

ARI SÜTÜ 10-HDA İÇERİĞİNİ ETKİLEYEN BAZI FAKTÖRLER

Ferhat DEMİR^{1*} Zihni Serbay SANDALCIOĞLU² Cengiz ERKAN³

Özet: Bal arılarının bitkisel üretimde tozlaşmaya olan katkısı bilinen bir gerçektir. Bunun yanında arıcılık faaliyetleri elde edilen ürünler hem işletmeye sağladığı gelir hem de insan sağlığına olan katkısı açısından önemli bir yere sahiptir. Her geçen gün kullanımı artan arı sütü, genç işçi arıların hipofarengeal ve mandibular bezlerinden salgılanan homojen bir yapıda, rengi kremsiden koyu sarıya kadar değişebilen akıcı jel kıvamında bir sıvıdır. Arı sütü genç larvaların beslenmesi ve buna bağlı olarak koloni içerisinde sosyal sınıfların belirlenmesi için esastır. Karmaşık kimyasal yapısının da etkisiyle uzun yıllardır apiterapide kullanılan arı sütünün yapısında hormonal etkinliğinin de olduğu ileri sürülen ve ayırıcı özellik olarak değerlendirilen kısa zincirli hidroksi yağ asitleri bulunmaktadır. Arı sütünün ana yağ asidi olarak kabul edilen 10-hidroksi-2-dekonoik asit (10-HDA), kuru ağırlığının yaklaşık %0.5-3.5'ini oluşturmaktadır. Bununla birlikte ürünün kimyasal bileşimi ve biyoaktif özellikleri çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Bu derlemede, önceki çalışmalar dikkate alınarak arı sütünün saflığı ve kalitesi için kriter olarak öne çıkan 10-HDA içeriğini etkilemesi olası bazı faktörler değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arı sütü, 10-HDA, Tağşiş ve Taklit

SOME FACTORS AFFECTING ROYAL JELLY 10-HDA CONTENT

Abstract: The contribution of honey bees to pollination in plant production is a known fact. In addition, the products obtained from beekeeping activities have an important place in terms of both the income they provide to the enterprise and their contribution to human health. Royal jelly, the use of which is increasing day by day, is a homogeneous liquid secreted from the hypopharyngeal and mandibular glands of young worker bees with a homogeneous structure and a fluid gel consistency that can vary in color from creamy to dark yellow. Royal jelly is essential for the nutrition of young larvae and, accordingly, for the determination of social classes within the colony. Royal jelly, which has been used in apitherapy for many years due to its complex chemical structure, contains short-chain hydroxy fatty acids, which are claimed to have hormonal activity and are considered a distinctive feature. 10-hydroxy-2-deconoic acid (10-HDA), which is considered the main fatty acid of royal jelly, constitutes approximately 0.5–3.5% of its dry weight. However, the chemical composition and bioactive properties of the product can be affected by various factors. In this review, some of the factors that are likely to affect the 10-HDA content, which stands out as a criterion for the purity and quality of royal jelly, were evaluated taking into account previous studies.

Keywords: Royal jelly, 10-HDA, Adulteration and Imitation

¹Hakkari Üniversitesi, Çölemerik MYO, Veterinerlik Bölümü Hakkari/TÜRKİYE, OrcidID:0000-0002-8096-4912

²Hakkari Üniversitesi, Çölemerik MYO, Veterinerlik Bölümü Hakkari/TÜRKİYE, OrcidID:0000-0002-5960-1009

³Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü Van/TÜRKİYE, Orcid ID: 0000-0003-3510-2800

*Sorumluyazarferhatdemir@hakkari.edu.tr

1. GİRİŞ

Bal arılarının bitkisel üretimde tozlaşmaya olan katkıları bilinen en önemli özelliklerinden biridir. Bunun yanında doğrudan tüketime sundukları bal, polen, bal mumu, arı sütü, propolis ve arı zehri gibi çıktıkları ile işletmeye ciddi gelirler sağlamaktadır. Sıralanan ürünler içerisinde kullanımı giderek artan arı sütü, özellikle insan sağlığı açısından önemli bir yere sahiptir. Arı sütü kovan içi faaliyette bulunan 6-12 günlük genç işçi arıların mandibular ve hipofarengial bezlerinden salgılanan homojen yapıda, sarımsı beyaz renge sahip ve kremi bir sıvıdır (Shen vd., 2010; Karakoç, 2018).

Arı sütü, genç larvaların beslenmesi ve buna bağlı olarak sosyal sınıfların belirlenmesi için esastır. Üç gün süren yumurta aşamasının ardından gelen larva döneminde işçi arı olarak gelişecek bireyler üç gün boyunca arı sütü ile beslenir. Bununla birlikte ana arı olarak gelişecek bireylerin ise tüm larva dönemi boyunca tükettikleri gıda arı sütüdür. Söz konusu iki günlük besleme değişimi bireyin ana arı ya da işçi arı olarak gelişmesindeki temel farklılık olarak öne çıkmaktadır.

Bazı morfolojik ve fizyolojik özellik bakımından işçi arılardan ayrılan ana arı, kolonide üreme yeteneğine sahip tek dişî bireydir (Karakoç, 2018). Sezona bağlı olarak değişmekle birlikte aktivitelerin yoğunlaştığı yaz sezonunda bir işçi arının ömrü yaklaşık 6-7 hafta iken günde binlerce yumurta bırakarak koloninin devamlılığını sağlayan ana arıların ömrü beş yıla kadar uzayabilmektedir. Üreme sisteminin gelişmesinin yanı sıra ana arının ömür uzunluğunda da arı sütünün etkili olduğu bilinmektedir (Shi vd., 2011). Ayrıca ana arının ergin yaşamı boyunca temel gıda olarak arı sütü ile beslenmesi, işçi arıları etkileyebilen birçok hastalık ve zararlıya karşı korunmasına katkı sağlamaktadır (Kolaylı vd., 2015).

Temel bileşeni su (%50-70) olan arı sütünün yapısında proteinler (%9-18), karbonhidratlar (%7-18), lipitler (%3-8), düşük miktarlarda bulunan mineraller (%0,8-3), vitaminler, aminoasitler ve fenoller bulunmaktadır (Collazo vd., 2021).

Deney hayvanları üzerinde yürütülen çalışmalarda antitümör, antioksidan, antiinflamatuvar, antibakteriyel, antialerjik, yaşlanma karşıtı ve antihipertansif özellikler dahil olmak üzere birçok farmakolojik aktiviteye sahip olduğu ortaya koyulan arı sütünün ağız yoluyla alınması insanlarda lipoprotein metabolizmasını iyileştirmekte, toplam kolesterol ile LDL (Low-density lipoprotein) kolesterolü düzeylerini azaltmaktadır (Morita vd., 2012; Yavaş, 2017). Diğer taraftan insanlarda cinsiyet hormonlarını düzenleyebildiği bilinen arı sütünün en dikkat çekici etkileri arasında yaşlanmayı geciktirebilmesi ile birlikte yaşam süresini uzatabilmesi de yer almaktadır (Matsumoto vd., 2007; Enomoto vd., 2008; Arfa vd., 2021; Mutlu vd., 2023).

Benzer özellikler ile arı sütü günümüz apiterapi uygulamalarında sıklıkla gündeme gelmektedir. Ayrıca gelişen tüketici taleplerine bağlı olarak insan sağlığına doğrudan katkı sağlayacak doğal ürünlere erişim isteği diğer arı ürünleri gibi arı sütünün de tanınırlığını artırmaktadır. Bununla birlikte üretiminin mevsime bağlı olarak sınırlı olması ve yüksek sayılabilecek pazar fiyatı arı sütünde tağşiş ve taklit sorununu da beraberinde getirebilmektedir.

Çalışmalar arı sütünün proteinler, peptitler ve royalisin gibi farklı biyoaktif bileşenleri arasında yer alan trans-10-hidroksi-2-desenoik asit (10-HDA) 'in bağışıklık sistemi üzerinde düzenleyici etkisine dikkat çekmektedir (Civelek, 2022; Botezan vd., 2023). Arı sütü için başlıca yağ asidi olarak kabul edilen 10-HDA, bitkisel ve hayvansal gıdalarda bulunmayan kısa zincirli 8-10 karbonlu dikarboksilik asitler arasında yer almaktadır. Arı sütünün kuru ağırlığının %0.5-3.5'ini oluşturan 10-HDA'nın yalnızca arı sütünde bulunması, ürün için bir belirteç olarak öne çıkmasını sağlamaktadır (Antinelli vd., 2003; Peng vd., 2017; Keskin vd., 2020).

Ürünün arı sütü olarak nitelendirilebilmesi için yürütülen çalışmalar 10-HDA'nın varlığı ve

oranı üzerine odaklanmaktadır. Bununla birlikte ana arının hem larva döneminde hem de yaşamı süresi boyunca, diğer bireylerin de larva dönemlerinde beslenmeleri için kullanılan arı sütünün içeriğinin, dolayısıyla 10-HDA oranının değişik faktörlerin etkisiyle değişebilmesi mümkündür.

2. BİR KALİTE ÖLÇÜSÜ OLARAK 10-HDA

Arı sütünün toplam organik asit içeriğinin önemli bir kısmını oluşturan 10-HDA, antimikrobiyal etkisinin yanında antiinflamatuvar, immünomodülatör ve antikanser özellikleri ile (Šedivá vd., 2018; Ahmad vd., 2020; Nader vd., 2021; Collazo vd., 2021; Guo vd., 2021; Mutlu vd., 2023) fonksiyonel bir ürünün önemli bir belirteci olarak ortaya çıkmaktadır. Buna bağlı olarak arı sütünün kalitesinin belirlenmesinde diğer serbest aminoasitler ile birlikte indeks olarak kabul edilmektedir (Duonga vd., 2020).

Doğal yapıda sadece arı sütünde bulunması nedeniyle 10-HDA bir yandan ürünün hileli olup olmadığının belirlenmesinde kullanılabilirken bir yandan da tazeliğini ortaya koymak için ele alınabilmektedir (Bloodworth vd., 1995. Sabatini vd., 2009; Yavuz, 2021; Kolaylı vd., 2016; Fratini vd., 2016; Uçak Koç ve Bakır, 2021). Doğal bir yağ asidi preparatı olarak kabul edildiğinden arı sütünde belli standartlarda bulunması gerekir.

Arı sütüne yönelik standart geliştiren sayılı ülkelerden olan ve dünya arı sütü piyasasını büyük oranda elinde bulunduran Çin, Ulusal Arı Sütü Standardında (GB 9697-2008), nitelikli bir arı sütünün % 1,4 premium ürünlerinin ise %1,8 oranında 10-HDA içeriğine sahip olması gerektiğini belirtmektedir (Yang vd., 2020). Benzer şekilde, Türkiye’de de konuya yönelik çalışmalar sonucunda TS 6666 numara ile belirlenen standarda göre arı sütünde 10-HDA içeriği en az %1,4 olmalıdır (TSE, 2010).

Farmakolojik özelliklerine bağlı olarak ilaç, gıda ve kozmetik endüstrileri için önemli bir ticari ürün olarak kullanılan arı sütüne (Nagai ve Inoue 2004) talep her geçen gün giderek artmaktadır. 2021 yılı verilerine göre küresel arı sütü pazarı 1,3 milyar dolara yaklaşmıştır. Ayrıca Bileşik Yıllık Büyüme Oranı (CAGR) ile 2031 bu pazarın % 3,9 büyüme ile 2 milyar doları aşacağı ön görülmektedir (Anonim, 2023). Talep artışı pazar büyüklüğüne yansımakla birlikte söz konusu artışı karşılayabilecek üretimin olmama olasılığı beraberinde arı sütünde taşıdığı konusunu gündeme getirebilmektedir. Bu aşamada arı sütünün gerek farmakolojik değerini gerekse tazelik ve taşıdığı özelliklerini belirlemek amacıyla belirteç olarak değerlendirilen 10-HDA önemli kriter olarak ortaya çıkmaktadır.

Koloni yaşantısı için esas olan görev dağılımında içerisinde, genel anlamda 5-15 günlük yaş aralığına sahip işçi arıların arı sütü salgılayabildikleri bilinmektedir (Al-Kahtani ve Taha, 2020; Ahmad vd., 2020; Chen vd., 2023). Bununla birlikte iklim, flora, bal arısının ırkı ile ek besleme gibi yetiştiricilik uygulamaları arı sütü bileşimini etkileyebilmektedir (Bayrak, 2020). Benzer şekilde hasat zamanı, depolama koşulları, üretim teknikleri ve işçi arıların yaşı gibi faktörlerin arı sütü içeriğinin belirlenmesi çalışmalarında dikkate alınması gerekmektedir.

3. 10-HDA’YI ETKİLEYEN BAZI FAKTÖRLER

Bal arılarında koloni yaşantısına dolaylı olarak olsa da etki eden bazı faktörlerin arı sütü üretim miktarına ve içeriğine etki etmesi muhtemeldir. Bu amaçla ilk akla gelen faktörler arasında yer alan besleme, bir yandan yetiştirici tarafından şekillendirilirken bir yandan da doğal çevrenin sınırlayıcılığı altındadır. Bu nedenle arı sütünde 10-HDA içeriğini etkileyen faktörler değerlendirilirken her birinin diğerleri tarafından etkilenebileceği dikkate alınmalıdır.

3.1. Besleme

Arı sütünün salgılandığı hipofaringeal bezler arıların başında, gözler ile beyin arasında bulunur. Bezler en büyük boyutlarına işçi arılar 5-10 günlük yaşta ulaşır (Corby-Harris ve

Snyder, 2018) Polen tüketimi ile bez gelişimi arasındaki pozitif ilişkiden dolayı (Crailsheim ve Stolberg 1989; Hrassnigg ve Crailsheim 1998; Pernal ve Currie, 2000; Corby-Harris vd., 2015) bezlerin normal gelişimleri için ise işçi arıların bu yaşlara ulaşınca kadar proteince zengin beslenmeleri oldukça önemlidir (Omar vd., 2017)

Farklı protein deseninin arı sütü üzerine etkisini belirlemeyi amaçlayan ve Tayland'da yürütülen bir çalışmada, çay (*Camellia sinensis*), kahve (*Coffea arabica*) ve acı çalı (*Eupatorium odoratum* L.) olmak üzere üç tür monofloral polen kullanılarak koloniler beslenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen arı sütleri benzer protein deseni sergilese de acı çalı ve kahve bitkisi polenleri ile beslenen arı kolonilerinden toplanan örneklerin çay bitkisi poleni ile beslenen arı kolonilerinden toplanan örneklerden daha yüksek 10-HDA seviyelerine sahip olduğu ortaya çıkmıştır (Pattamayutanon vd., 2018).

Vitaminli şeker şurubu ve % 10 ekmekek mayalı şurubu kullanarak kolonilerin beslendiği farklı bir çalışmada elde edilen arı sütleri 1:1 oranında şeker şurubu ile beslenen kontrol grubu kolonilerinden elde edilenler ile çeşitli ölçütle bakımından karşılaştırılmıştır. Toplam 50 örneğin analiz edildiği ve ekmekek mayalı grubun kontrol grubu örneklerine göre daha yüksek oranda 10-HDA içeriğe sahip olduğu belirlenen araştırma çalışması sonucunda araştırmacı, protein açısından zengin gıda kaynaklarının kullanımının arı sütünde 10-HDA değerini artırabileceği kararına varmışlardır (Balkanska, 2018).

Ek beslemelerin arı sütü üretimine etkisini ele alan ve çalışmalarına 10-HDA içeriğini de dahil eden Oskay ve Bayrak (2022), üretim kolonilerini besleme yapılmayan grup, şeker şurubu ile beslenen grup ve şeker şurubu+polen ile beslenen grup olarak ayırmışlardır. Çalışma sonucunda besleme yapılmayan grupta yüksüklere koyulan arı sütü miktarının ortalama 420 mg olarak hesaplayan araştırmacılar ek beslemenin 10-HDA üzerinde etkisinin önemli olduğunu sonucuna varmışlardır.

Sakkarozla beslemenin arı sütünün kalitesi arasındaki ilişkiye dair farklı görüşler olmakla birlikte sakkaroz ve bal ile beslenen kolonilerden elde edilen arı sütlerini karşılaştıran araştırmada, sakkarozla beslenen kolonilerin arı sütünde belirli aminoasitlerin daha yüksek seviyelerde olduğu belirlenirken nem içeriği, ham protein ve 10-HDA açısından gruplar arasında önemli bir fark bulunmamıştır. Araştırmacılar bunun nedenini, her iki besleme tipinde de 10-HDA sentezi için gerekli karbon ihtiyacının karşılanmamış olabileceği şeklinde ifade etmişlerdir (Wang vd., 2023).

Arılar doğadan topladıkları nektarı enerji için kullanırken poleni ise temel olarak protein, yağ ve mikro besin kaynağı olarak değerlendirmektedir. Yavru üretimi için esas olan polen, arı sütü salgı bezlerinin görevini yerine getirebilmesi için oldukça önemlidir. Bal arısı kolonilerinin doğru yönetilebilmesi için besleme gerekli bir uygulamadır. Özellikle besin kaynağının yeterli olmadığı dönemlerde farklı içeriklerde ve protein açısından zengin ek beslemeler yapılıyor olmakla birlikte besleme yöntemlerine veya besin kaynaklarına ilişkin bir standart bulunmamaktadır. Son dönemlerde yaklaşık 2 µm büyüklüğünde fotosentetik tek hücreli organizmalar olan mikro algler de insan ve hayvan beslenmesinin yanı sıra bal arıları için alternatif besin kaynağı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu amaçla kolza poleni takviye edilmiş *Chlorella sorokiana* 'ı kullanan araştırmacılar yavru üretimi ve koloni gücü bakımından elde ettikleri artışın yanında arı sütü 10-HDA içeriğinde olumlu gelişmenin olduğunu belirtmişlerdir (Jang vd., 2023).

Bal arısı kolonilerine uygulanan besin takviyeleri arı sütü üretim miktarını artırmaktadır. Bununla birlikte aşırı besleme yerine uygun aralıklarla sık beslemenin daha uygun olacağı belirtilmektedir. Diğer taraftan üretim döneminde arılara sağlanacak su kaynaklarının da sağlanan arı sütünü artırdığı da bilinmektedir (Karlıdağ ve Genç, 2008).

Türkiye'nin farklı yörelerinden toplanan arı sütü örneklerini hasat dönemlerini (Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos) de dikkate alarak fizikokimyasal özellikler ve 10-HDA içeriği bakımından değerlendiren Emir (2020), 10-HDA içeriğinde ayın anlamlı etkisinin olduğunu ve en yüksek ortalama değer Haziran ayında gözlemlendiğini belirlemiştir. Araştırmada ortaya çıkan farkta polen ve nektar kaynaklarındaki artışın yanında kolonide bakıcı işçi arı sayısındaki değişimin etkili olduğu düşünülmektedir.

3.2. Bal arısı ırkı

Arı sütünün kimyasal bileşimin ırklara göre değiştiği yönünde ifadeler karşın (Brouwers vd., 1987; Arfa vd., 2021; Uversky vd., 2021; Botezan vd., 2023) konuya yönelik daha net ifadeler kullanılabilmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Mevcut araştırmalarda bal arısı ırkına göre 10-HDA içeriğinin değiştiği net olarak ifade edilmemiştir. Araştırmalar daha çok üretim miktarı ve üretimde oldukça önemli olan larva kabul oranı üzerine yoğunlaşmıştır.

Arı sütü üretimine yönelik seleksiyon ve ıslah çalışmalarına ilk olarak Çinli araştırmacılar tarafından 1980'li yıllarda başlanmış bu çalışmalarda İtalyan arılarını (*Apis mellifera ligustica*) kullanmışlardır. Günümüz koşullarında mevcut hattan geliştirildikleri ırka oranla verimleri 10 kat fazla ürün elde etmek mümkün hale gelmiştir (Altay vd., 2019).

Bal arısı ırkının, ek beslemenin ve koloni gücünün arı sütü üretimine etkisini ele alan bir çalışmada, her grubun güçlü kolonileri zayıf olanlara göre daha fazla arı sütü ürettiği ortaya koyulmakla birlikte Karniyol ve İtalyan melezleri arasındaki farkın önemsiz olduğu belirlenmiştir (Salem vd., 2021). Buna karşılık benzer bir çalışmada söz konusu ırkları kabul oranını ve arı sütü üretimi bakımından karşılaştıran Khan vd. (2021) koloni başına ortalama arı sütü verimini İtalyan ve Karniyol ırkları için sırasıyla, ortalama 13.10 ve 9.66 g olarak hesaplayarak gruplar arası farkın önemli olduğuna ($p < 0.001$) karar vermişlerdir. Daha önce yapılmış diğer bir çalışmada da Şahinler ve Kaftanoğlu (2005), Karniyol (*Apis mellifera carnica*), Anadolu arısının ekotipi olan Muğla (*Apis mellifera anatoliaca*) ve Kafkas (*Apis mellifera caucasica*) arı kolonilerinde arı sütü verim ortalamalarını sırasıyla 0.372, 0.325 ve 0.200 g olduğu belirlemişler ve farkın istatistik olarak önemli ($P < 0.01$) olduğunu ifade etmişlerdir.

Coğrafi kökenin arı sütündeki 10-HDA içeriği üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla Çin'in 19 eyaletinden toplanan örneklerle yürütülen çalışmada, bal arısı ırklarının farkı da ele alınarak *Apis mellifera ligustica* ile aynı ırkın *Apis mellifera carnica* ile melezleri de değerlendirmeye alınmıştır. Araştırma sonucunda 10-HDA'nın yöreye göre değiştiği net olarak ortaya koyulurken melez arılar lehine gözlenen farkın İtalyan arıların yüksek arı sütü üretimi ile açıklanmıştır. Daha net bir ifade ile araştırmacılar üretim miktarı arttıkça içeriğindeki 10-HDA'nın azaldığına vurgu yapmışlardır (Wei vd., 2013). Söz konusu belirleme araştırma sonuçlarının değerlendirilmesine önemli katkı sağlamaktadır.

3.3. Hasat zamanı

Ticari arı sütü üretimi 1 günlük yaşa sahip dömlü larvaların ana arı yüksüklerine aşılması esasıyla yürütülür (Chen vd., 2002). Yüksüklere koyulan arı sütleri farklı zamanlarda hasat edilebilmesine rağmen üretimin en üst seviyeye ulaşmasından dolayı hasat çoğunlukla aşılama işleminden 3 gün (72 saat) sonra yapılmaktadır (Lercker vd., 1985). Bununla birlikte üretim döneminin kısaltılması gibi nedenlere bağlı olarak özellikle erken hasat da yapılabilmektedir.

Aşılama 24, 48 ve 72 saat sonra hasat edilen arı sütünün kimyasal bileşimleri bakımından değerlendiren Zheng vd. (2011) arı sütü nem içeriğinin zamana bağlı olarak arttığını belirlerken 10-HDA'nın en yüksek seviyesinin 24 saatlik dönemde ölçmüşlerdir. Yine aşılama 24, 48 ve 72 saat sonra hasat edilen arı sütlerinde antioksidan etkinin ele alındığı farklı bir çalışmada (Liu vd., 2008), 24 saat hasat edilen arı sütünde, aşılama 48 veya 72

saat sonra toplanana göre daha yüksek protein ve polifenolik bileşik içeriği belirlenmiştir.

Hasat zamanının arı sütü verimi üzerindeki etkisini incelemek için aşılamadan 24, 48 ve 72 saat sonra hasat edilen ürünleri değerlendiren Al-Kahtani ve Taha (2020a), yüksek verime aşılamadan 72 saat sonra yapılan hasatta ulaşıldığını belirlerken en yüksek lipit içeriğinin aşılamadan 24 saat sonra toplanan arı sütlerinde ulaşıldığını ifade etmişlerdir. Hasat süresine ilişkin karşılaştırmaya larva aşılamadan 96 saatlik sürenin de eklendiği farklı çalışmada arı içeriğine yönelik benzer bulgular elde edilmiş, en yüksek üretim miktarına 72 saatlik grupta ulaşılmıştır Al-Kahtani ve Taha (2020b).

Larva transferinden sonra farklı zaman aralıklarında (24, 48 ve 72 saat sonra) hasat edilen arı sütlerindeki bazı biyokimyasal değişimlerin ortaya konulması amaçlayan ve arı sütünde temel şeker bileşenleri (fruktoz, glikoz ve sakkaroz) ile birlikte 10-HDA içeriğini de değerlendirmeye alan Kösoğlu vd. (2013), diğer çalışmalardan farklı olarak en yüksek 10-HDA düzeyini 72 saatlik grupta elde etmişlerdir.

Hasat zamanının (24, 48 ve 72 saat) 10-HDA üzerine etkisini üretim kolonilerinin ana arılı ve ana arısız olması ile birlikte değerlendiren Uçak Koç vd. (2022), en yüksek 10-HDA ortalamasına % 3.14 ile 24 saatlik grupta ulaşılmıştır.

3.4. Aşılanan larva sayısı

Arı sütü üretimi larva transfer edilen ana arı gözlerine genç işçi arıların arı sütü salgılamasıyla başlar ve temel olarak 72 saat sonra gözlerden toplanarak hasat işlemi tamamlanır. Arı sütü verimi yüksek bal arısı hatlarında koloni başına 200 adetten fazla transfer yapılabilmektedir. Ancak bu yüksek sayının üretime olumlu yansımaya rağmen 10-HDA miktarını azalttığı düşünülmektedir (Yamaguchi, 2019). Ancak aşılanan larva sayısının arı sütü özelliklerine doğrudan etkisine ilişkin çalışma sayısı sınırlıdır.

Aşılanan larva sayısı ile ilgili araştırma sayısının azlığına dikkat çeken Uçak Koç vd., (2021) araştırmalarında, yüksek sayısına bağlı olarak 10-HDA içeriğini değerlendirmişler ve aşılanan larva sayısı arttıkça (30, 60 ve 120) değerlerin azaldığını (%3.2, %2.84 ve %2.16) belirlemişlerdir.

Konuyla doğrudan ilgili bir diğer çalışmada Ma vd. (2022), larva transfer sayısının arı sütü üzerindeki değişiklikleri ele almışlar ve bu amaçla kolonilere her biri 64 adet yüksük içeren 1 ila 5 çita vermişlerdir. Larva kabul oranı verileri de dikkate alan araştırmacılar yüksük başına arı sütü üretimin 5 çitalı olanlarda önemli ölçüde azaldığını, 1 ve 5 çitalı kolonilerde 10-HDA oranlarını sırasıyla %2.01 ve %1.52 şeklinde gerçekleştiğini belirterek üretim miktarı arttıkça 10-HDA oranının azalmasının önüne geçebilmek için içeriği artırıcı besin takviyelerini de önermişlerdir.

3.5. Depolama

Arı sütünün gerek işlenmesi gerekse saklanması sırasında maruz kalabildiği şartlar arı sütü özelliklerini olumsuz etkileyebileceği gibi bozulmasına dahi neden olabilmektedir. Taze arı sütü 4 °C ile -20 °C arasında muhafaza edilebilmekle birlikte 0-5 °C'lik ortamda bir yıla kadar saklanabileceği bilinmektedir. Buna karşılık kapsül ya da tablet formlarının yapılmasına olanak sağlayan liyofilize formu daha uzun saklanabilmesine olanak sağlamaktadır (Messia vd., 2005).

Arı sütünün -20 °C, 4 °C ve oda sıcaklıklarında karanlık ve aydınlık koşullarda 7 aya kadar muhafaza edilerek değişimlerinin değerlendirildiği çalışmada rengin, viskozitenin, suda çözünür protein fraksiyonların ve basit şekerlerin oda sıcaklığında depolama sırasında önemli ölçüde değişmesine rağmen -20 °C'de değişmediği belirlenmiştir (Chen ve Chen, 1995). Benzer şekilde arı sütünün depolanma koşullarının özellikle renk, tat ve viskoziteyi etkileyebileceğini bildiren Uçar (2018), depolamanın uygun bir şekilde yapılmadığı durumda rengin koyulaşmaya

başlayacağını ve tadın ekşiyeceğini ifade etmiştir. Araştırmacıya göre viskozite arı sütünün su içeriği ve yaşına bağlı olarak değişir ve böylece oda sıcaklığında muhafaza edilmesi durumunda artış gösterir; bu nedenlerden dolayı arı sütünün dondurularak saklanması gerekir.

Depolama şekli ve koşulları ile ilgili Antinelli ve diğerleri (2003) yürüttükleri çalışmada Fransa ve Tayland'da alınan arı sütü örneklerini 12 ay boyunca kontrollü sıcaklıklarda depolamışlardır. Araştırmacılar çalışma sonunda, örneklerin alındığı kaynaklardan bağımsız olarak, 10-HDA içerik kaybı oranları -18 °C ve 4 °C için sırasıyla %0.1 ve %0.2 hesaplamışlar ve 10-HDA içeriği ile depolama süresi arasında herhangi bir korelasyon bulunmaması nedeniyle özelliğin arı sütü örneklerinin saklama durumunu ve süresini tahmin etmek bir ölçüt olarak kullanılmasının uygun olmayacağını belirtmişlerdir.

Donmuş üründen suyun vakumla uzaklaştırılması temeline dayana liyofilizasyon işlemi, arı sütünün kalitesini korumanın en iyi yolu olarak kabul edilir. Yüksek higroskopik özelliğinden dolayı depolama sırasında ürünün hava geçirmez kaplarda saklanması gerekmektedir. Bu sayede bir yıl buzdolabı sıcaklığında (3-5 °C), iki yıl süresinde de dondurucu koşullarında (-18 °C) saklanacağını belirtilmektedir (Bogdanov, 2016). Biyolojik olarak aktif bileşeni olan 10-HDA içeriğinin izlenmesiyle depolama koşulların değerlendirildiği çalışmada liyofilize arı sütünün 10-HDA içeriği raf ömrü boyunca beyan edilen %3.5'in altına düşmediği gözlemlenmiştir (Lalić vd., 2020)

Depolama sıcaklığı ve depolama süresinin arı sütünün kalitesi üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, ıhlamur, lahana ve akasya ağaçlarının yoğun bulunduğu alanlardan elde edilen arı sütü örneklerinde toplam protein, 10-HDA, serbest şeker, serbest aminoasit ve serbest yağ asidi içeriklerini belirlemeyi amaçlayan çalışmada farklı nektar kaynakları arasında toplam protein içeriği ve 10-HDA içeriği açısından önemli farklılıklar olduğu ortaya çıkmıştır. Bunun yanında kısa süreli depolama, toplam protein içeriği ve 10-HDA içeriğinde önemli bir değişikliğe neden olmadığı belirlenmiştir (Lihan vd 2023).

4. SONUÇ

Bal arısı larvaları ve ana arının beslenmesi gibi koloni yaşantısı için oldukça büyük bir öneme sahip olan arı sütü, biyoaktif bileşenleri sayesinde farklı sektörlerde aranan bir arıcılık ürünüdür. İşçi arılar tarafından salgılanan arı sütü saklama koşulları ve işleme teknolojilerine bağlı olarak kolay bozulabilmektedir. Diğer taraftan üretiminin mevsime bağlı olarak az miktarda olması ve pazar fiyatının yüksek olması taşıması edilebilmesi sorunlarını beraberinde getirmektedir. Bu aşamada doğal olarak sadece arı sütünde bulunan 10-HDA, karmaşık bir kimyasal yapıya sahip olan arı sütünün tazelik, orijinallik ve taşımasına yönelik bir belirteç olarak gündeme gelmektedir.

Arı sütüne yönelik kriterler geliştirme çalışmalarına ilk başlayan ülke 1979 yılında Arjantin olmuştur. Daha sonra 1984 yılında Bulgaristan, 1996 yılında Polonya, 2001 yılında Brezilya, 2003 yılında Sırbistan, 2005 yılında İsviçre, 2008 yılında Japonya ve Çin, 2012 yılında Hindistan, 2014 yılında da G. Kore kendi kriterlerini geliştirmişlerdir (Kamyab vd., 2020). Arı sütüne yönelik standartlar geliştirilmesinde 10-HDA esas alınmaktadır. Türkiye'de 15.12.2000 tarihinde TS 6666 numara ile belirlenen standarda göre taze arı sütünde 10-HDA oranı en az %1.4 olmalıdır (TSE, 2000). Buna karşılık araştırmalar söz konusu oranın beslenme, bal arısı ırkı, hasat zamanı, aşılardan larva sayısı ve depolama şekli gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişebildiğini de ortaya koymaktadır. Kaldı ki söz konusu faktörlerden bazılarının birbirleri ile ilişkili olmaları kaçınılmazdır. Bu nedenle yeni araştırmalarla konunun kapsamlı olarak ele alınması yerinde olacaktır. Böylece bir yandan ülke arı sütü standartları oluşturulmasına katkı sağlanabileceken bir yanda da belirlemeler daha net yapılabilecektir.

KAYNAKLAR

- Ahmad, S., Campos, M. G., Fratini, F., Altaye, S. Z., & Li, J. (2020). New insights into the biological and pharmaceutical properties of royal jelly. *International journal of molecular sciences*, 21(2), 382.
- Al-Kahtani, S. N., & Taha, E. K. A. (2020b). Post grafting time significantly influences royal jelly yield and content of macro and trace elements. *PloS one*, 15(9), e0238751.
- Al-Kahtani, S., & Taha, E. K. A. (2020a). Effect of harvest time on royal jelly yield and chemical composition. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 93(2), 132-139.
- Altaye, S. Z., Meng, L., & Li, J. (2019). Molecular insights into the enhanced performance of royal jelly secretion by a stock of honeybee (*Apis mellifera ligustica*) selected for increasing royal jelly production. *Apidologie*, 50, 436-453.
- Anonim, (2023). <https://www.alliedmarketresearch.com/royal-jelly-market-A15111>. Erişim tarihi: 07.09.2023
- Antinelli, J. F., Zeggane, S., Davico, R., Rognone, C., Faucon, J. P., & Lizzani, L. (2003). Evaluation of (E)-10-hydroxydec-2-enoic acid as a freshness parameter for royal jelly. *Food chemistry*, 80(1), 85-89.
- Antinelli, J. F., Zeggane, S., Davico, R., Rognone, C., Faucon, J. P., & Lizzani, L. (2003). Evaluation of (E)-10-hydroxydec-2-enoic acid as a freshness parameter for royal jelly. *Food chemistry*, 80(1), 85-89.
- Arfa, A., Riad, Y. M., & El Nikeety, M. (2021). Quality Parameters of Royal Jelly in national and international standards: Specifications, differences and suggestions. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 7977-7997.
- Balkanska, R. (2018). Determination of trans-10-hydroxy-2-decenoic acid in royal jelly by high performance liquid chromatography after different bee feeding. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(4), 3738-3743.
- Bayrak, G. (2020). *İkame yemlerle beslenen bal arısı kolonilerinden hasat edilen arı sütlerinin verim ve bazı kalite özelliklerinin incelenmesi* (Master's thesis, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi).
- Bloodworth, B. C., Harn, C. S., Hock, C. T., & Boon, Y. O. (1995). Liquid chromatographic determination of trans-10-hydroxy-2-decenoic acid content of commercial products containing royal jelly. *Journal of AOAC International*, 78(4), 1019-1023.
- Bogdanov, S. (2016). The Royal Jelly Book For so work the honey-bees. *no. April*.
- Botezan, S., Baci, G. M., Bagameri, L., Paşca, C., & Dezmirean, D. S. (2023). Current Status of the Bioactive Properties of Royal Jelly: A Comprehensive Review with a Focus on Its Anticancer, Anti-Inflammatory, and Antioxidant Effects. *Molecules*, 28(3), 1510.
- Brouwers, E. V. M., Ebert, R., & Beetsma, J. (1987). Behavioural and physiological aspects of nurse bees in relation to the composition of larval food during caste differentiation in the honeybee. *Journal of Apicultural Research*, 26(1), 11-23.
- Chen, C., & Chen, S. Y. (1995). Changes in protein components and storage stability of royal jelly under various conditions. *Food chemistry*, 54(2), 195-200.
- Chen, L., Ning, F., Zhao, L., Ming, H., Zhang, J., Yu, W., & Luo, L. (2023). Quality assessment of royal jelly based on physicochemical properties and flavor profiles using HS-SPME-GC/MS combined with electronic nose and electronic tongue analyses. *Food*

Chemistry, 403, 134392.

- Chen, S., Su, S., & Lin, X. (2002). An introduction to high-yielding royal jelly production methods in China. *Bee World*, 83(2), 69-77.
- Civelek, İ. (2022). Biological activities of royal jelly: a mini-review. *Anatolian Journal of Biology*, 3(1), 1-8.
- Collazo, N., Carpena, M., Nuñez-Estevez, B., Otero, P., Simal-Gandara, J., & Prieto, M. A. (2021). Health promoting properties of bee royal jelly: Food of the queens. *Nutrients*, 13(2), 543.
- Corby-Harris, V., & Snyder, L. A. (2018). Measuring hypopharyngeal gland acinus size in honey bee (*Apis mellifera*) workers. *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*, (139), e58261.
- Corby-Harris, V., Meador, C. A., Snyder, L. A., Schwan, M. R., Maes, P., Jones, B. M., ... & Anderson, K. E. (2016). Transcriptional, translational, and physiological signatures of undernourished honey bees (*Apis mellifera*) suggest a role for hormonal factors in hypopharyngeal gland degradation. *Journal of insect physiology*, 85, 65-75.
- Crailsheim, K., & Stolberg, E. (1989). Influence of diet, age and colony condition upon intestinal proteolytic activity and size of the hypopharyngeal glands in the honeybee (*Apis mellifera* L.). *Journal of Insect Physiology*, 35(8), 595-602.
- Duong, H. A., Vu, M. T., Nguyen, T. D., Nguyen, M. H., & Mai, T. D. (2020). Determination of 10-hydroxy-2-decenoic acid and free amino acids in royal jelly supplements with purpose-made capillary electrophoresis coupled with contactless conductivity detection. *Journal of Food Composition and Analysis*, 87, 103422.
- Emir, M. (2020). Effect of harvesting period on chemical and bioactive properties of royal jelly from Turkey. *European Food Science and Engineering*, 1(1), 9-12.
- Enomoto, M., Adachi, H., Fukami, A., Furuki, K., Satoh, A., Otsuka, M., ... & Imaizumi, T. (2008). Serum dehydroepiandrosterone sulfate levels predict longevity in men: 27-year follow-up study in a community-based cohort (Tanushimaru study). *Journal of the American Geriatrics Society*, 56(6), 994-998.
- Fratini, F., Cilia, G., Mancini, S., & Felicioli, A. (2016). Royal Jelly: An ancient remedy with remarkable antibacterial properties. *Microbiological research*, 192, 130-141.
- Guo, J., Wang, Z., Chen, Y., Cao, J., Tian, W., Ma, B., & Dong, Y. (2021). Active components and biological functions of royal jelly. *Journal of Functional Foods*, 82, 104514.
- Hrassnigg, N., & Crailsheim, K. (1998). Adaptation of hypopharyngeal gland development to the brood status of honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies. *Journal of insect Physiology*, 44(10), 929-939.
- Jang, H., Ghosh, S., Sun, S., Nam, H. W., Cheon, K. J., Jeong, S., & Jung, C. (2023). Influence of Chlorella supplemented diet on honey bee (*Apis mellifera*) colony health. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 26(2), 102096.
- Kamyab, S., Gharachorloo, M., Honarvar, M., & Ghavami, M. (2020). Quantitative analysis of bioactive compounds present in Iranian royal jelly. *Journal of Apicultural Research*, 59(1), 42-52.
- Karakoç, B. R. (2018). Plastik Ve Doğal Balmumu Yüksüklerde Üretilen Arı Sütlerinin Mikrobiyal Yüklerinin, Protein İçeriklerinin Ve Antimikrobiyal Etkinliklerinin Araştırılması. *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı*

Yüksek Lisans Tezi 2018 Ankara.

- Karlıdağ, S., & Ferat, G. E. N. Ç. (2009). Arı Sütü Verimine Etki Eden Faktörler. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40(1), 127-132.
- Keskin, M., Özkök, A., Karahalil, F., & Kolaylı, S. (2020). Arı sütü 10-Hidroksi-2-Dekanoik asit (10-HDA) miktarı ne olmalıdır?. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 33(3), 347-350.
- Khan, K. A., Ghramh, H. A., Ahmad, Z., El-Niweiri, M. A., & Ahamed Mohammed, M. E. (2021). Queen cells acceptance rate and royal jelly production in worker honey bees of two *Apis mellifera* races. *PloS one*, 16(4), e0248593.
- Kolaylı, S. And Şahin, H. And Can, Z. And Yıldız, O. Meltem, M. And Asadow, A. (2016). "A Member of Complementary Medicinal Food: Anatolian Royal Jellies, Their Chemical Compositions, and Antioxidant Properties" *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine* Volume 21, Issue 4, October 2016, Pages NP43-NP48
- Kösoğlu, M., Yücel, B., Gökbulut, C., Konak, R., & Bircan, C. (2013). Hasat zamanının arı sütünün kimi biyokimyasal ve iz element kompozisyonları üzerine etkisi. *Kafkas Üniv Fak Derg*, 19(2), 233-237.
- Lalić, M., Soldić, A., Lalić, A., & Lalić, Z. (2020). Stability of 10-hda in lyophilized royal jelly and in the finished products. *Hrana u zdravlju i bolesti: znanstveno-stručni časopis za nutricionizam i dijetetiku*, 9(2), 69-73.
- Lercker, G., Caboni, M. F., Vecchi, M. A., Sabatini, A. G., Nanetti, A., & Piana, L. (1985). Compoizione della frazione glucidica della gelatina reale e della gelatina delle api operaie in relazione all'età larvare.
- Lihan, X.I.A.O., Meiguo, X. I. N., Wenjing, L. U., Qin, Y. E., Cen, Z. H. A. N. G., Chaogeng, X. I. A. O., & Di, C. H. E. N. (2023). Effects of different storage conditions on quality of royal jelly from three pollen sources. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 35(5), 1161.
- Liu, J. R., Yang, Y. C., Shi, L. S., & Peng, C. C. (2008). Antioxidant properties of royal jelly associated with larval age and time of harvest. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(23), 11447-11452.
- Ma, C., Ahmat, B., & Li, J. (2022). Effect of queen cell numbers on royal jelly production and quality. *Current Research in Food Science*, 5, 1818-1825.
- Matsumoto, M., Ishizuka, T., Kajita, K., Sugiyama, C., Morita, H., Uno, Y., & Yasuda, K. (2007). Dehydroepiandrosterone-sulfate concentration in men from a Japanese longevity district. *Geriatrics & gerontology international*, 7(4), 352-356.
- Messia, M. C., Caboni, M. F., & Marconi, E. (2005). Storage stability assessment of freeze-dried royal jelly by furosine determination. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(11), 4440-4443.
- Morita, H., Ikeda, T., Kajita, K., Fujioka, K., Mori, I., Okada, H., & Ishizuka, T. (2012). Effect of royal jelly ingestion for six months on healthy volunteers. *Nutrition journal*, 11, 1-7.
- Mutlu, G., Akbulut, D., Aydın, N. S., & Mutlu, C. (2023). Fonksiyonel Bir Arıcılık Ürünü Olan Arı Sütünün Bazı Özellikleri ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 23(1), 138-152.
- Nader, R. A., Mackieh, R., Wehbe, R., El Obeid, D., Sabatier, J. M., & Fajloun, Z. (2021). Beehive products as antibacterial agents: a review. *Antibiotics*, 10(6), 717.

- Nagai, T., & Inoue, R. (2004). Preparation and the functional properties of water extract and alkaline extract of royal jelly. *Food chemistry*, 84(2), 181-186.
- Omar, E., Abd-Ella, A. A., Khodairy, M. M., Moosbeckhofer, R., Crailsheim, K., & Brodschneider, R. (2017). Influence of different pollen diets on the development of hypopharyngeal glands and size of acid gland sacs in caged honey bees (*Apis mellifera*). *Apidologie*, 48, 425-436.
- Oskay, D., & Bayrak, G. (2022). Investigation of Yield and Some Quality Features of Royal Jelly Harvested from Honeybee Colonies Fed with Food Substitutes. *Hayvansal Üretim*, 63(2), 98-104.
- Pattamayutanon, P., Peng, C. C., Sinpoo, C., & Chantawannakul, P. (2018). Effects of pollen feeding on quality of royal jelly. *Journal of economic entomology*, 111(6), 2974-2978.
- Peng, C. C., Sun, H. T., Lin, I., Kuo, P. C., & Li, J. C. (2017). The functional property of royal jelly 10-hydroxy-2-decenoic acid as a melanogenesis inhibitor. *BMC complementary and alternative medicine*, 17(1), 1-8.
- Pernal, S. F., & Currie, R. W. (2000). Pollen quality of fresh and 1-year-old single pollen diets for worker honey bees (*Apis mellifera* L.). *Apidologie*, 31(3), 387-409.
- Sabatini, A. G., Marcazzan, G. L., Caboni, M. F., Bogdanov, S., & Almeida-Muradian, L. B. D. (2009). Quality and standardisation of royal jelly. *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science*, 1(1), 1-6.
- Salem, M. A., Yousif, S. I., El Shakaa, S. M. A., & Abd Alla, S. M. (2021). Studies On Some Factors Affecting Royal Jelly Production Of Honeybee Colonies, *Apis mellifera* L. *Zagazig Journal of Agricultural Research*, 48(3), 671-678.
- Šedivá, M., Laho, M., Kohútová, L., Mojžišová, A., Majtán, J., & Klaudiny, J. (2018). 10-HDA, a major fatty acid of royal jelly, exhibits pH dependent growth-inhibitory activity against different strains of *Paenibacillus* larvae. *Molecules*, 23(12), 3236.
- Shen, L., Zhang, W., Jin, F., Zhang, L., Chen, Z., Liu, L., & Li, D. (2010). Expression of recombinant AccMRJP1 protein from royal jelly of Chinese honeybee in *Pichia pastoris* and its proliferation activity in an insect cell line. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(16), 9190-9197.
- Shi, Y. Y., Huang, Z. Y., Zeng, Z. J., Wang, Z. L., Wu, X. B., & Yan, W. Y. (2011). Diet and cell size both affect queen-worker differentiation through DNA methylation in honey bees (*Apis mellifera*, Apidae). *PloS one*, 6(4), e18808.
- Şahinler, N., & Kaftanoğlu, O. (2005). The effects of season and honeybee (*Apis mellifera* L.) genotype on acceptance rates and royal jelly production. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 29(2), 499-503.
- TSE, (2010). TSE: ICS 65.140:67230, *Türk Standartları*, TS 6666/T1, 2010.
- Uçak Koç, A. Ve Bakır, Z. B. (2021). Major Arı Sütü Proteinleri. *Hayvansal Üretim*, 62(2), 171-178.
- Uçak Koc, A., Karacaoglu, Bakır, Z. B., & Kızılkaya, K. (2022) Determination of total protein, trans-10-Hydroxy-2-Decenoic Acid (10-HDA) and major royal jelly proteins in royal jelly produced at different harvest times in queenless and queenright colonies. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 26(1), 109-117.
- Uçak Koc, A., Karacaoglu, M., Uygun, M., Bakır, Z. B., & Keser, B. (2021). Effect of harvesting time and the number of queen cell cups on royal jelly composition. *Journal of*

Apicultural Research, 62(3), 478-484.

- Uçar, M. (2018). Arı sütünün büyüme, yaşlanma ve üreme sağlığına etkisi. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 7(1), 193-202.
- Uversky, V. N., Albar, A. H., Khan, R. H., & Redwan, E. M. (2021). Multifunctionality and intrinsic disorder of royal jelly proteome. *Proteomics*, 21(6), 2000237.
- Wang, Y., Ma, L., Wang, H., Liu, Z., Chi, X., & Xu, B. (2023). Effects of Sucrose Feeding on the Quality of Royal Jelly Produced by Honeybee *Apis mellifera* L. *Insects*, 14(9), 742.
- Wei, W. T., Hu, Y. Q., Zheng, H. Q., Cao, L. F., Hu, F. L., & Hepburn, H. R. (2013). Geographical influences on content of 10-hydroxy-trans-2-decenoic acid in royal jelly in China. *Journal of Economic Entomology*, 106(5), 1958-1963.
- Yamaguchi, K. (2019). Kikuji Yamaguchi principles of natural beekeeping: a novel bio-method of natural beekeeping for high quality royal jelly production. In *Modern Beekeeping-Bases for Sustainable Production*. IntechOpen.
- Yang, X., Li, Y., Wang, L., Li, L., Guo, L., Yang, M., ... & Zhao, H. (2020). Determination of 10-HDA in royal jelly by ATR-FTMIR and NIR spectral combining with data fusion strategy. *Optik*, 203, 164052.
- Yavaş, Ş. (2018). *Arı sütünün diyabetik sıçan testis dokularındaki apoptoz, proliferasyon ve insl3 immunre aktivitelere etkisi* (Master's thesis, Trakya Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü).
- Yavuz, İ. (2021). Apiterapi karışımlarında kullanılan arı sütünde 10-HDA'nın termal degradasyonunun belirlenmesi ve arı sütünün fonksiyonel gıda üretiminde kullanımı. *Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Antalya*.
- Zheng, H. Q., Hu, F. L., & Dietemann, V. (2011). Changes in composition of royal jelly harvested at different times: consequences for quality standards. *Apidologie*, 42, 39-47.