

A FEKETE KATONALÉGY LÁRVA FELHASZNÁLÁSA A HALTAKARMÁNYOZÁSBAN

HETÉNYI NIKOLETTA – NAGYNÉ BÍRÓ JANKA – BERSÉNYI ANDRÁS – JAKABNÉ SÁNDOR ZSUZSANNA

ÖSSZEFOGLALÁS

A rovarok egyre nagyobb szerepet töltenek be az állatok takarmányozásában, mint fenntartható fehérjeforrás, különösen az egyre növekedő fehérjehiány következményeként. Az Európai Unióban 2017. június 1-től - az élelmiszertermelő állatok közül elsőként – a halak és más víziállatok számára is engedélyezett a tenyésztett rovarokból és azok lárváiból nyert feldolgozott állati fehérje felhasználása. Az engedélyezett rovarok a következők: fekete katonalégy (*Hermetia illucens*), lisztukac, (*Tenebrio molitor*), házilégy (*Musca domestica*) alombogár (*Alphitobius diaperinus*), házi tücsök (*Acheta domestica*), sávós tücsök (*Grylodes sigillatus*) és földi tücsök (*Gryllus assimilis*). A tenyésztett rovarfajok közül a fekete katonalégy (FKL) lárváját használják leggyakrabban takarmányozási célra. A FKL lárvá különlegessége, hogy antimikrobiális hatású laurinsavban gazdag. A laurinsav és a kitin pozitív hatással van a bél mikrobiótára, mivel csökkenti a potenciálisan patogén baktériumok jelenlétét és növelik a hasznos baktériumok számát. Aminosavak szempontjából elmondható, hogy jó lizinforrás, de metioninból és ciszteinből kiegészítésre szorul. A halfajok nagy részénél a FKL alkalmas volt 25-50%-os halliszt helyettesítésre a termelési mutatók és a takarmány hasznosítás változása nélkül. Néhány kísérletben 50% feletti vagy akár 100% halliszt kiváltás sem rontotta a termelési mutatókat. A halak szervezetében a laurinsav jelentős dúsulásával és az omega-3-zsírsavak csökkenésével lehet számolni a FKL lárvá etetésekor. Az utóbbi problémára megoldást jelenthet, ha a rovarlárvákat tengeri hínárt is tartalmazó takarmánnyal etetik. A FKL lárvá a vizsgálatok döntő többségében nem befolyásolta jelentősen a halhús minőségét és nem csökkent annak fogyasztói értékelése.

SUMMARY

Hetényi, N. – Nagyné Bíró, J. – Bersényi, A. – Jakabné Sándor, Zs.: REVIEW ON THE USE OF BLACK SOLDIER FLY LARVAE IN THE DIET OF FARMED FISH

Insects as a sustainable protein source have growing importance as the protein requirement of the world is increasing. Insects and their derived products – excluding live insects – that are intended to be used in animal feed are considered as animal by-products and allowed for use only in the feed of aquatic- and pet animals (EU Regulation No. 1069/2009). According to the recommendation of the European Food Safety Authority, the following species are eligible for farming purposes (EU Regulation No 2017/893): black soldier fly (*Hermetia illucens*), common housefly (*Musca domestica*), yellow mealworm (*Tenebrio molitor*), lesser mealworm (*Alphitobius diaperinus*), house cricket (*Acheta domestica*), banded cricket (*Grylodes sigillatus*) and field cricket (*Gryllus assimilis*). Since the authorisation, above 5,000 tonnes of insect protein have been commercialised by European insect producers, and the aquafeed market consumes more than 50% of European animal feed made from insects. Black soldier fly (BSF) larvae meal is the most commonly used insect meal in animal nutrition. BSF larvae are much higher in antimicrobial lauric acid than other insects. Lauric acid and chitin have positive effects on the gut microbes by reducing potentially pathogenic bacteria and increasing the beneficial ones. The nutritional composition of the BSF larvae depends on the substrate or feed. The crude protein varies between 33.7-58.8% on dry matter basis, while the crude fat is 11.3-34.8% on dry matter basis. Concerning the amino acids, BSF is a good source of lysine, but methionine and cysteine should be supplemented. Insects meal seems to be one of the most promising alternative protein source in feeds for aquaculture. According to the recently conducted studies, insect meal can replace 25-50% of fishmeal in fish feed. In some studies, this replacement level (defatted, partially defatted, or full-fat BSF larvae meal) can be >50%, even up to 100%, without any negative effects on the production. The inclusion of BSF meal increases the lauric acid and decreases the omega-3 fatty acid content of the fish fillet. When seaweed is included in the diet of larvae, the omega-3 fatty acid (eicosapentaenoic acid) content can be increased. In most of the studies, the inclusion of BSF did not alter the quality of fish fillet and consumer acceptance.

BEVEZETÉS

A rovarfajok közül a fekete katonalégy (FKL, *Hermetia illucens*) lárvája egyike azon fajoknak, amelyeket takarmányozási célból egyre nagyobb volumenben tenyésztanak és hasznosítanak Európában. 2017 óta az Európai Unió — további 6 rovarfaj mellett — vízi állatok számára engedélyezi a FKL lárvából előállított rovarliszt, rovarfehérje, illetve olaj takarmányként való felhasználását (893/2017 EU). Az Európai Rovar Szektor az engedélyezés óta több mint 5 000 tonna rovarproteint értékesített (IPIFF, 2019). Az ebből előállított haltápok több mint felét Európában hozták forgalomba, de ez az érték rohamosan növekedni fog. A 2030-ra vizionált európai termelés 3 millió tonnával számol, amely kevesebb import fehérje igényt jelenthet, ami akár egy Belgium nagyságnyi mezőgazdasági terület felszabadítását eredményezheti az EU-n kívül. A termelési volumen és az üzemek számának növekedése a FKL lárvából előállított termékek árának csökkenéséhez vezethet, mely jelenleg még mindig a halliszt árának többszöröse. ([http_1](#))

Magyarországon is elkezdődött a közelmúltban a FKL kisüzemi termelése, de a nagy volumenű termelőüzem létrehozására is folynak erőfeszítések. Hazai piaca előreláthatólag akkor lesz, ha a sertés és baromfi takarmányokban is engedélyezi használatát az EU. A tárgyalások folyamatban vannak és várhatóan még ebben az évben szavazásra bocsájtják a tagországokban.

A FEKETE KATONALÉGY LÁRVA TENYÉSZTÉSE ÉS BELTARTALMI TULAJDONSÁGAI

A FKL a kétszárnyúak (*Diptera*) rendjébe tartozik, Amerikában őshonos, de megtalálható a világ trópusi és mérsékelt égövén egyaránt. Teste jellegzetesen hosszúkas, darázsszerű. Nagyüzemi előállításának technológiája napjainkban már jól kidolgozott. A teljes átalakulással fejlődő legyek lárvaalapota 18-36 napig tart, amit 5-8 napos prepupa állapot és 1-2 hetes bábállapot követ. A fejlődési ütemet jelentősen befolyásolják a tartási körülmények és a takarmányozás. Sokáig élt az a téves elképzelés, hogy a kifejlett legyeknek nincs táplálékfelvételre alkalmas szájszervük. Ez azonban nem igaz, de zsírtartalékaik felélésével 8-10 napig életképesek maradnak (Tomberlin és mtsai, 2002, van Huis és Tomberlin, 2017).

A fent említett EU rendelet a rovartenyésztés szubsztrátját is limitálja, ami azt jelenti, hogy elsősorban nem állati eredetű hulladékon nevelhetők, vagy a kismennyiségű elsősorban hal és nem-kérődzők zsiradékát, vért, zselatint, tejet, tojást vagy mézet tartalmazhat. Úgy az állati eredetű hulladék, mint bármilyen trágya használata tiltott, így minimalizálva a prion és egyéb patogén (pl. Salmonella) fertőzés veszélyét.

A FKL testösszetétele szakirodalmi források szerint széles tartományban változik, amelyre jelentős hatással van a nevelő szubsztrátum/takarmány összetétele. Az 1. táblázatban a FKL szakirodalomban bemutatott fontosabb beltartalmi értékeit foglaltuk össze, amelyben látható, hogy a nyerszsírtartalom 6-38% között változik, míg a nyersfehérje tartalom 38-57% közötti tartományban mozog. Néhány esetben állati trágyán nevelt FKL is bemutatásra került, amely esetben elsősorban a magas nyerszsírtartalom érdemel említést. A lárvá stádiumban felhasználható rovarok

jellemzője, hogy több nyerszsírt és kevesebb nyersfehérjét tartalmaznak, mint a kifejlett formában felhasznált rovarok (pl.: tücsökfajok). A FKL lárvája sajátossága, hogy az összes zsírsav 21,4–49,3%-a laurinsav (C12:0), ami megfelelő takarmányozással akár 60%-ra is növelhető (Makkar és mtsai, 2014; Liu és mtsai, 2017). A laurinsav antibakteriális tulajdonságát és a termelésre gyakorolt pozitív hatását már számos vizsgálat bizonyította. A rövid szénláncú zsírsavak könnyen oxidálódnak, meggátolva ezáltal a zsírdeponálást halaknál (Belgith és mtsai, 2019), miközben serkentik a növekedést.

1. táblázat

A takarmány, illetve a beszerzési forrás hatása a fekete katonalégység lárvája nyersfehérje- és nyerszsír-tartalmára (Barragan-Fonseca és mtsai (2017), Marono és mtsai (2015), Spranghers és mtsai (2016))

Takarmány és beszerzési forrás (1)	Nyersfehérje % (13)	Nyerszsír % (14)
Tehéntrágya (2)*	42,1	34,8; 29,9
Sertésrágya (3)*	43,6; 43,2	26,4±7,6
Éttermi maradék (4)*	43,1	38,6
Éttermi maradék (4)**	40,7	38,6
Csirketáp „A” (5)*	47,9±7,1	14,6±4,4
Csirketáp „B” (6)*	41,2	
Csirketáp „B” (6)**	38,8	33,6
Zöldség és gyümölcs „A” (7)*	38,5	6,63
Zöldség és gyümölcs „B” (8)*	39,9	
Zöldség és gyümölcs „B” (8)**	37,7	37,1
Hal (9)*	57,9	34,6
Rovarelóállító cég „A” (10)*	49,9	29,0
Rovarelóállító cég „B” (11)*	52,0	11,3
Rovarelóállító cég „C” (12)*	58,5	12,9

*nyersfehérje=N*6,25; **kitinnel korrigált nyersfehérje

Table 1. The effect of feed and source of origin on the crude protein and ether extract content of black soldier fly larvae

feed and source of origin (1); cattle manure (2); swine manure (3); restaurant waste (4); chicken feed “A” (5); chicken feed “B” (6); fruits and vegetables “A” (7); fruits and vegetables “B” (8); fish (9); insect company “A” (10); insect company “B” (11); insect company “C” (12); crude protein (13); ether extract (14) *crude protein=N*6.25, **chitin corrected protein

A fehérjetartalommal kapcsolatban fontos megjegyezni, hogy a rovarok 11–26%-ban tartalmaznak nem fehérje eredetű nitrogénforrást. Ezért a nyersfehérje meghatározásnál általánosságban alkalmazott nitrogéntartalom szorzata 6,25-tel, nagyjából 20%-kal túlbecsüli a monogasztrikus állatok számára hasznosítható fehérjetartalmat (Janssen és mtsai, 2017). Aminosavak szempontjából elmondható, hogy a FKL jó lizinforrás, de a legtöbb vizsgált halfaj esetében metioninból és ciszteinből kiegészítésre szorul (2. táblázat, Makkar és mtsai, 2014; Henry és mtsai, 2015; Nogales-Mérida és mtsai, 2019).

A FKL lárva különlegessége, hogy jóval több kalciumot ($7,5 \pm 1,7\%$ szemben a 0,3-1%) tartalmaz, mint az egyéb tenyésztett rovarfajok (Makkar és mtsai, 2014). A többi ásványi anyag tekintetében nincs jelentős eltérés a többi rovarfajhoz képest (2. táblázat).

2. táblázat

A fekete katonalégy ásványianyag- és aminosav tartalma (Gasco és mtsai, 2018)

Ásványi anyagok (1)	g/kg szárazanyag (19)
Kalcium (2)	75,6 (50-86,3)
Foszfor (3)	9,0 (6,4-15,0)
Nátrium (4)	1,3
Kálium (5)	6,9
Magnézium (6)	3,9
Aminosavak (7)	% fehérje (20)
Lizin (8)	6,4 (5,6-8,0)
Metionin (9)	1,8 (1,4-2,4)
Metionin+cisztin (10)	2,2 (1,5-3,1)
Triptofán (11)	0,8 (0,5-1,1)
Treonin (12)	3,6 (1,3-4,8)
Leucin (13)	7,3 (6,6-8,4)
Izoleucin (14)	4,7 (4,0-5,6)
Valin (15)	6,9 (5,6-9,1)
Hisztidin (16)	3,1 (2,3-4,5)
Arginin (17)	5,4 (4,8-6,1)
Fenilalanin + treonin (18)	11,2 (9,6-13,3)

Table 2. Mineral and amino acid content of black soldier fly larvae

minerals (1); calcium (2); phosphorus (3); sodium (4); potassium (5); magnesium (6); amino acids (7); lysine (8); methionine (9); methionine+cystine (10); tryptophan (11); threonine (12); leucine (13); isoleucine (14); valine (15); histidine (16); arginine (17); phenylalanine+threonine (18); g/kg dry matter (19); % crude protein (20)

FEKETE KATONALÉGY LÁRVA EMÉSZTHETŐSÉGE ÉS HASZNOSÍTÁSA HALTAKARMÁNYOKBAN

A rovarfehérjék hasznosítását és a táplálóanyagok hozzáférhetőségét döntő módon az egyes táplálóanyagok emészthetősége, valamint az antinutritív anyagok előfordulása határozza meg. Az emészthetőség jellemezhető az egyes tápláló- és nem táplálóanyagok látszólagos emészthetőségi együtthatóival (ADC). A FKL alapanyag esetében ADC értéket csak az afrikai harcsánál (*Clarias gariepinus*) találunk (Sándor és mtsai, 2020), de különböző bekeverési arányok esetén a takarmányok emészthetőségét több esetben is vizsgálták. A ragadozó fajok, mint például a szivárványos pisztráng (*Oncorhynchus mykiss*), az európai farkassügér (*Dicentrarchus*

3. táblázat

A zsírtalanított fekete katonalégylárva hatása a halak termelési mutatóira és egyéb paraméterekre

Faj	Kiváltott halliszt helyettesítés mértéke	Rovarliszt mennyisége	Kísértet hossza	Vizsgált paraméterek	Következtetések	Szerző
Európai farkassügér (<i>Dicentrarchus labrax</i>)*	0%; 25%; 50%; 75%	0%; 6,5%; 13%; 19,5%	62 nap	Növekedés, termelési mutatók	A növekedés és takarmányhasznosítás a kontrollal azonos. FKL prepupa liszt 19,5%-ig bekeverhető.	Magalhães és mtsai, 2017
Európai farkassügér	0%, 30%	0%; 19,5%	84 nap	Növekedés, termelési mutatók, testösszetétel, májenzimek	Növekedési ütem, termelési mutatók, testösszetétel és májenzimek a kontrollal azonosak.	Mastoraki és mtsai, 2020
Európai farkassügér*	0%; 15%; 30%; 45%	0%; 6,5%; 13%; 19,5%	62 nap	Testösszetétel, zsírsav profil	A halhús $\omega 3$ tartalma csökken, de a filé minősége nem romlott. FKL prepupa liszt 19,5%-ig bekeverhető.	Moulinho és mtsai, 2021
Szuzuki (<i>Lateolabrax japonicus</i>)	0%; 16%; 31%; 48%; 64%	0%; 4,8%; 4,4%; 9,6%; 19,2%	56 nap	Növekedés, termelési mutatók, máj és bél kórszövettan, szérum anti-oxidánsok, biokémia; immunparaméterek; emésztőenzimek, génexpresszió.	A rovarliszttel kiegészített takarmánynak nincs hatása a növekedési ütemre, a kórszövettanra, az immunparaméterekre, az antioxidáns indexre, és a legtöbb vérparaméterre. A FKL liszt 19,2%-ig bekeverhető.	Wang és mtsai, 2019
Jian ponty (<i>Cyprinus carpio</i> var. Jian)	0%; 25%; 50%; 75%; 100%	0%; 3,5%; 7%; 10,5%; 14%	56 nap	Növekedés, termelési mutatók, zsírsav profil, halhús érzkészervi vizsgálata	A növekedési ütemben nincs különbség. A halhús $\omega 3$ tartalma csökken, szignifikáns hatás észlelhető a halhús texturájára és ízére.	Zhou és mtsai, 2018
Jian ponty	0%; 25%; 50%; 75%; 100%	0%; 2,6%; 5,3%; 7,9%; 10,6%	59 nap	Növekedés, termelési mutatók, antioxidáns- és emésztőenzimek aktivítása, máj- és bél kórszövettan	A növekedés és a takarmányértékesítés a kontrollal azonos. Az antioxidáns enzimek aktivitása változatlan. A halliszt 50%-a kiváltható.	Li és mtsai, 2017

Faj	Kiváltott halliszt helyettesítés mértéke	Rovarliszt mennyisége	Ki-sérlet hossza	Vizsgált paraméterek	Következtetések	Szerző
Sashal (<i>Argyrosomus regius</i>)	0%, 17%, 35%, 52%	0%, 10%, 20%, 30%	63 nap	Növekedés, termelési mutatók, testösszetétel, zsírsav profil, biokémia	A takarmányozási együttható, a növekedési ütem, a PER és a nitrogén-retenció lineárisan csökken a növekvő bekeverési aránnyal. A halhús ω3 tartalma csökken; laurinsav tartalma viszont nő. Javaslát maximum 10%-os bekeverésre.	Guerreiro és mtsai, 2020
Szibériai kecsge (<i>Acipenser baeri</i>)	0%, 25%, 50%, 100%**	0%; 18,5%; 37,5%; 75%	118 nap	Növekedés, termelési mutatók, emészthetőség, testösszetétel, zsírsav profil	A laurinsav mennyisége a bekeverés aránnyal párhuzamosan nő a haltestben. A vizsgált termelési paraméterek romlottak. Maximum. 18,5%-os bekeverés javasolt.	Calmi mtsai, 2020
Sügér hibrid (<i>Epinephelus lanceolatus</i> - <i>Epinephelus fuscoguttatus</i>)	0%; 6,25%; 12,5%; 18,75%; 25%; 31,25%	0%; 2,5%; 5%; 7,5%; 10%; 12,5%	50 nap	Növekedés, termelési mutatók	2,5% FKLL bekeveréskor rosszabb a zárósúly és a súlygyarapodás, míg 5% és 7,5% bekeverési arány mellett a takarmányfelvétel és a takarmányozási együttható a kontrollal megegyező.	Song és mtsai, 2018

FKLL=fekete katonalégylárva; PER=protein efficiency ratio, fehérjehatékonysági arány; nyzs=nyerszsír; nyf=nyersfehérje; *prepupa liszt; **halliszt nélküli tápot nem ették meg a halak, ezért ezt a kísérleti csoportot kizárták az értékelésből

Table 3. Effect of defatted black soldier fly larvae on production and other parameters

labrax) és az atlanti lazac (*Salmo salar*) esetében a 40-60%-os halliszt helyettesítés a fehérje, zsír és az aminosavak emészthetőségének csökkenésével járt (Gasco és mtsai, 2019; Nogales-Mérida és mtsai, 2019). Ezek az értékek azonban lényegében nem voltak rosszabbak, mint más alternatív fehérjeforrások, így például a baromfiliszt, a búzaglutén vagy az egysejtű fehérje esetében kapott értékek. A rosszabb emészthetőség elsősorban a kitin jelenlétének tulajdonítható (Longvah és mtsai, 2011). Mivel a rovarok a legtöbb halfaj — különösen az ivadékok — természetes táplálékát képezik, így ezek a fajok a kitin emésztéséhez szükséges kitináz és kitobiáz enzimet termelnek (Henry és mtsai, 2015; Nogales-Mérida és mtsai, 2018). Az enzimek aktivitása és termelődési helye az emésztőrendszerben fajoként változó (Ringø és mtsai, 2012). Ezzel magyarázható, hogy a kitin bizonyos halfajoknál javíthatja (pl.: pontyfélék, tengeri halak), míg másoknál (pl.: bölcscsájú halak, nyílt tengeri lazacfélék) ronthatja a termelési mutatókat vagy éppen nincs rá hatással (pl.: aranymárna, *Tor putitora*). A táplálóanyagok emészthetőségének csökkenése ezért a kisebb kitináz, illetve kitobiáz aktivitással rendelkező fajoknál jelenthet problémát. Mindemellett a kitin gátolja bizonyos baktériumok (pl.: *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*) szaporodását, ezen keresztül kedvezően hat a bélflóra összetételére. A kitin immunstimulánsként is működik, többek között fokozza a makrofág aktivitást (Esteban és mtsai, 2001; Ringø és mtsai, 2012). A rovarokban megtalálhatók antimikrobiális hatású peptidek is, amelyek a Gram negatív és Gram pozitív baktériumok ellen egyaránt hatásosak, emiatt természetes antibiotikumként és/vagy gombaölőként használhatók (Yi és mtsai, 2014).

Tanaka és mtsai szerint (1997) a kitin elősegíti a zsírok felszívódását a bélrendszerben, felgyorsítva ezzel az emésztést és a kiválasztást, így hatása van az ADC-re is. Ez látható abban a vizsgálat sorozatban is, ahol a legnagyobb kitintartalmú rovarliszt esetében volt a legnagyobb a lipid ADC (Fontes és mtsai, 2019). Az esszenciális aminosavak ADC értékei FKL esetében 90% körül alakulnak, kivéve a treonint és a cisztint, amelyeknél alacsonyabb, 83-90% tartományban mozog, a helyettesítés mértékének függvényében szívárványos pisztránggal és európai farkassügér fajokkal végzett vizsgálatok eredményei alapján (Magalhaes és mtsai, 2017 és Lock és mtsai, 2016). Összeségében a FKL emészthetősége összemérhető egyéb állati eredetű takarmány komponensekével és alkalmas a halliszt kiváltására.

A FKL liszt kedvező aminosav összetétele, fehérje- és zsírtartalma kielégíti a halak igényeit is. A témában született publikációk döntő többsége a teljes zsírtartalmú, részben zsírtalanított, illetve zsírtalanított FKL lárvák élettani hatásait vizsgálta (Gasco és mtsai, 2019). A gyakorlatban az extrudálás miatt a 10%-nál kisebb zsírtartalmú FKL liszt alkalmazása az előnyös, ezért leginkább a zsírtalanított lisztek használata terjedt el.

A halfajok nagy részénél a FKL alkalmas volt 25-50%-os halliszt helyettesítésre a termelési mutatók és a takarmány hasznosítás változása nélkül. Nagyobb arányban bekeverve viszont már takarmány elutasítás is előfordult, vagy a termelési mutatók romlottak (Ciami és mtsai, 2020). A 3., 4. és 5. táblázatban ezeket a kísérleti eredményeket mutatjuk be. A FKL lárvák bekeverhetőségi arányát a halfaj mellett az is befolyásolja, hogy teljesen (3. táblázat), illetve részben zsírtalanított (4. táblázat) vagy teljes zsírtartalmú (5. táblázat) rovarlisztről van-e szó. A zsírtalanított FKL például kevesebb, mint 20%-ban keverhető a szívárványos pisztráng takarmányába a halliszt 50%-os helyettesítésével (Cardinaletti és mtsai, 2019), hasonlóan a ponty

A részben zsírtalanított fekete katonalégy lárvá hatása a halak termelési mutatóira és egyéb paraméterekre

Faj	Kiváltott hal-liszt mennyisége	Rovarliszt mennyisége	Ki-sérlet hossza	Vizsgált paraméterek	Következtetések	Szerző
Atlanti lazac (<i>Salmo salar</i>)	0%; 33%; 66%; 100%	0%; 4,9%; 9,8%; 14,7%	114 nap	Emésztetőség, növekedés, termelési mutatók, testösszetétel, emésztőenzimek, epesav, vérparaméterek, máj kórszövettan, halhús érzékszervi vizsgálata, zsírsav profil	A haliszt teljes kiváltása lehetséges, a kontrollal megegyező növekedési, termelési mutatók és testösszetétel mellett. Az EPA, a DHA és a laurinsav mennyisége nő a FKL bekeveréssel. *	Belgit és mtsai, 2019
Atlanti lazac	0%; 85% **	0%; 60%	56 nap	Növekedés, termelési mutatók	A nyerszír és a nyersfehérje emészthetősége csökken. A takarmányfelvétel és takarmányozási együttható nem különbözik.	Belgit és mtsai, 2019
Níluszi tilápia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	0%; 25%; 50%; 100% ***	—	56 nap	Növekedés, termelési mutatók	50%-os helyettesítésig a kontrollal megegyező termelési mutatók, de 100%-os helyettesítésnél már romlik a növekedési ütem.	Dietz és Liebert, 2018
Szivárványos pisztráng (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	0%; 25%; 50%	0%; 20%; 40%	78 nap	Növekedés, termelési mutatók, túlélés; emészthetőség, bél kórszövettan, húsmínőség, zsírsav profil	A növekedés és termelési mutatók nem változtak. A 40% bekeverésnél a PUFA és a MUFA tartalom egyaránt csökken	Renna és mtsai, 2017
Szivárványos pisztráng	0%; 46%	0%; 28,1%	49 nap	Növekedés, termelési mutatók	Nincs szignifikáns eltérés a kontrollhoz képest.	Stadlander és mtsai, 2017
Szivárványos pisztráng	0%; 25%; 50%; 100%	0%; 6,6%; 13,2%; 26,4%	84 nap	Növekedés, termelési mutatók	A növekedési ütem és a takarmányértékesítés minden bekeverési arány esetében elfogadható.	Dumas és mtsai, 2018
Szivárványos pisztráng	0%; 25%; 50%	0%; 20%; 40%	78 nap	Növekedés, termelési mutatók, stressz biomarkerek, máj-, lép- és bél kórszövettan	Nincs kóros szövettani elváltozás. A növekedési ütemben nincs eltérés. Egyes stressz biomarkerek emelkedése miatt <20% bekeverési arány javasolt.	Elia és mtsai, 2018

FKL=fekete katonalégy lárvá; * tengeri hínárral etetett lárvát használtak; ** nyersfehérje tartalom 85%-a kiváltva rovarfehérjével, ***szójatehérje koncentrátum kiváltása

Table 4. Effect of partially defatted black soldier fly larvae on production and other parameters

A teljes zsírtartalmú fekete katonalégység lárvá hatása a halak termelési mutatóira és egyéb paraméterekre

Faj	Kiváltott halliszt mennyisége	Rovarliszt mennyisége	Kísérlet hossza	Vizsgált paraméterek	Következtetések	Szerző
Afrikai harcsa (<i>Clarias gariepinus</i>)	0%; 25%; 50%; 75%; 100%	0%; 25%; 50%; 75%	60 nap	Növekedés, termelési mutatók, vér és biokémiai paraméterek, oxidatív stressz állapot	Az afrikai harcsa a halliszt 75%-ban FKLL történő helyettesítését is elviseli a vizsgált tulajdonságok romlása nélkül.	Fawole és mtsai, 2020
Afrikai harcsa	0%, 25%, 50%, 100%	3,75%; 7,5%; 15,0%	42 nap	Növekedés, termelési mutatók, hematológia, túlélési arány	Az afrikai harcsánál a halliszt 100%-os helyettesítése rontotta a termelési mutatókat, de az ivadékok egészségi állapotát nem befolyásolta. Nem ajánlott 50%-nál magasabb bekeverési arány.	Adeoye és mtsai, 2020
Atlanti lazac (<i>Salmo salar</i>)	kontroll: kukorica fehérje koncentrátum és szója	100, 200, 300 g/kg	112 nap	Növekedés, termelési mutatók, emészthetőség	200 g/kg bekeverési arány mellett a kontrollal megegyező a növekedési ütem, de 300 g/kg bekeverési aránynál már rosszabb a súlygyarapodás és a takarmányozási egyűthetőség.	Fisher és mtsai, 2020
Európai farkassügér	50%; 65%; 75%; 100%	0%; 25%; 35%; 50%	56 nap	Növekedés, termelési mutatók, testösszetétel, gazdaságosság, vér biokémia és hematológia	A takarmányhasznosítás, a növekedési ütem, a túlélés aránya és a testösszetétel azonos. Nincs szignifikáns különbség a csoportok között. A takarmányozási költség 15-16%-kal csökkent. FKLL liszt 50%-ig bekeverhető.	Abdel-Tawwab és mtsai, 2020
Európai farkassügér	0%; 30%	0%; 19,5%	84 nap	Növekedés, termelési mutatók, testösszetétel, vér biokémia	A növekedési ütem, a testösszetétel és a vér vizsgált biokémiai paraméterei a kontrollal megegyező értéket mutattak. A FKLL 19,5%-ig bekeverhető.	Mastoraki és mtsai, 2020
Európai farkassügér	0%; 30%; 50%	—	49 nap	Növekedés, termelési mutatók, testösszetétel	50%-os halliszt kiváltáskor a takarmányértékesítés és a súlygyarapodás rosszabb, mint a kontroll. A testösszetétel változatlan.	Reyes és mtsai, 2020

Faj	Kiváltott halliszt mennyisége	Rovarliszt mennyisége	Kísérlet hossza	Vizsgált paraméterek	Következtetések	Szerző
Nilusi tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	—	0%; 3%; 5%; 8	32 nap	Növekedés, termelési mutatók, túlélés, testösszetétel, zsírsav profil	A növekedési ütemben, a takarmányfelvételen és a termelési mutatókban nincs különbség. A túlélési ráta különbözők, de valószínűleg nem a takarmány miatt. Az ω3 zsírsavak mennyisége csökken.	Devic és mtsai, 2017
Sárga tuskésharcsa (<i>Pelteobagrus fulvitergo</i>)	0%; 13%; 25%; 37%; 48%; 68%; 85%; 100%	—	65 nap	Növekedés, termelési mutatók, immunválasz, testösszetétel	Különösen a 25% mennyiségben bekevert FKLL hat kedvezően a súlygyarapodásra, a fajlagos takarmány-felhasználásra, illetve testösszetételre.	Xiao és mtsai, 2018
Szilbériai kecsge (<i>Acipenser baerii</i>)	0%; 10,3%; 20,3%; 30,7%; 40,6%; 50,9%; 61,3%	0%; 5%; 10%; 15%; 20%; 25%; 30%	50 nap	Növekedés, termelési mutatók, emésztetőség	Az emésztetőség és a takarmányfelvétel azonos. A takarmány értékesítés, a PER, a súlygyarapodás és a növekedési ütem javult a kontrollhoz képest. A FKLL liszt 30%-ig bekeverhető.	Rawski és mtsai, 2020
Szivárványos pisztráng (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	0%; 25%; 50%	0%; 10,5%; 21%	98 nap	Növekedés, termelési mutatók, vér biokémia, géneexpresszió (növekedés, stressz, gyulladás) kórszövetten (máj, bél)	Növekedési ütemben és vérparaméterekben nincs eltérés. A FKLL 50%-ig bekeverhető, de ekkor nő a máj zsírtartalma.	Cardinaletti és mtsai, 2019
Szivárványos pisztráng	0%; 50%; 75%; 100%	0%; 25%; 50%	98 nap	Zsírsavcseré, halfilé minősége, máj kórszövetten	Nem rontja a halfilé minőségét, a zsírtartalom és ω3 tartalom változatlan. A laurinsav mennyisége nő.	Bruni és mtsai, 2020
Szivárványos pisztráng	0%; 20%	0%; 20%	71 nap	Növekedés, túlélés aránya, bél kórszövetten és baktériumok száma	Növekedési ütem, túlélési ráta a kontrollal azonos. Bélbolyhok hossza és baktériumok száma nőtt a FKLL csoportban.	Józsefiak és mtsai, 2019

FKLL=fekete katonalégy lárvá; PER=protein efficiency ratio, fehérjehatékonysági arány

Table 5. Effect of full fat black soldier fly larvae on production and other parameters

(*Cyprinus carpio*) tápokhoz, ahol a 10%-ban jelenlévő hallisztet akár 50%-ban is biztonságosan lehet helyettesíteni (Li és mtsai, 2017).

A halak szervezetében a laurinsav (C12:0) jelentős dúsulásával lehet számolni a FKL lárvá etetésével. Ezzel egyidejűleg a telített zsírsavak aránya is emelkedik, de ennek mértéke csak az 50% halliszt helyettesítésnél szignifikáns mértékű. Ugyanakkor 10% alatti FKL bekeverési arány esetén sem a telített, sem a többszörösen telítetlen zsírsavak mennyisége nem különbözött egymástól a nílusi tilápia (*Oreochromis niloticus*) ivadékok etetése esetében (Devic és mtsai, 2017). A FKL lárvából kinyert olaj ugyanakkor kedvezően hatott fiatal tükörpontyok zsírsavanyagcseréjére, amelynek következtében csökkent a hasúri zsír deponálás és nőtt a máj antioxidáns aktivitása és a gyulladáscsökkentő citokinek szintje (Xu és mtsai, 2020). A FKL olaj 2,5%-ban keverve a ponty tápba teljesen alkalmas a szójaolaj kiváltására (Li és mtsai, 2016) és a táptalajtól függően akár kedvezőbb is lehet, mint a szójaolaj (Xu és mtsai, 2021).

A FEKETE KATONALÉGYSÉG LÁRVA HATÁSA A BÉL MIKROFLÓRÁJÁRA

A bél baktérium flórája nagyon érzékeny a takarmány változásaira (Bruni és mtsai, 2018), a különböző takarmányok különböző módon befolyásolják a baktérium közösségek szerkezetét és összetételét. A mikrobióta viszont hatással van az emésztési folyamatokra és a halak immunválaszára (Ghanbari és mtsai, 2015). A rovarok kitinben gazdagok, amely csökkenti emészthetőségüket, ugyanakkor hozzájárulhat a kedvező bélflóra kialakulásához, ezáltal javítva a halak teljesítményét és egészségi állapotát (Ringø és mtsai, 2012). A FKL halak mikrobiótájára gyakorolt hatásáról ugyanakkor korlátozott mennyiségű információ áll rendelkezésünkre és csupán néhány halfajnál találunk vizsgálati eredményeket.

Az amur (*Ctenopharyngodon idella*) esetében (Lu és mtsai, 2020) a különböző mértékű (25-100%) FKL lárvaliszt kiegészítésű takarmányok nem eredményeztek szignifikáns eltérést a bél mikrobióta összetételében a csak hallisztet tartalmazó kontrollcsoporthoz képest. A szívárványos pisztráng esetében azonban a FKL prepupa-, lárv- és zsírtalanított lárvaliszt, mint alternatív fehérjeforrás megváltoztatta az emésztőrendszer baktérium közösségének összetételét, szerkezetét és növelte annak biodiverzitását (Bruni és mtsai, 2018; Huyben és mtsai, 2019; Rimoldi és mtsai, 2019). Bruni és mtsai (2019) vizsgálatában a legnagyobb gazdagságot és diverzitást az a takarmányozási csoport érte el, ahol a hallisztet 25%-os arányban helyettesítették zsírtalanított FKL liszttel. Huyben és mtsai (2019) FKL prepupa-, lárv- és zsírtalanított lárvaliszt 30%-os használatával a tejsavtermelő baktériumok mennyiségének növekedését tapasztalta. A szerzők megfigyelték továbbá, hogy a nem zsírtalanított lisztek a *Corynebacterium* mennyiségét növelték, köszönhetően azok lipáz termelőképességének és a takarmányok magas zsírtartalmának. A fenti vizsgálatokban a *Proteobacteria* (patogéneket is magába foglaló Gram negatív baktérium törzs) baktériumok jelenléte a FKL lisztek etetésének hatására csökkent. A *Bacillaceae* család mennyisége a lárvaliszt és a zsírtalanított lárvaliszt esetében egyaránt növekedett, míg a prepupaliszt esetében változatlan maradt, amely azt jelzi, hogy a rovarok életciklusának egyes szakaszai is eltérő hatással vannak a bélmikrobiótára. Összefoglalva elmondható, hogy a FKL-ből származó

rovarlisztek befolyásolják a bél mikrobióta összetételét és ezzel segítik az egészséges bélflóra kialakulását.

HÚSMINŐSÉG ÉS FOGYASZTÓI FOGADTATÁS

Halak esetében a rovarlisztek nagyarányú bekeverésének egyik nemkívánatos hatása, hogy akár 50%-kal is csökkentheti a halhús omega-3-zsírsavtartalmát (Henry és mtsai, 2015; Renna és mtsai, 2017; Stadlander és mtsai, 2017). A rovarlárvák zsírsavösszetétele azonban módosítható speciális takarmányozással. Ilyen például az 1%-ban etetett lenmagolaj, amivel 3:1 omega-6:omega-3 arány érhető el (Oonincx és mtsai, 2020). Mivel azonban a lenmag alfa linolénsav tartalma a rovarlárvák rövidebb szénláncú omega-3 zsírsavtartalmát növelte csak, kérdéses, hogy ez mennyire megfelelő forrás a különböző zsírsav igényű halak számára. Ebből a szempontból előnyösebb a tengeri hínár (*Ascophyllum nodosum*), amivel a lárvák eikozapentaénsav (C20:5, EPA) tartalma növelhető (Liland és mtsai, 2017). Hasonlóan kedvező EPA és dokozahexaénsav (C22:6, DHA) tartalom várható akkor is, ha a FKL nevelési szubsztrátumnak/takarmánynak halfeldolgozási maradékot használunk (Sealey és mtsai, 2011).

A halfilé lipid és zsírsav-tartalmának változása a hús ízanyagainak változását idézi elő (Turchini és mtsai, 2003). Ennek ellenére egy fogyasztói felmérés során a 30 fős panel tagjai nem találtak különbséget a FKL - lel takarmányozott pisztrángok és a halliszt kontroll filék íze között (Sealey és mtsai, 2011). A laurinsavra jellemző enyhe babérszag vagy íz nem volt tapasztalható ezekben a filékben. Elképzelhető, hogy a halliszt 25% és 50%-os FKL helyettesítése esetén a hosszú szénláncú többszörösen telítetlen zsírsavak oxidációs melléktermékeinek (illékony aldehidek és alkoholok) az aromaanyagai jelentkeznek elsősorban és nem a laurinsavra jellemző ízek (Sealey és mtsai, 2011). Az atlanti lazac esetében sem találtak különbséget sem az ízben, sem a filék fizikai tulajdonságaiban 25% és 100 % halliszt helyettesítés esetében (5% és 25% FKL tartalom; Lock és mtsai, 2016). Borgogno és mtsai (2017) azonban ezzel ellentétes eredményre jutottak, amikor is többlépcsős érzékszervi vizsgálatokat végeztek konyhakész szívárványos pisztráng filéken, vagyis különbséget észleltek az íz, illat, szín és textúra esetében a FKL tartalommal összefüggésben. Ugyanakkor a FKL takarmányba való beillesztése nem váltott ki releváns mellékízeket, kivéve a fémes ízdominanciát. Stadlander és mtsai (2017) a filék színének sötétedését írták le 28% FKL tartalom mellett, de más érzékszervi különbséget nem tapasztaltak a kontrollhoz képest. Az európai farkassügér húsának sem a színét sem az eltarthatóságát nem befolyásolta a 19,5%-ban használt FKL (45% halliszt kiváltás esetében; Moutinho és mtsai, 2021), egyedül a pH és telített zsírsavak mennyisége növekedett a FKL mennyiségének emelkedésével.

A bőr és a filé színe nagyon fontos tényező az áruhal minősítésében, frissességének megítélésében. Az egyes növényi takarmányalkotók nagyarányú jelenléte a hús színének változását okozza, melyet számos halfaj esetében kimutattak (Matos és mtsai, 2012). A tárolás során fellépő változások is összefüggésbe hozhatók a takarmányozással, a filék kémiai és fizikai tulajdonságaival. Az eddigi kísérleti adatok a FKL tartalmú tápok esetében a tárolási idő csökkenését vagy a hús minőségének romlását nem mutatták ki a szívárványos pisztrágnál (Mancinni és

mtsai, 2018, *Moutinho és mtsai*, 2021), sőt annak oxidatív stabilitása nőtt a FKL mennyiségével összefüggésben (*Secci és mtsai*, 2019). A rovartartalmú takarmánnyal etetett halak hújának csökkenő lipid peroxidációját okozhatja a kitozán, mint a kitin deacetil formájának antioxidáns aktivitása, amely köztudottan csökkenti a haltermékek lipidtartalmának oxidációját (*Ojagh és mtsai*, 2010). Az atlanti lazac esetében ugyanakkor 100% halliszt helyettesítés mellett már enyhe avasodás volt megfigyelhető a nyers és főzött halhúsnál egyaránt (*Belghit és mtsai*, 2019).

Az élelmiszerek megítélését nagyban befolyásolja a fogyasztók tájékoztatása az előállított hús származásáról, valamint az állatok tenyésztési körülményeiről. Egy felmérés során vizsgálták a spanyol fogyasztók hozzáállását az akvakultúra termékekhez és ezen keresztül az intenzív akvakultúra környezeti terhelésének kérdéséhez, valamint a rovarfehérjék, mint potenciális fehérjeforrások használatáról a haltakarmányokban (*Ferrer Llagostera és mtsai*, 2019). Megállapították, hogy míg széles fogyasztói réteg elfogadja a fenntartható élelmiszertermelést, a környezetet kímélő technológiák és alapanyagok használatát, addig vásárláskor elsősorban a minőséget és a termék árát helyezi előtérbe. A cikk szerzői kiemelik, ahhoz, hogy a rovarok hasznosítását a halak takarmányozásában népszerűsíteni tudjuk marketing tevékenységre és további húsminőségi vizsgálatokra lesz szükség. Erre elsősorban európai viszonylatban van igény, mivel itt kevésbé van hagyománya a rovarok élelmiszerként és takarmányként történő hasznosításának.

KONKLÚZIÓ

A FKL termelése és hasznosítása jelentősen növekedni fog a közeljövőben és potenciális fehérjeforrásként jelenik meg az állatok takarmányozásában. Ehhez mindenképpen szükséges a 2017-ben érvénybe lépett EU-s jogszabályban a halak számára engedélyezett rovarfélék kiterjesztése egyéb haszonállatok takarmányozására is. A FKL lárvája különlegessége, hogy gazdag antimikrobiális hatású laurinsavban, valamint immunmodulátor hatású kitint tartalmaz. Az összefoglalóban áttekintett szakirodalmi adatok tükrében kijelenthető, hogy a halfajok nagy részénél a FKL alkalmas volt 25-50% halliszt helyettesítésre a termelési mutatók és a takarmány hasznosítás változása nélkül. Néhány esetben még az 50% feletti, vagy akár 100% halliszt kiváltás sem rontotta a termelési mutatókat. A halak szervezetében a laurinsav jelentős dúsulásával és az omega-3-zsírsavak csökkenésével lehet számolni a FKL lárvája etetésekor. A FKL lárvája a vizsgálatok döntő többségében nem befolyásolta jelentősen a halhús minőségét és nem rontotta a fogyasztói értékelést sem. Ugyanakkor széleskörű társadalmi marketing tevékenységre van szükség a rovartermelési lánc biztonságát és fenntarthatóságát illetően, mely a vásárlási szokások átalakulását kedvezően befolyásolhatja.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kézirat megírását a Tématerületi Kiválósági Program 2020 (2020-4.1.1-TKP2020) TKP2020-NKA-24 számú pályázata támogatta.

IRODALOMJEGYZÉK

- Adeoye, A. A. - Akegbejo-Samsons, Y. - Fawole, F. J. - Davies, S. J. (2020). Preliminary assessment of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larval meal in the diet of African catfish (*Clarias gariepinus*): Impact on growth, body index, and hematological parameters. J. World Aquac. Soc., 51. 1024–1033.
- Abdel-Tawwab, M. - Khalil, R. H. - Metwally, A. A. - Shakweer, M. S. - Khallaf, M. A. - Abdel-Latif, H. M. R. (2020): Effects of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal on growth performance, organs-somatic indices, body composition, and hemato-biochemical variables of European sea bass, *Dicentrarchus labrax*. Aquaculture, 522. 735136.
- Barragan-Fonseca, K. B. - Dicke, M. - van Loon J. J. A. (2017): Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed – a review. J. Insects as Food Feed, 3. 105-120.
- Belghit, I. - Waagbø, R. - Lock, E. J. - Liland, N. S. (2019): Insect-based diets high in lauric acid reduce liver lipids in freshwater Atlantic salmon. Aquac. Nutr., 25. 343-357.
- Belghit, I. - Liland, N. S. - Gjesdal, P. - Biancarosa, I. - Menchetti, E. - Li, Y. - Waagbø, R. - Krogdahl, Å. - Lock, E. J. (2019): Black soldier fly larvae meal can replace fish meal in diets of sea-water phase Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture, 503. 609-619.
- Borgogno, M. - Dinnella, C. - Iaconisi, V. - Fusi, R. - Scarpaleggia, C. - Schiavone, A. - Monteleone, E. - Gasco, L. - Parisi, G. (2017): Inclusion of *Hermetia illucens* larvae meal on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) feed: effect on sensory profile according to static and dynamic evaluations. J. Sci. Food Agric., 97. 3402–3411.
- Bruni, L. - Pastorelli, R. - Viti, C. - Gasco, L. - Parisi, G. (2018): Characterisation of the intestinal microbial communities of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with *Hermetia illucens* (black soldier fly) partially defatted larva meal as partial dietary protein source. Aquaculture, 487. 56-63.
- Bruni, L. - Randazzo, B. - Cardinaletti, G. - Zarantoniello, M. - Mina, F. - Secci, G. - Tulli, F. - Olivotto, I. - Parisi, G. (2020): Dietary inclusion of full-fat *Hermetia illucens* prepupae meal in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Lipid metabolism and fillet quality investigations. Aquaculture, 529. 735678.
- Caimi, C. - Renna, M. - Lussiana, C. - Bonaldo, A. - Gariglio, M. - Meneguz, M. - Dabbou, S. - Schiavone, A. - Gai, F. - Elia, A. C. - Prearo, M. - Gasco, L. (2020): First insights on Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal dietary administration in Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt) juveniles. Aquaculture, 515. 734539.
- Cardinaletti, G. - Randazzo, B. - Messina, M. - Zarantoniello, M. - Giorgini, E. - Zimbelli, A. - Bruni, L. - Parisi, G. - Olivotto, I. - Tulli, F. (2019): Effects of graded dietary inclusion level of full-fat *hermetia illucens* prepupae meal in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Animals, 9. 251.
- Devic, E. - Leschen, W. - Murray, F. - Little, D. C. (2017): Growth performance, feed utilization and body composition of advanced nursing Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets containing Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae meal. Aquac. Nutr., 24. 416-423.
- Dietz, C. - Liebert, F. (2018): Does graded substitution of soy protein concentrate by an insect meal respond on growth and N-utilization in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)? Aquac. Rep., 12. 43-48.
- Dumas, A. - Raggi, T. - Barkhouse, J. - Lewis, E. - Weltzien, E. (2018): The oil fraction and partially defatted meal of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) affect differently growth performance, feed efficiency, nutrient deposition, blood glucose and lipid digestibility of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 492. 24–34.
- Elia, A. C. - Capucchio, M. T. - Caldaroni, B. - Magara, G. - Dörr, A. J. M. - Biasato, I. - Biasibetti E. - Righetti, M. - Pastorino, P. - Prearo, M. - Gai F. - Schiavone, A. - Gasco L. (2018): Influence of *Hermetia illucens* meal dietary inclusion on the histological traits, gut mucin composition

- and the oxidative stress biomarkers in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 496, 50-57.
- Esteban, M. A. - Cuesta, A. - Ortuño, J. - Meseguer, J. (2001): Immunomodulatory effects of dietary intake of chitin on gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) innate immune system. *Fish Shellfish Immunol.*, 11, 303-315.
- European 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. 2017. http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2017.138.01.0092.01.ENG&toc=OJ:L:2017:138:TOC (accessed on 16 October 2017).
- Fawole, F. J. - Adeoye, A. A. - Tiamiyu, L. O. - Ajala, K. I. - Obadara, S. O. - Ganiyu, I. O. (2020): Substituting fishmeal with *Hermetia illucens* in the diets of African catfish (*Clarias gariepinus*): Effects on growth, nutrient utilization, haemato-physiological response, and oxidative stress biomarker. *Aquaculture*, 518, 734849.
- Ferrer Llagostera, P. - Kallas, Z. - Reig, L. - Amores de Gea, D. (2019): The use of insect meal as a sustainable feeding alternative in aquaculture: Current situation, Spanish consumers' perceptions and willingness to pay. *J. Clean. Prod.*, 229, 10-21.
- Fisher, H. J. - Collins, S. A. - Hanson, C. - Mason, B. - Colombo, S. M. - Anderson, D. M. (2020): Black soldier fly larvae meal as a protein source in low fish meal diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 521, 734978.
- Fontes, T. V. - de Oliveira, K. R. B. - Almeida, I. L. G. - Orlando, T. M. - Rodrigues, P. B. - da Costa, D. V. - E Rosa, P. V. (2019): Digestibility of insect meals for Nile tilapia fingerlings. *Animals*, 9, 181.
- Ghanbari, M. - Kneifel, W. - Domig, K. J. (2015): A new view of the fish gut microbiome: Advances from next-generation sequencing. *Aquaculture*, 448, 464-475.
- Gasco, L. - Gai, F. - Maricchiolo, G. - Genovese, L. - Ragonese, S. - Bottari, T. - Caruso, G. (2018). Feeds for the aquaculture sector current situation and alternative sources. In: Springer Briefs in Molecular Science: Chemistry of Foods. Ed.: Salvatore Parisi. Springer. ISBN 978-3-319-77941-6 (eBook).
- Gasco, L. - Biasato, I. - Dabbou, S. - Schiavone, A. - Gai, F. (2019): Animals fed insect-based diets: State-of-the-art on digestibility, performance and product quality. Review. *Animals*, 9, 170.
- Guerreiro, I. - Serra, C. R. - Coutinho, F. - Couto A. - Castro C. - Rangel, F. - Peres, H. - Pousão Ferreira, P. - Matos, E. - Gasco, L. - Gai, F. - Oliva Teles A. - Enes, P. (2020). Digestive enzyme activity and nutrient digestibility in meagre (*Argyrosomus regius*) fed increasing levels of black soldier fly meal (*Hermetia illucens*). *Aquacult. Nutr.*, 27, 142-152.
- Henry, M. - Gasco, L. - Piccolo, G. - Fountoulaki, E. (2015): Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 203, 1-22.
- International Platform of Insects for Food and Feed (IPIFF). https://ipiff.org/wp-content/uploads/2019/12/2019IPIFF_VisionPaper_updated.pdf
- Huyben, D. - Vidaković, A. - Werner Hallgren, S. - Langeland, M. (2019): High-throughput sequencing of gut microbiota in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed larval and pre-pupae stages of black soldier fly (*Hermetia illucens*). *Aquaculture*, 500, 485-491.
- <https://www.allaboutfeed.net/all-about/new-proteins/insect-meal-allowance-expected-in-2020/>
- Janssen, R. H. - Vincken, J. P. - van den Broek, L. A. - Fogliano, V. - Lakemond, C. M. (2017): Nitrogen-to-protein conversion factors for three edible insects: *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, and *Hermetia illucens*. *J. Agric. Food Chem.*, 65, 2275-2278.
- Józefiak, A. - Nogales-Mérida, S. - Mikołajczak, Z. - Rawski, M. - Kierończyk, B. - Mazurkiewicz, J. (2019): The utilization of full-fat insect meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) nutrition: The effects on growth performance, intestinal microbiota and gastrointestinal tract histomorphology. *Ann. Anim. Sci.*, 19, 747-765.

- Liland, N. S. - Biancarosa, I. - Araujo, P. - Biemans, D. - Bruckner, C. G. - Waagbø, R. - Torstensen, B. E. - Erik-Jan, L. (2017): Modulation of nutrient composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae by feeding seaweed-enriched media. PLoS ONE. 12. e0183188.
- Li, S. - Ji, H. - Zhang, B. - Zhou, J. - Yu, H. (2017): Defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal in diets for juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. *Jian*): Growth performance, antioxidant enzyme activities, digestive enzyme activities, intestine and hepatopancreas histological structure. Aquaculture, 477. 62-70.
- Liu, X. - Chen, X. - Wang, H. - Yang, Q. - ur Rehman, K. - Li, W. - Cai, M. - Li, Q. - Mazza, L. - Zhang, J. - Yu, Z. - Zheng, L. (2017): Dynamic changes of nutrient composition throughout the entire life cycle of black soldier fly. PLoS ONE. 12, e0182601.
- Longvah, T. - Mangthya, K. - Ramulu, P. (2011): Nutrient composition and protein quality evaluation of eri silkworm (*Samia ricinii*) prepupae and pupae. Food Chem., 128. 400-403.
- Lock, E. R. - Arsiwalla, T. - Waagbø, R. (2016): Insect larvae meal as an alternative source of nutrients in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) postsmolt. Aquacult. Nutr., 22. 1202-1213.
- Magalhaes R. - Sanchez-Lopez, A. - Silva Leal, R. - Martinez-Llorens, S. - Oliva-Teles, A. - Peres, H. (2017): Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae meal as a fish meal replacement in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*). Aquaculture, 476. 79-85.
- Mancini, S. - Medina, I. - Iaconisi, V. - Gai, F. - Basto, A. - Parisi, G. (2018): Impact of black soldier fly larva meal on the chemical and nutritional characteristics of rainbow trout filets. Animal, 12. 1672-1681.
- Makkar, H. P. S. - Tran, G. - Heuzé, V. - Ankers, P. (2014): State-of-the-art on use of insects as animal feed. Anim. Feed Sci. Technol., 197. 1-33.
- Mastoraki, M. - Ferrándiz, P. M. - Vardali, S.C. - Kontodimas, D. C. - Kotzamanis, Y. P. - Gasco, L. - Chatzifotis, S. - Antonopoulou, E. (2020): A comparative study on the effect of fish meal substitution with three different insect meals on growth, body composition and metabolism of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). Aquaculture, 528. 735511.
- Matos, E. - Gonçalves, A. - Bandarra, N. - Colen, R. - Nunes, M. L. - Valente, L. M. P. - Dinis, M. T. - Dias, J. (2012): Plant proteins and vegetable oil do not have detrimental effects on post-mortem muscle instrumental texture, sensory properties and nutritional value of gilthead seabream. Aquaculture, 358-359. 205-212.
- Marono, S. - Piccolo, G. - Loponte, R. - Di Meo, C. - Attia, Y.A. - Nizza, A. - Bovera, F. (2015): In vitro crude protein digestibility of *Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens* insect meals and its correlation with chemical composition traits. Ital. J. Anim. Sci., 14. 3889.
- Moutinho, S. - Pedrosa, R. - Magalhães, R. - Oliva-Teles, A. - Parisi, H. - Peres, G. (2021): Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae larvae meal in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles: Effects on liver oxidative status and fillet quality traits during shelf-life. Aquaculture, 533. 736080.
- Nogales-Mérida, S. - Gobbi, P. - Józefiak, D. - Mazurkiewicz, J. - Dudek, K. - Rawski, M. - Kierończyk, B. - Józefiak, A. (2019): Insect meals in fish nutrition. Rev. Aquac., 11. 1080-1103.
- Ojagh, S. M. - Rezaei, M. - Razavi, S. H. - Hosseini, S. M. H. (2010): Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. Food Chem., 120. 193-198.
- Oonincx, D. G. A. B. - Laurent, S. - Veenenbos, M. E. - van Loon, J. A. (2020): Dietary enrichment of edible insects with omega 3 fatty acids. Insect Sci., 27. 500-509.
- Rawski, M. - Mazurkiewicz, J. - Kierończyk, B. - Józefiak, D. (2020): Black soldier fly full-fat larvae meal as an alternative to fish meal and fish oil in Siberian sturgeon nutrition: The effects on physical properties of the feed, animal growth performance, and feed acceptance and utilization. Animals, 10. 2119.

- Renna, M. - Schiavone, A. - Gai, F. - Dabbou, S. - Lussiana, C. - Malfatto, V. - Prearo, M. - Capucchio, M.T. - Biasato, I. - Biasibetti, E. - De Marco, M. - Brugiapaglia, A. - Zoccarato, I. - Gasco L. (2017): Evaluation of the suitability of a partially defatted black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal as ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) diets. J. Anim. Sci. Biotech., 8. 57-70
- Reyes, M. - Rodríguez, M. - Montes, J. - Barroso, F.G. - Fabrikov, D. - Morote, E. - Sánchez-Muros, M. J. (2020): Nutritional and growth effect of insect meal inclusion on seabass (*Dicentrarchus labrax*) feeds. Fishes, 5. 16. doi:10.3390/fishes5020016
- Rimoldi, S. - Gini, E. - Iannini, F. - Gasco, L. - Terova, G. (2019): The effects of dietary insect meal from *Hermetia illucens* prepupae on autochthonous gut microbiota of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Animals, 9. 143.
- Ringø, E. - Zhou, Z. - Olsen, R. E. - Song, S. K. (2012): Use of chitin and krill in aquaculture – the effect on gut microbiota and the immune system: a review. Aquacult. Nutr., 18. 117-131.
- Sándor, J. Zs. - Banjac, V. - Kugyela, N. - Biró, N. J. - Káldy, J. - Kisbocskói, A. N. (2020): Különböző rovarfélék emészthetőségi együtthatói afrikai harcsa esetében. Halászatfejlesztés, 37. 87-89.
- Sealey, W. M. - Gaylord, T. G. - Barrows, F. T. - Tomberlin, J. K. - McGuire, M. A. - Ross, C. - St-Hilaire, S. (2011): Sensory analysis of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed enriched black soldier fly prepupae (*Hermetia illucens*). J. World Aquacult. Soc., 42. 34–45.
- Secchi, G. - Mancini, S. - Iaconisi, V. - Gasco, L. - Basto, A. - Parisi, G. (2019): Can the inclusion of black soldier fly (*Hermetia illucens*) in diet affect the flesh quality/nutritional traits of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) after freezing and cooking? Int. J. Food Sci. Nutr., 70. 161–171.
- Song, S. G. - Chi, S. Y. - Tan, B. P. - Liang, G. L. - Lu, B. Q. - Dong, X. H. - Yang, Q. H. - Liu, H. Y. - Zhang, S. (2018): Effects of fishmeal replacement by *Tenebrio molitor* meal on growth performance, antioxidant enzyme activities and disease resistance of the juvenile pearl gentian grouper (*Epinephelus lanceolatus* ♂ × *Epinephelus fuscoguttatus* ♀). Aquacult. Res., 49. 2210–2217.
- Sprangers, T. - Ottoboni, M. - Klootwijk, C. - Ovyn, A. - Deboosere, S. - Meulenaer, B. De - Michiels, J. - Eeckhout, M. - Clercq, P. De - Smet, S. De. (2016): Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. J. Sci. Food Agri., 97. 2594–2600.
- Stadtlander, T. - Stamer, A. - Buser, A. - Wohlfahrt, J. - Leiber, F. - Sandrock, C. (2017): *Hermetia illucens* meal as fish meal replacement for rainbow trout on farm. J. Insect Food Feed, 3. 165–175.
- Tanaka, Y. - Tanioka, S. - Tanaka, M. - Tanigawa, T. - Kitamura, Y. - Minami, S. - Okamoto, Y. - Mmiyashita, M. - Nanno, M. (1997): Effects of chitin and chitosan particles on BALB/c 818 mice by oral and parenteral administration. Biomaterials, 8. 591-595.
- Tomberlin, J. K. - Sheppard, D. C. - Joyce, J. A. (2002): "Selected life-history traits of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) reared on three artificial diets". Ann. Entomol. Soc. Am., 95. 379–386.
- Turchini, G. M. - Mentati, T. - Caprino, F. - Panseri, S. - Moretti, V. M. - Valre, F. (2003): Effects of dietary lipid sources on flavour volatile compounds of brown trout (*Salmo trutta* L.) fillet. J. Appl. Ichthyol., 20. 71–75.
- Van Huis, A. - Tomberlin, J. K. (eds) (2017): Insects as food and feed: from production to consumption. Wageningen Academic Press, 447. The Netherlands. ISBN 9789086868490
- Wang, G. - Peng, K. - Hu, J. - Yib, C. - Chen, X. - Wu, H. - Huang, Y. (2019): Evaluation of defatted black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal as an alternative protein ingredient for juvenile Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*) diets. Aquaculture, 507. 144-154.
- Xiao, X. - Jin, P. - Zheng, L. - Caim, M. - Yu, Z. - Yu, J. - Zhang, J. (2018): Effects of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal protein as a fishmeal replacement on the growth and immune index of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*). Aquacult. Res., 49. 1569-1577.
- Xu, X. - Ji, H. - Belghit, I. - Sun, J. (2020): Black soldier fly larvae as a better lipid source than yellow mealworm or silkworm oils for juvenile mirror carp (*Cyprinus carpio* var. *specularis*). Aquaculture, 527. 735453.

- Xu, X. - Ji, H. - Belghit, I. - Liland, N. S. - Wu, W. - Li, X. (2021): Effects of black soldier fly oil rich in n-3 HUFA on growth performance, metabolism and health response of juvenile mirror carp (*Cyprinus carpio* var. *specularis*). *Aquaculture*, 533. 736144.
- Yi, H. Y. - Chowdhury, M. - Huang, Y. D. - Yu, X. Q. (2014): Insect antimicrobial peptides and their applications. *Appl Microbiol. Biotech.*, 98. 5807-5822.
- Zhou, J. S. - Liu, S. S. - Ji, H. - Yu, H. B. (2018): Effect of replacing dietary fish meal with black soldier fly larva meal on growth and fatty acid composition of Jian carp (*Cyprinus carpio* var. *Jian*). *Aquacult. Nutr.*, 24. 424–433.
- ([http_1](http_1https://www.allaboutfeed.net/all-about/new-proteins/insect-meal-allowance-expected-in-2020))<https://www.allaboutfeed.net/all-about/new-proteins/insect-meal-allowance-expected-in-2020>

Érkezett: 2021. január

Szerzők címe: Hetényi N. – Bersényi A.

Állatorvostudományi Egyetem
Állattenyésztési, Takarmányozástani és Laborállat-tudományi Intézet
Takarmányozástani és Klinikai Dietetikai Tanszék

Authors' address: Institute of Animal Breeding, Nutrition and Laboratory Animal Science,
Department for Animal Nutrition and Clinical Dietetics
H-1078 Budapest, István u. 2.
hetenyi.nikoletta@univet.hu

Nagyné Bíró J. – Jakabné Sándor Zs.
Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem
Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet
Halászati Kutatóközpont
Hungarian University of Agriculture and Life Sciences
Institute of Aquaculture and Environmental Safety
Research Center of Fisheries and Aquaculture
H-5540 Szarvas, Anna-liget u. 35.

Köszönjük az alább felsorolt kollegáinknak, hogy a 2021-ben megjelent kéziratok lelkiismeretes bírálatával hozzájárultak folyóiratunk tudományos színvonalának megőrzéséhez:

Áprily Szilvia, Bázár György, Bene Szabolcs, Benk Ákos, Bodó Szilárd, Bor-
ka György, Egerszegi István, Gáspárdy András, Húth Balázs, Jakabné Sán-
dor Zsuzsanna, Jurkovich Viktor, Kovácsné Gaál Katalin, Kucska Balázs,
Liptói Krisztina, Mézes Miklós, Milisits Gábor, Milisits Németh Tímea, Nagy
Szabolcs, Olasz Ferenc, Pál László, Szabó András, Tóth Tamás, Zsédely
Eszter