

ALTERNATİF PROTEİN KAYNAĞI OLARAK BÖCEKLERİN KANATLI KARMA YEMLERİNDE KULLANIMI

Mustafa MİDİLLİ¹, Mehmet Akif ÖZCAN²

¹Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Kanatlı Hayvan Yetiştiriciliği Bölümü, Bolu; ORCID: 0000-0003-3575-3304

²Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mudurnu Süreyya Astarıcı Meslek Yüksekokulu, Mudurnu/Bolu; ORCID: 0000-0001-7632-830X

Geliş Tarihi / Received: 24.11.2019

Kabul Tarihi / Accepted: 30.01.2020

ÖZ

Dünya nüfusunun artışına paralel olarak artan hayvansal protein ihtiyacını karşılamak amacıyla kanatlı eti ve yumurtaya olan talebin önümüzdeki yıllarda artması beklenmektedir. Bu nedenle kanatlı karma yem üretiminde kullanılan protein kaynaklarına ihtiyaç da büyük ölçüde artacaktır. İslah çalışmaları ile yüksek genetik kapasiteye sahip etlik piliç ve yumurta tavuklarının besin maddesi ve enerji ihtiyaçlarını karşılamak önemlidir. Bu nedenle, yem endüstrisi balık unu gibi pahalı hayvansal kökenli sınırlı protein kaynakları yerine ikame edilebilecek besin madde değeri, sindirilebilirliği yüksek ve üretim miktarı fazla olan yeni protein kaynaklarına ihtiyaç duymaktadır. Son yıllarda alternatif protein kaynağı olarak çeşitli böcek türlerinin etlik piliç, yumurta tavuğu ve hindi gibi kanatlı hayvanların karma yemlerinde balık unu yerine belli oranlarda ikame edilebileceği ve hayvanların performansını olumlu yönde etkilediğini bildiren birçok bilimsel çalışmalar yapılmıştır. Bu derlemede, böcek kökenli alternatif protein kaynaklarının besin madde özellikleri, kanatlı beslenmesinde kullanıma olanakları, avantaj ve dezavantajları, performans ve sağlık durumları üzerine etkilerinin güncel literatür ışığında incelenmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Alternatif yem hammaddesi böcekler, kanatlı, performans

USE OF INSECTS AS ALTERNATIVE PROTEIN SOURCES IN POULTRY FEEDS

ABSTRACT

The demand for poultry meat and eggs is expected to increase in the coming years in order to meet the need for animal protein, in parallel with the increase in the world population. Therefore, the need for protein sources used in poultry feed production will increase greatly. It is important to meet the nutrient and energy needs of broilers and laying hens with high genetic capacity through breeding studies. Therefore, the feed industry requires new protein sources with high nutrient value, high digestibility and high yields, which complete or partial substitution of expensive and limited quantity produced fishmeal. In recent years, many scientific studies have been conducted to report that various insect species as alternative sources of protein can be substituted at certain proportions instead of fish meal in poultry feeds such as broiler chickens, hens and turkeys affected the performance of animals positively. In this review, it is aimed to investigate the nutrient properties of alternative protein sources of insect origin, their facilities, advantages and disadvantages in poultry nutrition, their effects on performance and health in the light of current literature.

Keywords: Alternative feedstuffs insects, poultry, performance

GİRİŞ

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Teşkilatı (FAO) tarafından, 2050 yılına gelindiğinde, dünya nüfusunun %34 artarak 9.7 milyara ulaşacağı ve bununla gıda ve yem üretim politikalarında bir değişikliğe neden olacağı bildirilmektedir. FAO, 9.7 milyar insanın beslenmesi için gerekli olan gıda ihtiyacının şimdiki seviyeye göre %70

oranında artacağını tahmin etmektedir [5]. Uluslararası Yem Endüstrisi Federasyonu (IFIF), 2050 yılında hayvansal kaynaklı protein talebini karşılayabilmek için hâlihazırda üretilen kanatlı, domuz ve büyükbaş hayvan eti miktarının ikiye katlanacağını tahmin etmektedir [47]. Kanatlı hayvan endüstrisinin son 20 yılda gelişmekte olan ülkelerde daha hızla gelişmiş olduğu görülmektedir. Entansif kanatlı beslenmesinde

¹Sorumlu yazar / Corresponding author: midilli_m@ibu.edu.tr

temel protein kaynağı olarak en çok soya fasulyesi küspesi (SFK), balık unu ve işlenmiş hayvansal kaynaklı proteinler tercih edilip kullanılmaktadır. Ancak, dünya genelinde ekilen soya arazisi ve balık stoklarında giderek artan bir azalma durumu mevcuttur. Son yıllarda ki veriler incelendiğinde, SFK ve balık unu fiyatının yaklaşık iki kat artmış olması, kanatlı ürünlerinin üretim maliyetlerini de arttırmaktadır [33]. Bu hammaddelere olan talep artışı ve bu kaynakların üretimindeki azalış maliyetin daha da artmasına neden olmaktadır. Kanatlı üretiminde elde edilen ürün maliyetlerinin %60-70'ini yem masrafları oluşturmaktadır. Kanatlı beslemede ucuz ve sürdürülebilir yeni protein kaynaklarının devreye sokulması toplumların hayvansal proteine daha ucuz erişiminin sağlanması adına önemlidir. Bu nedenle SFK ve balık ununa alternatif olabilecek ucuz yeni protein kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Böcekler, balık ununa yakın protein ve amino asit içeriği nedeniyle kanatlı beslenmesinde mükemmel yeni bir alternatif protein kaynağı olabilecek potansiyel taşımaktadır [2]. Yeni alternatif protein kaynakları olarak böceklerin kanatlı beslenmesinde kullanımına yönelik çeşitli çalışmalar değişik araştırmacılar tarafından yapılmış ve avantaj ve dezavantajları ortaya konulmuştur. Böcekler, kanatlı ve balıklar için doğal bir yem olup, bu canlılar doğadaki balık ve kanatlıların besin zincirinde önemli bir yer tutmaktadır. Bu canlılar, kimi toplumlarda doğrudan insan gıdası olarak tüketilirken; kimi toplumlarda da hayvan yemi olarak kullanılabilmektedir [22, 29].

Bu derlemede, böcekler, böceklerin besin madde içerikleri, böceklerin üretim ve kullanım aşamaları, böcek üretiminde maliyeti azaltmak için yapılabilecekler, böcek yetiştiriciliği sektörünün gelecekte araştırma perspektifleri, böceklerin kanatlıların beslenmesinde alternatif protein kaynağı olarak kullanımının performans ve üretim üzerine etkisi konuları incelenmeye çalışılmıştır.

Böcekler

Dünya üzerinde tahmini 10-30 milyon böcek türünün yaşadığı ancak bunların bugüne kadar sadece yaklaşık 900.000 türünün tanımlanabildiği ve her yıl yaklaşık 10.000 yeni türün literatüre dahil edildiği, bireysel olarak dünya üzerindeki böcek sayısının ise 10 kentilyon (10×10^{18}) olduğu ve bütün hayvan türlerinin %85'ini böceklerin oluşturduğu ifade edilmiştir [6, 41]. FAO

tarafından yayınlanan bir raporda, hâlihazırda dünyanın birçok ülkesinde diyetin bir parçası olarak 1.900'den fazla yenilebilir böcek türü olduğu bildirilmektedir [7]. Avrupa Birliği Temmuz 2017 itibarıyla 2017/893 sayılı düzenleme ile 7 farklı böcek türünün su ürünleri yetiştiriciliğinde yemlerde kullanımına izin vermiştir. Avrupa Birliği 2017/893 no.lu regülasyonu ile balık yemlerinde kullanımına izin verilen böcek türleri şunlardır:

1. *Black soldier fly (Hermetia illucens)* Siyah asker sineği,
2. *Common housefly (Musca domestica)* Ev sineği,
3. *Yellow mealworm (Tenebrio molitor)* Sarı un kurdu,
4. *Lesser mealworm (Alphitobius diaperinus)* Altlık böceği,
5. *House cricket (Acheta domesticus)* Ev cırcırı,
6. *Banded cricket (Grylloides sigillatus)* Tropikal ev cırcırı ve
7. *Field cricket (Gryllus assimilis)* Tarla cırcırı [19].

Ancak böcek proteinlerinin çiftlik hayvanlarının beslenmesinde kullanımına henüz izin verilmemiştir. Bununla birlikte 2020-2022 yılına kadar kanatlı yetiştiriciliğinde de işlenmiş böcek proteinlerinin kullanımını onaylamak için çalışmalar yürütülmektedir [17].

Yenilebilir Bazı Böceklerin Besin Maddesi İçerikleri

Yem hammaddesi olarak böceklerin erginlerinin değerlendirilebileceği gibi larva döneminde ve pupa döneminde de yem hammaddesi olarak değerlendirilebilmektedir. Böceklerin besin madde bileşimleri tür, yaşam evresi, cinsiyet, beslenme, yetiştirme ortamları gibi faktörlere bağlı olarak farklılık göstermektedir [1]. Örneğin, kanatlı dışkısında yetiştirilen karasinek larvasının metiyonin içeriği çeşitli bitkisel artıklarda yetiştirilenlerden daha yüksek bulunmuştur [33]. Böceklerin büyümeleri çok hızlı, yemden yararlanmaları çok yüksektir. Bir kg böcek proteini üretmek için yaklaşık 2 kg organik atık ile 1 m² alan gerekmektedir [46]. Böcekler, büyük miktarlarda ham protein içerir, yüksek ekonomik değeri olan ham yağ, hayvan yemi ve kümes hayvanları ve su ürünleri karma yem üretim endüstrisindeki balık unu ve soya unu gibi geleneksel protein kaynakları yerine ikame olarak kullanılır [35, 42]. Bazı böcek türlerinin ham protein ve ham yağ içerikleri bakımından balık unu ve soya küspesi ile karşılaştırılması

yapılmıştır (Çizelge 1) [15, 48, 12, 45, 11, 49, 26, 16].

Çizelge 1’de bazı böceklerin protein içerikleri soya fasulyesi küspesinden yüksek, balık unu protein değerlerine yakın olmaları ile onlara alternatif bir protein kaynağı olabileceği görülmektedir.

Çizelge 2’de böcek proteinleri protein kalitesi bakımından incelendiğinde; siyah asker sineği, ev sineği ve tarla cırcırı hariç tirozin, valin, prolin, lösin ve arjinine soya küspesinden daha düşük, metiyonin ve lizin bakımından ise daha zengindir. Özellikle sarı un kurdu larvaların proteinleri esansiyel aminoasitlerce oldukça zengindir. Böcekler sadece yüksek protein içeriğine değil, aynı zamanda yağ, vitamin ve mineral içeriği bakımından da yüksek besleme değerine sahiptirler. Böcekler yüksek protein ve mineral içeriğinden dolayı da kullanılabilir. Böcekler arasında yağ içeriği bakımından önemli bir varyasyon görülmektedir genel olarak, dişi böceklerin erkek böceklerden daha fazla yağ içerdiğini bildirmiştir [34]. Böceklerin yüksek düzeyde fosfor, düşük düzeyde kalsiyum içerdiklerini bildirmişlerdir. Kalsiyumun/fosfora oranı 1’den daha düşüktür. Bitkilerde bulunan fosforun yararışlılığı daha düşük iken, böceklerde bulunan fosforun yararışlılığı hemen hemen %100’dür. Böceklerin çoğu, demir, çinko, bakır, manganez ve selenyum gibi iz mineraller bakımından mükemmel bir kaynaktır. Ancak böceklerin mineral içerikleri, beslenme şekillerine ve mevsime göre değişebilmektedir [32]. Günümüzde böcek türlerinin yüksek teknolojiyle işlenerek kanatlı karma yemlerinde balık unu veya soya fasulyesi küspesi yerine ikame olarak kullanılmasına yönelik en büyük engel maliyetlerin yüksek oluşudur. Ancak böcek üreten şirketlerin artması, yeni ve daha ucuz inovatif otomasyonun kullanımı ile maliyetlerin azalacağı düşünülmektedir. Her ne kadar böcek türleri yem kalitesi açısından önemli bir potansiyel olsa da Avrupa Birliği şu an için böcek proteinlerinin yem olarak değerlendirilmesine izin vermemiştir. Buna yönelik risk, avantaj ve dezavantaj durum değerlendirilmesi göz ardı edilmemelidir. Böcek türlerinin yem hammadde olarak kabul edilebilmesi için bu konuda daha fazla araştırma yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır.

Çizelge 2’de ise bu kaynakların amino asit içerikleri verilmiştir [48, 49, 16, 24, 25, 28, 21].

Çizelge 1. Bazı böcek türlerinin, balık unu ve soya küspesi ile karşılaştırılması

Table 1. Comparison of some insect species with fish meal and soybean meal

Protein kaynağı Protein source	Ham protein Crude protein (%)	Ham yağ Ether extract (%)
Siyah asker sinek Black soldier fly (<i>Hermetia illucens</i>)	35-57	35
Ev sineği Common housefly (<i>Musca domestica</i>)	43-68	4-32
Sarı un kurdu Yellow mealworm (<i>Tenebrio molitor</i>)	44-69	23-47
Altlık böceği Lesser mealworm (<i>Alphitobius diaperinus</i>)	61.7-67.85	13.4-24.3
Ev cırcırı House cricket (<i>Acheta domesticus</i>)	63.0-71.7	10.4-19.0
Tropikal ev cırcırı Banded cricket (<i>Gryllobates sigillatus</i>)	56.8-70.8	2.3-7.6
Tarla cırcırı Field cricket (<i>Gryllus assimilis</i>)	58.3	10.3
Balık unu Fish meal	61-77	11-17
Soya Küspesi Soybean meal	49-56	1-3

Böceklerin Üretim ve Kullanım Aşamaları

Böcek yetiştirme işi çok karmaşık bir iş olmayıp, organik atıklar seçilerek en düşük maliyetle yetiştirilmekte ve kullandıkları biyo-atıkları değerli bir protein kaynağına dönüştürerek de hayvancılık endüstrisine önemli bir katkı bir sağlamaktadır [34]. Tipik olarak tüketilen böcekler ya doğadan toplanmakta ya da küçük ölçekli çiftliklerde yetiştiriciliği yapılmaktadır [40]. Böceklerin hayvan yemlerinde kullanım zinciri Şekil 1’de verilmiştir [48].

Böcek kalitesi ve böcek üretim verimliliği; böcek bulunabilirliği, üretim maliyetleri ve böcek proteinlerinin insan gıdası ile hayvan yemlerinde yüksek oranda güvenli bir şekilde kullanılabilmesine bağlıdır. Başarılı, ekonomik ve güvenli böcek yetiştirmek ve böcek endüstrisinde böcek işleyerek yan ürünler elde edebilmek için göz önünde bulundurulması gereken hususlar; yem olarak uygun böcek türlerini ve suşlarını seçmek, ucuz yetiştirici substrat bulmak (atık ve gübrede güvenliğin sağlanması), hastalıkları yönetme ve sanitasyon prosedürlerini oluşturma, yenilikçi ve uygun maliyeti geliştirme, yüksek

kaliteli böcek tedariki (kalite güvencesi dahil) üretim sistemleri, artan otomasyon/mekanizasyon, hayvan refahını korumak (etik kaygıları), düzenleyici bir çerçeve oluşturmak ve bir sanayi kodunu hazırlamak; uygulamalar/standartlar. Endüstriyel ölçekte böceklerin işleme süreci ise Şekil 2’de gösterilmiştir [48].

Böcek ve Böcek Ürünlerinin Üretiminde Maliyeti Azaltmak İçin Yapılabilecekler

Böcek kaynaklı protein yemi fiyatları, böcek türüne ve üreticilere bağlı olarak değişmekle birlikte uluslararası ölçekte fiyatlar çok değişkenlik göstermekte olup henüz piyasa fiyatları stabil değildir. Böcek unu ile böcek larva ve pupa ununun kanatlı karma yemlerinde kullanılabilmesi ve tercih edilebilmesi için balık unu ve SFK fiyatı ile rekabet edebilecek bir fiyatta veya ondan daha ucuz olması gerekir. Ancak günümüzdeki böcek unu ve böcek larva ve pupa unlarının fiyatları böcek türü ve böcek ürününe göre değişmekle birlikte halen balık unu fiyatından yüksektir. Bu nedenle fiyatlarının düşürülmesi gerekmektedir. Böcek Üretiminde Maliyeti azaltmak için neler yapılabilir?

1. Böceklerin besin değerinin artırılması ve böcek üretiminde kullanılan biyoatık ürünlerin maliyetlerinin azaltılması,
2. Mekanizasyon, otomasyon ve lojistik ile işçilik maliyetlerinin düşürülmesi,
3. Böcek yetiştiren firmaların kapasiteleri ile böcek barınaklarının sayısı ve büyüklüğünü artırarak birim maliyetlerin azaltılması,
4. Böcek üretilen barınaklarda enerji kullanımı ile ısı değişkenliğini azaltmak ve optimum havalandırma sağlayarak maliyetleri azaltmak,
5. Proteince yüksek böceklerin kullanımı,
6. Damızlık böcek ve yetiştirme işletmelerinde verimliliğin artırılması,
7. Böceklerden ekstraksiyon verimliliğinin artırılması (saf protein elde edilmesi),
8. Böcek işleme prosesindeki maliyetleri azaltmak (örneğin: dondurarak kurutma yönteminin uygulanması vb.) [48].

Böcek Yetiştiriciliği Sektörünün Gelecekte Araştırma Perspektifleri

1. Böcek ögünlerinin, yem endüstrisi tarafından üretilen hayvansal diyetlerin önemli bir parçası olması için, bunların büyük miktarlarda üretilmesi ve işlenmesi ve tercihen yıl boyunca mevcut olması gerekir. Günümüzde böcek

yetiştiriciliği küçük çapta yapılmaktadır. İyi tanımlanmış substratları kullanan, tanımlanmış kalitede böcek veya böcek yemeği üreten, uygun maliyetli, iyi optimize edilmiş, toplu böcek yetiştirme tesislerinin kurulmasına ihtiyaç vardır.

2. Yem olarak kullanılmak üzere güvenli böcek ögünlerinin elde edilmesi için, biyolojik atıkların güvenli kullanımı için hastalık prosedürlerinin oluşturulması ve hastalıkların yönetimi için ağır metaller ve böcek ilaçlarının dikkate alınması gerekir.

3. Böcek yemeklerinin hayvan yemi olarak kullanılması ve risk değerlendirme metodolojilerinin iyileştirilmesi için düzenleyici bir çerçeve ve buna yönelik bir mevzuatın geliştirilmesine ihtiyaç vardır.

4. Böcek ögünlerinin, işlenmiş böceklerin veya böcek ögünlerinin ve böcek proteinlerinin hayvanların (ruminant, kanatlı, balık ve pet hayvan vs.) beslemesi olarak değerlendirilmesi konusunda daha fazla araştırma yapılması gerekir. Bunların ekonomik analiz durumları tartışılmalıdır.

5. İnsanların beslenmesinde kullanılan böceklerin insan sağlığı, beslenme güvenliği ve kalitesi açısından etkileri dikkate alınmalı ve böcek ögünlerinin beslenmesinde elde edilen hayvansal ürünlerin insanların yemek olarak kabulü üzerine çalışmalar yapılmalıdır.

6. Balık unu, soya unu ve diğer yağlı tohumlu yemekler gibi diğer protein yönünden zengin hayvan yemi kaynakları karşısında böceklerin hayvan yemi olarak kullanılmasının çevresel ve yaşam döngüsü üzerine etkileri ile ilgili çalışmalar yürütülmelidir.

7. Bazı böcekler (örneğin, kara asker sineği larvaları, ev sineği larvası yemeği, yemek kurdu, ipekböceği), lipit/yağ biriktirmede iyidir. Bu yağların biyoyakıt üretimi için kullanılması ve yağsız yemeğin hayvan yemi olarak kullanılması, böcek yetiştirme tesislerinden elde edilen ekonomik getirileri artıracaktır. Ayrıca bazı böcekler, birçok çekici kullanıma sahip olabilecek kitin bakımından zengindir.

8. Çeşitli böceklerin yem dönüşüm etkinliği ve böcek biyokütlesi ve böcek proteini üretimi birimi başına böcek üretiminde substrat kullanımı, böcek veya böcek yemeklerinin kullanılmasının çevresel etkileri hakkında bilinçli kararlar almak için sağlam veriler üretilmelidir. Yerine Çeşitli böceklerin yem dönüşüm etkinliği, böcek biyokütlesi, böcek proteini üretimi birimi başına böcek üretiminde substrat kullanımı, böcek veya böcek yemeklerinin kullanılmasının çevresel

etkileri hakkında bilinçli kararlar almak için sağlam veriler üretilmelidir.

9. Böcekler araştırılması gereken yüksek değerli bir biyoaktif bileşik kaynağı olabilir. Son zamanlarda diğer hayvanlar üzerinde immün sistemi uyarıcı etkileri olan maddelerin ve antimikrobiyal peptidlerin olduğu bildirilmiştir [31, 36, 18].

Böceklerin Kanatlı Beslemede Kullanılmasına Yönelik Çalışmalar

Kümes hayvanları doğal ortamda karşılaştıkları böcekleri (güve, siyah asker sineği, ev sineği kurtçuğu vs.) esasen bir besin kaynağı olarak yemekte-dirler [29, 35]. Kanatlı hayvanların çayır otlama yöntemiyle, hayvanların çayırda-ki bitki, tohum, solucan, böcek ve böcek larvalarını yiyerek yem maliyetini %30'a kadar düşürebilecekleri ifade edilmiştir [20]. Kanatlı eti ve yumurtasının besin madde içeriğinin, tüketilen böcek türünden etkilenebileceğini bildirilmiştir. Tavuklarda, böcek tüketimine bağlı olarak yumurtalarının yağ içeriğinin arttığı gözlenmiştir [32]. Kanatlı hayvanlar için inovatif bir yem hammaddesi olan yenilebilir bazı böcek türlerinden elde edilen böcek ürünleri kapsadıkları yüksek besin madde değerleri (protein, yağ, mineral ve vitamin) sebebi ile geleneksel protein kaynakları (soya fasulyesi küspesi ve balık unu) ve bitkisel yağlar yerine ikame edilmesinin uygun olabileceği yapılmış birçok çalışma örnekleri ile ortaya konarak aşağıda verilmiştir [29, 35, 32].

Black soldier fly (*Hermetia illucens*) Siyah asker sineği

Siyah asker sineğinin (*Hermetia illucens*), %40'dan fazla oranda ham protein ve %30'dan fazla ham yağ gibi yüksek besin madde kompozisyonu içermesi nedeniyle kanatlı yemlerinde kullanılabilir alternatif bir yem kaynağı olabileceği yapılan bir çalışmada bildirilmiştir [38]. Başka bir çalışmada, siyah asker sineği larva ununu %10 ila %15 düzeyinde 10 ila 28 günlük bıldırcın rasyonlarına katılarak soya fasulyesi unu ile beslenen bıldırcınlar ile karşılaştırıldığında, performans ve karkas özelliklerinin benzer olduğundan siyah asker sineği larva ununun bıldırcın rasyonlarına %15'e kadar katılabileceğine kanaat getirmişlerdir [13]. 24 haftalık Lohman Brown yumurta tavuklarında 21 hafta süren (24-45 hafta) diğer bir çalışmada %23.50 oranında soya fasulyesi küspesi içeren yumurta tavuğu karma yemine tamamen soya

fasulyesi küspesi yerine %61.30 protein, %4.60 yağ, %4.05 lizin, %1.30 methionin amino asidi ihtiva eden siyah asker sineği (*Hermetia illucens*) larva unu %17 seviyesinde katılmıştır. Araştırmanın sonucunda soya fasulyesi küspesinin tamamı yerine siyah asker sineği (*Hermetia illucens*) larva unu ikame edilmesinin ince bağırsaklarda sindirimi azalttığı ve enzimatik aktiviteyi değiştirdiği, buna karşın sekumda butirik asit üretimini artırdığı belirlenmiştir. Yumurta tavuklarında optimum yumurta verimi elde edebilmek için yumurta karma yemine SFK yerine hangi oranda siyah asker sineği larva unu katılabileceğini tespit edebilen çalışmalara ihtiyaç bulunduğunu bildirmişlerdir [14].

Common housefly (*Musca domestica*) Ev sineği veya karasinek

Teknik ve ekonomik kriterler dikkate alındığında, etlik piliç rasyonlarına balık unu yerine belli oranlarda karasinek larvasının ikamesinin mümkün olabileceğini, ancak etlik piliçlerin beslenmesinde karasinek larvasını kullanmadan önce toksisite açısından analiz edilmesi gerektiği yapılan bir araştırma sonucu olarak belirlenmiştir [44]. İzonitrojenik ve izokalorik hazırlanmış 3 haftalık yaşta olan etlik piliç rasyonlarına %55.1 ham protein, %20.7 yağ ve %0.2 azotsuz öz madde içeren balık ununa ikame olarak ev sinek larva unlarının (house fly-maggots) %25, %50, %75 ve %100 oranında ilave ettikleri çalışma 6 hafta sürmüştür. Araştırmada 3-6 haftalar arasında elde edilen veriler incelendiğinde canlı ağırlık artışı, yem tüketimi ve yemden yararlanma oranı üzerine balık unu ikame ev sinek larvası etkisinin olmadığı ancak 3-9 haftalar arasında alınan verilerde ise canlı ağırlık artışı, yem tüketimi, yem etkinliği ve protein yararlanma oranını önemli düzeyde etkilediği gözlenmiştir. Çalışma sonucunda, balık ununa alternatif olabilecek en etkili sinek kurtçuklarının kullanım oranının %25 olduğu ve balık unu yerine ev sinek larvalarının en etkili ve ucuz kullanım oranının %25 olduğunu belirtmişlerdir [8]. Hwangbo ve ark. [30] yürüttüğü bir çalışmada; %63.99 protein, %29.46 esansiyel aminoasit ve %98.50 protein sindirilebilirliği olan ev sineği larva unlarının (house fly-maggots) %5, %10, %15 ve %20 seviyelerinde etlik piliç rasyonlarına ilave ederek etlik piliçlerde performans, karkas ve et kalitesi üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Araştırmanın sonucunda %10 ve %15 düzeyinde ev sineği larvasının etlik piliçlerin yemden yararlanma oranını etkilemediği ancak canlı

ağırlık kazancını, karkas randımanını, göğüs kası, but kası, göğüs eti lizin ve triptofan içeriğini arttırarak büyüme performansı ve et kalitesini iyileştirdiği görülmektedir.

Pretorius [39] tarafından bildirildiği şekilde; %10 ev sineği larva unu, 10 balık unu, %25 ev sineği larva unu, %25 balık unu, %50 ev sineği larva unu, %50 balık unu ile mısır-soya küspesi içeren (kontrol) rasyonları etlik piliçlerde

denemiştir. Etlik piliçlere %10 balık unu ve %10 ev sineği larva unu ilave edilen gruplarda performans bakımından herhangi bir farklılık olmadığı tespit edilirken karkas, göğüs eti oranı, but kas rengi ve pH'sının ise normal soya-mısır esaslı kontrol rasyonuyla beslenen gruplara göre önemli derecede daha yüksek olduğu bulunmuştur.



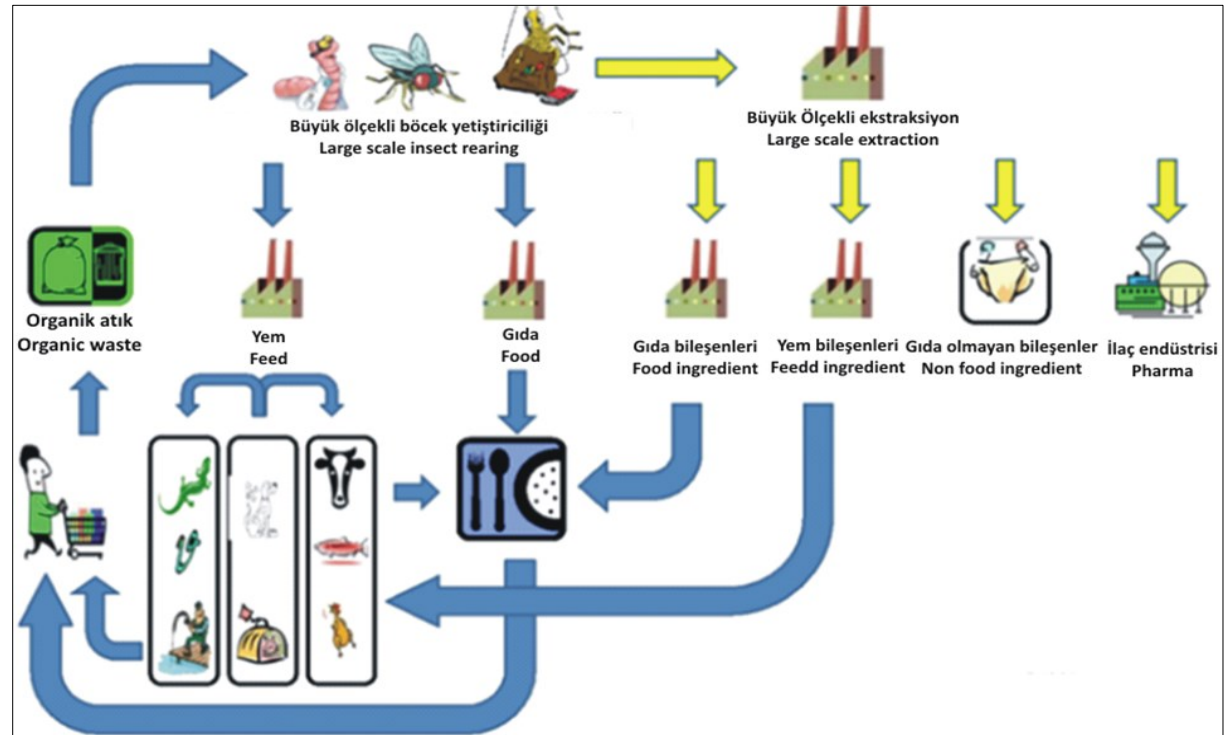
Şekil 1. Hayvan yemlerinde böceklerin kullanım zinciri

Figure 1. Feed ingredient yerine feed ingredient

Çizelge 2. Bazı böcek türlerinin amino asit kompozisyonunun soya fasulyesi küspesi ve balık unu ile karşılaştırılması (%)

Table 2. Comparison of amino acid composition of some insect species with soybean meal and fish meal (%)

Aminoasit profili Amino acid profile	Siyah asker sineği Black soldier fly	Ev sineği Common housefly	Sarı un kurdu Yellow mealworm	Altık böceği Lesser mealworm	Ev cırcırısı House cricket	Tropikal ev cırcırısı Banded cricket	Tarla cırcırısı Field cricket	Balık unu Fish meal	Soya fasulyesi küspesi Soybean meal
Metiyonin / Methionine	1.93	2.20	1.50	1.87	1.40	1.60	1.93	2.80	1.40
Lizin / Lysine	4.79	4.90	5.40	3.90	5.40	5.30	4.79	4.51	3.10
Tirozin / Tyrosine	3.94	4.70	7.40	4.76	5.20	4.20	3.94	2.90	4.70
Arjinin / Arginine	3.68	4.60	4.80	3.35	6.10	5.70	3.68	5.80	7.30
Valin / Valine	4.42	4.00	6.00	3.29	5.10	5.20	4.42	4.90	4.80
Prolin / Proline	4.50	3.30	6.80	3.56	5.60	4.90	4.50	3.80	5.00
Lösin / Leucine	5.52	5.40	8.60	3.90	9.80	6.90	5.52	7.00	7.70



Şekil 2. Endüstriyel ölçekte böceklerin işleme süreci

Figure 2. Application process of insects on industrial scale

Rasyona %25 ev sineği larva unu ilavesi, %25 balık unu ilave edilen gruba göre canlı ağırlık ve yem tüketimini olumlu yönde etkilemesi sonucu, etlik piliç yemlerinde alternatif bir protein kaynağı olarak soya fasulyesi küspesi ve balık unu yerine ev sineği larva ununun kullanılabileceğini göstermiştir. Karasinek larvası ununun yumurta tavukları üzerine etkilerini belirlemek amacıyla 50 haftalık yaşta yumurta tavuklarında Agunbiade ve ark. [4] yürüttüğü başka bir çalışmada; bütün karma yemlere %39-42 arasında tapiyoka ilave edilmiş olup, yemlerin enerjisi SFK ve tapiyoka'dan sağlanmıştır. Yem proteinlerinin %50'si SFK'dan %25'i ise tapiyoka'dan karşılanmıştır. Yemlerin geri kalan %25'lik protein kısmı ise, balık unu ya da karasinek larvası unundan karşılanmış olup, ilk yeme, %25 karasinek larvası unu %0 balık unu, ikinci yeme %18.75 karasinek larvası unu %6.25 balık unu, üçüncü yeme %12.50 karasinek larvası unu ve %12.50 balık unu, dördüncü yeme %6.25 karasinek larvası unu %18.75 balık unu, beşinci yeme de %0 karasinek larvası unu ve %25 balık unu ilavesi yapılmıştır. Araştırmacılar, karasinek larvası ununun herhangi bir negatif etkisi olmaksızın rasyonda hayvansal kaynaklı proteinin %50'si yerine kullanılabileceği bildirmişlerdir.

House cricket (Acheta domesticus) Ev cırcırı

Ev cırcırı *A. domestica*'nın yetiştirilmesi kolaydır ve yılda 6 ila 7 kuşak üretebilir. Çok çeşitli organik malzemeleri yiyebilirler, 20°C'den yüksek sıcaklıklarda ve ideal sıcaklıkta üretim yapılabilir [37]. House cricket %55-67.2 ham protein, %9.8-3-22.4 yağ ve %3.6-9.1 ham kül, 1.3-1.4 (g/16 g N) Methiyonin, 5.4 (g/16 g N) Lizin, 2.1-13.2 mg/kg Ca ve 7.8-7.9 mg/kg P içeren kimyasal bileşimden oluşmaktadır [21, 10]. Nakagaki ve ark. [37]'a göre aynı protein düzeyine sahip mısır-SFK (kontrol) ve %25 House cricket (*Acheta domesticus*)-Ev cırcırı içeren rasyonlar ile 2 hafta boyunca beslenen etlik piliçlerde %25 ev cırcırı böceği (*A. domestica*) ile beslenen gruplarda FCR değerlerinin kontrol grubundan daha yüksek olması ev cırcırının metiyonin ve arjinin amino asitlerinin sınırlayıcı etkilerine bağlanmıştır.

Yellow mealworm (Tenebrio molitor) Sarı un kurdu

Kuru madde bazında ham protein içeriği %63.31-68.87 ve ham yağ içeriği %29.83-31.17 değerleri arasındadır; ayrıca iyi bir protein kalitesine sahip olduğu düşünülmektedir. Un

kurdu %5.3 lizin, %2 metiyonin ihtiva ettiği tespit edilmiştir [23]. Ramos-Elorduy ve ark. [43], 7 günlük etlik civciv rasyonlarında sorgum-SFK içeren bazal yeme %0, %5, %10 düzeylerinde sarı un kurdu (*Tenebrio molitor*) ilave ederek beslemişler ve yem tüketimi, canlı ağırlık kazancı ile yemden yararlanma oranları arasında önemli bir farklılık bulamamışlardır. Çalışmanın sonuçları, etlik piliç yemlerine alternatif bir protein kaynağı olarak sarı un kurdunun performansta herhangi bir kayba neden olmadan %10'a kadar katılabileceğini göstermiştir. Sarı un kurdu larvaları evcil hayvanlar, yaban hayatı parklarında ve hayvanat bahçelerindeki egzotik kuşların beslenmesinde canlı olarak tüketilmektedir. Bununla beraber üretimindeki zorluklar, üretim maliyetinin pahalı olması ve konuyla ilgili Avrupa Birliği mevzuatının izin vermemesi gibi hususlar tavukların beslenmesinde sarı un kurdunun kullanımını sınırlandırmaktadır [48, 3, 27].

Lesser mealworm (Alphitobius diaperinus) Altlık böceği-Buffalo kurdu-Yemek kurdu

Altlık böceği (Lesser mealworm-*Alphitobius diaperinus*) tavuk ve hindi kümeslerini çok sık istila eden, izolasyon malzemesine zarar veren, bir çok bakteri ve virüsü rezervuar olarak taşıyan yüksek protein, yağ ve mineral değerine sahip böcek türlerindendir [9]. Ancak kanatlıların beslenmesinde bu böcek türü ile ilgili kısıtlı çalışmalar olsa da taşıdıkları patojenlerle ilgili yetiştirilen hayvanların sağlıkları ile ilgili riskler olduğundan kanatlı beslenmesinde çok tercih edilmeyen bir böcek türüdür [16].

Field cricket (Gryllus assimilis) Tarla cırcırı

Wang ve ark. [49] tarafından açıklandığı şekilde, %58.3 ham protein, %1.93 Metiyonin, %1.01 sistin ve %4.79 lizin amino asidi, %10.3 ham yağ, %8.7 kitin, %2.96 ham kül ve 2.960 kcal/kg Metabolik Enerji içeren yetişkin tarla cırcırı unlarını %5, %10 ve %15 düzeylerinde etlik piliç rasyonlarına ilave ederek etlik piliçlerde performans üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Etlik piliç yemlerinde, balık ununa ikame olarak %15 düzeylerine kadar kullanılan tarla cırcırı ununun canlı ağırlık kazancı, yem tüketimi ve yemden yararlanma oranını olumsuz etkilemeden, özellikle yoksul bölgelerdeki protein açığını kapatmak için kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

İncelenen böcek, larva, pupa unlarının ham protein ve ham yağ kapsamının yemlerde kullanım için yeterli olabileceği kanısındayız.

Ancak bu böcek türlerinin yemlerde kullanım oranlarının belirlenmesi ve amino asit kompozisyonu, anti-besinsel faktörlerinin tespiti gibi daha ayrıntılı tanımlayıcı analizlerin yapılması gerekli olacaktır. Bununla birlikte hayvanlar üzerinde en iyi performans değerlerinin alınabilmesi için karma yemde hangi kullanım oranlarının kullanılabileceğini tespit edildiği araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Banded cricket (Grylloides sigillatus) Tropikal ev circırı

Tropikal ev circırı (Banded cricket-*Grylloides sigillatus*) Avrupa'da da iyi bilinmekte olup egzotik evcil hayvanlar için yiyecek olarak kullanılmaktadır. Tropikal ev circırı muhtemelen Güneybatı Asya'ya özgüdür ancak ticaretle dünya çapında tropik bölgelere yayılmıştır. Yenilebilir böceklerden olan tropikal ev circırı yaklaşık olarak %70 protein, %18.23 yağ, %3.65 selüloz ve 452 kcal/100 g enerji içermekle birlikte böcek yetiştiren birçok ülkede de insan gıdası olarak tüketilmektedir (Asya, Afrika ve Latin Amerika). Batı kültüründe böcek yemek popüler olmamasından dolayı, ticari olarak hazırlanan böcek proteinlerinin izolatları, batılılar tarafından gıda olarak kabul edilme potansiyeline sahip olabilirler [26, 50, 51]. Kanatlıların beslenmesinde alternatif protein kaynağı olarak bu böcek türünün kullanıldığı herhangi bir bilimsel çalışmaya rastlanılmamıştır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Böceklerin alternatif bir protein kaynağı olarak özellikle kanatlı hayvan beslemede kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Böceklerin hayvan beslemede kullanılacak olması ile pestisitlerin kullanımının minimize edileceği ve çevre kirliliğinin azaltılacağı düşünülmektedir. Ayrıca, bu işlem kırsal alanda yaşayanlar için de bir iş imkânı yaratacaktır. Böceklerin besin değerini, kanatlı rasyonlarına giriş seviyelerini, üretimde kullanılan biyoatığın güvenilirliğini, raf ömrünü, böceklerin atık ürünlerinin kullanımını belirlemeye yönelik araştırmaların yapılması gerekmektedir. Ayrıca diğer protein kaynakları ile rekabetini artırmak için işleme maliyetinin azaltılması gerekmektedir. Yapılan literatür çalışmalarında, böceklerin tat, tekstür gibi lezzetlilik ve fonksiyonel özellikleri ile ilgili bir bilgiye rastlanılmamıştır. Dolayısıyla, böceklerin lezzetlilik ve fonksiyonel özelliklerinin ortaya

konulacağı büyük ölçeklerde yapılacak yeni çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bunların yanı sıra, gelişmekte olan ülkelerde böceklerin hayvan yemlerinde daha fazla kullanılabilir bir hayvansal protein haline getirebilmek ve iş gücü maliyetlerini azaltabilmek için böcek üretiminde inovatif yöntemler ve mekanizasyon alanında yeni araştırmalara ihtiyaç olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Adámková, A., Kouřimská, L., Borkovcová, M., Kulma, M., Mlček, J., 2016. Nutritional values of edible coleoptera (*Tenebrio molitor*, *Zophobas morio* and *Alphitobius diaperinus*) reared in the Czech Republic. *Potravinárstvo*, 10:663-671.
2. Adeniji, A.A., 2007. Effect of replacing groundnut cake with maggot meal in the diet of broilers. *Int. J. Poult. Sci.* 6:822-825.
3. Aguilar-Miranda, E.D., López, M.G., Escamilla-Santana, C., Barba de la Rosa, A.P., 2002. Characteristics of maize flour tortilla supplemented with ground *Tenebrio molitor* larvae. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(1):192-195.
4. Agunbiade, J.A., Adeyemi, O.A., Ashiru, O.M., Awojobi, H.A., Taiwo, A.A., Oke, D.B., Adekunmisi, A.A., 2007. Replacement of fish meal with maggot meal in cassava based layers' diets. *Japanese Poultry Science*, 44:278-282.
5. Anonymous, 2009. How to feed the world in 2050. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/how_to_feed_the_world_in_2050.pdf; Erişim Tarihi: 12.11.2019).
6. Anonymous, 2019a. Incredible insect facts and information (<http://www.entomon.net/insect-facts-and-information>; Erişim Tarihi: 20.11.2019).
7. Anonymous, 2019b. U.N. Urges Eating Insects; 8 Popular Bugs to Try (<https://www.nationalgeographic.com/news/2013/5/130514-edible-insects-entomophagy-science-food-bugs-beetles>).
8. Awoniyi, T.A.M., Aletor, V.A., Aina, J.M., 2003. Performance of broiler-chickens fed on maggot meal in place of fish meal. *Int. Journal of Poultry Science*, 2:271-274.

9. Axtell, R.C., J.J., Arends, 1990. Ecology and management of arthropod pests of poultry. *Annu. Rev. Entomol.* 35:101-126.
10. Barker, D., Fitzpatrick, M.P., Dierenfeld, E.S., 1998. Nutrient composition of selected whole invertebrates. *Zoo Biol.* 17:123-134.
11. Black, A., 2014. Nutrient content of the house cricket-*Acheta domesticus* (<http://www.food-insects.com/nutrient-content-house-cricket-acheta-domesticus>; Erişim Tarihi: 21.11.2019).
12. Broekhoven, S.V., 2015. Quality and safety aspects of mealworms as human food (PhD Thesis). *Sarah van Broekhoven, Wageningen University*.
13. Cullere, M., Tasoniero, G., Giaccone, V., Acuti, G., Marangon, A., Dalle Zotte, A., 2018. Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: meat proximate composition, fatty acid and amino acid profile, oxidative status and sensory traits. *Animal* 12(3):640-647.
14. Cutrignelli, M.I., Messina, M., Tulli, F., Randazzo, B., Olivotto, I., Gasco, L., Loponte, R., Bovera, F., 2018. Evaluation of an insect meal of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) as soybean substitute: Intestinal morphometry, enzymatic and microbial activity in laying hens. *Research in Veterinary Science* 117:209-215.
15. C.V.B., Veevoedertabel, 2007. Chemische samenstellingen en nutritionele waarden van voedermiddelen. *Productschap Diervoeder, Den Haag, the Netherlands*.
16. Despains, J.L., Axtell, R.C., 1995. Feeding behavior and growth of broiler chicks fed larvae of the darkling beetle, *Alphitobius diaperinus*. *Poultry Science* 74:331-336.
17. Dobermann, D., Field, L.M., Michaelson, L.V., 2019. Using *Hermetia illucens* to process Ugandan Waragi Waste. *Journal of Cleaner Production* 211:303-308.
18. Elhag, O.A.O., Zheng, L.Y., Zhou, D.Z., Yu, Z.N., Zhang, J.B., 2014. Discovery of new anti-microbial peptides in black soldier fly and their function. In: *Abstract Book Conference Insects to Feed the World, The Netherlands, 14-17 May, p.154*.
19. European Commission (EC), 2017. Commission Regulation (EU) 2017/893 of 24 May 2017 amending Annexes I and IV to Regulation (EC) No 999/2001 of the European Parliament and of the Council and Annexes X, XIV and XV to Commission Regulation (EU) No 142/2011 as regards the provisions on processed animal protein (text with EEA relevance). Off. J. Eur. Union. (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/txt/?uri=celex%3a32017r0893>; Erişim Tarihi: 20.11.2019).
20. Fanatico, A., 1998. Feeding chickens. ATTRA national sustainable agriculture information service (<http://ucanr.org/sites/placernevada-smallfarms/files/102989.pdf>; Erişim Tarihi: 12.11.2019).
21. Finke, M.D., 2002. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biol.* 21:269-285.
22. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2013. Edible insects' future prospects for food and feed security. *Insect as Animal Feed. pp:89-97*. (<http://www.fao.org/3/i3253e/i3253e.pdf>; Erişim Tarihi: 12.11.2019).
23. Ghaly, A.E., Alkoaik, F.N., 2009. The yellow mealworms as a novel source of protein. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 4(4):319-331.
24. Gnaedinger, C., Mélin, C., Tran, G., 2015a. Black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO. (<http://www.feedipedia.org/node/16388>; Erişim Tarihi: 21.11.2019).
25. Gnaedinger, C., Mélin, C., Tran, G., 2015b. Mealworm (*Tenebrio molitor*), Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO. (<http://www.feedipedia.org/node/16401>; Erişim Tarihi: 21.11.2019).
26. Hall, F.G., Jones, O.G., O'Haire, M.E., Liceaga, A.M., 2017. Functional properties of tropical banded cricket (*Gryllodes sigillatus*) protein hydrolysates. *Food Chemistry* 224: 414-422, (doi:10.1016/j.foodchem).
27. Hardouin, J., Mahoux, G., 2003. Zootechnie d'insectes-Elevage et utilisation au bénéfice de l'homme et de certains animaux. *Bureau pour l'Echange et la Distribution de l'Information sur le Mini-élevage (BEDIM)*, 164p.
28. Heuzé, V., Tran, G., 2015. Housefly maggot meal, Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO. (<http://www.feedipedia.org/node/671>; Erişim: 21.11.2019).
29. Huis, A.V., 2013. Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology*, 58:563-583.
30. Hwangbo, J., Hong, E.C., Jang, A., Kang, H.K., Oh, J.S., Kim, B.W., 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.
31. Ido, A., Ohta, T., Iwai, T., Kishida, S.T., Miura, C., Miura, T., 2014. Positive effects of dietary housefly (*Musca domestica*) pupa for fish and mammal. In: *Abstract Book Conference Insects to Feed the World, The Netherlands 14-17 May*, p:156.
32. Jacob, J., 2013. Including insects in organic poultry diets (<https://eorganic.org/node/8148>; Erişim Tarihi: 21.11.2019).
33. Jozefiak, D., Engberg, R. M., 2015. Insect as poultry feed. 20. *European symposium on Poultry Nutrition, 24-27 August, Prague, Czech Republic*.
34. Khusro, M., Andrew, N.R., Nicholas, A., 2012. Insects as poultry feed: A scoping study for poultry production systems in Australia. *World's Poultry Science Journal* 68(3):435-446.
35. Makkar, H.P.S., Tran, G., Heuzé, V., Ankers, P., 2014. State of the art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*. 197:1-33.
36. Miura, T., Ido, A., Ohta, T., Iwai, T., Kusano, K., Kobayashi, S., Kishida, T., Miura, C., 2014. The benefits of using insects as fish and animal feed. In: *Abstract Book Conference Insects to Feed the World, The Netherlands, 14-17 May*, p. 70.
37. Nakagaki, B.J., Sunde, M.L., DeFoliart, G.R., 1987. Protein quality of the house cricket, *Acheta domesticus*, when fed to broiler chicks. *Poult. Sci.* 66:1367-1371.
38. Newton, G.L., Sheppard, D.C., Watson, D.W., Burtle, G.J., Dove, C.R., Tomberlin, J.K., Thelen, E.E., 2005. The black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a manure management/resource recovery tool. *State of the Science. Animal Manure and Waste Management, January 5-7, San Antonio, TX*.
39. Pretorius, Q., 2011. The evaluation of larvae of *Musca domestica* (common house fly) as protein source for broiler production. *Stellenbosch University, MSc Thesis, 95p., Stellenbosch, South Africa*.
40. Smith, R., Pryor, R., 2014. Enabling the exploitation of insects as a sustainable source of protein for animal feed and human nutrition. *Protein sect grant agreement number: 312084. Work Package 5: Pro-Insect Platform in Europe-Deliverable 5.1*.
41. The Smithsonian Institution, 2019. Bug info numbers of insects (species and individuals). (<https://www.si.edu/spotlight/buginfo/bugnos>. Erişim Tarihi: 20.11.2019).
42. Stamer, A. 2015. Insect proteins-a new source for animal feed. *EMBO Reports* 16(6):676-680.
43. Ramos-Elorduy, J., E.A. González, A.R. Hernández, J.M. Pino, 2002. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. *Journal of Economic Entomology*, 95:214-220.
44. Téguia, A., Mpoam, M., Okourou, Mb J.A., 2002. The production performance of broiler birds as affected by the replacement of fish meal by maggot meal in the starter and finisher diets. *Tropiculture*, 20:187-192.
45. Udomsil, N., Imsoonthornruksa, S., Gosalawit, C., Cairns, M.K., 2019. Nutritional Values and Functional Properties of House Cricket (*Acheta domesticus*) and Field Cricket (*Gryllus bimaculatus*). *Food Science and Technology Research* 25(4):597-605.
46. Van Broekhoven, S., Oonincx, D.G.A.B., Van Huis, A., Van Loon J.J.A., 2015. *Journal of Insect Physiology* 73:1-10
47. Veldkamp, T., Bosch, G., 2015. Insects: a protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets. *Animal Frontier* 5:45-50.
48. Veldkamp, T., Duinkerken, G.V., Huis, A.V., Lakemond, C.M.M., Ottevanger, E., Bosh, G., van Boekel, M.A.J.S., 2012. Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets-a feasibility study. *Wageningen UR Livestock Research Report*, 638.
49. Wang, D., Zhai, S.W., Chuan Xi Zhang, C.X., Bai, Y.Y., An, S.H., Nan, Y., 2005. Evaluation on nutritional value of field crickets as a poultry feedstuff. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, Z18(5):667-670.
50. Zielińska, E., Baraniak, B., Karaś, M., 2017. Antioxidant and anti-inflammatory activities of hydrolysates and peptide fractions obtained by enzymatic hydrolysis of selected heat-treated edible insects. *Forum Nutr.* 9(9):970.
51. Zielińska, E., Karaś, M., Jakubczyk, A., Zieliński, D., Baraniak, B., 2018. Edible insects as source of proteins. *Bioactive Molecules in Food*, pp:1-53.