

Böcek Kökenli Protein Kaynaklarının Yem Değeri ve Kanatlıların Beslenmesinde Kullanılabilme Olanakları

Kasım ÖZEK

Güney Marmara Kalkınma Ajansı, Balıkesir

Geliş (Received): 13.04.2016

Kabul (Accepted): 22.04.2016

ÖZET: Bu derlemede, böcek kökenli protein kaynaklarının besin maddesi içeriği, sindirilebilirlikleri, fonksiyonel özellikleri ve kanatlı beslemede kullanılabilme olanakları tartışılmıştır. Önümüzdeki yıllarda, piliç eti ve yumurta tüketiminin önemli miktarda artacağı ve buna bağlı olarak yoğun üretimle birlikte yem hammaddelerine olan gereksiniminde aynı düzeyde artış göstereceği tahmin edilmektedir. Günümüzde, genetik kapasiteleri en üst düzeye çıkmış olan etlik piliç ve yumurta tavuklarının besin maddesi ihtiyaçlarının düşük kalitedeki yem ham maddeleri ile karşılanması mümkün değildir. Bu anlamda, balık unu gibi hayvansal kökenli sınırlı protein kaynakları yerine ikame edilebilecek esansiyel amino asitlerce zengin, sindirilebilirliği yüksek yeni protein kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bilimsel çalışmaların sonuçları; un kurdu, karasinek ve büvelek sineğinin metionin, lizin ve sistin içeriklerinin balık unundan daha düşük, diğer amino asit içeriklerinin balık ununa yakın olduğunu gösterirken, böcek kökenli protein kaynaklarının kanatlı rasyonlarında kullanımının da mümkün olabileceği yönündedir. Ancak, böcek üretim alanlarının mikrobiyal bir bulaşmaya kaynak oluşturabileceği ve böceklerin ürettiği toksinlerin böcek kökenli yemlerde de bulunabilecek olmasından dolayı bu yemi tüketen hayvanlarda alerjik ve toksik etki oluşturmasından endişe edilmektedir. Bu nedenle, böcek kökenli yemlerin kanatlı beslemede yem olarak değerlendirilmesi, konuyla ilgili daha çok bilimsel çalışma yapılmasına ve bu çalışmaların sonuçları doğrultusunda toplumun hassasiyetleri de dikkate alınarak düzenlenecek mevzuat çerçevesinde kullanılmasına bağlı olmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Böcek proteini, ekonomi, kanatlı, performans, yem değeri

Feed Value of Insect Based Protein Sources and the Possibilities of Using in Poultry Nutrition

ABSTRACT: In this review, the nutrient content of insect based protein sources, digestibility, functional features and the possibilities of using in poultry nutrition were discussed. It is expected that chicken meat and egg consumption will increase in the near future, and the amount of feed material requirements will increase at the same level in accordance with the intensive production to meet the needs.

Today, it is impossible to meet the nutrient requirements of broiler and laying hens that reached maximum genetic capacity with the low quality feed materials. In this sense, new protein sources with high essential amino acid content and high digestibility instead of fish meal. Scientific studies showed that methionine, lysine and cysteine contents of the black soldier fly, common housefly and mealworm were lower than fish meal and the amino acid profile of the black soldier fly, common housefly and mealworm was close to fish meal. At the same time, it is possible to use insect origin protein sources in poultry diets. However, insect production areas can create a source of microbial contamination. Moreover, insect origin feeds can contain insect produced toxins that create an allergic and toxic effect on animals. Therefore, the using insect origin protein sources as feed in poultry should depend on regulations prepared with scientific based studies and the sensitivity of society.

Key Words: Economy, feed value, insect protein, performance, poultry

GİRİŞ

Dünya toplam karma yem üretimi 2015 yılı rakamlarına göre yaklaşık 980 milyon metrik ton olup, ekonomik büyüklüğü de 460 milyar dolardır (Anonymous, 2015). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Organizasyonu (FAO), karma yem üretiminin 2050 yılına kadar bugünkü üretim miktarının %70'i kadar daha artacağını tahmin etmektedir (Anonymous, 2013). Uluslararası Yem Endüstrisi Federasyonu (IFIF) ise, 2050 yılında hâlihazırda üretilen kanatlı, domuz ve büyükbaş hayvan eti miktarının ikiye katlanacağını tahmin etmektedir (Veldkamp ve Bosch, 2015). Bu durum, yem gereksiniminin karşılanmasında küresel ölçekte bir yem sıkıntısının olabileceğini

göstermektedir. Günümüzde, hayvan yemlerinde temel protein kaynağı olarak soya fasulyesi küspesi (SFK), balık unu ve işlenmiş hayvansal kaynaklı proteinler kullanılmaktadır. Ancak, küresel ölçekte soya ekilen arazi ve balık stoklarında giderek artan bir azalma söz konusudur. Son 10 yıllık veriler dikkate alındığında, SFK ve balık unu fiyatı yaklaşık iki kat artmıştır (Jozefiak ve Engberg, 2015). Bu artışın en önemli sebebi, arz ve talep dengesizliğidir. Kanatlı üretiminde üretim maliyetlerinin %60-70'ini yem giderleri oluşturmakta olup, kanatlı beslemede ucuz ve sürdürülebilir yeni protein kaynaklarının devreye sokulması toplumların hayvansal proteine daha ucuz erişiminin sağlanması adına önemlidir.

Böcekler, balık ununa yakın HP ve amino asit içeriği nedeniyle yeni protein kaynaklarına önemli bir adaydır. 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 kullanılabilir. Örneğin, Afrika ülkesi Uganda'da özellikle kültür balıkçılığında solucanlar ve beyaz karıncalar yem olarak kullanılırken; Güney Kore, Çin, Vietnam ve Japonya gibi bazı Asya ülkelerinde kimi böcek türleri insan gıdası olarak kullanılmaktadır (Anonymous, 2013; Huis, 2013; Veldkamp ve Bosch, 2015). Bunun yanında, dünyada doğrudan insan gıdası olarak tüketilen böcek türü sayısının 1900 olduğu bildirilmektedir (Tekeli, 2014). Endüstriyel manada bu gün itibarıyla önemli olan böcekler karasinek (*Musca domestica*), un kurdu (*Tenebrio molitor*) ve büvelek sineği (*Hermetia illucens*) olup; bu derlemede, daha çok bu üç canlıdan bahsedilmiştir.

Büvelek sineği larvaları, kanatlı, domuz ve sığır gübrelerinde büyüyüp gelişirler. Larvaların sebze, balık ve tavuk gibi organik atıklarda da yaşaması ve büyümesi mümkündür. Büvelek sineği larvaları, ticari olarak başta hayvan gübresi ve organik atıklarla ilgili sorunların çözülmesinde kullanılmasının yanı sıra yağı biyodizele de dönüştürülebilmektedir (Veldkamp ve Bosch, 2015; Jozefiak ve Engberg, 2015). Örneğin, 1 kg sığır dışkısında yetiştirilen 1000 büvelek sineği larvası yağdan 36 g, 1 kg kanatlı dışkısında yetiştirilen aynı sayıdaki büvelek sineği larvasından ise 58 g biyodizel üretilebilmektedir (Anonymous, 2013). Un kurdu, kurutulmuş ve pişirilmiş sebze ve tahıl atıklarının farklı kombinasyonlarında yetişebilmektedir (Ramos-Elorduy ve ark., 2002; Veldkamp ve Bosch, 2015). Yemlerde, protein kaynağı olarak böceklerin kullanımı bu hayvanların doğrudan hayvan yemi olarak kullanılmayan kaynaklar üzerinde yetiştirilebilmeleri nedeniyle de önemlidir.

Karasinek larvaları, kanatlılar için önemli bir protein kaynağı olup, larvanın %30'u kuru madde (KM) ve bununda %54'ü proteindir (Anonymous, 2013). Karasinek larvası, ve genel olarak böcek üreme alanları hastalıkları yayan parazitlerin hızlı bir şekilde üremesi ve gelişmesi için iyi bir besin kaynağı olup, bu durumun kanatlı yemlerinde bazı bakteriyolojik ve mikrobiyolojik sorunlara neden olmasından endişe duyulmaktadır. Böcek kökenli yemlerin kanatlı beslemede kullanılmasında endişe duyulan bir başka husus da bu yemi tüketen hayvanlarda alerjik ve toksik etki oluşturma riskidir.

Bu derlemede, böcek kökenli protein kaynaklarının besin maddesi içerikleri, sindirilebilirliği, fonksiyonel özellikleri, kanatlılardaki performansları, böcek yetiştiriciliği ve üretim maliyetleri tartışılmıştır.

Böceklerin Besin Maddesi İçeriği

Böceklerin besin maddesi içeriği, yaşam safhası, yetiştirme şartları ve büyütme metoduna göre değişmektedir. Örneğin, kanatlı dışkısında yetiştirilen karasinek larvasının buğday sapı, yonca ve malt atıklarında yetiştirilen aynı canlıya göre KM içeriği daha düşük, metionin içeriği ise daha yüksektir (Jozefiak ve Engberg, 2015). Böcek proteininin amino asit içeriği Çizelge 1'de, farklı yaşam safhalarındaki besin maddesi içerikleri ise Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 1 ve 2'den görüldüğü gibi böceklerin ham protein (HP), ham yağ (HY) ve esansiyel amino asitler bakımından zengin olduğu söylenebilir.

Böceklerin amino asit profili, balık unu ile kıyaslandığında metionin, sistin ve lizin bakımından daha düşük düzeydedir (Çizelge 1). Karasinek larvası hariç tüm böceklerin metionin ve sistin içerikleri balık unununun yaklaşık yarısı kadar ancak, lizin içeriği yaklaşık %30 daha düşük düzeydedir. Diğer taraftan, tüm böceklerin tirozin yönünden balık ununa göre daha iyi olduğu görülmektedir. Böcek türleri arasında amino asit profili bakımından bir karşılaştırma yapılacak olursa; karasinek larvasının metionin, lizin, histidin, fenilalanin ve triptofan içeriğinin diğer böceklere göre daha yüksek olduğu görülür (Çizelge 1). Örneğin; karasinek larvasının metionin içeriği (%2.2), en düşük (%1.2) metionin içeriğine sahip un kurdu ve tarla çekirgesine göre %45 daha yüksektir. Karasinek larvasının lizin içeriği (%6.9), en düşük lizin içeriğine sahip (%4.9) un kurdu ve Türk hamam böceğine göre %29 daha fazladır. Çizelge 1'den de görüldüğü gibi, tüm amino asitler yönüyle diğer böcek türlerinden daha zengin bir böcek türü yoktur. Ancak, karasinek larvasının metionin ve lizin içeriği balık ununununkiye daha yakındır.

Böceklerin HP içeriği, aynı böcek türü içerisinde %40 ile %60 arasında değişebilirken, HY, ham kül, ham selüloz, kalsiyum ve fosfor içerikleri aynı böcek türü içerisinde %100'ün üzerinde bir farklılık gösterebilmektedir (Çizelge 2). Aynı böcek türünde, amino asit içeriklerinin de ciddi farklılık gösterdiği görülmektedir. Karasinek pupasının HP, un kurdu larvasının HY, büvelek sineği larvasının ham kül yönüyle diğer böcek türlerine göre az da olsa daha üstün olduğu söylenilebilir. Türkiye Yem Sanayicileri Birliği'nin (Türkiyem-Bir, 2012) balık unları için verdiği besin değerleri; KM: %91-93, HP: %53-65, HY: %4-11, kalsiyum: %4-8.4, kullanılabilir fosfor: %2.7-3.5 ve metabolik enerji :10.59-12.43 MJ kg⁻¹ şeklindedir. Çizelge 2'deki böcek unlarının HP içerikleri, balık unununki ile kıyaslandığında, büvelek sineği larvası hariç yaklaşık eşdeğerdir. Böcek türleri arasında en düşük HP içeriğine sahip büvelek sineği larvası, balık ununa göre yaklaşık %10 daha düşük HP içermektedir.

Çizelge 1. Bazı böcek proteinlerinin amino asit kompozisyonları, ham proteinin %'si olarak (Jozefiak ve Engberg, 2015)

Amino asit	Un kurdu (<i>T. molitor</i>) Larva	Tropikal çekirge (<i>G. silligatus</i>) Subimago	Tarla çekirgesi (<i>G.</i> <i>assimilis</i>) Imago	Büvelek sineği (<i>H. Illucens</i>) Larva	Türk hamam böceği (<i>S.</i> <i>lateralis</i>) Subimago	Karasinek (<i>M.</i> <i>domestica</i>) Larva	Balık unu
Histidin	2.7	2.2	2.1	2.6	2.5	2.8	2.6
Arjinin	4.5	5.7	5.8	4.8	5.6	4.9	5.8
Treonin	3.6	3.5	3.3	3.6	3.3	3.3	4.3
Tirosin	5.4	4.2	4.5	6.0	5.6	5.1	3.1
Valin	5.9	5.2	5.3	5.6	5.1	4.4	4.8
Metionin	1.2	1.6	1.2	1.4	1.3	2.2	2.9
Sistin	0.6	0.9	0.5	0.7	0.7	0.4	1.2
İzolösin	4.0	3.7	3.4	4.0	3.1	3.2	4.0
Lösin	6.9	6.9	6.6	6.6	5.8	5.7	7.4
Fenilalanin	3.2	3.1	2.9	3.8	3.0	5.0	3.6
Lizin	4.9	5.3	5.0	5.6	4.9	6.9	7.8
Tiriptofan	1.0	0.9	0.7	1.1	0.8	3.2	1.2
Toplam	43.9	43.2	41.3	45.8	41.7	47.1	48.7

Böcek unları, kalsiyum bakımından kendi aralarında kıyaslandığında büyük bir varyasyon olduğu ve en düşük kalsiyum içeriğinin 0.2 g kg⁻¹ KM ile Türkistan hamam böceğinde olduğu görülmektedir. Büvelek sineği ununun kalsiyum içeriği, oldukça yüksek olup, 50-86 g kg⁻¹ KM arasında değişmektedir. Böcek yağlarının toplam doymuş ve doymamış yağ asitleri içeriği türler arasında ciddi farklılıklar göstermektedir (Çizelge 2). Balık yağının doymuş yağ asitleri (SFA) ve doymamış yağ asitleri (UFA) değerleri sırasıyla %34.6 ve %65.4'dür (Chiba, 2014). Bir kıyaslama yapılacak olursa; tarla çekirgesi, un kurdu ve karasinek yağının SFA ve UFA değerleri balık yağına çok yakındır. Ancak, büvelek sineği yağının SFA içeriği balık yağının 2 katından daha fazla, UFA içeriği de yine balık yağınınkinden aynı oranda daha düşüktür.

Canlı böcek, yaklaşık %30 KM içermekte olup, kaliteli böcek unu üretimi işleme metotlarıyla yakından ilişkilidir. Kuru böcek ununda, diğer hayvansal unlarda olduğu gibi depolama süresince oksidasyon ve mikrobiyal aktiviteye bilhassa dikkat edilmelidir (Awoniyi ve ark., 2003). Böcek dış kabuğu, kitin içermekte olup, Linear polimer β 1-4 azot Asetil D glukozamin ünitelerinden oluşmaktadır. Bu yapı, selüloz yapısında olup, büvelek sineği ve un kurdu larvalarında kitin içeriği yaklaşık KM üzerinden %5.4 ve %2.8 olarak belirlenmiştir (Finke, 2013).

Kanatlılarda Böcek Besin Maddelerinin Sindirilebilirlikleri

Etlik piliçlerde kurutulmuş karasinek ununun sindirilebilirliğiyle ilgili yapılan bir çalışmada;

Hwangbo ve ark. (2009) 4 haftalık yaşta etlik piliçlerde rasyona SFK yerine %5, 10, 15 ve 20 oranında kurutulmuş karasinek larvası unu ilave ederek sindirimi test etmişlerdir. Araştırmacılar, etlik piliçlerde karasinek larvası ununun HP sindirimini %98.50 olarak belirlemişlerdir. Ayrıca, amino asitler içerisinde en düşük sindirimin %92.2 ile sistin, en yüksek sindirimin ise %97.6 ile lizin amino asitinde gerçekleştiği bildirilmiştir. Pretorius (2011) etlik piliçlerde mısır esaslı rasyona %50 düzeyinde kurutulmuş karasinek larvası unu ya da kurutulmuş karasinek pupası unu ilave ederek sindirimi ölçmüştür. Ham protein sindirilebilirliğinin karasinek pupalarında %79, larvalarda ise %69 olduğunu bildirmiştir. Diğer taraftan, Zuidhof ve ark.(2003) hindilerde kurutulmuş karasinek larvası ununun HP sindirimini %98.80 ve amino asitler içerisinde en düşük sindirimi %78 ile sistin amino asitinde belirlediğini bildirmiştir.

Domuzlarda, böcek besin maddelerinin sindirimini tespit etmek amacıyla yapılan bir çalışmada; mısır esaslı, % 25.5 SFK ya da %33 büvelek sineği larvası unu içeren yemle 10 hafta süreyle beslenen 5 haftalık yaşta domuz yavrularında sindirim karşılaştırılmıştır. Hem SFK hem de büvelek sineği larvası unu içeren yemle beslenen iki grupta da proteinin sindirilebilirliği birbirlerine yakın bulunurken ham yağın sindirilebilirliği büvelek sineği unu içeren yemle beslenen grupta SFK içeren yemle beslenen grubunkinden daha yüksek tespit edilmiştir (Veldkamp ve Bosch, 2015).

Çizelge 2. Bazı böceklerin besin maddesi kompozisyonu (Jozefiak ve Engberg, 2015)

İçerik	Tarla çekirgesi (<i>Gryllus assimilis</i>)		Karasinek (<i>Musca domestica</i>)		Büvelek sineği (<i>Hermetia illucens</i>)	Un kurdu (<i>Tenebrio molitor</i>)	Türkistan hamamböceği (<i>Blatta lateralis</i>)
	Imago	Subimago	Pupa	Larva	Larva	Larva	Genç Yavru
Her kg KM'de							
Toplam enerji, MJ	21.5	19.3	20.1	20-24	22.1	26.8-27.3	-
Ham selüloz, g	70	94	157	16-86	70	51-88	86-89
Ham kül, g	64	54	55-98	31-173	146-284	10-45	46-54
Fosfor, g	8	8.6	-	9.2-24.0	6.4-15.0	4.4-14.2	0.6-0.7
Kalsiyum, g	9.9	3.1	-	3.1-8.0	50.0-86.0	0.3-6.2	0.2
Ham protein, g	564	638	630-762	380-604	411-450	451-603	543-734
Ham yağ, g	238	168	144-161	90-260	150-350	250-431	176-261
Amino asitler (her 16 g N'de)							
Glizin, g	3.0	2.7	3.9-4.3	3.7-5.1	5.1	3.9-5.6	4.6-4.8
Arjinin, g	3.7	3.3	4.2-5.9	3.7-5.8	4.8-8.0	3.8-5.6	3.8-5.6
Treonin, g	2.1	1.9	3.0-3.4	2.0-4.4	1.3-4.8	3.5-4.4	2.5-3.3
Valin, g	3.4	3.0	3.4-4.6	1.3-5.1	5.6-9.1	5.5-6.6	4.4-5.1
Metionin, g	0.8	0.8	1.5-2.6	1.3-4.6	1.4-2.4	1.1-2.0	1.1-1.2
Sistin, g	-	-	0.4	0.5-1.0	0.1	0.8-0.9	-
Lösin, g	4.2	3.6	4.9-5.4	4.5-7.8	6.6-8.4	6.7-10.6	4.7-5.8
Lizin, g	3.2	2.9	4.8-6.5	5.0-8.2	5.5-8.0	4.6-6.1	4.0-4.9
Yağ asitleri (her kg yağda)							
SFA, g	351	352	476	417	749	229-334	28.7
MUFA, g	298	261	307	314	155	407-536	46.3-50.2
PUFA, g	336	369	291	399	74	254-323	138-219
Toplam omega 3, g	22	17	-	-	2	2-4	1-11
Toplam omega 6, g	314	352	-	-	23	81-93	35-207

SFA: Doymuş yağ asitleri, MUFA: Tekli doymamış yağ asitleri, PUFA: Çoklu doymamış yağ asitleri

Böcek Besin Maddelerinin Fonksiyonel Özellikleri

Literatürde, böceklerin yem ya da insan gıdası olarak fonksiyonel özelliklerine ilişkin herhangi bir çalışmaya ulaşılamamıştır. Buna rağmen, bazı böceklerin antimikrobiyal etki üretebilecekleri düşünülmektedir (Ratcliffe ve ark., 2014). Büvelek sineği ve karasinekler, larvalarını dışkı ve organik atıklar üzerine bıraktıkları için kuvvetle muhtemel kendilerini mikrobiyal enfeksiyonlardan koruma adına antimikrobiyal peptit üretmektedirler. Bu peptitlerin, kanatlılar ve domuzlarda fonksiyonel olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, özellikle su ürünü canlılarının kitin kabuklarının bağışıklık sistemini güçlendirdiği (Harikrishnan ve ark., 2012), kanatlılarda ve ratlarda antibiyotik ve prebiyotik özellikler gösterdiği tespit edilmiştir. Bu manada, böcek kitinlerinin de benzer fonksiyonlarının olabileceği düşünülmektedir (Khempaka ve ark., 2011).

Karma Yemlere Böcek Kökenli Yem İlavesinin Etkileri

Etlük piliçlerde performansla olan etkileri

Kanatlı yemlerine entansif yetiştirme şartlarında karasinek larvası ilavesi ancak kuru formda olabilmektedir. Etlük piliçlerde rasyona %10'dan daha fazla böcek unu sokulması yem tüketimi ve performansı negatif yönde etkilemektedir. Konuyla ilgili yapılan çalışmaların sonuçları da etlik piliç rasyonlarında balık unu yerine karasinek larvası ununun bir miktar ikame edilebileceği yönündedir. Yemlere belirli bir düzeyin üzerinde karasinek larvası ilavesi yem tüketiminde düşüşe neden olmaktadır. Bu düşüş, hayvanların yemin rengini karma yemlere göre daha siyah renkli bulması nedeniyle daha iştahsız tüketmelerine bağlanmaktadır (Atte ve Ologbenla, 1993; Bamgbose, 1999; Makkar ve ark., 2014).

Yapılan bir diğer çalışmada, rasyona %5, 10, 15 ve 20 düzeyinde karasinek larvası ilavesinin etlik piliçlerde performans ve karkas kalitesine olan etkileri araştırılmıştır. Yemlerinde %10 ve 15 karasinek larvası

içeren etlik piliçlerde karkas kalitesi artmış, büyüme performansı da iyileşmiştir (Hwangbo ve ark., 2009). Awoniyi ve ark. (2003) böcek ununun etlik piliçlerdeki etkilerini belirlemek amacıyla 3-9 haftalık yaşlardaki etlik piliçlerde bir araştırma yapmışlardır. Çalışmada, 5 izonitrojenik ve izokalorik rasyon hazırlanmış, rasyonlara balık unu yerine %25, %50, %75 ve %100 oranında karasinek larvası ilave edilmiştir. Balık unu yerine %25 oranında karasinek larvası unu ilave edilen rasyonla beslenen grupta canlı ağırlık artışı en yüksek bulunmuştur. Bununla birlikte, 9 haftalık yaşta performans parametreleri, sindirim sistemi özellikleri ve karkas kalitesi parametreleri etkilenmemiştir. Araştırmacılar, rasyona karasinek larvası ununun üç aşamalı bir tarzda ilave edildiğinde canlı ağırlık ve yem tüketiminin konvansiyonel yemle beslenen gruplara göre daha iyi olduğunu belirtmişlerdir. Pretorius (2011), %10 karasinek larvası, %10 balık unu, %25 karasinek larvası, %25 balık unu, %50 karasinek larvası, %50 balık unu içeren 6 rasyonu etlik piliçlerde denemiştir. Yüzde 10 balık unu ve karasinek larvası ilave edilen gruplarda performans bakımından herhangi bir farklılık tespit edilmemiştir. Ancak, %10 karasinek larvası ve balık unu içeren gruplarda göğüs eti oranı normal soya-mısır esaslı kontrol rasyonu ile beslenen gruplara göre önemli derecede daha yüksek bulunmuştur. Rasyona %25 karasinek larvası ilavesi, %25 balık unu ilave edilen gruba göre canlı ağırlık ve yem tüketimini olumlu yönde etkilemiştir. Bu sonuçlara dayanarak, etlik piliç rasyonlarında balık unu yerine karasinek larvası ilavesinin yapılabileceği bildirilmiştir. Téguia ve ark. (2002)'de teknik ve ekonomik kriterler dikkate alındığında, karasinek larvasının etlik piliç rasyonlarına balık unu yerine ikamesinin mümkün olduğunu bildirmiştir.

Ramos-Elorduy ve ark. (2002) rasyona SFK yerine un kurdu ununun belirli oranda ikame edilmesinin performansta herhangi bir kayba neden olmadığını, un kurdu ununun etlik piliç beslemede alternatif bir protein kaynağı olarak kullanılabileceğini ifade etmiştir. Zuidhof ve ark. (2003) karasinek larvasının metabolik enerji düzeyini 17.9 MJ/kg olarak verirken, Pretorius (2011) 14.2 MJ/kg olarak belirlemiştir. Wang ve ark. (2005), tarla çekirgesinin %58.3 HP, %10.3 HY, %8.7 kitin, %2.96 ham kül ve 2.960 kcal/kg ME, 1.93% metionin, 1.01% sistin ve 4.79% lizin içerdiğini belirlemişlerdir. Araştırmacılar, etlik piliç yemlerinde tarla çekirgesi ununun SFK yerine %15 düzeylerine kadar kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Yumurtacı Tavuklarda Performansa Olan Etkileri

Ravindran ve Blair (1993), kanatlı rasyonlarında büvelek sineği ununun SFK yerine, ipek böceği yan ürünü pupanın ise balık unu yerine ikame edilebileceğini göstermiştir. Kongo'da yapılan bir çalışmada (Munyuli Bin Mushambanyi ve Balezi 2002), hamamböceği (*Blatta orientalis*) ve beyaz karınca

(*Kaloterme flavicollis*) unlarının rasyondaki hayvansal kaynaklı protein yerine kullanılabileceği bildirilmiştir.

Böcek unlarının yumurta tavuklarındaki etkilerini belirlemek amacıyla 50 haftalık yaştaki yumurta tavuklarında yapılan bir çalışmada, bütün rasyonlar %39-42 arasında tapiyoka küspesi içermiş olup, rasyon enerjisi SFK ve tapiyoka küspesinden sağlanmıştır. Rasyon proteininin %50'si SFK'dan %25'i ise tapiyoka küspesinden karşılanmıştır. Rasyonun geri kalan %25'lik proteini ise, balık unu ya da karasinek larvasından karşılanmış olup, ilk rasyona, %25 karasinek larvası unu %0 balık unu, ikinci rasyona %18.75 karasinek larvası unu %6.25 balık unu, üçüncü rasyona %12.50 karasinek larvası ve %12.50 balık unu, dördüncü rasyona %6.25 karasinek larvası %18.75 balık unu, beşinci rasyona da %0 karasinek larvası ve %25 balık unu ilavesi yapılmıştır. Araştırmacılar, karasinek larvası ununun herhangi bir negatif etkisi olmaksızın rasyonda hayvansal kaynaklı proteinin %50'si yerine kullanılabileceğini bildirmişlerdir (Agunbiade ve ark., 2007).

Amao ve ark. (2010) westwood (*Crina forda*) larvalarının yumurta tavuklarında performans ve yumurta kalitesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla rasyona balık unu yerine %0, 25, 50, 75 ve 100 oranlarında westwood larvası ilave etmişlerdir. Balık ununun yerine %100 oranında westwood larvalarının ikame edilmesiyle yumurta verimi önemli düzeyde azalmıştır. Araştırmacılar, yumurta tavuğu rasyonlarında westwood larvalarının en fazla balık ununun %75'i yerine kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

Böcek Kökenli Yemlerinin Kullanımını Sınırlayan Hususlar

Böcek kaynaklı protein yemleri, kuşkusuz yem değeri olarak üstün olup, kanatlıların beslenmesinde kullanımı teknik olarak mümkündür. Ancak, AB'nin çiftlik hayvanlarının yemlerine işlenmiş hayvansal protein ilavesini ilişkin düzenlemesi (1069/2009), bu ülkelerde böcek ununun da protein yemi olarak kullanımını yasaklamıştır. Hatırlanacağı gibi, bu yasak Deli Dana Hastalığı (BSE)'nin önlenmesi adına düzenlenmiştir. Son zamanlarda, böcek ununun kanatlı ve domuz rasyonlarına protein kaynağı olarak sokulmasının gündeme gelmesi üzerine Avrupa Birliği'nin bu yasağı balık, kanatlı ve domuzlar lehine yakın zamanda kaldıracağı düşünülmektedir.

Böcek unlarının bu gün itibarıyla kullanımını sınırlayan en önemli engel, üretim miktarının yetersizliğidir. Az miktardaki üretim ile sürekli tedarikinin sağlanması mümkün değildir. Böcek ve böcek unlarının fiyatları yüksek olup, diğer protein kaynakları ile rekabeti mümkün gözükmemektedir. Bu anlamda, en uygun böcek türünün tespiti ve üretim maliyetini azaltacak yetiştirme sistemlerinin geliştirilmesi önemli olacaktır. Özellikle endüstriyel boyutta bir üretim için yetiştirme, işleme, mamül ya da yarı mamül hale getirme işlemlerinin otomatik

sistemlerle yapılması maliyetin düşürülmesi adına önemli hususlardır (Rumpold ve Schlüter, 2013).

Böcekler, istilacı tür olmalarının yanı sıra üreme ve üretime ortamlarının da mikrobiyal bulaşma kaynağı olasılığı nedeniyle mutlaka sıkı biyogüvenlik önlemleri çerçevesinde yetiştirilmelidirler. Bu nedenle, binaların, böcek aktivitesi dikkate alındığında çok etkin bir şekilde kontrol edilmeleri elzemdir. Üretimde, her tür için özel imal edilmiş malzemelerin kullanımı zorunludur. Bazı böceklerin kendilerini mikrobiyal enfeksiyonlardan koruma adına antimikrobiyal peptit üretebilecekleri ve böcek unlarının kanatlı beslemede bu özellikleri ile yararlı olacağı tahmin edilirken (Ratcliffe ve ark., 2014), diğer taraftan böcek ununda böceklerin üretebilecekleri toksinlerinde bulunacak olması kullanımı kısıtlayıcı hususlardan birisidir.

Çiftlik hayvanlarının yemlerine böcek unu karıştırılması, besin zincirlerinde böcek türü gıdalar olmayan toplumlar için kolay kabul edilebilecek bir husus değildir. Verbeke ve ark. (2015) çiftçi, tüketici, yem sektör çalışanları ve sahipleri ile diğer paydaşları kapsayan çalışmalarında, rasyonlara böcek unu ilavesinin genel bir kabul gördüğünü belirtmişlerdir. Yemlerde böcek unu kullanımının genel kabulünde, sürdürülebilir bir hayvansal üretimin garanti edilmesi, ithal protein kaynaklarına bağımlılığın azalması ve çevrenin korunması etkili olurken; mikrobiyal bulaşma, besinlerde kalıntı oluşması ve hayvansal ürünlerin tüketiminin azalması gibi hususlarda genel kabule karşı çıkarılan algıladıkları risklerdir. Bu gün itibariyle, özellikle böceklerin besin zincirlerinde yer almayan ülkelerde, böcek üretimi, tüketimi ve yemlerde kullanımıyla ilgili ciddi sıkıntıların olacağı düşünülmektedir. Ancak, toplumun ilerleyen yıllarda bilimsel çalışmaların artması ve daha çok olumlu sonuçların alınmasına paralel olarak olumlu yaklaşım sergileyeceği düşünülmektedir.

Böcek Üretimi ve Fiyat

Büvelek sineği larvaları, ticari olarak başta hayvan gübresi ve organik atıklarla ilgili sorunların çözülmesinde kullanılmaktadır (Veldkamp ve Bosch, 2015; Jozefiak ve Engberg, 2015). Karasinek larvası, parazitlerin hızlı bir şekilde gelişmesi için iyi bir besin kaynağı olup, kanatlı rasyonlarına karasinek larvası ilavesinin bakteriyolojik ve mikrobiyolojik sorunlara yol açabileceğinden endişe edilmektedir. Böceklerin yetiştirme, bakım, besleme, sağlık ve biyogüvenlik standartları gibi konularda bilgi birikimi henüz oluşmamıştır. Yaşam döngüleri dikkate alındığında, en etkili oldukları dönem larva dönemleridir. Örneğin, 1 m² alanda 42 günde 180 kg büvelek sineği larvası üretilebilirken, aynı alanda sadece 30 kg çekirge yetiştirilebilmektedir. Büyüme oranları, büyük oranda sıcaklığa bağlı olup, optimum sıcaklık istekleri 27-30 °C'dir. Nem değişimine sıcaklık değişiminden daha hassastırlar. Örneğin, un kurdu 28 °C'de optimum yetişirken -15 °C'de 2 gün yaşayabilmektedir.

Laboratuvar çalışmalarında, farklı böceklerin farklı gıdaları seçtikleri görülmüş olup, un kurdu damıtık tahıl çözümleri (DDGS) ve buğday sapı yerine farklı lifleri tercih ettiği tespit edilmiştir (Jozefiak ve Engberg, 2015).

Bu gün itibariyle, farklı böcek türleri için belirlenmiş ya da bilinen bir besin maddesi ihtiyaçlarından söz etmek mümkün olmayıp, türlere göre büyük farklılıklar vardır. Büvelek sineği larvaları ve karasinek larvası, dışkı ve organik atıkları böcek proteinine dönüştürmektedirler. Larva, gübredeki fosforu %61 ila %70'den, %30 ila %50'ye kadar düşürmektedir (Makkar ve ark., 2014). Aynı zamanda, gübredeki bakteriyel büyümeyi azaltarak salmonella gibi patojenlerin üremesini engellemektedir.

Böcek kaynaklı protein yemi fiyatları, böcek türüne ve üreticilere bağlı olarak değişmekle birlikte henüz piyasa oluşmuş değildir. Bu nedenle, sadece literatürde yer alan Hollanda örneği (Veldkamp ve Bosch, 2015) üzerinden değerlendirmede bulunulmuştur. Hollanda'da, rekabet açısından böcek fiyatının canlı kg başına yaklaşık 0.40 Avro olması önerilmektedir. Aynı ülkede, süs balıkları ve sürüngenler için kullanılan donmuş kuru un kurdu kg fiyatı 3.70 Avro olup, yüksek protein içerikli büvelek sineği larvası ununun kg fiyatı deneme amaçlı piyasaya 20 Avro olarak girmiştir. Aynı ülkede, ticari karasinek larvası ununun kg fiyatı 1.08 Avro, balık unu fiyatı ise 1.24 Avro olup, her iki ürünün fiyatları birbirlerine yakındır. Yine Hollanda'da güncel SFK (% 48) kg fiyatı yaklaşık 0.57 Avro'dur (1.83 TL). Diğer taraftan, böcek proteini ve konvansiyonel protein kaynakları arasında doğru bir karşılaştırma yapabilmek için fiyatın besin madde içeriğine göre belirlenmesi ve aynı zamanda sindirilebilir protein ve sindirilebilir amino asit değerlerinin de dikkate alınması gerekir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Genel bir değerlendirme yapılacak olursa; un kurdu, karasinek ve büvelek sineği unlarının HP ve amino asit içerikleri balık unununkine yakın olmakla birlikte, metionin, sistin ve lizin amino asit içerikleri balık unununkinden daha düşüktür. Böcek kökenli protein kaynaklarının kanatlı rasyonlarında kullanımı teknik olarak mümkün görülmektedir. Ancak, böcek üretiminin mikrobiyal bulaşmaya kaynak oluşturabileceği ve böcek kökenli yemlerde de bulunabilecek toksinlerin bu yemi tüketen hayvanlarda alerjik ve toksik etki oluşturmasından endişe edilmektedir. Sonuç olarak; böcek unlarının yem değeri, sindirilebilirliği, rasyonlara ne kadar ilave edilebileceği, fonksiyonel avantajları ve negatif etkileri, böcek yetiştirme sistemleri, yetiştiricilikte verimlilik, üretimde optimasyon gibi konularda daha ileri çalışmalara ihtiyaç olduğu ve böcek kökenli protein kaynaklarının kanatlı yemi olarak kullanılmasının bilimsel veriler ışığında oluşturulacak mevzuat çerçevesinde gerçekleştirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- 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.
- Amao, O.A., Oladunjoye, I.O., Togun, V.A., Olubajo, K. and Oyaniyi, O. 2010. Effects of westwood (*Cirina forda*) larva meal on the laying performance and egg characteristics of laying hen in a tropical environment. *International Journal of Poultry Science*, 9: 450-454.
- Anonymous, 2013. Edible insects future prospects for food and feed security. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Insect as Animal Feed. pp:89-97.
- Anonymous, 2015. Alltech® global feed survey. <http://www.alltech.com/sites/default/files/global-feed-survey-2015.pdf>. (Erişim tarihi:01.03.2016).
- Atteh, J.O., Ologbenla, F.D.1993. Replacement of fish meal with maggot in broiler diets: effects on performance and nutrient retention. *Nigerian Journal of Animal Production*, 20:44-49.
- Awoniyi, T.A.M., Aletor V.A., Aina, J.M. 2003. Performance of broiler-chickens fed on maggot meal in place of fish meal. *International Journal of Poultry Science*, 2:271-274.
- Bamgbose A.M. 1999. Utilization of maggot meal in cockerel diets. *Indian Journal of Animal Science*, 69:1056-1058.
- Chiba, L.I. 2014. *Animal Nutrition Handbook*. Section 18: Diet formulation and feed ingredient. PP:481-531. Third Revision.
- Finke, M.D. 2013. Complete nutrient content of four species of feeder insects. *Zoo Biology*, 32:27-36.
- Harikrishnan, R., Kim J.S., Balasundaram, C., Heo M.S. 2012. Dietary supplementation with chitin and chitosan on haematology and innate immune response in *Epinephelus bruneus* against *Philasterides dicentrarchi*. *Experimental Parasitology*, 131:116-124.
- Huis, A.V. 2013. Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology*, 58: 563-583.
- Hwangbo, J., Hong, E.C., Jang, A., Kang, H.K., Oh, J.S., Kim, B.W., Park, B.S. 2009. Utilization of house fly-maggot, a feed supplement in the production of broiler chickens. *Journal of Environmental Biology*, 30:609-614.
- Jozefiak, D., Engberg, R. M. 2015. Insect as poultry feed. 20th European symposium on Poultry Nutrition, 24-27 August, Prague, Czech Republic.
- Khempaka, S., Chitsatchapong, C., Molee, W.2011. Effect of chitin and protein constituents in shrimp head meal on growth performance, nutrient digestibility, intestinal microbial populations, volatile fatty acids, and ammonia production in broilers. *Journal of Applied Poultry Resources*, 20:1-11.
- 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.
- Munyuli Bin Mushambanyi, T., Balezi, N. 2002. Utilisation des blattes et des termites comme substituts potentiels de la farine de viande dans l'alimentation des poulets de chair au Sud-Kivu, République Démocratique du Congo. *Tropicicultura*, 20: 10-16.
- Pretorius, Q., 2011. The evaluation of larvae of *Musca domestica* (common house fly) as protein source for broiler production, Stellenbosch University, MSc Thesis, 95 p, Stellenbosch, South Africa.
- Ramos-Elorduy, J., González, E.A., Hernández, A.R., 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: 214-220.
- Ratcliffe, N., Azambuja, P., Mello, C.B. 2014. Recent advances in developing insect natural products as potential modern day medicines. *Evidence-Based Complementary and Alter. Medicine*, pp:21-35 (<http://dx.doi.org/10.1155/2014/904958ID:904958>: Erişim tarihi:1.2.2016).
- Ravindran, V., Blair, R. 1993. Feed resources for poultry production in Asia and the Pacific. *World's Poultry Science Journal*, 49: 219-235.
- Rumpold ,B.A., Schlüter, O.K. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition and Food Research*, 57: 802-823 (DOI 10.1002/mnfr.201200735).
- Sanchez-Muros, M.J., Barroso, F.G., Manzano-Agugliaro F. 2014. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. *Journal of Cleaner Production*, 65: 16-27.
- 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.
- Tekeli, A. 2014. Hayvan beslemede alternatif bir protein kaynağı olarak böceklerin kullanımı. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1: 531-538.
- Türkiyem-Bir, 2012. Yem hammaddeleri besin değerleri. www.yem.org.tr. (Erişim tarihi 12 Mart 2014).
- Veldkamp, T., Bosch, G. 2015. Insects: a protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets. *Animal Frontier*, 5: 45-50.
- Verbeke, W., Spranghers, T., De Clercq, P., De Smet, S., Sas, B., Eeckhout, M. 2015. Insects in animal feed: Acceptance and its determinants among farmers, agriculture sector stakeholders and citizens. *Animal Feed Science and Technology*, 204: 72-87.
- Wang, D., Zhai, S.W., Zhang, C.X., Bai, Y.Y., An, S.H. and Xu, Y.N. 2005. Evaluation on nutritional value of field crickets as a poultry feedstuff. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 18: 667-670.
- Zuidhof, M.J., Molnar, C.L., Morley, F.M., Wray, T.L., Robinson, F.E., Khan, B.A., Al-Ani, L., Goonewar Dene, L.A. 2003: Nutritive value of house fly (*Musca domestica*) larvae as a feed supplement for turkey poults. *Animal Feed Science and Technology*, 105: 225-230.