 2009) olup sürdürülebilir biyo-çeşitliliğin sigortası konumundadır. Küresel ölçekte meydana gelen kitlesel arı ölümleri, tüm ekosistemler ile tarımsal üretimi tehdit ettiği gibi arıcılık sektörünün en önemli sorunları arasında yer almaya başlamıştır (Kavak, 2016). Dünya genelinde gözlenen kitlesel koloni kayıplarının sebeplerini açıklamak için çok sayıda hipotez (Decourtye ve Devillers, 2010) ileri sunulmuş olmakla birlikte kesin nedenleri hakkında net bir bilgi bulunmamaktadır (Benaets ve ark., 2017).

Koloni kayıplarının muhtemel sebepleri arasında birçok biyotik ve abiyotik faktörler bulunmaktadır. Bunlar arasında *Nosema spp.* (Çakmak ve ark., 2003) ve *Varroa sp.* (Traynor ve ark., 2020) gibi iç ve dış parazitler, bakteriyel ve fungal mikroorganizmalar, iklim değişiklikleri (Hristov ve ark., 2020), gıda kaynaklarının azalması, tarım kimyasallarına maruz kalma (Goulson ve ark., 2015), habitat kaybı, kovanların taşınması sırasında oluşan stres (Oldroyd, 2007; Naug, 2009; Wilson ve ark., 2001) ve kısıtlı beslenmeden kaynaklı oksitativ stres sonucu gen ifadesi değişimi (Morimoto ve ark., 2011) gibi değişik faktörlerin etkili olduğu düşünülmektedir.

Bal arılarının dış ve iç etmenlere karşı aktif korunmasında iki adet fiziksel koruma duvarı bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi vücudun dışını çevreleyen sert vücut duvar (kütikula) katmanı, diğeri ise ağızdan anüse kadar uzanan sindirim tüpünün içerisini kaplayan epitel dokulardır (Terra, 1990; Gliński ve Jarosz, 1995; Vilmos ve Kurucz, 1998). Sindirim sisteminin merkezi olan ön, orta ve arka bağırsağın sağlığı, tüm metabolizmayı doğrudan etkilemektedir. Özellikle sindirim tüpünde bulunan faydalı mikrobiota bal arılarında vücudun ilk savunma hattını oluşturmaktadır (Larsen ve ark., 2019).

Bağırsak epitelinin geçirgenliğini olumsuz etkileyen faktörler arasında; bakteriyel enfeksiyonlar, protozoan infestasyonlar, antibiyotikler, nitrit ve nitrat içerikli drenaj ve atık sular, pestisit (Pires ve ark., 2016; Sánchez-Bayo ve ark., 2017) ve zirai kimyasallarla bulaşık polen, (Santos ve ark., 2018) nektar ve su, fizyolojik açlık, endüstriyel gıda

ve gıda katkı maddeleri, premiks gıda katkıları, iç ve dış parazitler, bakteriler, virüsler ve çeşitli stres etmenleri bulunmaktadır.

Bal arılarında ağız ve anüs farklılaşması sonucu oluşan tam bir sindirim kanalı bulunmaktadır. Embriyonik dönemde organogenesis ile meydana gelen sindirim kanalı, bal midesi (ön bağırsak), orta bağırsak ve arka bağırsak olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır (Lamei, 2018). Gastrointestinal sistemini oluşturan bu bölgelerde bağırsak mikrobiyotası adı verilen simbiyotik olarak yaşayan çok çeşitli ve çoğunluğu bakterilerden oluşan mikroorganizma toplulukları bulunmaktadır (Martinson ve ark., 2012). Arka bağırsak segmentinde bulunan bakteri florası diğer bölgelere göre daha fazla miktarda ve geçici değişken bir yapıya sahiptir (Corby-Harris ve ark., 2014; Ludvigsen ve ark., 2015). Bu bakteriler besin maddelerinin sindirimi ve sindirilen besinlerin emilimine yardımcı olurken, bağırsak duvarını koruyarak bağırsaklık sistemini de desteklerler. Ayrıca gastrointestinal simbiyotik mikrobiyota, besinler aracılığı ile alınan konakçı canlının büyüme ve gelişme fizyolojisini destekleyen metabolitler üretir ve patojenlere karşı korunmada aktif bir rol oynayarak bağırsaklık fonksiyonlarını düzenlerler. Doğal bağırsak mikrobiyotasının olmadığı veya zarar gördüğü durumlarda besinlerin normal sindirimi ve emilimi zorlaşmaktadır. Bağırsak mikrobiyotasının tür ve sayısal yoğunluğunun değişmesi sonucu bağırsak epitel hücreleri baskı altında kalarak hücrelerin yapısı ve işlevleri bozulabilmekte veya azalabilmektedir. Bağırsaklık sistemi bileşenlerini olumsuz yönde etkileyen çevresel faktörlerin etkisinin azaltılması ve patojenlerin gelişiminin engellenmesi için doğal probiyotik bağırsak mikrobiyotasının korunması daha da önemli bir hal almaktadır (Gaifullina ve ark., 2017). Bal arılarında yaşlanma süreci, bağırsaklardaki hücre yenilenmesini yavaşlatmakta, bağırsak epiteli üzerinde yer alan koruyucu biyofilm tabakası (mikroflora) bariyerinin zarar görmesini kolaylaştırarak savunmasız ortam oluşturmaktadır.

Sağlıklı çalışan bir sindirim tüpünde probiyotik adı verilen faydalı bakterilerin oranının yüksek, hastalık yapıcı patojen bakterilerin ve mantarların oranının ise düşük olması gerekmektedir. Probiyotik mikroorganizmalar (doğal bağırsak simbiyotları), patojen bakterilerin bağırsak duvarında koloni oluşumunu engellemekte, sindirimi zor olan besin maddelerinin parçalanmasına yardımcı olmakta ve arılar için elzem olan çeşitli vitamin ve amino asit gibi organik monomerleri sentezleme özellikleri (Jack ve ark., 1995; Wilson ve ark., 2005; Audisio ve ark., 2011) nedeni ile sadece omurgalı canlılar için değil aynı zamanda omurgasız canlılar için de önem arz etmektedir (Weese ve Arroyo, 2003; Patterson ve Burkholder, 2003; Talpur ve Ikhwannuddin, 2012).

Bal arıların sindirim sistemindeki bakteri florasının tespiti için yapılan metagenomik analizler sonucu (Asraf, 2016) *Bartonella apis*, *Parasaccharibacterarium*, *Frischellaperrara*, *Snodgrassella alvi*, *Gilliamella apicola*, *Bifidobacterium spp.*, *Lactobacillus spp.* gibi bakteri topluluklarının bulunduğu tespit edilmiştir (Kwong ve Moran, 2016; Raymann ve Moran, 2018). Ancak arıların yumurtadan çıkan erken larval gelişim dönemindeki

yavruların sindirim tüplerinde herhangi bir bakteri florasına sahip olmadığı, polen tüketiminin başlaması ile bakteriyel floranın kazanıldığı görülmüştür (Powell ve ark., 2014).

Arı sağlığının iyileştirilmesi ve koloni gelişimini olumlu yönde artırmak için bağırsak mikroflorasının korunması ve floranın gelişimi için prebiyotik ve probiyotik gibi takviyelere ihtiyaç duyulmaktadır (Pătruică ve Hutu., 2013). Prebiyotikler bitkilerin üzerinde geliştikleri toprağa benzerler. Doğal bağırsak mikrobiyotası da yaşamlarını ve gelişimlerini sürdürebilmek için prebiyotik maddelere ihtiyaç duyarlar. Arılar tarafından sindirilemeyen ve probiyotik mikroorganizmalar tarafından sindirilebilen prebiyotik maddeler bağırsak mikroflorasının gelişimine yardımcı olmaktadır (Roberfroid, 2007). *Bifidobacterium* spp. bakterisi tarafından substrat olarak kullanılan inülin, probiyotik canlıların gelişimini olumlu yönde etkilemektedir (Cummings ve ark., 2001).

Öncelikle beslenme hataları, antiyobiyotikler, başta olmak üzere bağırsak florasına zarar veren gıdalardan uzak durulması gerekir (Hristov ve ark., 2020). Endüstriyel rafine şeker tüketimi (özellikle de früktoz ve nişasta bazlı şekerler) bağırsak epitel dokusunun yapısal bütünlüğü ile bağırsak florasını bozabilir (LeBlanc ve ark., 2009). Son yıllarda değişik ülkelerde farklı yoğunluklarda gözlenen kitlesel arı ölümlerinin azaltılması için arıların bağışıklık sistemi ile ilgili araştırmaların önemi artmıştır (VanEngelsdorp ve ark., 2009). Hayvanların sindirim sisteminde bulunan mikrobiyotik türler hayvanların fizyolojileri, bağışıklık sistemi ve bazı genlerin ekspresyon hızı üzerinde etkili oldukları bilinmektedir (Zheng ve ark., 2017).

Bu derlemede bal arılarında görülen toplu ölümlerin muhtemel sebepleri arasında bulunan probiyotik mikroorganizmalar, prebiyotikler, vitellogenin ve küresel iklim değişiminin olası etkileri incelenmiştir. Günümüzün en önemli sorunlarından biri olan küresel ısınma sonucu arıların erken zamanda kovandan çıkıp yeterli miktarda nektar bulamamasına bağlı olarak koloni kayıpları da gözlemlenmektedir (Ucak-Koç, 2014). İklim değişimine bağlı olarak meydana gelen besin kalitesinin düşmesi sonucu arılarda yumurta üretiminden sorumlu olan ve yaşam uzunluğunu artırma özelliğine sahip olan vitellogenin adı verilen protein kökenli organik bileşik (Engels, 1974; Tanaka ve Hartfelder, 2004; Seehus ve ark., 2006; Corona ve ark., 2007) gibi yapıların sentezinden sorumlu olan genlerin üretim hızında azalmalar gözlemlenmektedir (Zheng ve ark., 2017).

Vitellogenin

Sosyal böcek gruplarında, bireylerin kolonide farklı görevleri bulunmakla birlikte koloni içindeki sosyalleşmenin hiyerarşik bir yapılanması mevcuttur. Bal arıları (*Apis mellifera*) en çok bilinen sosyal böcek topluluğu olup, bireylerin koloni içinde görevlerini yerine getirebilmesi ve koloni kayıplarının önlenmesi için yaşam uzunluklarının uygun sürede olması gerekmektedir (Menzel ve Giurfa, 2006; Weinstock ve ark., 2006). Arılarda yaşam uzunluğuna etki eden çok sayıda biyotik ve abiyotik etkenler bulunmaktadır. Biyotik faktörler arasında proteinler, hormonlar ve cinsiyet (haploit veya diploit olma

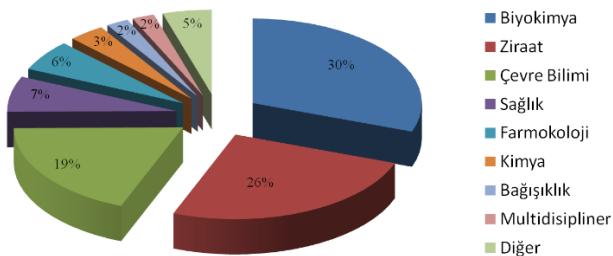
durumu) gibi durumlar bulunmaktadır. Greenspan (1997) özellikle sosyal davranış sergileyen ve hiyerarşik bir yapıya sahip olan hayvanların davranışları üzerinde genlerin etkilerinin önemli olduğunu vurgulamıştır. Bal arılarında bulunan hiyerarşik yapılanmaya göre işçi arıların (diploit, infertilize) yaşlarına uygun bir şekilde farklı görevleri bulunmaktadır (Ben-Shahar ve ark., 2000). Habitatı olarak bilinen petek içindeki yuvalarından çıktıkları an itibari ile kuluçkadaki diğer arıların bakımlarından sorumlu olmaya başlarlar (Whitfield ve ark., 2006). Kısa bir süre sonra (yaklaşık olarak 7 gün) koloni içi sıcaklık stabilitesinin ayarlanması, koloni savunma, besin stoğu yapma gibi farklı görevler üstlenirler (Leoncini ve ark., 2004; Huang ve Robinson, 1996). Koloni içinde diploit yapıya sahip işçi arılar dışında bir tane daha kraliçe arı (diploit, fertilize) bulunmaktadır. Kraliçe arı koloni devamlılığı için ortalama olarak 200.000 yakın (tane/yıl) yumurta üretimi yaparak koloni devamlılığı ve salgıladığı feromon sayesinde işçi arıların kontrolünü sağlar.

(Ambrose, 1992). Haploit yapıda ve fertilize karaktere sahip olan diğer koloni üyesi erkek arılar ise genel olarak koloni devamlılığı için kraliçe arı ile çiftleşme görevi bulunmaktadır (Page ve Peng, 2001). Bal arılarının koloni içi yapılanması ve hiyerarşik düzende görevlerin aksamaması için arılarda etkili olan bazı proteinler (canlının sahip olduğu genetik bilgiye göre sentezlenir) mevcuttur (Wolschin ve Amdam, 2007). Bu proteinler arasında hem omurgalı hem de omurgasız canlılarda ortak olarak bulunan (Byrne ve ark., 1989) fosfolipopoglikoprotein yapılı yağ dokusundan sentezlenen vitellogenin adlı organik bir bileşik bulunmaktadır. Bu bileşimin arıların yaşam uzunluğu, oksidatif strese karşı dayanıklılığı, kraliçe arılarda yumurta üretimi gibi çeşitli olaylar üzerinde etkisi bulunmakla beraber (Tanaka ve Hartfelder, 2004; Seehus ve ark., 2006; Corona ve ark., 2007; Alaux ve ark., 2010; Salmela ve Sundström, 2017), vücut yağ metabolizmasında da rolü olduğu bilinmektedir (Alaux ve ark., 2010). Vitellogenin yumurta sarısı proteini olarak bilinen vitellinin sentezleyen protein grubunun vitellogenin olayı ile sentezlenmesi sonucu meydana gelir (Pan ve ark., 1969). Bu üretim genellikle yağ dokusu yardımıyla gerçekleşip üretilen organik bileşik oositlere doğru gönderilmekte (Pan ve ark., 1969) ve burada kristalleşerek vitellin adını almaktadır (Bell, 1970). Kristalleşen bu yapı potansiyel bir embriyonun gelişimi için yedek besin deposu olarak kalır (Sappington, 2002). Telfer (1975) tarafından dişiye özgü olan bu proteinin *Hyalophora cecropia* ait hemolimfde gözlemlenmesi ve Pan ve ark. (1969)'larının bu protein yapıyı vitellogenin olarak tanımlamasında sonra bu konu üzerinde çalışmaların yoğunlaşmaya başladığı görülmüştür.

İlk keşfedildiğinde dişilere özgü olan bu bileşik bazı omurgasız canlıların erkeklerinde de tespit edilmiştir (Trenczek ve Engels, 1986; Piulachs ve ark., 2003). Bu kompleks protein grubu ile ilgili moleküler çalışmalar başlamış ve Della-Cioppa ve Engelmann (1987) bu bileşik için 250 kD uzunluğundaki vitellogenin öncesi (kristalleşmeden önceki durumu) protein ağırlığını ispatlamışlardır. Bal arılarında ise protein ağırlığı olarak yaklaşık 180kD kadar olduğu kabul edilmektedir (Wheeler ve Kawooya, 1990).

Kraliçe arının %50 si kadar hemolimf proteini olan bu bileşik (Pinto ve ark., 2000) günlük 30-100 arasında yumurtlama yapmaya yardımcı olmaktadır (Engels ve Imperatriz-Fonseca, 1990). Bal arıları üzerinde yapılan diğer çalışmalarda kraliçe arı (2n), işçi arı (2n) ve erkek arılarda (n) vitellogenine rastlanmış aynı zamanda bu bölgenin nükleotit sayısı hakkında bilgi verilmiş (Piulachs ve ark., 2003) ve vitellogenin bölgesinin büyümede görevli olan juvenil hormonu üzerinde de etkili olduğu ispatlanmıştır (Guidugli ve ark., 2005). 2007 yılında Corona ve ark.'ları kraliçe arı ile yaptıkları çalışmada vitellogeninin yaşam süresi üzerindeki etkisini ortaya koymuşlardır. Nelson ve ark. (2007) da vitellogeninin arılarda yiyecek arama davranışı üzerinde etkili olduğunu ispatlamışlardır. Yapılan çalışmalara bakıldığında zaman bal arılarında yumurta üretimi (Tanaka ve Hartfelder, 2004), yaşam uzunluğu üzerindeki etkisi (Seehuus ve ark., 2006), oksitativ strese karşı direnç oluşturması (Corona ve ark., 2007) ve yağ fizyolojisi üzerinde etkili olması (Alaux ve ark., 2010) bu yapının önemini artırmaktadır.

Arıların hemolimflerinde yüksek oranda vitellogenin bulunması iltihap olayları üzerinde de etkili olduğunu göstermektedir (Salmela ve Sundström, 2017). Amdam ve arkadaşlarının (2004) yaptığı çalışmada arıların bağışıklık sisteminde çok önemli görevi olan Zn (Çinko) elementinin taşınmasında da etkili olmasından dolayı bağışıklık sistemi üzerinde kritik bir etkileşime sahip olduğu vurgulanmaktadır. Miller ve ark., (2019) ise arıların sindirim kanalında bulunan mikrobiotanın yeniden düzenlenmesi ile vitellogenin değişimini gözlemlemişlerdir. Zheng ve ark. (2017) vitellogenin ile mikrobiyota arasındaki etkileşiminin önemine şeker tepkisi, bağışıklık etkisi gibi çalışmalar ile desteklemiştir. Vitellogeninin önemini tekrar vurgulamak için SCOPUS veri tabanı kullanılarak kısa bir bibliyometrik araştırma yapılmış ve sonucu Grafik 1'de verilmiştir. Bibliyometrik analiz için seçilen başlığın genel olması planlanmış ve "vitellogenin" şeklinde girilmiştir. Yapılan veri taraması sonucu vitellogenin adı verilen protein kökenli organik bileşiğin sadece bal arıları için önemli olmadığı ve analiz sonucunda en fazla çalışma yapılan alanın ise biyokimya (%30) dalında olduğu gözlemlenmiştir.



Grafik 1. Scopus veri tabanı sonucuna göre;

Vitellogenin için en fazla Biyokimya (%30) alanında çalışma yapıldığı, Ziraat (%26) ve Çevre bilimi (%19) alanlarında da yapılan çalışmaların önemli olduğu gözlemlenmektedir. (<https://www.scopus.com/term/analyzer>).

Graphic 1. According to the Scopus database result; It is observed that the most studies are carried out in the field of Biochemistry (30%) for vitellogenin, and the studies in the fields of Agriculture (26%) and Environmental science (19%) are also important (<https://www.scopus.com/term/analyzer>).

Probiyotikler

Son zamanlarda meydana gelen şiddetli arı kayıplarının (Chauzat ve ark., 2016) etkisini azaltmak için farklı yöntemler denenmektedir. Bunlar arasında patojen mikroorganizmalara karşı antibiyotik gibi kimyasallar tercih edilebilmektedir (Veen, 2014). Ancak Avrupa Birliği (AB) hem arı ürünlerinde sıfır antibiyotik kalıntısı istemesi hem de kullanılan antibiyotiklere karşı dirençli bakterilerin gelişmesine ve arının sahip olduğu doğal mikrobiyota üzerinde negatif bir etkisi olduğundan dolayı farklı alternatifler tercih edilmektedir (Mudroňova ve ark., 2011). Bal arıların sindirim kanalında simbiyotik olarak yaşayan mikrobiyotada bulunan bazı bakteriler karbonhidrat fermantasyonu, amino asit ve vitamin sentezi gibi arıların sentezleyemediği organik monomerlerin üretiminde görev alması (Wilson ve ark., 2005) aynı zamanda arıların immün sistemi üzerinde regülasyon etkileri ve patojen mikroorganizmaların kolonileşmesini engellemesi (Wu ve ark., 2013) bakteriyel floranın değerini göstermektedir. Arıların mikrobiyal florasını bozmadan patojenlere karşı mücadelede probiyotik canlılar tercih edilmektedir (Arredondo ve ark., 2018). Genellikle böceklerin bağırsak florasında bulunan probiyotik bakterilerin patojenlerin gelişimini inhibe ettiği ispatlanmıştır (Aplevicz ve ark., 2014).

Probiyotik bir mikroorganizma tercihi için rekabetçi olması, mukozal bağışıklık sağlaması, bariyer etkisine sahip olması, antimikrobiyal etkinlik göstermesi ve organik asit üretimi gibi mekanizmaları bulundurması gerekmektedir (Ewaschuk ve Dieleman, 2006). Probiyotik özelliğe sahip olan bakterilerin genel olarak hücre duvarındaki peptidoglikan tabakası karakteri sayesinde gram pozitif (gr +), sporsuz ve basil (çubuk) şeklinde olup bunlar arasında *Lactobacillus sp.*, *Bifidobacterium sp.*, *Bacillus sp.*, *Pediococcus sp.*, *Streptococcus sp.*, *Propionibacterium sp.* ve *Leuconostoc sp.* gibi bakteriler mevcuttur (Semenov, 2021). Probiyotik mikroorganizma konakçı canlının bağırsak mukozasına ve epitel hücrelerine yapışması sayesinde geçici kolonizasyon, immün desteği ve patojenlerin rekabetçi dışlanması sağlar. Bağırsak epiteline yapışması probiyotik seçiminde önemli bir kriterdir (Bezkorovainy, 2001). Bu mikroorganizmaların özellikleri arasında fermantasyon sonucu ortamın pH'sının düşmesi ve antimikrobiyal ürün açığa çıkarmaları gerekmektedir (Dunne ve Raby, 2001). Probiyotik mikroorganizmalar sadece bal arıları için değil aynı zamanda diğer canlılar içinde önem arz etmektedir. Çünkü sindirim kanalına sahip bütün hayvanlar için sindirim sistemi sağlığı ve buna bağlı olarak kendi bağışıklık sistemi, savunma sistemi ve fizyolojileri etkilenmektedir (Jack ve ark., 1995; Wilson ve ark., 2005; Audisio ve ark., 2011).

Probiyotik mikroorganizmalar sindirim kanalında yayılış göstermesi dışında doğada bitki, toprak gibi farklı yerlerde de bulunabilmektedir. Bal arıları probiyotik mikroorganizma ihtiyaçlarını hem bitkilerden hemde arı ekmeğinden karşılayarak geliştirebilirler (Kieliszek ve ark., 2018). Bal arıları bitkilerden polen toplama sırasında polenin üzerini tükürük sıvısı ile çevreleyerek arı poleni adı verilen ve larva sonrası beslenmede arıların ihtiyacı olan karbonhidrat, protein ve yağ gibi organik bileşiklerin karşılanmasında önemli yer alan bir besin maddesidir

(Pernal ve Currie, 2001; Calderone ve Johnson, 2002; Konar ve ark., 2010). Bu besin maddesinin kovana içinde laktik asit bakterileri yardımı ile fermantasyona uğratılmış hali arı ekmeği olarak nitelendirilir ve kovanda bulunan genç arıların beslenmesinde probiyotik mikroorganizmaların arıların bağırsak sistemine girişi gerçekleşir (Bogdanov, 2011). Bu kadar önemli olan probiyotik mikroorganizmaların intestinal sisteme sahip olan canlılarda ortak olarak bulunması bu mikrobiyotanın değerini artırmıştır.

Bundan dolayı probiyotik mikroorganizmaların önemini vurgulamak için SCOPUS veri tabanında yapılan bibliyometrik analizine göre bal arıları dışında farklı alanlarda da çalışıldığı görülmektedir. Analiz yapılırken “probiyotik” başlığı şeklinde giriş yapılmış ve sonuç olarak en fazla sağlık alanında yapılan çalışmaların olduğu görülmüştür (Grafik 2).

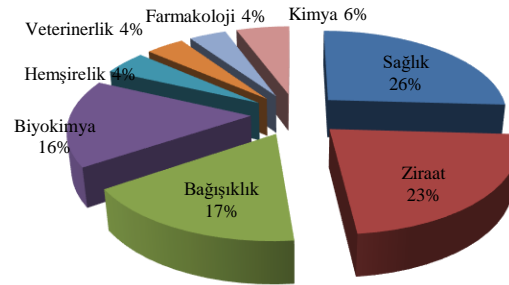
Prebiyotikler

Prebiyotik; tanım olarak Gibson ve Roberfroid (1995) tarafından sadece belirli bakterilerin gelişimini olumlu yönde etkileyen ve konağa pozitif anlamda katkı sağlayan sindirilemeyen gıda bileşeni olarak tanımlanırken, Bindels ve ark., (2015) ise konakçıya faydalı etkiye sahip olan ve belli başlı bakteriler tarafından kullanılabilen bileşenlerdir şeklinde tanımlamışlardır. Prebiyotik bir bileşen bağırsak florasında bulunan Bifidobakter veya Laktobakter gibi probiyotik mikroorganizmalar tarafından substrat olarak kullanılırken patojen mikroorganizmalar bu bileşenleri kullanamazlar (Cummings ve Macfarlane, 1991). Bundan dolayı prebiyotikler sindirim kanalında hidrolize uğramamalı, probiyotik canlılar için seçici olmalı ve substrat fermantasyonu sonucu oluşan ürün konakçıya fayda sağlamalıdır (Sanders, 1998). Bu özelliklere sahip olan potansiyel prebiyotikler ise Laktoz, Fruktooligosakkarit, Galaktooligosakkarit ve laktosükroz şeklinde sıralanabilir (Gibson ve Fuller, 2000). Prebiyotiklerin kaynağı olarak bitkiler ve bazı algler verilebilir. Çünkü bu canlılar prebiyotik yapıdaki organik bileşikler polimer karbonhidrat veya oligosakkarit şeklinde bulundurmaktadır (Saad ve ark., 2013). Prebiyotikler genellikle bağırsakta bulunan probiyotik mikroorganizmaların substratı olduğu için sindirim kanalının üst kısımlarında sindirime uğramayan bileşiklerdir bu ifade aynı zamanda FAO ve WHO tarafından sindirilemeyen bir gıda bileşeni şeklinde de vurgulanmıştır (Markowiak ve Śliżewska, 2017). Prebiyotik yapıdaki organik bileşik alındığında zaman zaman sindirim kanalında bulunan çeşitli asidik yapılar ve bazı sindirim enzimlerine karşı dirençli olması sayesinde bağırsak mikroflorasında bulunan yararlı mikroorganizmaları uyarır ve fermantasyonu sonucu ortamın pH'sını düşürür ve patojen mikroorganizmaların sindirim kanalını çevreleyen epitel doku üzerine koloni oluşturmasını engeller (Audisio ve ark., 2011). Fermantasyon sonucu oluşan asetik asit ve bütirik asit gibi sağlığa yararlı yağ asitleri konakçı tarafından da kullanılmaktadır (Grajek ve ark., 2005). Bifidobacter ve Laktobacter gibi probiyotik mikroorganizmalar üretilen bu yağ asitlerine karşı toleranslı olması ve alınan karbonhidratların özellikle bifidobacter ile diğer probiyotik bakterilerin gelişimi üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu bilinmektedir (Shang ve ark., 2020). Prebiyotik kaynaklı karbonhidratlar probiyotiklerin gelişimini pozitif yönde

etkilerken, bal arılarında kraliçe arının doğurganlığı üzerinde de olumlu etkileri olduğu gözlemlenmiştir (Pătruică ve ark., 2011).

İklim Değişikliğinin Etkisi

İklim değişikliğinin küresel anlamda hem coğrafik hem de zamansal etkileri oldukça endişe vericidir (Smith ve ark., 2014). Her geçen yüzyıl insan etkileri sonucu olarak ortalama 0,6°C'lik sıcaklık artışı gözlemlenmektedir (Hansen ve ark., 2006). İklim değişimi ekosistem ve biyoçeşitlilik açısından farklılaşmaya işaretler (Thornton ve ark., 2011). Farklılaşmanın en iyi örneği olarak çiçeklerin gelişiminin, nektar ve polen üretiminde değişime etki etmesi gösterilebilir. Bu değişimin de arıların beslenmesi (Winston, 1987) ve yaşam döngüsü üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır (Martin ve Medina, 2004). Bu şekilde iklim şartlarında meydana gelen herhangi bir değişim arı popülasyonunun depo ürününe ve buna bağlı olarak popülasyon içinde ölümlere neden olabilir (Louveaux, 1973). Bal arıları kış dönemini geçirmek için bal deposu yaparlar (Thuiller ve ark., 2005) ve bunun için uygun polene ihtiyaç duyarlar. Ancak aşırı kuraklık ve buna bağlı olarak polen üretiminde azalma ortaya çıkmaktadır (Stokstad, 2007). Polen üretiminin yetersiz olması, arıların beslenmesinde azalmaya sebep olmakta aynı zamanda arıların bağışıklık sisteminin zayıflamasına ve patojenlere karşı savunmasız kalmasına sebep olarak arıların yaşam sürelerini azaltmaktadır (Mattila ve Otis, 2006). Kış sıcaklıklarında meydana gelen ani değişimler sonucunda böceklerin vücut ağırlığı ve davranışlarında değişimler gözlemlenir (Fründ ve ark., 2013). Özellikle bal arıları için çevrede bulunan çiçeklerin kalitesinde azalma ve buna bağlı olarak koloni bal üretiminde anormal bir düşüş gözlemlenir (Braun ve ark., 2012).



Grafik 2. Scopus veri tabanı sonucuna göre; probiyotik mikroorganizmalar ile ilgili en fazla, %26 oranında Sağlık alanında, %23 ise Ziraat alanında probiyotik mikroorganizmalar üzerinde çalışmalar yapılmıştır (<https://www.scopus.com/term/analyzer>). Bibliyometrik analiz sonucu aynı zamanda bal arılarının sağlığı üzerinde probiyotik mikroorganizmaların da etkili olduğunu göstermektedir. Bu yüzdelik dilimler veri tabanına girilen araştırma makaleleri sonucu oluşmaktadır. Graphic 2. According to the Scopus database result; most related to probiotic microorganisms; Studies were carried out in the field of Health at a rate of 26% and in the field of Agriculture 23% (<https://www.scopus.com/term/analyzer>). The bibliometric analysis result also shows that probiotic microorganisms are also effective on the health of honey bees. These percentiles are formed as a result of research articles entered into the database.

Sonuç

Bal arısı kolonileri çeşitli nedenlerle kaybedilebilir. Bunlar; kullanılan pestisitler bazı hastalık ve zararlılar, iklim değişikliği ve arının beslenmesi olarak ortaya çıkmaktadır. Arazi yönetimi ve çevre koşulları gibi faktörler, kovadaki koşulların yanı sıra gıda kaynaklarının mevcudiyetini ve kalitesini de etkiler. Değişen koşullar altında arı kolonilerinin etkin yönetimi önem arz etmektedir. Kolonilerin probiyotik ve prebiyotik ihtiyacı giderilmeli ve vitellogenin yapısı zarar görmeden korunmalıdır. Tüm bu çeşitli faktörler, arıların canlılığını ve zararlıları ve hastalıkları yenme yeteneğini etkileyebilmektedir.

Kaynaklar

- Alaux C, Ducloz F, Crauser D, Conte YL. 2010. Diet effects on honeybee immunocompetence. *Biology Letters* (6): 562–565. doi:<https://doi.org/10.1098/rsbl.2009.0986>
- Ambrose, JT. 1992. Management for honey production. *The Hive and the Honey Bee*, Hamilton, Illinois, 601-655.
- Amdam GV, Simões ZLP, Hagen A, Norberg K, Schroder K, Mikkelsen O, Kirkwood TBL, Omholt SW. 2004. Hormonal control of the yolk precursor vitellogenin regulates immune function and longevity in honeybees. *Experimental gerontology*, 39(5): 767-73. doi:<https://doi.org/10.1016/j.exger.2004.02.010>
- Aplevicz KS, Mazo JZ, Ilha EC, Dinon AZ. 2014. Isolation and characterization of lactic acid bacteria and yeasts from the Brazilian grape sourdough. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 50, 321-327. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/S1984-82502014000200011>
- Arredondo D, Castelli L, Porrini MP, Garrido PM, Eguaras MJ, Zunino P, Antunez K. 2018. Lactobacillus kunkeei strains decreased the infection by honey bee pathogens Paenibacillus larvae and Nosema ceranae. *Beneficial microbes*, 9(2): 279-290. doi:<https://doi.org/10.3920/BM2017.0075>
- Asraf SAKS. 2016. Gut microbiome of honey bee-An industrially relevant pollinator. *The IIOAB Journal*, 7(1): 21.
- Audisio MC, Torres MJ, Sabaté DC, Ibarguren C, Apella MC. 2011. Properties of different lactic acid bacteria isolated from Apis mellifera L. bee-gut. *Microbiological research*, 166(1): 1-13. doi:<https://doi.org/10.1016/j.micres.2010.01.003>
- Bell WJ. 1970. Demonstration and characterization of two vitellogenic blood proteins in Periplaneta americana: an immunochemical analysis. *Journal of insect physiology*, 16(2): 291-299. doi:[https://doi.org/10.1016/0022-1910\(70\)90171-X](https://doi.org/10.1016/0022-1910(70)90171-X)
- Benaets K, Van Geystelen A, Cardoen D, De Smet L, De Graaf DC, Schoofs L, Larmuseau MHD, Brettell LE, Martin, SJ, Wenseleers T. 2017. Covert deformed wing virus infections have long-term deleterious effects on honeybee foraging and survival. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1848): 20162149. doi:<https://doi.org/10.1098/rspb.2016.2149>
- Ben-Shahar Y, Thompson CK, Hartz SM, Smith BH, Robinson GE. 2000. Differences in performance on a reversal learning test and division of labor in honey bee colonies. *Animal Cognition*, 3(3): 119-125.
- Bezkorovainy A. 2001. Probiotics: determinants of survival and growth in the gut. *The American journal of clinical nutrition*, 73(2): 399-405. doi:<https://doi.org/10.1093/ajcn/73.2.399s>
- Bindels LB, Delzenne NM, Cani PD, Walter J. 2015. Towards a more comprehensive concept for prebiotics. *Nature reviews Gastroenterology and hepatology*, 12(5): 303-310. doi:<https://doi.org/10.1038/nrgastro.2015.47>
- Bogdanov S. 2011. *The bee pollen book*. Bulgaria: Bee Product Science.
- Braun E, Dittmar L, Boeddeker N, Egelhaaf M. 2012. Prototypical components of honeybee homing flight behavior depend on the visual appearance of objects surrounding the goal. *Frontiers in behavioral neuroscience*, 6: 1. doi:<https://doi.org/10.3389/fnbeh.2012.00001>
- Byrne BM, Gruber MABG, Ab G. 1989. The evolution of egg yolk proteins. *Progress in biophysics and molecular biology*, 53(1): 33-69. doi:[https://doi.org/10.1016/0079-6107\(89\)90005-9](https://doi.org/10.1016/0079-6107(89)90005-9)
- Calderone NW, Johnson BR. 2002. The within-nest behaviour of honeybee pollen foragers in colonies with a high or low need for pollen. *Animal Behaviour*, 63(4): 749-758. doi:<https://doi.org/10.1006/anbe.2001.1957>
- Chauzat MP, Jacques A, Laurent M, Bougeard S, Hendrikx P, Ribière-Chabert M. 2016. Risk indicators affecting honey bee colony survival in Europe: One year of surveillance. *Apidologie*, 47(3): 348-378. doi: <https://doi.org/10.1007/s13592-016-0440-z>
- Corby-Harris V, Maes P, Anderson KE. 2014. The bacterial communities associated with honey bee (Apis mellifera) foragers. *PloS ONE*, 9(4): e95056. doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095056>
- Corona M, Velarde RA, Remolina S, Moran-Lauter A, Wang Y, Hughes KA, Robinson GE. 2007. Vitellogenin, juvenile hormone, insulin signaling, and queen honey bee longevity. *Proc Natl Acad Sci USA*, 104(17):7128-7133. doi:<https://doi.org/10.1073/pnas.0701909104>
- Cummings JH, Macfarlane GT. 1991. The control and consequences of bacterial fermentation in the human colon. *Journal of Applied Bacteriology*, 70(6): 443-459. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1991.tb02739.x>
- Cummings JH, Macfarlane GT, Englyst HN. 2001. Prebiotic digestion and fermentation. *The American journal of clinical nutrition*, 73(2): 415s-420s. doi:<https://doi.org/10.1093/ajcn/73.2.415s>
- Çakmak İ, Aydın L, Güleğen E. 2003. Güney Marmara Bölgesinde bal arısı zararlı ve hastalıkları. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 3(2): 33-35.
- Das A, Sau S, Pandit MK, Saha KA. 2018. Review on: Importance of pollinators in fruit and vegetable production and their collateral jeopardy from agro-chemicals. *J. Entomol. Zool. Stud.*, 6: 1586–1591. doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6445-8_8
- Decourtye A, Devillers J. 2010. Ecotoxicity of neonicotinoid insecticides to bees. *Insect nicotinic acetylcholine receptors*, 85-95.
- Della-Cioppa G, Engelmann F. 1987. The vitellogenin of Leucophaea maderae: synthesis as a large phosphorylated precursor. *Insect biochemistry*, 17(3): 401-415. doi:[https://doi.org/10.1016/0020-1790\(87\)90002-3](https://doi.org/10.1016/0020-1790(87)90002-3)
- Dunne A, Raby F. 2001. *Design noir: The secret life of electronic objects*. Springer Science and Business Media.
- Engels E. 1974. Occurrence and significance of vitellogenins in female castes of social Hymenoptera. *Am Zool*, 14:1229-1237. doi:<https://doi.org/10.1093/icb/14.4.1229>
- Engels W, Imperatriz-Fonseca VL. 1990. Caste development, reproductive strategies, and control of fertility in honey bees and stingless bees. In *Social insects* (pp. 167-230). Springer, Berlin, Heidelberg. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-74490-7_9
- Ewaschuk JB, Dieleman LA. 2006. Probiotics and prebiotics in chronic inflammatory bowel diseases. *World journal of gastroenterology*, 12(37): 5941. doi: <https://doi.org/10.3748/wjg.v12.i37.5941>
- Fontaine C, Dajoz I, Meriguet J, Loreau M. 2006. Functional diversity of plant-pollinator interaction webs enhances the persistence of plant communities. *PLoS biology*, 4(1): e1. doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0040001>
- Fründ J, Dormann CF, Holzschuh A, Tscharntke T. 2013. Bee diversity effects on pollination depend on functional complementarity and niche shifts. *Ecology*, 94(9): 2042-2054. doi:<https://doi.org/10.1890/12-1620.1>

- Gaifullina LR, Saltykova ES, Nikolenko AG. 2017. Honey as a synbiotic food product. *Biomics*, 9(1): 12-23.
- Gibson GR, Fuller R. 2000. Aspects of in vitro and in vivo research approaches directed toward identifying probiotics and prebiotics for human use. *The Journal of nutrition*, 130(2): 391-395. doi:https://doi.org/10.1093/jn/130.2.391S
- Gibson GR, Roberfroid MB. 1995. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *The Journal of nutrition*, 125(6): 1401-1412. doi:https://doi.org/10.1093/jn/125.6.1401
- Gliński Z, Jarosz J. 1995. Mechanical and biochemical defences of honey bees. *Bee World*, 76(3): 110-118. doi:https://doi.org/10.1080/0005772X.1995.11099257
- Goulson D, Nicholls E, Botías C, Rotheray EL. 2015. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347(6229). doi: https://doi.org/10.1126/science.1255957
- Grajek W, Olejnik A, Sip A. 2005. Probiotics, prebiotics and antioxidants as functional foods. *Acta Biochimica Polonica*, 52(3): 665-671. doi:https://doi.org/10.18388/abp.2005_3428
- Greenspan, RJ. 1997. A kinder, gentler genetic analysis of behavior: dissection gives way to modulation. *Current opinion in neurobiology*, 7(6): 805-811. doi:https://doi.org/10.1016/S0959-4388(97)80139-0
- Guidugli KR, Nascimento AM, Amdam GV, Barchuk AR, Omholt S, Simões ZL, Hartfelder K. 2005. Vitellogenin regulates hormonal dynamics in the worker caste of a eusocial insect. *FEBS letters*, 579(22): 4961-4965. doi:https://doi.org/10.1016/j.febslet.2005.07.085
- Hansen J, Sato M, Ruedy R, Lo K, Lea DW, Medina-Elizade M. 2006. Global temperature change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(39): 14288-14293. doi:https://doi.org/10.1073/pnas.0606291103
- Hristov P, Shumkova R, Palova N, Neov B. 2020. Factors associated with honey bee colony losses: a mini-review. *Veterinary Sciences*, 7(4): 166. doi:https://doi.org/10.3390/vetsci7040166
- Huang ZY, Robinson GE. 1996. Regulation of honey bee division of labor by colony age demography. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 39(3): 147-158.
- Jack RW, Tagg JR, Ray B. 1995. Bacteriocins of gram-positive bacteria. *Microbiological reviews*, 59(2): 171-200. doi:https://doi.org/10.1128/mr.59.2.171-200.1995
- Kavak G. 2016. Son yıllarda görülen koloni kayıpları ve muhtemel sebepleri. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 15(1): 33-40. doi:https://doi.org/10.31467/uluaricilik.377585
- Kieliszek M, Piwowarek K, Kot AM, Błażej S, Chlebowska-Śmigiel A, Wolska I. 2018. Pollen and bee bread as new health-oriented products: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 71: 170-180. doi:https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.10.021
- Konar V, Özdemir FA, Karataş F. 2010. Ticari Arı Polenlerinde B Vitamini Miktarlarının Araştırılması. *Firat University Journal of Science*, 22(1): 61-64.
- Kwong WK, Moran NA. 2016. Gut microbial communities of social bees. *Nature Reviews Microbiology*, 14(6): 374-384.
- Lamei S. 2018. The effect of honeybee-specific Lactic Acid Bacteria on American foulbrood disease of honeybees. PhD Dissertation. Sveriges lantbruksuniv., Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, 1652-6880, 2018:23.
- Larsen A, Reynaldi JF, Guzmán-Novoa E. 2019. Fundamentals of the honey bee (*Apis mellifera*) immune system. *Review. Rev Mex Cienc Pecu* 10(3):705-728. doi:https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i3.4785.
- LeBlanc BW, Eggleston G, Sammataro D, Cornett C, Dufault R, Deeb T, St Cyr E. 2009. Formation of hydroxymethylfurfural in domestic high-fructose corn syrup and its toxicity to the honey bee (*Apis mellifera*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(16): 7369-7376. doi:https://doi.org/10.1021/jf9014526
- Leoncini I, Crauser D, Robinson GE, Le Conte Y. 2004. Worker-worker inhibition of honey bee behavioural development independent of queen and brood. *Insectes Sociaux*, 51(4): 392-394. doi:https://doi.org/10.1007/s00040-004-0757-x
- Louveaux J. 1973. The acclimatization of bees to a heather region. *Bee World*, 54(3): 105-111. doi:https://doi.org/10.1080/0005772X.1973.11097464
- Ludvigsen J, Rangberg A, Avershina, E, Sekelja M, Kreibich C, Amdam G, Rudi K. 2015. Shifts in the midgut/pyloric microbiota composition within a honey bee apiary throughout a season. *Microbes and environments*, ME15019. doi:https://doi.org/10.1264/jmsme2.ME15019
- MacInnis G, Buddle CM, Forrest JR. 2020. Small wild bee abundance declines with distance into strawberry crops regardless of field margin habitat. *Basic and Applied Ecology*, 44: 14-23. doi:https://doi.org/10.1016/j.baae.2020.02.007
- Markowiak P, Śliżewska K. 2017. Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health. *Nutrients*, 9(9): 1021. doi:https://doi.org/10.3390/nu9091021
- Martin SJ, Medina LM. 2004. Africanized honeybees have unique tolerance to *Varroa* mites. *Trends in Parasitology*, 20(3): 112-114. doi: https://doi.org/10.1016/j.pt.2003.12.005
- Martinson VG, Moy J, Moran NA. 2012. Establishment of characteristic gut bacteria during development of the honey bee worker. *Applied and environmental microbiology*, p. 2830-2840 doi:https://doi.org/10.1128/AEM.07810-11
- Mattila HR, Otis GW. 2006. Effects of pollen availability and *Nosema* infection during the spring on division of labor and survival of worker honey bees (Hymenoptera: Apidae). *Environmental entomology*, 35(3): 708-717. doi:https://doi.org/10.1603/0046-225X-35.3.708
- Menzel R, Giurfa M. 2006. Dimensions of cognition in an insect, the honeybee. *Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews*, 5(1): 24-40. doi:https://doi.org/10.1177/1534582306289522
- Miller DL, Parish AJ, Newton IL. 2019. Transitions and transmission: Behavior and physiology as drivers of honey bee-associated microbial communities. *Current opinion in microbiology*, 50: 1-7. doi:https://doi.org/10.1016/j.mib.2019.08.001
- Morimoto T, Kojima Y, Toki T, Komeda Y, Yoshiyama M, Kimura K, Nirasawa K, Kadowaki T. 2011. The habitat disruption induces immune-suppression and oxidative stress in honey bees. *Ecology and Evolution* 1(2): 201-217. doi:https://doi.org/10.1002/ece3.21
- Mudroňová D, Toporčák J, Nemcová R, Gancarčíková S, Hajdučková V, Rumanovská K. 2011. *Lactobacillus* sp. as a potential probiotic for the prevention of *Paenibacillus* larvae infection in honey bees. *Journal of Apicultural Research*, 50(4): 323-324. doi:https://doi.org/10.3896/IBRA.1.50.4.11
- Naug D. 2009. Nutritional stress due to habitat loss may explain recent honeybee colony collapses. *Biological Conservation* 142(10): 2369-2372. doi:https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.04.007
- Nelson CM, Ihle KE, Fondrk MK, Page Jr RE, Amdam GV. 2007. The gene vitellogenin has multiple coordinating effects on social organization. *PLoS biology*, 5(3): e62. doi:https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0050062
- Oldroyd BP. 2007. What's killing American honey bees? *PLoS Biology* 5(6): e168. doi:https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0050168.
- Page Jr RE, Peng CYS. 2001. Aging and development in social insects with emphasis on the honey bee, *Apis mellifera* L. *Experimental gerontology*, 36(4-6): 695-711. doi:https://doi.org/10.1016/S0531-5565(00)00236-9
- Pan ML, Bell WJ, Telfer WH. 1969. Vitellogenic blood protein synthesis by insect fat body. *Science*, 165(3891), 393-394. doi: https://doi.org/10.1126/science.165.3891.393

- Pătruică S, Bogdan A, Bura M, Popovici D. 2011. Evaluating the complementary effect of some prebiotic and probiotic products on the development of bee families during spring. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca-Animal Science and Biotechnologies*, 68(1-2): 457-458.
- Pătruică S, Hutu I. 2013. Economic benefits of using prebiotic and probiotic products as supplements in stimulation feeds administered to bee colonies. *Turk J Vet Anim Sci* 37:259–263 doi: <https://doi.org/10.3906/vet-1110-20>
- Patterson JA, Burkholder KM. 2003. Application of prebiotics and probiotics in poultry production. *Poultry science*, 82(4), 627-631. doi:<https://doi.org/10.1093/ps/82.4.627>
- Pernal SF, Currie RW. 2001. The influence of pollen quality on foraging behavior in honeybees (*Apis mellifera* L.). *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 51(1): 53-68. doi:<https://doi.org/10.1007/s002650100412>
- Pinto LZ, Bitondi MM, Simões ZL. 2000. Inhibition of vitellogenin synthesis in *Apis mellifera* workers by a juvenile hormone analogue, pyriproxyfen. *Journal of Insect Physiology*, 46(2): 153-160. doi:[https://doi.org/10.1016/S0022-1910\(99\)00111-0](https://doi.org/10.1016/S0022-1910(99)00111-0)
- Pires CSS, Pereira FM, Lopes MTR, Nocelli RCF, Malaspina O, Pettis JS, Teixeira EW. 2016. Enfraquecimento e perda de colônias de abelhas no Brasil: Há casos de CCD? *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51(5): 422–442. Crossref doi:<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000500003>
- Piulachs MD, Guidugli KR, Barchuk AR, Cruz J, Simoes ZLP, Belles X. 2003. The vitellogenin of the honey bee, *Apis mellifera*: structural analysis of the cDNA and expression studies. *Insect biochemistry and molecular biology*, 33(4): 459-465. doi:[https://doi.org/10.1016/S0965-1748\(03\)00021-3](https://doi.org/10.1016/S0965-1748(03)00021-3)
- Powell JE, Martinson VG, Urban-Mead K, Moran NA. 2014. Routes of acquisition of the gut microbiota of the honey bee *Apis mellifera*. *Applied and environmental microbiology*, 80(23): 7378-7387. doi:<https://doi.org/10.1128/AEM.01861-14>
- Raymann K, Moran NA. 2018. The role of the gut microbiome in health and disease of adult honey bee workers. *Current opinion in insect science*, 26: 97-104. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cois.2018.02.012>
- Roberfroid M. 2007. Prebiotics: the concept revisited. *The Journal of nutrition*, 137(3): 830-837. doi:<https://doi.org/10.1093/jn/137.3.830S>
- Saad N, Delattre C, Urdaci M, Schmitter JM, Bressollier P. 2013. An overview of the last advances in probiotic and prebiotic field. *LWT-Food Science and Technology*, 50(1): 1-16. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.05.014>
- Salmela H, Sundström LB. 2017. Vitellogenin in inflammation and immunity in social insects. *Inflammation and Cell Signaling*, 5. doi: <https://doi.org/10.14800/ics.1506>
- Sánchez-Bayo F, Belzunces L, Bonmatin JM. 2017. Lethal and sublethal effects, and incomplete clearance of ingested imidacloprid in honey bees (*Apis mellifera*). *Ecotoxicology*, 26(9): 1199–1206. doi:<https://doi.org/10.1007/s10646-017-1845-9>
- Sanders ME. 1998. Overview of functional foods: emphasis on probiotic bacteria. *International Dairy Journal*, 8(5-6): 341-347. doi:[https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(98\)00056-9](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(98)00056-9)
- Santos CF, Otesbelque A, Blochtein B. 2018. The dilemma of agricultural pollination in Brazil: Beekeeping growth and insecticide use. *PLoS One*, 13(7): e0200286. doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200286>
- Sappington TW. 2002. The major yolk proteins of higher diptera are homologs of a class of minor yolk proteins in lepidoptera. *Journal of molecular evolution*, 55(4): 470-475. doi:<https://doi.org/10.1007/s00239-002-2342-0>
- Seehuus SC, Norberg K, Gimsa U, Krekling T, Amdam GV. 2006. Reproductive protein protects functionally sterile honey bee workers from oxidative stress. *Proc Natl Acad Sci USA*, 103(4):962-967. doi:<https://doi.org/10.1073/pnas.0502681103>
- Semenov AV. 2021. Peptidoglycan of Bacterial Cell Wall Affects Competitive Properties of Microorganisms. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 172(2): 164-168.
- Shang J, Wan F, Zhao L, Meng X, Li B. 2020. Potential Immunomodulatory Activity of a Selected Strain *Bifidobacterium bifidum* H3-R2 as Evidenced in vitro and in Immunosuppressed Mice. *Frontiers in microbiology*, 11: 2089. doi:<https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.02089>
- Smith K, Woodward A, Campbell-Lendrum D, Chadee D, Honda Y, Liu Q, Olwoch J, Revich B, Sauerborn R, Aranda C, Berry H, Butler C. 2014. Human health: impacts, adaptation, and co-benefits. In *Climate Change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 709-754
- Stokstad E. 2007. The case of the empty hives. *Science*, 316(5827): 970-972. doi: <https://doi.org/10.1126/science.316.5827.970>
- Talpur AD, Ikhwanuddin MHD. 2012. Dietary effects of garlic (*Allium sativum*) on haemato-immunological parameters, survival, growth, and disease resistance against *Vibrio harveyi* infection in Asian sea bass, *Lates calcarifer* (Bloch). *Aquaculture*, 364: 6-12. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.07.035>
- Tanaka ED, Hartfelder K. 2004. The initial stages of oogenesis and their relation to differential fertility in the honey bee (*Apis mellifera*) castes. *Arthropod Struct Dev*, 33(4):431-442. doi:<https://doi.org/10.1016/j.asd.2004.06.006>
- Telfer WH. 1975. Development and physiology of the oöcyte-nurse cell syncytium. In *Advances in insect physiology* (Vol. 11, pp. 223-319). Academic Press. doi:[https://doi.org/10.1016/S0065-2806\(08\)60164-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2806(08)60164-2)
- Terra WR. 1990. Evolution of digestive systems of insects. *Annu. Rev. Ent.* 35: 181–200. doi:[https://doi.org/10.1016/S0065-2806\(08\)60164-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2806(08)60164-2)
- Thornton PK, Jones PG, Ericksen PJ, Challinor AJ. 2011. Agriculture and food systems in sub-Saharan Africa in a 4 C+ world. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 369(1934): 117-136. doi:<https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0246>
- Thuiller W, Lavorel S, Araújo MB, Sykes MT, Prentice IC. 2005. Climate change threats to plant diversity in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(23): 8245-8250. doi:<https://doi.org/10.1073/pnas.0409902102>
- Traynor KS, Mondet F, de Miranda JR, Techer M, Kowallik V, Oddie MA, Chantawannakul P, McAfee A. 2020. Varroa destructor: A complex parasite, crippling honey bees worldwide. *Trends in Parasitology*, 36(7): 592-606. doi:<https://doi.org/10.1016/j.pt.2020.04.004>
- Trenczek T, Engels W. 1986. Occurrence of vitellogenin in drone honeybees (*Apis mellifica*). *International journal of invertebrate reproduction and development*, 10(3): 307-311. doi:<https://doi.org/10.1080/01688170.1986.10510254>
- Ucak-Koc A. (2014). Effects of altitude and beehive bottom board type on wintering losses of honeybee colonies under subtropical climatic conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 12(1): 151-158.
- Van der Kooij CJ, Ollerton J. 2020. The origins of flowering plants and pollinators. *Science* 368, 1306–1308. [CrossRef] doi: <https://doi.org/10.1126/science.aay3662>
- Van Veen JW. 2014. Prevention of honeybee diseases. In *Beekeeping for Poverty Alleviation and Livelihood Security* (ed. R. K. Gupta, W. Reybroeck, J. W. van Veen and A. Gupta), pp. 347-354. Dordrecht: Springer. doi: https://doi.org/10.1007/978-94-017-9199-1_15
- VanEngelsdorp D, Evans JD, Saegerman C, Mullin C, Haubruge E, Nguyen BK, Frazier M, Frazier J, Cox-Foster D, Chen Y, Underwood R, Tarpy DR, Pettis JS. 2008. Colony collapse disorder: a descriptive study. *PLoS ONE* (4) 8, E6481. doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0006481>

- Vilmos P, Kurucz E. 1998. Insect immunity: evolutionary roots of the mammalian innate immune system. *Immunology letters*, 62(2): 59-66. doi:[https://doi.org/10.1016/S0165-2478\(98\)00023-6](https://doi.org/10.1016/S0165-2478(98)00023-6)
- Weese JS, Arroyo L. 2003. Bacteriological evaluation of dog and cat diets that claim to contain probiotics. *The Canadian veterinary journal*, 44(3): 212-216
- Weinstock GM, Robinson GE, Gibbs RA, Worley KC, Evans JD, Maleszka R, Robertson HM, Weaver DB, Beye M, Bork P, Elsik CG, Hartfelder K, Hunt GJ, Zdobnov ME, Amdam GV, Bitondi MMG, Collins AM, Cristino AS, Lattorf HMG, Lobo HC. 2006. Insights into social insects from the genome of the honeybee *Apis mellifera*. *Nature*, 443(7114): 931-949. doi:<https://doi.org/10.1038/nature05260>
- Wheeler DE, Kawooya JK. 1990. Purification and characterization of honey bee vitellogenin. *Archives of insect biochemistry and physiology*, 14(4): 253-267. doi:<https://doi.org/10.1002/arch.940140405>
- Whitfield CW, Behura SK, Berlocher SH, Clark AG, Johnston JS, Sheppard WS, Smith DR, Suarez AV, Weaver D, Tsutsui ND. 2006. Thrice out of Africa: ancient and recent expansions of the honey bee, *Apis mellifera*. *Science*, 314(5799): 642-645. doi: <https://doi.org/10.1126/science.1132772>
- Wilson AR, Sigeo D, Epton HA. 2005. Anti-bacterial activity of *Lactobacillus plantarum* strain SK1 against *Listeria monocytogenes* is due to lactic acid production. *J Appl Microbiol*; 99:1516-22. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2005.02725.x>
- Wilson K, Cotter SC, Reeson AF, Pell JK. 2001. Melanism and disease resistance in insects. *Ecol. Lett.* 4, 637-649. doi:<https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2001.00279.x>.
- Winston M. 1987. *The biology of the honey bee*. Harvard University press, Cambridge, Mass., USA. Winston, ML. (1991).
- Wolschin F, Amdam GV. 2007. Comparative proteomics reveal characteristics of life-history transitions in a social insect. *Proteome Science*, 5(1): 1-11. doi: <https://doi.org/10.1186/1477-5956-5-10>
- Wu M, Sugimura Y, Takaya N, Takamatsu D, Kobayashi M, Taylor D, Yoshiyama M. 2013. Characterization of bifidobacteria in the digestive tract of the Japanese honeybee, *Apis cerana japonica*. *Journal of invertebrate pathology*, 112(1). 88-93. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jip.2012.09.005>
- Zheng H, Powell JE, Steele MI, Dietrich C, Moran NA. 2017. Honeybee gut microbiota promotes host weight gain via bacterial metabolism and hormonal signaling. *Proc Natl Acad Sci USA*, 114(18): 4775-4780. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1701819114>. 35