



BÖCEKLERİN HAYVAN YEMİ OLARAK KULLANIM OLANAKLARI

Derleme / Review

Ramazan CANHİLAL¹, Ebubekir YÜKSEL^{1*}, İsmail ÜLGER¹

¹Erciyes Üniversitesi, Seyrani Ziraat Fakültesi, 38039, Melikgazi/Kayseri

*sorumlu yazar: ebubekiryuksel@erciyes.edu.tr

Yayın Bilgisi

Geliş Tarihi: 13.02.2020

Revizyon Tarihi: 23.04.2020

Kabul Tarihi:05.06.2020

Anahtar Kelimeler

Böcekler, Hayvan Yemi, Protein, Hayvan Besleme

eywords

Insects, Animal feed, Protein, Animal Nutrition

Özet

Günümüzde 7.7 milyar olan Dünya nüfusunun 2050 yılında yaklaşık 9.7 milyar olacağı ve bu artış ile birlikte hayvansal ürünlerin tüketiminde ise %60-70'lik bir artış olacağı tahmin edilmektedir. Bu ihtiyacın karşılanması hayvan besleme için ayrılan kaynakların artırılması ve çeşitlendirilmesi ile mümkündür. Özellikle hayvan beslemede protein kaynağı olarak soya fasulyesi küspesi ve balık unu yoğun olarak kullanılmakta ve gelecekte bu ürünlerin rasyonlarda kullanılmasının ekonomik ve sürdürülebilir olmayacağı düşünülmektedir. Böceklerin (Arthropoda: Insecta) yüksek oranda protein, yağ ve mineral içeriklerinden dolayı son yıllarda hem insan besini hem de hayvan yemi olarak kullanımı sık sık gündeme gelmekte ve bu konuda çok sayıda araştırma yapılmaktadır. Bu derleme çalışmasında böceklerin hayvan yemi olarak kullanım potansiyeli ve kullanımını kısıtlayan faktörler tartışılmıştır.

The Utilization Possibilities of Insects as Animal Feed

Abstract

The world population, which is currently 7.7 billion, is estimated to be 9.7 billion in 2050, and with this increase, it is reported that there will be a 60-70% increase in the consumption of animal products in the same period. This demand can be met by increasing and diversifying the resources allocated for animal feed. Especially in animal nutrition, soybean meal and fish meal are used extensively as a source of protein and in the near future, it will not be economical and sustainable to use these products in animal feeds. Due to the fact that insects (Arthropoda: Insecta) contain high levels of protein, fat, and minerals, the use of both as human food and animal feed has been on the agenda recently and a lot of research has been conducted on this subject. In this review, the potential of insects to be used as animal feed and the factors that restrict their use are discussed.

1. GİRİŞ

Hayvan yetiştiriciliğinde karlı bir üretim faaliyeti için hayvanların gelişimleri boyunca ihtiyaç duydukları besin maddelerinin dengeli bir şekilde karşılanması oldukça önemlidir. Yetiştiriciliği yapılan hayvanların kısa süre içerisinde maksimum canlı ağırlığına ulaşabilmesi, yüksek protein ve enerji değerlerine sahip rasyonların kullanımı ile mümkündür. Besicilik işletmelerinde hayvan yemleri, üretim maliyetlerinin yaklaşık %70'ini oluşturmaktadır. Dolayısıyla maliyeti düşük ve kaliteli yemlerin kullanımı, işletmenin karlılığını büyük ölçüde etkilemektedir (Alçıçek ve ark., 1999; Alçıçek, 2002; Özkan ve Şahin Demirbağ, 2016).

Ülkemiz sahip olduğu iklim koşulları nedeniyle çok sayıda tahıl ve yem bitkisinin yetiştirilmesine elverişlidir ve rasyonlarda enerji kaynağı olarak buğday, arpa, yonca ve korunga gibi tahıl ve yem bitkileri sıklıkla kullanılmaktadır. Hayvan yemlerinde protein kaynağı olarak soya fasulyesi ve ayçiçeği tohumu küspesi gibi çeşitli bitkisel protein kaynakları ve kan ve balık unu gibi işlenmiş un haline getirilmiş farklı hayvansal protein kaynakları kullanılmaktadır. Rasyonlarda kaliteli, protein içeriği yüksek ve sürdürülebilir alternatif yem kaynaklarına duyulan ihtiyacın bir sonucu olarak böcekler dünya çapında birçok araştırmacının ilgisini çekmekte ve hayvan besini olarak kullanım olanaklarının araştırılması amacıyla enerji ve besin değerleri üzerine çeşitli araştırmalar yapılmaktadır (Ramos-Elorduy ve ark., 2002; Ravzanaadi ve ark., 2012; Van Huis, 2013; Bovera ve ark., 2015). Birçok uluslararası organizasyon böceklerin gelecekte insan ve hayvan besini olarak kullanılabilir potansiyelini belirlemek için çalışmalar yapmaktadır (FAO, 2013).

Yapılan çalışmalar balık unu yerine sadece unkurdu larvaları kullanılarak bile tavuklarda yumurta veriminin %2-4 arasında artırılabilirliğini göstermiştir (Wang ve ark., 1996; Hwangbo ve ark., 2009; Pretorius, 2011). Böceklerin verime olan etkisinin yanı sıra kısa sürede dövl vermeleri, çok sayıda yeni birey meydana getirebilmeleri, yüksek oranda protein içermeleri, atık ürünler üzerinde beslenebilmeleri ve üretim için çok az bir alana ihtiyaç duymaları gibi hayvan besini olarak kullanılmalarını kolaylaştıran birçok faktör bulunmaktadır (Rumpold ve Schlüter, 2013). Bu derleme çalışmasında böceklerin hayvan besini olarak kullanım olanakları tartışılmıştır.

2. BÖCEKLER

2.1. Materyal

Böcekler (Insecta) hayvanlar aleminde Eklem bacaklılar (Arthropoda) şubesi içinde yer almakta ve tür çeşitliliği bakımından en zengin sınıfı oluşturmaktadır (Gillespie ve ark., 2018). Şimdiye kadar tanımlanmış yaklaşık 1 milyon böcek türü bulunmakta ve bunlar içerisinde yaklaşık 2000 böcek türünün insan ve hayvan besini olarak kullanılabilirliği bildirilmiştir (Van Huis, 2013). Son yıllarda böceklerin hem insan hem de hayvan besini olarak kullanımı gündeme sık sık gelmekte ve bu

konuda dünyanın farklı bölgelerinde çok sayıda araştırma yapılmaktadır (Erwin, 2004; Sánchez-Muros ve ark., 2014; van Zanten ve ark., 2015; Yüksel ve Canhilal, 2018). Böcekler yaşamlarının farklı dönemlerinde çok farklı besinlere ihtiyaç duyabilmektedirler ve restoran atıkları, hasat sonrası bitkisel atıklar gibi çok çeşitli atıklar üzerinde beslenerek yaşam döngülerini tamamlayabilmektedirler. Böceklerin atık ürünlerle beslenmesi hem çevre kirliliğini önlemekte hem de ekonomik bir kazanç imkanı sağlamaktadır. Ayrıca bazı böcek türlerinin çevre şartlarının uygun olması halinde yaşam döngüsünü 3-4 hafta gibi oldukça kısa bir süre içerisinde tamamlaması ve üreme güçlerinin yüksek olması sürdürülebilir bir üretim için oldukça önemlidir. Böcekler küçük alanlarda yetiştirilebilmektedirler ve ihtiyaç duydukları suyu çoğu zaman tükettikleri besinlerden karşılarlar. Yem bitkilerinin yetiştiriciliği için ayrılan alanlar ve sulama istekleri düşünüldüğünde böcek yetiştiriciliğinin çok daha ekonomik olduğu görülmektedir. Böceklerin tükettikleri besinlerden yararlanma oranları da oldukça yüksektir (Tablo 1). Ayrıca böceklerin üretimi büyükbaş hayvan yetiştiriciliğine göre daha çevreci dostu bir üretilmektedir ve çevreye daha az sera gazı ve amonyak salarlar (Van Huis, 2013). Böcek türüne ve biyolojik dönemine göre değişmekle birlikte birçok böcek %40-80 arasında değişen protein oranına ve önemli esansiyel amino asitlere sahiptir. Ayrıca böcekler potasyum, kalsiyum, demir, magnezyum ve selenyum gibi mineral maddeler bakımından da oldukça zengindirler (Van Huis, 2013; Sánchez-Muros ve ark., 2014; Barroso ve ark., 2014; Henry ve ark., 2015). İnsan gıdası ve hayvan yemi olarak kullanılabilir potansiyeli olan ve üzerinde en çok çalışılan böcek türleri aşağıda Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Farklı besi hayvanlarının 1 kg et üretebilmeleri için ihtiyaç duydukları yem miktarları (Oonincx ve ark., 2010)

| Besi hayvanı | Yem miktarı (kg) |
|--------------|------------------|
| Sığır | 7.7 |
| Koyun | 6.3 |
| Domuz | 3.6 |
| Tavuk | 2.2 |
| Çekirge | 1.7 |

Tablo 2'de verilen böceklerin birçoğu ticari olarak bugün hem Avrupa'da hem Avrupa kıtası dışında üretilmekte ve satılmaktadır. Bunların içerisinde İpek böceği, Un kurdu, Ev circırı gibi bazı türler hem insan hem de evcil hayvanların beslenmesi amacıyla Tayland ve Hollanda gibi Uzak Doğu ve Avrupa ülkelerinde üretilmektedir (EFSA, 2015). Böcekler doğada birçok kanatlı hayvan, balıklar ve domuzlar tarafından doğal olarak tüketilmektedir. Gelişmiş ülkelerde böcekler ve işlenmiş böcek ürünleri, kanatlı hayvanların beslenmesinde tamamlayıcı besin olarak kullanılmaktadır (Ravindran ve Blair, 1993). Önceki çalışmalarda, termit erginleri, kara

Tablo 2. Avrupa Birliğinde insan besini ve hayvan yemi olarak en yüksek kullanılabilme potansiyeline sahip böcek türlerine ait bilgiler (EFSA, 2015).

| Bilimsel (Latince) adı | İngilizce ve Türkçe adı |
|--|---|
| <i>Musca domestica</i> L. (Diptera: Muscidae) | Common Housefly, Ev Sineği |
| <i>Hermetia illucens</i> L. (Diptera: Stratiomyidae) | Black Soldier Fly, Kara Asker Sineği |
| <i>Tenebrio molitor</i> L. (Coleoptera: Tenebrionidae) | Mealworm, Un Kurdu |
| <i>Zophobas atratus</i> F. (Coleoptera: Tenebrionidae) | Giant Mealworm, Morio Kurdu |
| <i>Alphitobius diaperinus</i> P. (Coleoptera: Tenebrionidae) | Lesser Mealworm, Buffalo Kurdu |
| <i>Galleria mellonella</i> L. (Lepidoptera: Pyralidae) | Greater Wax Moth, Balmumu Güvesi |
| <i>Achroia grisella</i> F. (Lepidoptera: Pyralidae) | Lesser Wax Moth, Küçük Balmumu Güvesi |
| <i>Bombyx mori</i> L. (Lepidoptera: Bombycidae) | Silkworm, İpek Böceği |
| <i>Acheta domesticus</i> L. (Orthoptera: Gryllidae) | House Cricket, Ev Cırcırı |
| <i>Gryllobates sigillatus</i> L. (Orthoptera: Gryllidae) | Banded Cricket, Tropikal Ev Cırcırı |
| <i>Locusta migratoria migratorioides</i> (Orthoptera: Acrididae) | R.&F. African Migratory Locust, Afrikalı Göçmen Çekirge |
| <i>Schistocerca Americana</i> D. (Orthoptera: Acrididae) | American Grasshopper, Amerikan Çekirgesi |

asker sineği prepupası ve un kurdu larvalarının kanatlı hayvan ve domuz besiciliğinde soya yerine başarılı bir şekilde kullanılabilceği bildirilmiştir (Farina ve ark., 1991; Ramos-Elorduy ve ark., 2002; Newton ve ark., 2005; Wang ve ark., 2007). Ramos-Elorduy vd. (2002) gerçekleştirdikleri çalışmada atık ürünler üzerinde yetiştirilmiş ve kurutulmuş un kurdu larvalarını rasyon içerisinde soya yerine kullanmış ve bu yemlerle beslenen etlik (Broiler) piliçlerde herhangi olumsuz yan etkinin görülmediğini bildirmişlerdir.

Benzer şekilde buffalo kurdu (*A. diaperinus*), doğu hamam böceği [*Blatta orientalis* W. (Dictyoptera: Blattidae)] ve sarı yakalı kuru odun termiti [*Kaloterme flavicollis* F. (Isoptera: Kalotermitidae)] gibi yüksek protein değerine sahip böceklerin etlik piliç, hindi ve tavşan yetiştiriciliğinde kullanılabilceği bildirilmiştir (Despins ve Axtell, 1994; Sonaiya, 1995; Ijaiya ve Fasanya, 1999; EFSA, 2015).

Ev sineği larvası (*M. domestica*) kuru maddede %54 oranında ham protein içermektedir ve etlik piliç rasyonlarında hayvansal kaynaklı protein kaynağı olarak kullanıldığında vücut ağırlığı ve et kalitesi gibi birçok parametrede herhangi bir düşüşe neden olmadan kullanılabilceğini göstermiştir (Téguia ve ark., 2002; Awoniyi ve ark., 2004; Hwangbo ve ark., 2009). Özellikle alabalık ve somon gibi çiftlik balığı yetiştiriciliğinde böcekler işlenerek farklı formülasyonlarda kullanılabilir ve ihtiyaç duyulan hayvansal proteinin tamamını karşılayabilir (Riddick, 2014). Makkar vd. (2014) derleme çalışmasında somon, yayın balığı ve alabalık yemlerine kurutulmuş kara asker sineği, ev sineği larvası, un kurdu, çekirge ve ipek böceği pupalarının %50 oranında ilave edilebileceğini ve bu

uygulamanın hayvanların verim değerlerinde herhangi bir düşüşe neden olmadığını bildirmiştir.

3. BESİN DEĞERLERİ

Böceklerin besin kompozisyonu beslendikleri materyallere göre değişiklik gösterse de ana bileşenleri protein ve yağdan oluşmaktadır (Micek ve ark., 2014). Böceklerin ortalama protein içeriğinin 7-48 g/100g arasında olduğu bildirilmiştir (FAO, 2012). Yapılan in vivo çalışmalar böcek proteinlerinin sindirilebilirliğinin ve kullanılabilirliğinin iyi olduğunu göstermektedir. Kara asker böceği larvasının domuzlar tarafından sindirilebilirliğinin %76 ve ev sineği larvasının etlik piliçler tarafından sindirilebilirliğinin %98 oranında olduğunu gösteren çalışmalar bulunmaktadır (Hwangbo ve ark., 2009; Pretorius, 2011). Sindirilebilirliğin yanı sıra böcek proteinlerinin kalitesi amino asit dizilimine bağlıdır. Tryptophan ve lysine amino asitlerinin böcek proteinlerinde yeterli miktarda bulunmadığını ve böceklerin hayvan yemi olarak kullanılmasında sınırlandırıcı bir faktör olabileceği önceki çalışmalarda bildirilmiştir (Bukkens, 2005; Makkar ve ark., 2014). Böcekler palmitik, oleik ve linoleik yağ asitlerince zengindirler ve vücutlarındaki yağ oranları kuru maddede %5-50 arasında değişmektedir (Makkar ve ark., 2014). Böceklerdeki karbonhidratların büyük bir bölümü kitinden oluşmaktadır ve hayvanlar tarafından sindirilebilirliği oldukça düşüktür (Van Huis, 2013). Ayrıca kitinin alerjik reaksiyonlara sebep olduğu da bilinmektedir (Muzzarelli, 2010). Böcekler demir, çinko, bakır, manganez, ve selenyum gibi mineral maddelerce oldukça zengin olmakla beraber özellikle fosfor içerikleri ve kullanılabilirliği oldukça yüksektir (Micek et al., 2014). Birçok böcek en az kırmızı et kadar demir içeriğine sahiptir (Ooninx ve ark., 2010).

4. RİSK FAKTÖRLERİ

Böceklerin hayvan besini olarak kullanımını riskli kılan mikrobiyal, kimyasal ve alerjenler gibi bazı

Tablo 3. Bazı böcek türlerinin kuru maddedeki ham protein ve ham yağ oranlarının hayvan yemlerinde kullanılan mevcut protein kaynakları ile karşılaştırılması (Van Huis, 2013, Işık ve Kırkpınar, 2016)

| Yem Kaynağı | Ham protein (%) | Ham yağ (%) |
|---------------------------|-----------------|-------------|
| Un kurdu (Larva) | 61-77 | 11-17 |
| Ev Sineği (Larva) | 49-59 | 3 |
| Kara Asker Sineği (Larva) | 35-37 | 35 |
| Balık unu | 43-68 | 4-32 |
| Soya küspesi | 44-69 | 23-47 |

faktörler bulunmaktadır. Böceklerin tükettikleri besinleri sindirebilmeleri bağırsaklarında taşıdıkları mikrobiyota ile mümkündür ve bu mikrobiyota böcek türüne, beslendikleri besinlere ve yetiştirilen ortam koşullarına göre değişebilmektedir (El-Tabey, 1951). Böceklerin bağırsaklarında ve vücut yüzeylerinde taşıdıkları bakteri, virus vb. mikro organizmalar işleme sürecine de dahil olarak yemlerde de bulunabilirler ve bu mikro organizmalar diğer böcekler ve bunları tüketen çiftlik hayvanları için patojenik bir etkiye sahip olabilirler. Daha da önemlisi besin zincirinde insanlara kadar ulaşabilen patojenik etkilerin ortaya çıkması ihtimali var olabilir. Her ne kadar literatürde bu konuda rapor edilmiş az sayıda makale bulunsa da böceklerle ilişkili mikro organizmalar potansiyel bir risk taşımaktadır. Entomopatojen olarak adlandırılan ve böcekleri öldüren bazı mikro organizmaların insanlar için de patojenik olabileceğini gösteren araştırmalar bulunmaktadır (Gerrard ve ark., 2003; 2004). Böcekler beslendikleri bitki materyallerine bağlı olarak kadmiyum ve arsenik gibi ağır metaller, pestisit kalıntıları, mikotoksinler ve bitkisel toksinler içerebilmektedir. Bunun yanı sıra bazı böcekler kendi toksinlerini kendileri üretebilmektedir (Hogan ve Razniak, 1991; Devkota ve Schmidt, 2000; Zhuang ve ark., 2009). Yine bazı böceklerin egzama, konjunktivit ve astıma neden olan allerjenlere sahip oldukları bilinse de şimdiye kadar literatürde çiftlik hayvanlarının ya da evcil hayvanların böceklerle beslenmesi sonucunda gerçekleşen alerjik bir durum rapor edilmemiştir (EFSA, 2015).

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Avrupa Birliği yasaları [(EC) No: 999/2001, (EC) No: 767/2009] işlenmiş böcek proteinlerinin çiftlik hayvanları yemlerinde kullanılmasını biyogüvenlik nedenleriyle yasaklamaktadır ve günümüzde böcekler sadece evcil hayvan yemi ve balık yemi olarak kullanılabilir (Van der Spiegel ve ark., 2013). Avrupa Birliği'nde yetiştirilen çiftlik hayvanların sadece güvenli olarak gösterilen yemlerle beslenmesi zorunluluğu bulunmaktadır ve çiftlik hayvanlarının dışkı ve herhangi bir sindirim sistemi içeriği ile beslenmesi yasaktır. Yine AB'nin ilgili yönetmeliği gereğince böcekler çiftlik hayvanları olarak tanımlanmaktadır ve böceklerin beslenmesinde de gübre, et ve balık ürünleri içeren yemek atıkları kullanılamamaktadır. Ayrıca böceklerin üretildikleri alanlarda, hormon, kimyasal ve antibiyotik kullanımını da yasaklamaktadır. İlgili yasa böceklerin sadece ticari olarak üretilen böcek

besinleriyle, et ve balık ürünleri içermeyen yemek atıklarıyla ve hayvansal kökenli olmayan ürünlerle beslenmesine izin vermektedir.

Böcekler dengeli bir besin profiline sahip olması, besi hayvanlarının ihtiyaç duydukları aminoasitlere, mineral ve vitaminlere sahip olmaları nedeniyle hayvan yemlerinde protein kaynağı olarak kullanımına ilişkin büyük bir potansiyele sahiptir. Bunun yanında daha duyarlı sürdürülebilir ve çevre dostu olmaları nedeniyle böceklerin hayvan yemlerinde kullanımını ilerleyen günlerde daha çok gündeme gelecektir. Ayrıca böcek üretim çiftliklerinin mevcut yem üretim projeksiyonunu karşılayacak düzeyde artırılması gerekmektedir. Hollanda'da bulunan etlik piliçlerin %5'inde böceklerin kullanılması durumunda yetiştirilen böcek türüne bağlı olarak yaklaşık 75 bin ton böceğe ihtiyaç duyulacağı belirtilmektedir (Roe ve ark., 1985). Bu ihtiyacın karşılanması bu alanda hizmet veren böcek yetiştiriciliği yapan şirket sayılarının artırılması ile mümkündür. Böceklerin besinler üzerindeki beslenmeleri ve bu besinlerden yaralanma oranları sıcaklığa bağlı olarak gerçekleşir dolayısıyla en uygun iklim koşullarında yetiştirilmeleri gerekir. Böcekler yüksek miktarda protein ve yağ içermelerine karşın bunların söz konusu çiftlik hayvanları tarafından ne derece sindirilebileceği de sonraki çalışmalarla yeterince ortaya konulmalıdır. Böceklerin hayvan besini olarak kullanılması hayvansal üretim yapılan alanlarda biyoçeşitliliğin azalmasına neden olabilir. Ayrıca doğadan toplanan böceklerin hayvan beslemede kullanılması tehlike arz etmektedir. Doğadan toplanan böceklerde pestisit ve ağır metal kalıntılarına rastlamak mümkündür (Vijver ve ark., 2003; Zagrobelny ve ark., 2009). Böceklerin üretimi sonrasında böceklerin hangi işlemlere tabi tutularak üreticiye ulaştırılacağı, işleme maliyetlerine bağlı olarak satış fiyatları ve bu işlenmiş ürünlerin raf ömrü de üreticiler tarafından böceklerin hayvan yemi olarak kabul görmesini etkileyecek faktörler arasında olacaktır. Böcekler üzerinde hastalık oluşturan ve ölmelerine neden olan bakteri, virus, fungus ve nematode gibi bazı mikro organizmalar bulunmaktadır. Böceklerin kitle üretimin gerçekleştirileceği yerlerde sanitasyon ve hijyen önlemlerinin yeterince alınmaması durumunda tüm işletmede ciddi epidemiler oluşabilir.

Böcekler hayvan besini olarak büyük bir potansiyele sahiptir. Artan dünya nüfusu ve doğal kaynakların hızla tükenmesi böceklerin hayvan besini olarak kullanımını zorunlu kılacaktır. Nitekim son yıllarda böcekler üzerinde yapılan çalışmaların hız kazanması ve sayısının

kayda değer bir biçimde artması da bunu göstermektedir. Böceklerin hayvan besini olarak kullanımını sınırlandıran risk faktörlerinin tekrar gözden geçirilmesi ve gerekli önlemlerin alınması ilerde hayvan yetiştiriciliğinde karlılığı etkileyen önemli faktörler arasında olacaktır.

Teşekkür

Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma Görevlisi Ender Şahin Çolak'a literatür taraması sırasındaki yardımlarından dolayı teşekkür ediyoruz.

KAYNAKLAR

- Alçiçek, A., Tarhan, F., Özkan, K., and Adışen, F. 1999. İzmir ili ve civarında bazı süt sığırcılığı işletmelerinde yapılan silo yemlerinin besin madde içeriği ve silaj kalitesinin saptanması üzerine bir araştırma. *Hayvansal Üretim* 40(1): 54-63.
- Alçiçek, A., 2002. Süt sığırcılığı rasyonunda temel ilkeler. *Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları* (106): 124-135.
- Awoniyi, T. A. M., Adetuyi, F. C., and Akinyosoye, F. A., 2004. Microbiological investigation of maggot meal, stored for use as livestock feed component. *Journal of food, agriculture & environment* 104-106.
- Barroso, F. G., de Haro, C., Sánchez-Muros, M. J., Venegas, E., Martínez-Sánchez, A., and Pérez-Bañón, C., 2014. The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture* 422: 193-201.
- Bovera, F., Piccolo, G., Gasco, L., Marono, S., Loponte, R., Vassalotti, G., Mastellone, V., Lombardi, P., Attia, Y.A., and Nizza, A., 2015. Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*, L.) as a possible alternative to soybean meal in broiler diets. *British poultry science* 56(5):569-575.
- Bukkens, S. G., and Paoletti, M. G., 2005. Insects in the human diet: nutritional aspects. *Ecological implications of minilivestock* 545-577.
- Despins, J. L., and Axtell, R. C., 1994. Feeding behavior and growth of turkey poults fed larvae of the darkling beetle, *Alphitobius diaperinus*. *Poultry science* 73(10):1526-1533.
- Devkota, B., and Schmidt, G.H., 2000. Accumulation of heavy metals in food plants and grasshoppers from the Taigetos Mountains, Greece. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 78: 85-91.
- EFSA Scientific Committee., 2015. Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA journal* 13(10): 4257.
- Erwin, T. L., 2004. The biodiversity question: How many species of terrestrial arthropods are there. *Forest Canopies* 10: 259-269.
- Farina, L. F. D. J. H., Demey, F., and Hardouin, J., 1991. Production de termites pour l'aviculture villageoise au Togo. *Tropicicultura* 9(4): 181-187.
- FAO, 2012. State of the world fisheries and aquaculture. <http://www.fao.org/docrep/016/i2727e/i2727e/> (Erişim tarihi:10.02.2020)
- FAO, 2013. Edible insects. Future prospects for food and feed security. <http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e00.htm> (Erişim tarihi:10.02.2020)
- Gerrard, J., Waterfield, N., and Vohra, R., 2004. Human infection with *Photorhabdus asymbiotica*: an emerging bacterial pathogen. *Microbes and Infection* 6(2): 229-237.
- Gerrard, J. G., McNevin, S., Alfredson, D., Forgan-Smith, R., and Fraser, N., 2003. *Photorhabdus Species: Bioluminescent Bacteria as Human Pathogens?*. *Emerging infectious diseases* 9(2): 251.
- Gillespie, D. R., Cock, M. J., Decaëns, T., Gerard, P. J., Gillespie, S. D., Jiménez, J. J., and Olfert, O. O., 2018. Global change and insect biodiversity in agroecosystems. *Insect Biodiversity: Science and Society* 2: 801-838.
- Henry, M., Gasco, L., Piccolo, G., and Fountoulaki, E., 2015. Review on the use of insects in the diet of farmed fish: past and future. *Animal Feed Science and Technology* 203: 1-22.
- Hogan, G., and Razniak, H. G., 1991. Selenium-induced mortality and tissue distribution studies in *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Environmental entomology* 20(3): 790-794.
- Hwangbo, J., Hong, E. C., Jang, A., Kang, H. K., Oh, J. S., Kim, B. W., and Park, B. S., 2009. Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. *Journal of Environmental Biology* 30(4): 609-614.
- Hwangbo, J., Hong, E. C., Jang, A., Kang, H. K., Oh, J. S., Kim, B. W., and Park, B. S., 2009. Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. *Journal of Environmental Biology* 30(4): 609-614.
- Ijaiya, A. T., and Fasanya, O. O. A., 1999. Effect of graded level of dietary protein on growth and carcass characteristic of rabbits. In: 3rd Annual Conference of the Agricultural Society of Nigeria (ASN), 2-5 October, NCRI Baddegi, Nigeria, pp. 21-25.
- Işık, Ö., and Kırkpınar, F., 2016. Etlik piliçlerin beslenmesinde alternatif protein kaynağı olarak un kurdu (*Tenebrio molitor* L.)'nun kullanımı. *Hayvansal Üretim* 57(1): 15- 21.
- Muzzarelli, R. A., 2010. Chitins and chitosans as immunoadjuvants and non-allergenic drug carriers. *Marine drugs* 8(2): 292-312.
- Mlcek, J., Rop, O., Borkovcova, M., and Bednarova, M., 2014. A comprehensive look at the possibilities of edible insects as food in Europe—a review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 64(3): 147-157.
- Makkar, H. P., Tran, G., Heuzé, V., and Ankers, P., 2014. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology* 197: 1-33.
- Mlcek, J., Rop, O., Borkovcova, M., and Bednarova, M., 2014. A comprehensive look at the possibilities of edible insects as food in Europe—a review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 64(3): 147-157.
- Newton, G. L., Booram, C. V., Barker, R. W., and Hale, O. M., 1977. Dried *Hermetia illucens* larvae meal as a supplement for swine. *Journal of Animal Science* 44(3): 395-400.
- Oonincx, D. G., Van Itterbeeck, J., Heetkamp, M. J., Van Den Brand, H., Van Loon, J. J., and Van Huis, A. 2010. An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *PLoS one* 5(12).
- Özkan, U., and Şahin Demirbağ, N., 2016. Türkiyede kaliteli kaba yem kaynaklarının mevcut durumu. *Türkiye Bilimsel Derlemeler Dergisi* 9(1): 23-27.
- Pretorius, Q., 2011. The evaluation of larvae of *Musca domestica* (common house fly) as protein source for

- broiler production. PhD Thesis, Stellenbosch University, South Africa.
- Ramos-Elorduy, J., González, E. A., Hernández, A. R., and Pino, J. M., 2002. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. *Journal of economic entomology* 95(1): 214-220.
- Ravindran, V., and Blair, R., 1993. Feed resources for poultry production in Asia and the Pacific. III. Animal protein sources. *World's Poultry Science Journal* 49(3): 219-235.
- Ramos-Elorduy, J., González, E. A., Hernández, A. R., and Pino, J. M., 2002. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. *Journal of economic entomology* 95(1): 214-220.
- Ravzanaadii, N., Kim, S. H., Choi, W. H., Hong, S. J., and Kim, N. J., 2012. Nutritional value of mealworm, *Tenebrio molitor* as food source. *International Journal of Industrial Entomology* 25(1): 93-98.
- Rumpold, B. A., and Schlüter, O. K., 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular nutrition & food research* 57(5): 802-823.
- Roe, R. M., Clifford, C. A., and Woodring, J. P., 1985. The effect of temperature on energy distribution during the last-larval stadium of the female house cricket, *Acheta domesticus*. *Journal of insect physiology* 31(5): 371-378.
- Riddick, E. W., 2014. Insect protein as a partial replacement for fishmeal in the diets of juvenile fish and crustaceans. In: JA Morales-Ramos, MG Rojas & DI Shapiro-Ilan (Eds), *Mass Production of Beneficial Organisms*, Academic Press, New York, pp. 565-582.
- Sánchez-Muros, M. J., Barroso, F. G., and Manzano-Agugliaro, F., 2014. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. *Journal of Cleaner Production* 65: 16-27.
- Sonaiya, E. B., 1995. Feed resources for smallholder poultry in Nigeria. *Magnesium (Mg)* 216: 461.
- Shihata, A. E. T. A., and Mrak, E. M., 1951. The fate of yeast in the digestive tract of *Drosophila*. *The American Naturalist* 85(825): 381-383.
- Téguia, A., Mpoame, M., and Mba, J. O., 2002. The production performance of broiler birds as affected by the replacement of fish meal by maggot meal in the starter and finisher diets. *Tropicultura* 20(4): 187-192.
- Van Huis, A., 2013. Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual review of entomology* 58: 563-583.
- Van Zanten, H. H., Mollenhorst, H., Oonincx, D. G., Bikker, P., Meerburg, B. G., and de Boer, I. J., 2015. From environmental nuisance to environmental opportunity: housefly larvae convert waste to livestock feed. *Journal of Cleaner Production* 102: 362-369.
- Van der Spiegel, M., Noordam, M. Y., and Van der Fels-Klerx, H. J., 2013. Safety of novel protein sources (insects, microalgae, seaweed, duckweed, and rapeseed) and legislative aspects for their application in food and feed production. *Comprehensive reviews in food science and food safety* 12(6): 662-678.
- Vijver, M., Jager, T., Posthuma, L., and Peijnenburg, W., 2003. Metal uptake from soils and soil-sediment mixtures by larvae of *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 54(3): 277-289.
- Wang, Y., Chen, Y., Li, X., Xia, J., and Du, Q., 1996. Study on the rearing larvae of *Tenebrio molitor* Linne and the effects of its processing and utilizing. *Acta Agriculturae Universitatis Henanensis* 30(3): 288-292.
- Wang, D., Zhai, S. W., Zhang, C. X., Zhang, Q., and Chen, H., 2007. Nutrition value of the Chinese grasshopper *Acrida cinerea* (Thunberg) for broilers. *Animal feed science and technology* 135(1-2): 66-74.
- Yüksel, E., and Canhilal, R., 2018. A survey of public opinion about entomophagy in erciyes university. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi* 4(2): 203-208.
- Zagrobelny, M., Dreon, A. L., Gomiero, T., Marazzan, G. L., Glaring, M. A., Møller, B. L., and Paoletti, M. G., 2009. Toxic moths: source of a truly safe delicacy. *Journal of Ethnobiology* 29(1): 64-76.
- Zhuang, P., Zou, H., and Shu, W., 2009. Biotransfer of heavy metals along a soil-plant-insect-chicken food chain: Field study. *Journal of Environmental Sciences* 21: 849-853.