

Balık Yemlerinde Hayvansal Protein Kaynağı Olarak Solucan Ununun Kullanımı

Huriye ARIMAN KARABULUT^{*1}, İlker Zeki KURTOĞLU¹, Turan YÜKSEK², Mustafa İbrahim OSMANOĞLU¹

¹Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Zihni Derin Yerleşkesi, Fener Mah., 53100/Rize, Türkiye

²Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Güzel Sanatlar, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Zihni Derin Yerleşkesi, Fener Mah., 53100/Rize, Türkiye

ÖZET

Akuakültür üretim miktarının hızla artması, yem katkılarının ekonomikliği, alternatif yem katkıları, yem katkılarının sürdürülebilir temini konularını gündemde tutmaktadır. Balık yeminde temel hayvansal protein kaynağı olan balık unu temininin zaman içerisinde süreksizliği, alternatif hayvansal protein kaynaklarının arayışını hızlandırmıştır. Son yıllarda, evsel ve endüstriyel organik atıkların zirai alanlarda gübre olarak kullanımı amacıyla toprak solucanlarından yararlanılmaktadır. Bu üretimde son ürün olarak ortaya çıkan toprak solucanı önemli bir hayvansal protein kaynağıdır. Esansiyel amino asit bakımından önemli olan solucan ununun balık yetiştiriciliğinde kullanımı kayda değerdir. Ülkemiz akuakültürünün 2015 yılı itibarıyla toplam yetiştiricilik miktarının 240.334 ton'a ulaşması, balık yeminin önemli bir bileşeni olan hayvansal protein kaynağına olan artan ihtiyacı ortaya koymaktadır. Amaç solucan ununun balık yetiştiricilik performansına etkisinin araştırılması gerekliliği dikkat çekmektedir. Solucan ve unularının evcil hayvanların yemlerinde kullanımının yanında son zamanlarda balık yemlerinde de kullanımına ilişkin çalışmalar hızla artmaktadır. Bu derlemede, solucan ve solucandan elde edilen unun önemi, balık yemlerinde kullanılabilirliği konusunda yapılan araştırmalar irdelenmiştir. Solucan unu kullanımıyla yetiştiricilik miktarındaki sürdürülebilir artışın sağlanması için bazı çözüm önerileri sunulmuştur.

Anahtar sözcükler: Akuakültür, solucan unu, *Eisenia fetida*, balık unu, sürdürülebilir

ABSTRACT

Use of Worm meal as Animal Protein Source in Fish Feed: Aquaculture keeps topics of rapid increase in manufacturing amount, economy of feed additives, alternative feed additives, and sustainable supply of feed additives on the agenda. Discontinuity in supply of fish meal being fundamental animal protein source in fish-feed accelerated pursuit for alternative animal protein sources. Earthworms are preferred for the use of domestic and industrial organic wastes as fertilizer in agricultural areas in recent years. Earthworm is a significant animal protein source which emerges as final product in this manufacturing. The use of worm meal, which has a significant value in terms of essential amino acid in aquaculture. Total aquaculture production of Turkey in 2015 reached up to 240.334 ton which reveal the increasing need towards animal protein source being a significant component of fish-feed. The aim is to attract attention to the need of researching the effect of worm meal on aquaculture performance. In addition to the use of worms and worm meal in domestic animal feed, research on the use of them in fish-feed also increases rapidly. In this review, importance of the worm and worm meal, and researches conducted with usage potential in fish-feed were discussed. Some resolution advisories for sustainable growth in the amount of aquaculture were presented via worm meal in fish-feed.

Key words: Aquaculture, worm meal, *Eisenia fetida*, fish meal, sustainable

GİRİŞ

Su ürünleri yetiştiricilik sektöründe en önemli işletme gideri yemdir. Global yem üretimi 2014 yılında 980 milyon olarak tespit edilmiş olup, bunun içinde 41 milyon tonluk su ürünleri yemi bulunmaktadır. Ülkemizde balık yetiştiriciliğinin sağlanması için 2014 yılında 355.621 ton balık yemi üretimi gerçekleştirilmiştir (Yıldırım, 2016). Yemlerde istenilen düzeyde protein miktarını sağlamak amacıyla, yüksek miktarda protein içeren yem ham maddeleri yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Balık yemleri, balık türü ve büyüklüğüne bağlı olarak farklı oranlarda protein

içermektedir. Karnivor balıkları yemlerinin protein içeriğinin yaklaşık %60'ı hayvansal kaynaklardan, bu oranın da yaklaşık %60'ı balık unundan karşılanması önerilmektedir (Akyurt, 2004).

Balık yemlerinde temel protein kaynağı olarak genellikle balık unu kullanılmaktadır. Son yıllarda dünyadaki doğal balık stoklarının azalması ve avlanan balığın daha çok insanlar tarafından besin maddesi olarak kullanılması eğilimi nedeniyle balık unu üretimi azalmıştır. Balık unu üretimindeki azalış balık unu fiyatlarının ve dolayısıyla yem fiyatlarının artmasına neden olmuştur (De Silva ve Anderson, 1995). Bu fiyat artışları yem üreticilerini balık yemi yapımında balık unu yerine alternatif

protein kaynaklarının kullanılmasına sevk etmiştir. Son yıllarda araştırmacılar yem maliyetini azaltmak, balık unu yerine kullanılabilir etkin protein kaynakları bulmak ve bu protein kaynaklarının kullanım koşullarını belirlemek için birçok çalışma yürütmektedir.

Balık yemlerinde protein kalitesi son derece önemlidir. Bitkisel kaynaklı yemlerin protein kalitesindeki açığının kapatılmasında hayvansal hammaddeler kullanılmaktadır. Hayvansal kaynaklı yemler, bitkisel yemlerde yetersiz olan lizin, metiyonin ve triptofan gibi aminoasitleri bol miktarda içermektedirler. Aynı zamanda; bazı bitkisel yem hammaddelerinde antibesin faktörlerinin (proteaz inhibitörü, gosipol ve polifenolik bileşikler) bulunması bu ham maddelerin kullanımlarını kısıtlamaktadır (Lim ve ark., 2011; Yeşilayer ve ark., 2013). Hayvansal kökenli yemlerin bir diğer önemli özelliği mineral madde yönünden oldukça zengin olmalarıdır (Hisar ve ark., 2000). Ülkemizde beslenme alışkanlıkları bakımından yetiştiriciliği yapılan balıkların daha çok karnivor olması ve bunların beslenmesinde proteince yüksek yemler yanında, rasyonlarında hayvansal orjinli yem maddelerinin bulunması gerekmektedir (Aras ve ark., 2000).

Akuakültürde hayvansal orjinli balık ununa alternatif bir protein kaynağı olarak kullanılabilir yem maddelerinden biri de solucan unudur. Solucanların aynı zamanda mükemmel bir olta balığı yemi olduğu bilinen bir gerçektir. Ayrıca solucan ununun hayvanları cezbeden kemoreseptör (kimyasal algılayıcı) özelliklere sahip olduğu belirtilmektedir (Tacon ve ark., 1983; Velasquez ve ark., 1991). Amerika, Afrika, Asya ve Avustralya gibi dünyanın birçok yerinde solucanlar sağlıklı gıdaların bir parçası olarak kullanılmaktadır. Yüksek oranlarda besin madde içeriği ve çeşitli proteinleri içermelerinden dolayı besleyici değerleri oldukça yüksektir. Solucanlar balık beslenmesinin dışında diğer bazı hayvanların (örneğin; balık, tavuk vs) beslenmesi yanı sıra insan beslenmesinde de kullanıldığı ifade edilmektedir (Grdiša vd., 2013).

Birçok kullanım sahasına sahip solucanların üretimi için organik atıklardan solucan gübresi ve canlı solucan üretimi çalışmaları hızla yaygınlaşmaktadır. Vermikültür olarak isimlendirilen solucan gübresi (vermikompost) üretimi işletmelerinde elde edilen solucan balık yemlerinde tamamlayıcı hammadde olarak kullanımının, hammadde çeşitliliğini artırabileceği, yem maliyetini azaltabileceği ve çevre dostu sürdürülebilir balık yetiştiriciliğine katkıda bulunabileceği düşünülmektedir. Bu derlemede, solucanların genel özellikleri, solucandan elde edilen unun önemi, balık yemlerinde kullanılabilirliği konusunda yapılan araştırmalar irdelenmiş ve akuakültürde solucan unu kullanımının önemine değinilmiştir.

Solucanların Genel Özellikleri Morfoloji ve Fizyolojileri

Toprak solucanları omurgasız hayvanlar içinde yer alır ve Annelida subfilumundadır (Tomlin, 2004). Annelid'ler; Polychaeta, Oligochaeta ve Hirunidea olarak adlandırılan üç ordodan oluşur. İlkel deniz kurtlarını Polychaeta, sülükler ise Hirunidea içine alır. Karasal kurtları içeren Oligochaeta sınıfının en bilinen örneği toprak solucanlardır (Kalaç, 1997). Bunlardan Kırmızı Kaliforniya solucanı, toprak solucanlarının halkalı solucan sınıfında bulunan Lumbricidae ailesinin 8 türünden birisidir. Latince adı Eisenia fetida olup, ilk defa Kaliforniya Enstitüsünde kültüre alınması nedeniyle adı "kırmızı Kaliforniya solucanı" olarak adlandırılmaktadır. Bataklık ve sığ bölgelerde yaşamaktadır. Bu türe ait solucanların uzunlukları 2,5-10,5 cm aralığında olup kalınlığı 0,50-0,75 cm arasında değişmektedir. Ön baş kısmı daha

kalın kaslı ve vücut turuncu, kırmızı rengindedir. Baş kısmının ucunda ağız, kuyruk kısmında ise rektum bulunmaktadır. Ağırlıkları 0,24-1,4 gr civarındadır. Genelde solucanlar, setali, ince kütüklü bir dış dokuya sahip, renkli, segmentli yumuşak vücutlu hayvanlardır. Solucanlar vücutu iskeletsizdir. Vücut yapıları iç içe girmiş tüp biçimindedir. İki tüp arasında uzanan sinir sistemine; su dengesini sağlayan bir boşaltım sistemine; ağızdan anüse uzanan uzun bir sindirim kanalına sahiptirler. Tüpler arasındaki boşluk sölom sıvısıyla doludur (Tomlin, 2004). Sinirler, vücuttaki organlarla iletişimi ve kaslarda kasılma-gevşeme hareketini sağlarlar. Solucanlar vücut yüzeyi ile solunum yapar ve solunum pigmenti olarak hemoglobinin bulundurulur. Solucanlar kesilen vücut parçalarını yenileyebilme yeteneğine sahip olup, bu da hayvanların hayatta kalma başarılarını arttıran önemli bir özelliktir (Zhu ve ark., 1996; Tomlin, 2004). Kaliforniya solucanları diğer solucanlara kıyasla daha dayanıklıdır ve üreme hızı daha fazladır. Güneş ışığına duyarlıdır ve doğrudan güneş ışığına maruz kaldıklarında ölürlür. Solucanlar en fazla 40°C sıcaklığa kadar dayanabilirler. Kışın yatak sıcaklığının 0°C derecenin altına düşmemesi gerekir. Kırmızı Kaliforniya solucanları diğer birçok solucan gibi hem erkek hem de dişi üreme organlarını birlikte bulundurulur. Uygun şartlarda, gece boyunca ortalama 20-25°C sıcaklıkta çiftleşme olur. Çiftleşme sonunda oluşan kokonlar mercimek tanesi büyüklüğünde ve limona benzerler. Kaliforniya solucanları yumurtlayarak hızlı çoğalırlar ve bir yılda ortalama 16-20 katına kadar kokon üretebilirler. Kokonlardan yaklaşık 1 ay içinde beyaz renkte ve 2 mm boyunda solucanlar çıkmaya başlar. Yumurtadan yeni çıkmış olan solucanlar ortalama 8 hafta içerisinde cinsel olgunluğa ulaşır. Ortam sıcaklığı 20-25°C olduğu sürece üremeye devam ederler. Kaliforniya solucanları ortalama 4-5 yıl yaşarlar. Yetişkin durumdaki bir solucanın ortalama ağırlığı 0,8-1 gr civarındadır. Bir günde kendi vücut ağırlığı kadar besin tüketirler ve kendi ağırlıklarının yarısı kadar organik solucan gübresi üretirler. Yani vücut ağırlıklarının yaklaşık %55'i kompost (gübre) üretebilme yeteneğindedirler (Edwards ve Bohlen, 1996; Kalaç, 1997; Fadaee, 2012).

Savunma Sistemleri

Solucanlar toprağı havalandırarak fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlemlerde görev almanın yanında bitkilerin gelişimi için daha ideal bir ortam sağlayan canlılardır (Scullion ve ark., 2003; Shipitalo ve ark., 2004). Toprak ve suda yaşayan Solucanlar, patojen olabilen mikroorganizmalarla birlikte yaşarlar. Vücutlarında meydana gelen yaralanmalar ve beslenmeleri sırasında yuttukları toprak nedeniyle her an mikroorganizmaların istilasıyla karşı karşıyadırlar. Solucanlar çeşitli nedenlerle uyarıldıklarında, uyarının şiddetine bağlı olarak mukus salgıları artar. Mukus sıvısı solucanların yüzeyini sararak mikroorganizmaların istilalarına karşı koruma sağlar. Bu tehditlere karşı solucanlar, sahip oldukları antimikrobiyal maddeler ve savunma sistemleri ile karşı koyabilmektedirler. Solucanların savunma mekanizmaları iki kısımda ele alınır. Birincisi sahip oldukları antimikrobiyal bariyerin temelini oluşturan; derileri, sindirim kanalları ve yüzey mukuslarıdır. İkincisi ise doğal, hücrel ve humoral immün yanıtın yanında sölom sıvısındaki antimikrobiyal maddeler, antijen bağlayan proteinler ve lizozim, savunma sisteminin en önemli elemanları olarak ifade edilmektedir (Wang ve ark. 2006). Solucanların salgıladıkları vücut sıvıları (sölom sıvısı) sayesinde çevredeki patojenlere karşı direnç oluştururlar.

Solucanların savunma elemanlarından bir diğeri de sindirim sistemleridir. Solucanların bağırsağında yerleşmiş bakteriler besinlerin yapı taşlarına yıkılmasında iş görürler. Yapılan çalışmalarda, solucan bağırsağında yaşadığı toprağı kıyasla çok daha yüksek oranlarda azot ve karbon bulunmasının sebebinin

hayvanın bağırsağında bulunan bakteriler olduğu belirlenmiştir (Edwards ve Bohlen, 1996; Zhang, 1997; Zhang ve ark, 2000; Wang ve ark. 2006).

Solucan Ununun Önemi ve Besin Madde İçeriği

Solucan unu, kültür balıkları ve diğer hayvanlar için uygun aminoasit ve yağ asidi profilinin yanında yüksek kalitede protein içermektedir. Yapılan bir çalışmada 37 adet canlı kırmızı Kaliforniya solucanı kültür ortamından alınmış ve kültür ortamından gelen toprak kalıntıları solucanların 28°C ortam sıcaklığında, dışkı, sindirim sisteminin boşaltılması sağlanmıştır. Temizlenen yaş solucan 105°C'ye ayarlanmış kurutma dolabında

kurutulmuştur. Bu işlem sonucunda 8,51 g yaş solucandan 1,24 g solucan unu (%14,57 kuru madde) elde edilmiştir (Şekil 1) (Karabulut, 2016). Balık unu ise KAGSAN Karadeniz Gıda ve Tarım Sanayi A.Ş. Trabzon Yem Sanayiden temin edilmiş ve Su Ürünleri Fakültesi İşleme ve Yem Teknolojisi Laboratuvarında solucan unu ile beraber besin madde analizleri yapılmıştır (Tablo 1).



Şekil 1. Solucanın un haline getirilmesinde işleme aşamaları.
Figure 1. Processing stages into meal of the worm.

Tablo 1. Solucan (E.fetida) unu ve balık ununun kimyasal kompozisyonu (%)*.

Table 1. Chemical composition of worm and fish meal (%).

Besin Maddeleri	Solucan unu	Balık unu
Nem	10,0	9,1
Ham protein	59,0	71,4
Ham yağ	9,0	11,5
Ham selüloz	2,6	0,1
Ham kül	17,0	7,6
NÖM ¹	2,40	0,30

¹Nitrojensiz Öz Madde (NÖM) = 100 - (Ham protein + Ham yağ + Ham kül + Ham selüloz+Su) (Ljùkje ve ark., 2000)

* Ham selüloz analizleri ÇAYKUR Genel Müdürlüğü Atatürk Çay ve Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Laboratuvarında, diğer tüm analizler Su Ürünleri Fakültesi İşleme ve Yem Teknolojisi Laboratuvarında yapılmıştır

Tablo 2. Solucan (E.fetida) unu ve balık ununun aminoasit içeriği (%).

Table 2. The amino acid content of worms and fish meal (%).

Aminoasit	Solucan Unu ¹	Balık unu ²
Arginin	6,1-7,0	7,8
Histidin	2,2-4,3	2,6
İzolosin	4,2-6,3	4,2
Losin	7,8-8,7	7,1
Lisin	6,6-8,7	7,9
Metionin	1,5-3,6	3,1
Fenilalanin	3,5-4,6	3,6
Threonin	4,7-5,3	4,0
Triptofan	1,2-1,5	1,1
Valin	4,5-5,9	7,9
Tirosin	2,2-4,4	3,4
Sistin	1,4-4,2	1,0

¹ Satchell (1981), White (1982) ²Tacon ve De Silva (1983)

Solucan unu çeşitli hayvanların; kuşların, tavşanların tavukların, karideslerin ve balıkların büyümesi ve hücre yenilenmesi için önemli esansiyel aminoasitlerden lizin ve metiyonin kompozisyonu ile beraber sistin, fenilalanin ve tirozin açısından zengindir (Orozco ve ark.,1988; Vielma-Rondon ve ark., 2003; Prayogi, 2011; Rawling ve ark., 2012; Habashy, 2012; Rezaeipour ve ark.,2014; Chiu ve ark., 2016) (Tablo 2).

Uzun zincirli doymamış yağ asitleri (linoleik ve linolenik asitler), mineral ve vitamin içeriği ve özellikle niyasin ve B12 vitamini bakımından solucan unu oldukça zengindir (Hansen ve Czochanska, 1975; Tomlin, 2004). Birçok çalışmada sazan, alabalık ve diğer tatlı su balıkları ile yapılan çalışmalarda solucan ununun güçlü bir kanibalizm önleyici olmasının yanı sıra büyüme ve yağlanma süreçlerini hızlandırdığı ortaya konulmuştur (Tacon ve ark., 1983; Stafford ve Tacon, 1984; Pereira ve Games, 1995).

Solucan Unu ile İlgili Çalışmalar

Dünya genelinde olduğu gibi, ülkemizde de organik atıkların gübreye dönüştürülmesi işleminde toprak solucanlarının kullanılması her geçen gün artmaktadır. Solucan gübresi Türkiye için çok yeni olsa da, Avrupa da 30 yıldır, Amerika'da ise 50 yılı aşkın bir süredir üretilmekte ve elde edilen ürünlerin farklı sektörlerde kullanımı her geçen gün artmaktadır. Solucan unlarının evcil hayvanların yemlerine ilave edilmesiyle başarılı gelişim performansı sağlamak ve damızlık hayvanlarda üretim verimliliğini artırmak mümkündür (Sabine, 1978; Lourdumary ve Uma, 2012). Özellikle kırmızı Kaliforniya solucanı (Şekil 1) içerdiği esansiyel amino asit ve yağ asitlerinden dolayı Salmon, mersin balıkları ve kabuklu-eklem bacaklıların yemlerinde kullanılmaktadır (Fadaee, 2012). Karides larvalarına balık ununun % 25'i yerine solucan yemi uyguladığında, ağırlık artışı ve yaşama oranının oldukça başarılı olduğu belirtilmektedir (Habashy, 2012). E. fetida toprak solucanı, %50-67 protein içeriğine, kaliteli aminoasit profiline sahiptir. Solucan unu %6-11 yağ, %5-12 karbonhidrat ve % 2 vitamin ve mineral ile sülfürlü aminoasitler (metiyonin ve sistin) içermektedir (Tacon ve ark., 1983; Paoletti ve ark., 2003).



Şekil 2. Kırmızı Kaliforniya solucanı (*Eisenia fetida*) (URL-1, 2016).

Figure 2. Red California worm (*Eisenia fetida*).

Hansen ve Czochanska (1975), yaptıkları çalışmada solucanlardaki yağ oranını belirlemişlerdir. Yağ analizi sonuçlarında, alabalıkların ihtiyacı olan esansiyel yağlardan linolenik asit gibi PUFA'nın yüksek oranda olduğunu ortaya koymuşlardır. Solucanın balık yemlerinde alternatif yem hammaddesi olarak kullanılması konusunda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Stafford ve Tacon (1984), gökkuşuğu alabalığı yemine 100 g/kg E. fetida solucan unu kattıklarında iyi büyüme performansı elde ettiklerini belirtmişlerdir. Velasquez ve ark. (1991), balık unu yerine farklı oranlarda (0, 250, 500, 1000 g/kg) solucan unu (E. fetida) ile gökkuşuğu alabalıklarını besledikleri çalışmada, 250 g/kg'lık gruptaki büyüme performansının yüksek olduğunu ve %100 solucan unu kullanılan grubun %100 balık unu kullanılan kontrol grubuna göre karkas yağ oranında % 16.7'lik bir azalış olduğunu belirtmişlerdir. Monebi ve Ugwumba (2013), %75 solucan unu ile beslenen yayın balıklarının iyi geliştiğini bildirmişlerdir. En başarılı spesifik büyüme oranı %25 solucanlı yemde görülürken, en düşük kontrol grubunda gözlemlenmiştir. Yem dönüşüm oranı en az %50 solucan unu katılan yemde, en kötü değer ise %100 solucan unlu yemde görülmüştür. Yapılan çalışmada %50 ve %75 seviyelerde solucanlı balık unu içeren yemler, yayın balığında yem değerlendirme ve optimal büyüme performansı için uygun bulunmuştur.

Solucanlarda genellikle vermikültür uygulanarak vermikompost olarak kullanılmaktadır. Vermikültür, sürdürülebilir bir dünya ve ekolojik kalkınma için ekolojik çevrimleri taklit ederek toprağın en önemli canlılarından olan solucanların çoğaltılabilmesi ve bunlarla ilgili bir takım yan faaliyetlerin yürütülmesi işlemidir. Vermikompost ise çeşitli organik atıkların bazı toprak solucanları tarafından sindirilmeleri sırasında kompostlaştırılması sonucu elde edilen ve tarımsal endüstride organik gübre ve toprak düzenleyici olarak kullanılan üründür (Edwards ve Bohlen, 1996; Saday, 2013).

Solucanlar toprak ve suda mikroorganizmalarla birlikte yaşamalarına rağmen bu patojenlerden çok fazla etkilenmemektedirler. Beslenme veya çeşitli nedenlerle vücutlarında meydana gelen yaralardan içeri giren bu organizmalar, solucanlar için hayati tehdit oluşturabilmektedir. Bu tehditlere karşı solucanlar, sahip oldukları antimikrobiyal maddeler ve savunma sistemleri ile karşı koyabilmektedirler.

Solucanların tıbbi değerleri yüzyıllardır bilinir. Solucan dokularından hazırlanan ekstraktlar sayısız hastalığın tedavisinde kullanılır. Çoğu çalışma şunu göstermiştir ki, solucan ekstraktları antikanser, iltihap sökücü, antibakteriyel, antioksidant gibi farklı

makromolekülleri içerir. Bu aktivitelerin bazılarında yaralanmanın iyileşme süreci de dahil edilir (Grdiša ve ark., 2013). Solucanlarda sonradan kazanılmış bağışıklık sistemi bulunmadığından, bakteriyel antijenlere karşı her karşılaşmada farklı bir savunma etkisi gösterilmektedir (Sun, 1997).

Vasanthi ve ark., (2012), toprak solucanlarının (*Eudrillus eugeniae*) hamur haline getirildikten sonra çeşitli bakteri ve funguslar üzerinde yaptıkları laboratuvar çalışmalarında, *Escherichia coli*, *Salmonella abony*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* ve *Klebsiella pneumoniae* bakterileri ile *Candida albicans*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus* ve *Penicillium notatum* funguslarına karşı antimikrobiyal aktivite

SONUÇLAR

Solucan unu, içerdiği besin maddelerinden dolayı hayvan yemi imalatında öne çıkan yem katkılarından biri olma yolundadır. Solucan unuyla üretilen yemin kullanımında iyi bir yem değerlendirme oranına (FCR) ulaşmak mümkün olabilir. Bu ürünün üretimi ve içeriği bakımından sürdürülebilir yetiştiricilik için mükemmel çevre dostu bir yem katkı maddesi olabileceği düşünülebilir. Solucan ununun yüksek besin madde içeriği, farklı hayvan yem rasyonlarında yem ham maddesi olarak kullanım başarısını da artırabilir. Önemli bir hayvansal yetiştiricilik sektörü olan su ürünlerinde solucan ununun kullanımı ile ilgili gelecekte birçok akademik çalışmalar yapılabileceği düşünülmektedir. Ancak bu uygulama henüz yaygınlaşmamıştır. Solucan ununun balık yeminde kullanılma potansiyelini artıran özellikleri şöyle sıralamak mümkün olabilir;

- Besinsel yeterliliğinden ve hastalıklara karşı balığın direncini artıracağından yaşama oranına olumlu etki yapabilir
- Kemoreseptör özelliği bakımından balığı cezbedebilecek ve balık iştahını artırabilir
- Yem değerlendirme değerini (FCR) iyileştirebilir
- Besinsel yeterliliğinden dolayı özellikle yavru balıklarda ağırlık artışının iyileşmesine katkı sağlayabilir
- Yetiştirilen ürünün et kalitesi (lezzet, et rengi, raf ömrü) üzerinde önemli etkiler oluşturabilir
- Damızlık balıkların gamet kalitesini iyileştirebilir akabinde inkübasyon ve larva evresinde zayıflama önleyebilir ve yaşama oranını iyileştirebilir.

Hayvansal proteine yüksek ihtiyaç duyan karnivor balık yetiştiriciliğine endeksli Türkiye akuakültüründe, balık ununa ilave yem katkılarının uygulamaya aktarılması sürdürülebilir akuakültür üretim artışına katkı sağlayabilir. Birçok çalışmada da ispatlanan solucan ununun besinsel değeri ve diğer farmakolojik özelliklerinden dolayı önemli bir potansiyel içermektedir. Solucan unu hedefli solucan üretimi hayvansal üretime yapacağı katkı ile yerel ve ulusal katma değer potansiyeline sahip bir uygulama olabilir. Aynı zamanda, istihdama katkı sağlayabilecek, üretim sonrasında oluşacak vermikompostun zirai faaliyetlerde organik gübre olarak kullanımı ile doğala özdeş zirai faaliyetlere katkısıyla çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlayabilecek bir uygulama olarak değerlendirilebilir. Bu amaçla ileri ar-ge ve üretim çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Bu derleme çalışması ile akuakültürde solucan unu kullanımının önemine işaret edilmiştir.

KAYNAKLAR

Akyurt, İ., (2004). Balık Besleme. Mustafa Kemal Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Ders Kitapları No: 3, 226 s, Hatay.

taini yapmışlardır. Çalışma sonucunda söz konusu solucandan elde edilen hamurun, çalışmada kullanılan tüm bakteri ve funguslarda bakteriyostatik etki gösterdiğini saptamışlardır.

Anitha ve Jayraaj (2012), yapmış oldukları çalışmada; solucan ununun (*Eudrillus eugeniae*) besinsel analizlerinde protein ve özellikle esansiyel aminoasit içeriğinin miktar ve kalite olarak iyi bulmuşlardır. Solucan unu protein, karbonhidrat ve yağ bakımından besinsel olarak tavsiye edilebilir olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca; çalışmada, solucan ununun farmakolojik ürünlerin raf ömrünü uzatmada ve besinsel kaliteyi sağlamada, farmakolojik ürünlerde yağ oksidasyonunu önlemede antioksidan özelliğe sahip olduğu sonucuna varıldığı bildirilmiştir.

- Anitha, J. ve Jayraaj, IA., (2012). Nutritional and Antioxidant Evaluation of Earthworm Powder (*Eudrillus eugeniae*). International Research Journal of Pharmacy, 3 (2),177-180.
- Aras, NM., Kocaman, EM. ve Aras, MS., (2000). General Fisheries and Fundamental Principles of Aquaculture (in turkish). Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Ders Yayınları No 216, Erzurum, s 115-118.
- Chiu, ST., Wong, SL., Shiu, YL., Chiu, CH., Guei, WC., Liu, CH., (2016). Using a fermented mixture of soybean meal and earthworm meal to replace fish meal in the diet of white shrimp, *Penaeus vannamei* (Boone), Aquaculture Research 47, 3489–3500.
- De Silva, SS. ve Anderson, T., A., (1995). Fish Nutrition in Aquaculture, First Edition, Chapman and Hall, Aquaculture Series 1, London, 319 p.
- Dickerson, GW., (2004). Vermicomposting. Cooperative Extension Service. College of Agriculture and Home Economics. New Mexico State University. Available at http://http://www.cahe.nmsu.edu/Pubs/_h/h_164.pdf
- Edwards, CA. ve Bohlen, PJ., (1996). Biology and Ecology of Earthworms. 3rd. Ed. Chapman and Hall, New York.
- Fadaee, R., (2012). A review on earthworm *Eisenia fetida* and its applications. Annals of Biological Research, 3 (5), 2500-2506.
- Grdiša, M., Gršić, K., Grdiša, MD., (2013). Earthworms - role in soil fertility to the use in medicine and as a food. ISJ 10: 38-45.
- Habashy, MM., (2012). Effect of dried earth worm (*Aporrectodea caliginosa*) as replacement of fish meal on growth and survival rate of the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (DE MAN 1879) larvae Egypt. J. Aquat. Biol. & Fish., 16, (1), 105 – 114.
- Hansen, RP. ve Czochanska, Z., (1975). The fatty acid composition of the lipids of earthworms. Journal of the Science of Food and Agriculture 26, 961-971.
- Hisar, O., Yanık, T., Hisar (Aras), Ş., (2000). Tüy unu ve hayvancılıkta kullanım imkanları. 28-30 Haziran 2000 IV. Su Ürünleri Sempozyumu, Erzurum.
- Kalaç, Y., (1997). *Dendrobaena venata* (Oligochaeta lumbricidae)'da bakteri enfeksiyonuna hücrel ve humoral yanıt, Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Karabulut, HA., (2016). Yaş Kırmızı Kaliforniya Solucanın Proksimate Analizi, Yayınlanmamış Ön Deneme, RTEÜ Su Ürünleri Fakültesi, Rize, Türkiye.
- Lim, SJ., Kim, SS., Ko, GY., Song, JW., Oh, DH., Kim, JD., Kim, JU., Lee, KJ., (2011). Fish meal replacement by soybean meal in diets for Tiger puffer, *Takifugu rubripes*. Aquaculture 313:165-170.
- Ljùkje, K., Harstad, OM., Skrede, A., (2000). Effect of heat treatment of soybean meal and fish meal on amino acid

- digestibility in mink and dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, 84,1-2, 83–95.
- Lourdumary, A.J.B. ve Uma, K., (2012).** Nutritional Evaluation of Earthworm Powder (Lampito mauritii) *Journal of Applied Pharmaceutical Science* Vol. 3 (03), pp. 082-084. DOI: 10.7324/JAPS.2013.30316.
- Monebi, CO. ve Ugwumba, AA A., (2013).** Utilization of the earthworm, *Eudrilus eugeniae* in the diet of *Hetero clarias* fingerlings *International Journal of Agricultural Policies and Practices* 1 (3), 034-039.
- Orozco AMS, Ortega CM., Pérez-Gil, RF, (1988).** Use of earthworms as a protein supplement in diets for rabbits, *Archivos Latinoamericanos de Nutricion* 38(4):946-955.
- Paoletti, MG., Buscardo, E., VanderJagt, DJ., Pastuszyn, A., Huang, YS., Chuang, LT, Millson, M., Cerda, H., Torees, F ve Glew, RH., (2003).** Nutrient contents of earthworms consumed by Ye’Kuana Amerindians of the Alto Orinoco of Venezuela. *Proceeding Biological Sciences* 1512: 247-257.
- Pereira, J., Games, EF., (1995).** Growth of rainbow trout fed a diet supplemented with earthworms, after chemical treatment, *Aquaculture International* , 3, 36-42
- Prayogi, HS., (2011).** The Effect of Earthworm Meal Supplementation in the Diet on Quail’s Growth Performance in Attempt to Replace the Usage of Fish Meal, *International Journal of Poultry Science* 10 (10): 804-806
- Rawling MD., Merrifield DL., Snellgrove DL., Kuhlwein H., Adams A. & Davies SJ., (2012).** Haemato-immunological and growth response of mirror carp (*Cyprinus carpio*) fed a tropical earthworm meal in experimental diet. *Fish & Shellfish Immunology* 32, 1002–1007.
- Rezaeipour,V., Nejad, OA., Miri, YH., (2014).** Growth Performance, Blood Metabolites and Jejunum Morphology of Broiler Chickens Fed Diets Containing Earthworm (*Eisenia fetida*) Meal as a Source of Protein, *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research* 2 (8), 2483-2494.
- Sabine, JR., (1978).** The nutritive value of earthworm meal. In *Utilization of soil organisms in sludge management* (ed. R. Hartenstein), pp. 122-130. State University of New York, Syracuse.
- Saday, C., (2013).** Vermikültür Üretimi, Yaşanılan Yasal Zorluklar ve Çözüm Yolları ile Üretim Süreçleri ve Gelişimi Konusundaki Deneyimlerinin Aktarılması. (Tema Vakfı Ulusal Vermikültür Çalıştayı 16 Nisan 2013), Ankara.
- Satchell, JE., (1981).** Earthworm evolution: pangaea to production prototype. In: Applehoff M (ed) *Workshop on the role of earthworms in stabilization of organic residues*, vol I, proceedings. Kalamazoo, USA, 3-35.
- Scullion, J., Goodacre, R., Elliott, G., Huang, W., Hilary, W., Gwynn-Jones, D., Griffith, G., Darby, R., Bailey, M., Clegg, C., Draper, J., (2003).** Food quality and microbial succession in ageing earthworm casts: standard microbial indices and metabolic fingerprinting, *Pedobiology*, 47, 1-7.
- Shipitalo, MS., Nuutien, V., Butt, KR., (2004).** Interaction of earthworm burrows and cracks in a clayey, subsurface – drained soil, *Applied Soil Ecology*, 26, 209–217.
- Stafford, EA. ve Tacon, AGJ., (1984).** The use of earthworms as a food for rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Institute of Aquaculture, University of Stirling: Scotland.
- Sun, ZJ., (1997).** Studies on earthworm active protein. The memoir of post- doctor in China Agricultural University.
- URL-1, (2016).** <https://permacultureturkey.org/solucan-kompostu/>
- Tacon, AGJ., Stafford, EA. ve Edwards, CA., (1983).** A preliminary investigation of the nutritive value of three terrestrial lumbricid worms for rainbow trout. *Aquaculture* 35:187-199.
- Tacon, AGJ., De Silva, SS., (1983).** Mineral composition of some commercial fish feeds available in Europe, *Aquaculture*, 31,(1), 11-20.
- Tomlin, AD., (2004).** Earthworm biology [Online], *Pest Management Research Center*, http://res2.agr.ca/london/faq/tomlin02_e.htm.
- Vasanthi, K., Chairman, K. ve Ranjit, AJA., (2012).** Antimicrobial activity of earthworm paste *Eudrilus eugeniae*. ID No. B373, 5-17.
- Velasquez, L., Ibanez, I., Herrera, C. ve Oyarzun, M., (1991).** A note on the nutritional evaluation of worm meal (*Eisenia fetida*) in diets for rainbow trout *Anim. Prod.* 53: 119-122.
- Vielma-Rondon, R., Ovalles-Duran, JF., Leon-Leal, A. ve Medina, A. (2003).** Nutritional value of earthworm flour (*Eisenia fetida*) as a source of amino acids and its quantitative estimation through reversed phase Chromatography (HPLC) and pre-column derivation with o-phthalaldehyde (OPA). *Ars Pharmaceutica* 44(1):43-58.
- Wang, C., Sun, ZJ. ve Zheng D., (2006).** Research advance in antibacterial immunity ecology of earthworm *The journal of Applied Ecology*, 17(3): 525.
- White, SPG., (1982).** An Evaluation of Earthworms as a feed for poultry. A dissertation submitted as partial fulfillment of the MSc degree in tropical Animal production and Health, C.T.V.M., University of Edinburgh.
- Yeşilayer, N., Kaymak İE., Gören HM., Karsh, Z., (2013).** Balık Yemlerinde Balık Ununa Alternatif Bitkisel Protein Kaynaklarının Kullanım Olanakları. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi* 4, 12-30.
- Yıldırım, Ö., (2016).** Dünya ve Türkiye’de Balık Unu ve Yağı Endüstrisi ve Geleceği. IV. Balık Besleme ve Yem Teknolojisi Çalıştayı, 01-02 Eylül 2016, Adana.
- Zhang, B., (1997).** Interaction between earthworms and microorganisms. *Acta Ecological Science*, 17(5), 556-560.
- Zhang, BG., Li, GT., Shen, TS., Wang, JK., Sun, Z., (2000).** Changes in microbial biomass C, N, and P and enzyme activities in soil incubated with the earthworms *Metaphire guillelmi* or *Eisenia fetida*. *Soil Biol Biochem* 32:2055-2062.
- Zhu, H., Ownby, DW., Riggs, CK., Nolasco, NJ., Stoops, JK., (1996).** Assembly of the gigantic hemoglobin of the earthworm *Lumbricus terrestris*, *The Journal of Biological Chemistry*, 271 (47), 30007-30021.

Geliş tarihi: 08.11.2016 / Kabul tarihi: 26.11.2016

* Başlıca Yazar Yazışma Adresi:

Doç. Dr. Huriye ARIMAN KARABULUT
Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, Yetiştiricilik Anabilim Dalı, Zihni Derin Yerleşkesi, Fener Mh., 53100, Rize, Türkiye.

Tel: + 90.464.2233385; Fax: +90.04642234118

E-mail: huriye.ariman@erdogan.edu.tr