

A ROVARFEHÉRJE, MINT A FEHÉRJEELLÁTÁS ÚJ ALTERNATÍVÁJA

MÉZES MIKLÓS

ÖSSZEFOGLALÁS

Az egyre növekvő számú, és genetikai potenciállal rendelkező, gazdasági állatok fehérjeigényének kielégítése világszerte a takarmányozás egyik kritikus problémája. A hagyományos fehérjeforrások, mint a szójadara vagy a halliszt napjainkban egyre kevésbé képesek kielégíteni a növekvő szükségletet. Emiatt egyre nagyobb az igény alternatív fehérjeforrásokra, mint amilyen például a rovarfehérje. Ennek alkalmazása jelenleg az Európai Unióban szigorúan szabályozott, a világ más országaiban azonban általánosan elterjedt a rovarfehérje alkalmazása. A rovarokból és lárvákból történő fehérje előállítás megfelel a fenntartható fejlődés által támasztott igényeknek, mert kis területen, nagyrészt szerves hulladék felhasználásával, nagy mennyiségű és kiváló biológiai értékű fehérje állítható elő. Az összefoglaló közleményben a jelenleg ipari méretekben is előállított fekete katonalégy, házi légy, közönséges lisztbogár, alombogár, házi tücsök, selyemhernyó és a vörössáska lárvájának nyersfehérje és aminosav tartalmát mutatom be. A rovarfehérje alkalmazása főképp a monogasztrikus állatok takarmányozásában lehet alternatíva, ugyanis a rovarlisztek nyersfehérje és esszenciális aminosav tartalma a szójadara vagy a halliszt akár teljes kiváltását is lehetővé teszi, a termelési paraméterek csökkentése nélkül.

SUMMARY

Mézes, M.: INSECT PROTEIN AS NEW ALTERNATIVE OF PROTEIN SUPPLY

Demand of the protein requirement of the continuously increase of farm animal population with higher genetic merit became one of the critical problem in nutrition, worldwide. Traditional protein sources, such as soybean meal or fishmeal, cannot demand such much higher requirement. For that reason, there is more requirement for alternative protein sources, such as insect protein. Use of insect protein in farm animal nutrition strictly regulated in the European Union, but in other countries, it is a general practice. Protein production from insects and their larvae meet all of the criteria of sustainable development because high quantity and good quality protein can be produce in a small territory by using mainly organic waste. The present review discuss about the crude protein and amino acid content of those insect larvae, namely black soldier fly, housefly, common mealworm, yellow mealworm, house cricket, silkworm and red locust, which are produce at industrial scale, recently. Insect protein can be alternative mainly in monogastric animal nutrition, because crude protein and amino acid content is optimal for the replacement of soybean meal or fishmeal, even completely, without measurable changes of production traits.

BEVEZETÉS

A növényi eredetű fehérjeforrásoknak a globális klímaváltozás következtében változó terméseredményei (McLeod, 2011), a genetikailag módosított növényekkel szembeni aggályok (Karuga, 2017), valamint az egyre nagyobb létszámú és genetikai képességgel rendelkező állatállományok növekvő fehérje igénye miatt a világon folyamatosan keresik azokat a lehetőségeket, amelyek segítségével az egyre nagyobb mennyiségű fehérje szükséglet folyamatosan, biztonságosan és kedvező áron kielégíthető. Ennek érdekében olyan, korábban nem, vagy csak mérsékelten, és csak egyes országokban alkalmazott, fehérjeforrásokat is igyekeznek bevonni a gazdasági állatok, ezek közül elsősorban a monogasztrikus állatok, takarmányozásába, amelyek felhasználásával a fehérjehiány csökkenthető. A növényi eredetű fehérjeforrások mellett a halliszt mennyisége is folyamatosan csökken, ára emiatt emelkedik (FAO, 2014).

A lehetséges alternatív fehérjeforrások között napjainkban elterjedőben van a rovarfehérje. A rovarokkal, rovarok lárváival, történő fehérje előállítás mértékben megfelel a fenntartható fejlődéssel szemben támasztott követelményeknek. A kiemelkedően nagy hatékonysággal rovarfehérjét biztosító lisztukac nevelése során például átlagosan 1 kg fehérje állítható elő 1,7 kg szerves hulladék felhasználásával mindössze 1 m² területen (Van Huis és mtsai, 2013), általánosságban is elmondható, hogy 1 kg rovar biomassza előállításához mindössze 2 kg takarmány biomassza szükséges (Collavo és mtsai, 2005). A rovarfehérjék takarmányozási célú felhasználásával napjainkban a világ számos országában már kiterjedten foglalkoznak (Makkar és mtsai, 2014), a hazai kutatások azonban még csak nemrégiben kezdődtek meg és a gyakorlati alkalmazás is csak kísérleti szinten van. Az I. Magyar Rovaripari Konferencián is a rovarokkal elsősorban, mint új élelmiszerekkel foglalkoztak és csak másodsorban, mint lehetséges takarmány alapanyagokkal, amelyről egy részletes összefoglaló tanulmány is tanúskodik (Popp és mtsai, 2018).

A ROVARFEHÉRJE FELHASZNÁLÁSÁNAK SZABÁLYOZÁSA

A rovarok és azok lárváinak takarmányként való felhasználását az Európai Unió jelenleg csak a társállatok, valamint a halak esetében engedélyezte, ugyanakkor az azokból kinyert fehérje, fehérje hidrolizátum (molekulasúly: < 10.000 dalton) formájában, minden gazdasági állat számára engedélyezett (2017/893/EU rendelet). Egyes, takarmányként felhasználható rovarok részletes toxikológiai vizsgálata alapján az EFSA (2015) az alábbi fajokat minősítette biztonságosnak egyrészt közvetlen felhasználásra, illetve fehérje kinyerés céljából: fekete katonalégy (*Hermetia illucens*), házi légy (*Musca domestica*), közönséges lisztbogár (*Tenebrio molitor*), alombogár (*Alphitobius diaperinus*), házi tücsök (*Acheta domesticus*), csíkos tücsök (*Gryllodes sigillatus*), földi tücsök (*Gryllus assimilis*).

Az Európai Unión kívüli országokban ezek mellett számos más rovarfaj és azok lárvái is felhasználásra kerülnek a gazdasági állatok takarmányozásában. Így például a selyemhernyó (*Bombyx mori*), amelyből csak Kínában évente körülbelül 150.000 tonnát termelnek, vagy a sáskák, amelyek közül takarmányozási célra főképp a vörös sáskát (*Nomadacris septemfasciata*) használják Afrikában és Ázsiában.

A felsorolt rovarok és rovarlárvák a szójadarával vagy a hallisztel összevethető, jelentős mennyiségű, nyersfehérjét tartalmaznak (1. táblázat).

1. táblázat

Egyes takarmányozási célra alkalmazott rovarlárvák nyersfehérje tartalma

Rovar (1)	Nyersfehérje tartalom (2) (%)	Hivatkozás (3)
Fekete katonalégy (4)	42 40,88	Wang és Shelomi (2017) Cullere és mtsai (2016)
Házilégy (5)	42-62	Awoniyi és mtsai (2003)
Közönséges lisztbogár (6)	53,4	Veldkamp és mtsai (2012)
Alombogár (7)	67,9	Veldkamp és mtsai (2012)
Házitücsök (8)	62	DeFoliart és mtsai (1987)
Selyemhernyó (9)	46,7 63,3 50-60	Yaowang (1989) Wijayasingh és Rajaguru (1977) Hertrampf és Piedad- Pasual (2000)
Vörös sáska (10)	50-65	Esmail (2017)

Table 1. Crude protein content of some insect larvae used in animal nutrition

insect/insect larvae (1); crude protein content (2); reference (3); black soldier fly larvae (4); housefly larvae (5); yellow mealworm (6); lesser mealworm (7); house cricket larvae (8); silkworm (9); red locust larvae (10)

A rovarok és rovarlárvák nyersfehérje tartalmának értékelése során azonban tekintetbe kell venni azt a tényt is, hogy amennyiben nitrogén alapon történik a nyersfehérje tartalom kiszámítása a hagyományos $N \times 6,25$ értékkel, akkor ez felülértékeli a rovar vagy rovarlárva nyersfehérje tartalmát, mivel nem veszi tekintetbe a kitin nitrogén tartalmát. A rovarok egyedfejlődése során ugyanis a kutikula réteg fehérjeinek szabad funkció csoportjai kapcsolódnak a kitin szálakhoz (Hopkins és Kramer, 1992), így az állatok számára a fehérje ezen része nem emészthető. Ennek a problémának a kiküszöbölésére számos nitrogén-fehérje faktort javasoltak, amelyek közül a legújabb $N \times 4,76$ értékben határozta meg a nitrogén-fehérje konverziós faktort három, elterjedten alkalmazott rovarlárvával, fekete katonalégy, házi légy és közönséges lisztbogár, végzett mérési eredmények alapján (Janssen és mtsai, 2017). Egy másik lehetőség az emészthető nyersfehérje, illetve emészthető valódi fehérje mennyiségének meghatározása, amely azért tekinthető megfelelőnek, mert a kitin nitrogén tartalma az egyes rovarfajok, valamint fejlődési stádiumok között rendkívül nagy eltéréseket mutat (Jonas-Levi és Itzhak Martinez, 2017)

A rovarok és rovarlárvák felhasználása során számos aggály merült fel azzal kapcsolatban merültek fel, hogy lehetséges mikroorganizmus vektorok lehetnek. A rovarok vagy rovarlárvák állatokra vagy az emberre nézve veszélyes rovar-specifikus mikroorganizmusokkal természetesen fertőzöttek lehetnek, de ezek a nagyfokú szövet specifikitása miatt nem jelentenek tényleges veszélyt sem a gazdasági állatok, sem az állati terméket fogyasztó ember számára (Eilenberg és mtsai, 2015). A fekete katonalégy lárvában feltételezték, hogy antimikrobiális

vegyületeket tartalmaz (Newton és mtsai, 2008), ilyen hatású peptideket később sikerült is izolálni (Elhag és mtsai, 2014). Azzal viszont számolni lehet, hogy a rovarok vagy rovarlárvák testfelületén a takarmányozásukra felhasznált anyagokból származó állati vagy humán patogén mikroorganizmusok lehetnek jelen, emiatt akár ezek vektorhordozói is lehetnek (Graczyk és mtsai, 2005). Ez azonban megfelelő feldolgozási technológia - így például hőkezelés, szárítás, UV besugárzás, nagy energiájú mikrohullámú kezelés, pasztörizálás vagy savanyítás - alkalmazásával minimálisra csökkenthető (Klunder és mtsai, 2012; Schlüter és mtsai, 2017). A rovarlárvák nyersfehérje, zsír és kitin tartalma azonban jelentős mértékben befolyásolhatja az alkalmazott feldolgozási technológia hatékonyságát (Nowak és mtsai, 2015). A rovarliszt mikrobiológiai biztonságának fenntartása érdekében a feldolgozás során emiatt olyan lépéseket is szükséges beiktatni, amelyekkel a kevésbé hőérzékeny, azaz az adott technológiának ellenálló, mikroorganizmusok is biztonságosan eliminálhatók (Schlüter és mtsai, 2017).

A ROVAROK ÉS ROVARLÁRVÁK TARTÁSA ÉS TAKARMÁNYOZÁSA

A takarmányozási célra felhasznált rovarok tartása és takarmányozása az Európai Unió szabályai alapján meg kell, hogy feleljen a vonatkozó rendelkezéseknek (1069/2009/EU rendelet). A legújabb EU rendelkezés (2017/893/EU rendelet) szerint, a rovarok és rovarlárvák takarmányozására csak bizonyos állati eredetű takarmányok használhatók fel. Ezek közé tartozik a halliszt, a nem kérődző állatokból származó vérképzőanyagok, az állati eredetű di- és trikálcium foszfát, a nem kérődző állatokból származó hidrolizált fehérje, a nem kérődző állatokból származó zselatin és kollagén, a tojás és tojás termékek, a tej, tej alapú és tej feldolgozásából származó termékek, valamint a kolosztrom, a méz és a vegyes állati zsír.

A rendelet értelmében viszont a szerves trágya, mint állati eredetű takarmány, használata tilos, amellyel kapcsolatban viszont érdekes adalék, hogy egy, a FAO által támogatott és a súlyos fehérjehiány csökkentésére irányuló projekt célja egyes afrikai országokban éppen a baromfitrágya „újrahasznosítása”, azaz takarmányozási célra felhasználható rovarlárvák nevelési technológiájának baromfitrágyán, mint takarmányon, alapuló kialakítása.

Tekintettel kell azonban lenni arra, hogy a rovarlárvák, amennyiben azokat baromfi trágyán nevelik, hordozói lehetnek egyes patogén baktériumoknak, így például a Salmonella-nak. A takarmányozási célú felhasználás előtt a Salmonella hőkezeléssel ugyan elpusztítható, de a rovarlárvák általában nagy zsírtartalma miatt ilyen esetben fennáll az avasodás veszélye. Ez a probléma a lárvák zsírmintesítésével csökkenthető, így a termék, azaz a rovarliszt, eltarthatóságának ideje is meghosszabbodik.

A zsírmintesítésnek, mint technológiai eljárásnak, emellett egyéb kedvező hatása is van, ennek révén ugyanis nő a rovarliszt nyersfehérje és aminosav tartalma (2. táblázat).

A rovarok vagy rovarlárvák takarmányozására felhasznált anyagoknak hatása van az előállított rovarliszt táplálóanyag, ezen belül nyersfehérje, tartalmára is (Oonincx és mtsai, 2015), amelyet a fekete katonalégy példáján az alábbi táblázatban mutatok be (3. táblázat).

2. táblázat

**Száritott és zsírmentesített fekete katonalégylárva nyersfehérje és aminosav tartalma
(Cullere és mtsai, 2016 nyomán)**

Fehérje/aminosav (1) (%)	Száritott lárva (2)	Zsírmentesített lárva (3)
Nyersfehérje (4)	40,88	60,69
Lizin (5)	1,93	2,96
Metionin (6)	0,49	0,72
Cisztein (7)	0,31	0,47
Treonin (8)	1,37	2,01
Triptofán (9)	0,45	0,71

Table 2. Crude protein and amino acid content of dry and defatted black soldier fly larvae (after Cullere et al., 2016)

crude protein/amino acid content (1); dry larvae (2); defatted larvae (3); crude protein (4); lysine (5); methionine (6); cysteine (7); threonine (8); tryptophan (9)

3. táblázat

Különböző takarmányokon nevelt fekete katonalégylárva nyersfehérje tartalma

Takarmány (1)	Nyersfehérje tartalom (2) (%)	Hivatkozás (3)
Baromfitakarmány (3)	37,86	Diener és mtsai (2009)
Gyümölcs hulladék (4)	37,8	Mutafela (2015)
Zöldség hulladék (5)	39,9	Sprangers és mtsai (2017)
Baromfi trágya (6)	37,9	Arango Gutiérrez és mtsai (2004)

Table 3. Crude protein content of black soldier fly larva meal, fed different diets

feed (1); crude protein content (2); reference (3); poultry feed (4); fruit waste (5); vegetable waste (6); poultry manure (7)

A SZÓJADARA KIVÁLTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI ROVARFEHÉRJÉVEL

A gazdasági állatok, ezen belül különösen a monogasztrikus fajok, takarmányozásában fő fehérjeforrás az extrahált szójadara. Ennek ismeretében a rovarliszt takarmányozási értékét is annak alapján lehet értékelni, ha a szójadara kiváltási értékét tekintjük, de egyúttal tekintetbe véve a termelési paraméterek alakulását is. Az értékelés során azonban tekintetbe kell venni nem csupán a szójadara és az egyes rovarokból előállított rovarlisztek nyersfehérje, de azok aminosav tartalmát is. A szójadara átlagos aminosav tartalmát tekintetbe véve a legfontosabb esszenciális aminosavak mennyisége az egyes rovarlisztekénél eltérő, amely a 4. táblázatban látható. A fekete katonalégylárvájának aminosav tartalmát Cullere és mtsai (2016), a liszt kukacét Ramos-Elorduy és mtsai (2002), a házitücsökét DeFoliart és mtsai (1987), a házilégylet pedig Aniebo és mtsai (2008) által közölt adatok alapján mutatom be.

4. táblázat

Néhány rovarlárva és a szójadara fontosabb esszenciális aminosav tartalma

Aminosav (1)	Fekete katonalégy (2)	Lisztukac (3)	Házitücsök (4)	Házilégy (5)	Szójadara (6)
Lizin (7)	1,93	3,89	3,48	6,04	2,62
Metionin (8)	0,49	0,81	0,93	2,28	0,52
Treonin (9)	1,37	2,64	3,05	2,03	1,66
Triptofán (10)	0,45	0,76	0,38	0,41	0,65

Table 4. Essential amino acid content of some insect larvae and soybean meal

amino acid (1); black soldier fly (2); yellow mealworm (3); house cricket (4); housefly (5); soybean meal (6)

Az eredmények alapján kijelenthető, hogy a legtöbb takarmányozásra javasolt rovarfaj aminosav tartalma nem csupán eléri, de általában esetben meg is haladja a szójadara aminosav tartalmát, ami azt jelenti, hogy monogasztrikus állatok takarmányozásában rovarfehérjével a szójadara részben, vagy akár teljes mértékben kiváltható.

A fekete katonalégy lárvája kiváló fehérjeforrás, baromfi takarmányokban való alkalmazása során azonban tekintetbe kell venni, hogy az aminosavak látszólagos ileális emészthetősége csak 68% (De Marco és mstai, 2015). Fekete katonalégy lárvájával az extrahált szójadara átlagosan 25%-a váltható ki, a termelési paraméterek csökkenése nélkül (Cullere és mtsai, 2016). Tojótücsöknél ugyanakkor a szójapogácsa akár teljes mértékben kiváltható a tojástermelés csökkenése nélkül (Maurer és mtsai, 2016), míg a szójadara teljes mértékű kiváltása esetén már csökkent takarmányfelvételt és emiatt a tojástermelés csökkenését tapasztalták (Marono és mtsai, 2017). Sertéseknél, különösen malacoknál, is felhasználható alternatív fehérjeforrásként, de a nagy kitartalmú kutikula réteget szükséges eltávolítani a felhasználás előtt (Newton és mtsai, 1977), ugyanis ennek hatására, különösen akkor, ha nagy mennyiségben (33%) alkalmazzák, szignifikáns mértékben csökken a takarmány szárazanyag tartalmának látszólagos emészthetősége.

A közönséges lisztbogár lárváját, azaz a lisztukacot, amely a fehérjeforrásként javasolt rovarok közül a leginkább hatékonyan hasznosítja a szerves hulladékokat, a baromfi takarmányokban átlagosan 10% mennyiségben javasolják alkalmazni, amellyel a szükséges 19% nyersfehérje tartalom biztosítható, az extrahált szójadara teljes mértékű kiváltása mellett. Aminosavainak látszólagos ileális emészthetősége is kiváló, 86%, így alkalmazásával a szójadarát hatékonyan lehet helyettesíteni (De Marco és mtsai, 2015). Egyes vizsgálatok eredményei szerint brojlercsirkék takarmányában akár 25% mennyiségben is alkalmazható (Schiavone és mtsai, 2014), anélkül, hogy ez takarmány visszautasítást, vagy a termelési paraméterek csökkenését idézte volna elő. Alkalmazása során ugyanakkor metionin kiegészítés szükséges, mert a lisztbogár lárvá fehérje metionin tartalma nem fedezi a baromfi szükségletét (Ramos-Elorduy és mtsai, 2002).

A házi tücsök is kiváló alternatív fehérje forrás, mert szárítva átlagosan 62% nyersfehérjét tartalmaz. Baromfi takarmányokban alkalmazva megállapították, hogy az esszenciális aminosavak közül triptofánban és metioninban hiányos,

amelynek kiegészítése javasolható a termelési eredmények fenntartása érdekében, különösen akkor, ha a szójadara teljes mennyiségét kiváltják a házi tücsök lárvájából készített rovarliszttel (*DeFoliart és mtsai*, 1987).

Brojler nevelés során 15% mennyiségben javasolták a termelési paraméterek szinten tartása érdekében (*Wang és mtsai*, 2005), ugyanakkor egyes vizsgálatok során még 28% bekeverési arány esetén sem rontotta a termelési paramétereket (*Finke és mtsai*, 1985).

A házi légy lárvája a tartástechnológiától és a takarmányozásra felhasznált szerves hulladéktól függően 42-62% fehérje tartalommal rendelkezik, amelynek aminosav összetétele kiváló és az aminosavak látszólagos emészthetősége is rendkívül jó, 91% (*Pretorius*, 2011). Erre vezethető vissza, hogy a baromfi takarmányához 10-15% mennyiségben adagolva, 50% szójadara kiváltása mellett, a termelési paramétereken belül a takarmányértékesítést is javította (*Hwangbo és mtsai*, 2009). Választott malacoknál 10% mennyiségben adagolva a takarmányhoz a szójadara egyidejű kiváltása mellett, nem csökkentette a termelési paramétereket (*Viroje és Malin*, 1989).

A selyemhernyó nyersfehérje tartalma a tartástechnológiától, a takarmányozástól és a feldolgozástól függően 47-63%, amely zsírintesítéssel akár 80%-ra is növelhető. Emiatt akár zsírintesített, akár teljes zsírtartalmú formában baromfi takarmányokhoz keverve a szójadara akár teljes mértékben kiváltható, azonos termelési paraméterek, sőt a takarmányértékesítés javulása mellett (*Khan és mtsai*, 2016). Sertéstakarmányozásban ritkán alkalmazzák, mert íze miatt a sertés nem kedveli, bár lizin tartalma miatt kiváló takarmány alapanyag lenne (*Coll, és mtsai*, 1992). A selyemhernyó nyersfehérje monogasztrikus állatok mellett kérődzőkben is kiválóan hasznosítható, ugyanis a fehérje bendőben le nem bomló, by-pass hányada rendkívül magas, közel 80%, ugyanakkor a fehérje vékonybélben történő emészthetősége csak közepes, 53%, viszont kiváló metionin forrás (*Ioselevich és mtsai*, 2004).

A sáska takarmányozási célú felhasználását már a múlt század közepén javasolták a baromfi hizlalásban (*Frona*, 1935), Afrika és Ázsia számos országában pedig azóta is folyamatosan használják ilyen célra (*Gibril*, 1997), a lárvájából készített rovarliszt ugyanis kedvező aminosav összetétel mellett 50-65% nyersfehérje tartalommal rendelkezik. Intenzív brojlercsirke nevelési rendszerekben is kiváltható a szójadara 20-40%-a a termelési paraméterek csökkenése nélkül (*Esmail*, 2017). Sertések takarmányozásában ugyanakkor nem terjedt el, mert korábbi adatok szerint hízosertéseknél a húsnak kellemetlen hal ízt kölcsönöz (*Hemsted*, 1947).

A publikáció elkészítését a EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

IRODALOMJEGYZÉK

- 1069/2009 EU rendelet: Az Európai Parlament és a Tanács 1069/2009/EK rendelete (2009. október 21.) a nem emberi fogyasztásra szánt állati melléktermékekre és a belőlük származó termékekre vonatkozó egészségügyi szabályok megállapításáról és az 1774/2002/EK rendelet hatályon kívül helyezéséről (állati melléktermékekre vonatkozó rendelet). EU Hiv. Lapja, L 300/1
- 2017/893 EU rendelet: A Bizottság (EU) 2017/893 rendelete (2017. május 24.) a 99/2001/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet I. és IV. mellékletének, valamint a 142/2011/EU bizottsági rendelet X., XIV. és XV. mellékletének a feldolgozott állati fehérjére vonatkozó rendelkezések tekintetében történő módosításáról. EU Hiv. Lapja L 138/92
- Aniebo, A.O. – Erondy, E.S. - Owen, O.J. (2008): Proximate composition of housefly larvae (*Musca domestica*) meal generated from mixture of cattle blood and wheat bran. *Livest. Res. Rural Developm.* 20. 205-206.
- Arango Gutiérrez, G.P. - Vergara Ruiz, R.A. - Mejía Vélez, H. (2004): Compositional, microbiological and protein digestibility analysis of the larva meal of *Hermetia illucens* L. (diptera: Stratiomyidae) at Angelópolis-Antioquia, Colombia. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*, 57. 2491–2500.
- Awoniyi, T.A.M.- Aletor, V.A.-Aina, J.M. (2003): Performance of broiler - chickens fed on maggot meal in place of fishmeal. *Int. J. Poult. Sci.*, 2. 271-274.
- Collavo, A. - Glew, R.H. - Huang, Y.S. - Chuang, L.T. - Bosse, R. - Paoletti, M.G. (2005): House cricket small-scale farming. In: Paoletti, M.G. (szerk.): *Ecological implications of minilivestock: Potential of insects, rodents, frogs and snails*. Science Publishers, New Hampshire, 519–544.
- Cullere, M. - Tasoniero, G. - Giaccone, V. - Miotti-Scapin, R. - Claeys, E. - De Smet, S. - Dalle Zotte, A. (2016): Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: apparent digestibility, excreta microbial load, feed choice, performance, carcass and meat traits. *Animal*, 10. 1923-1930.
- DeFoliart, G. - Nakagaki, B. - Sunde, M. (1987): Protein quality of the house cricket *Acheta domestica* when fed to broiler chicks. *Poult. Sci.*, 66. 1367–1371.
- De Marco, M. - Martínez, S. - Hernandez, F. - Madrid, J. - Gaic, F. - Rotolo, L. - Belforti, M. - Bergero, M. - Katze, H. - Dabbou, S. - Kovitvadi, A. - Zoccarato, I. - Gasco, L. – Schiavone, A. (2015): Nutritional value of two insect larval meals (*Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*) for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent ileal amino acid digestibility and apparent metabolizable energy. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 209. 211–218.
- Diener, S. - Zurbrugg, C. - Tockner, K. (2015): Bioaccumulation of heavy metals in the black soldier fly, *Hermetia illucens* and effects on its life cycle. *J. Insects Food Feed*, 1. 261–270.
- EFSA (2015): Scientific Opinion of a risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA J.* 13. 10. 4257.
- Eilenberg, J. - Vlask, J. - Nielsen-LeRoux, C. - Cappellozza, S. - Jensen, A. B. (2015): Diseases in insects produced for food and feed. *J. Insects Food Feed* 1. 87–102.
- Elhag, O.A.O. - Zheng, L.Y. - Zhou, D.Z. - Yu, Z.N. - Zhang, J.B. (2014): Discovery of new anti-microbial peptides in black soldier fly and their function. *Conference Insects to Feed The World*, The Netherlands, 154. (Abstract).
- Esmail, S.H. (2017): Are alternative sources of poultry protein efficient? *All About Feed*, Special Issue, Feed Efficiency, June, 22-25.
- FAO (2014): *The State of World Fisheries and Aquaculture: Opportunities and Challenges*. FAO; Rome
- Finke, M.D. - Sunde, M.L. - DeFoliart, G.R. (1985). An evaluation of the protein quality of mormon cricket (*Anabrus simplex* H.) when used as a high protein feedstuff for poultry. *Poult. Sci.*, 64. 708-712.
- Fronza, F.M. (1935): Notes on locust meal as a poultry feed. *Philippine Agric.* 24. 425–427.
- Gibril, S. (1997): Utilization of locust meal in poultry diets. *J. Nat. Res. Environ. Stud.*, 1. 19–23.
- Graczyk, T. K.- Knight, R. - Tamang, L. (2005): Mechanical transmission of human protozoan parasites by insects. *Clin. Microbiol. Rev.*, 18. 128–132.

- Hemsted, W.R.T. (1947): Locusts as a protein supplement for pigs. East Afr. Agric. Forest. J., 12. 225–226.
- Hertrampf, A.W. – Piedad-Pasual, F. (2000): Handbook on ingredients for aquaculture feeds. Kluwer Academic Publishers, Alphen aan den Rijn, 624.
- Hopkins, T.L. – Kramer, K.J. (1992): Insect cuticle sclerotization. Annu. Rev. Entomol., 37. 273–302.
- Hwangbo, J. – Hong, E.C. – Jang, A. – Kang, H.K. – Oh, J.S. – Kim, B.W. – Park, B.S. (2009): Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. J. Environ. Biol., 30. 609–614.
- Ioselevich, M. – Steingaß, H. – Rajamurodov, Z. – Drochner, W. (2004): Nutritive value of silkworm pupae for ruminants. VDLUFA Kongress, Qualitätssicherung in landwirtschaftlichen Produktionssystemen, vol. 116, Rostock, 108.
- Janssen, R.H. – Vincken, J.-P. – van den Broek, L.A.M. – Fogliani, V. – Lakemond, C.M.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.
- Jonas-Levi, A. – Itzhak Martinez, J.-J. (2017): The high level of protein content reported in insects for food and feed is overestimated. J. Food Compos. Anal., 62. 184–188.
- Karuga, J. (2017): 10 Countries with largest soybean production. www.worldatlas.com/articles/world-leaders-in-soya-soybean-production-by-country.html
- Khan, S. – Naz, S. – Sultan, A. – Aalhidary, I.A. – Abdelrahman, M.M. – Khan, R.U. – Khan, N.A. – Khan, M.A. – Ahmad, S. (2016): Worm meal: a potential source of alternative protein in poultry feed. World's Poult. Sci. J., 72. 93–102.
- Klunder, H.C. – Wolkers-Rooijackers, J. – Korpela, J.M. – Nout, M.J.R. (2012): Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. Food Control, 26. 628–631.
- 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.
- Marono, S. – Loponte, R. – Lombardi, P. – Vassalotti, G. – Pero, M.E. – Russo, F. – Gasco, L. – Parisi, G. – Piccolo, G. – Nizza, S. – Di Meo, C. – Attia, Y.A. – Bovera, F. (2017): Productive performance and blood profiles of laying hens fed *Hermetia illucens* larvae meal as total replacement of soybean meal from 24 to 45 week of age. Poult. Sci., 96. 1783–1790.
- Maurer, V. – Holinger, M. – Amsler, Z. – Früh, B. – Wohlfahrt, J. – Stamer, A. – Leiber, F. (2016): Replacement of soybean cake by *Hermetia illucens* meal in diets for layers. J. Insects Food Feed, 2. 89–9014.
- McLeod, A. ed. (2011): World Livestock 2011: Livestock in Food Security. FAO, Rome www.fao.org/docrep/014/i2373e/i2373e.pdf
- Mutafela, R.N. (2015): High value organic waste treatment via black soldier fly bioconversion: Onsite Pilot Study. Master's Thesis, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm
- Newton, G.L. – Booram, C.V. – Barker, R.W. – Hale, O.M. (1977): Dried *Hermetia illucens* larvae meal as a supplement for swine. J. Anim. Sci., 44. 395–400.
- Newton, G.L. – Sheppard, D.C. – Burtle, G. (2008): Black soldier fly prepupae: A compelling alternative to fish meal and fish oil. Public Comment on Alternative Feeds for Aquaculture, NOAA 15/11/2007–29/2/2008.
- Nowak, V. – Persijn, D. – Rittenschober, D. – Charrondiere, U. R. (2016): Review of food composition data for edible insects. Food Chem., 193. 39–46.
- Oonincx, D.G.A.B. – Van Broekhoven, S. – Van Huis, A. – van Loon, J.J.A. (2015): Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. PLoS ONE 10, e0144601
- Popp J. – Pető K. – Oláh J. (2018): Alternatív fehérjeforrás: a rovarfogyasztás kilátásai Magyarországon. I. Magyar Rovaripari Konferencia, Szent István Egyetem. A falu, 22. 2. 37–46.
- Pretorius, Q. (2011): The evaluation of larvae of *Musca domestica* (common house fly) as protein source for broiler production. MSc. thesis, University of Stellenbosch, 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. J. Econ. Entomol., 95. 214-220.
- Schlüter, O. - Rumpold, B. - Holzhauser, T. - Roth, A. - Vogel, R.F. - Quasigroch, W. - Vogel, S. - Heinz, V. - Jäger, H. - Bandick, N. - Kulling, S. - Knorr, D. - Steinberg, P. - Engel, K.-H. (2017): Safety aspects of the production of foods and food ingredients from insects. Mol. Nutr. Food Res. 61. 1600520.
- Schiavone, A. - De Marco, M. - Rotolo, L. - Belforti, M. - Martinez Miro, S. - Madrid Sanchez, J. - Hernandez Ruiperez, F. - Bianchi, C. - Sterpone, L. - Malfatto, V. - Katz, H. - Zoccarato, I. - Gai, F. - Gasco, L. (2014): Nutrient digestibility of *Hermetia illucens* and *Tenebrio molitor* meal in broiler chickens. In: Vantomme, P., Munke C., van Huis A. (eds.): 1st International conference "Insects to Feed the World". Wageningen University, 73.
- Sprangers, T. - Ottoboni, M. - Klootwijk, C. - Oryn, A. - Deboosere, S. - De Meulenaer, B. - Michiels, J. - Eeckhout, M. - De Clercq, P. - De Smet, S. (2017): Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. J. Sci. Food Agric., 97. 2594–2600.
- Yaowang, C. (1989): Animal raising and plant cultivation on an integrated fish farm. In: Integrated Fish Farming in China, Chapter 9. NACA Technical Manual 7. Bangkok
- Van Huis, A. - Van Itterbeeck, J. - Klunder, H. - Mertens, E. - Halloran, A. - Muir, G. - Vantomme, P. (2013): Edible insects: future prospects for food and feed security. FAO Forestry Paper 171, FAO, Rome, 201.
- Veldkamp, T. - Van Diunkerken, G. - Van Huis, A. - Lakemond, C.M.M. - Ottevanger, E. - Bosch, G. - Van Boekel, M.A.J.S. (2012): Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets - a feasibility study. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad
- Viroje, W. - Malin, S. (1989): Effects of fly larval meal grown on pig manure as a source of protein in early weaned pig diets. Thurakit Ahan. Sat., 6. 25–31.
- Wang, Y.-S. - Shelomi, M. (2017): Review of black soldier fly (*Hermetia illucens*) as animal feed and human food. Foods 6. 91. doi:10.3390/foods6100091
- Wang, D. - Zhai, S.W. - Zhang, C.X. - Bai, Y.Y. - An, S.H. - Xu, Y.N. (2005): Evaluation on nutritional value of field crickets as a poultry feedstuff. Asian-Aust. J. Anim. Sci., 18. 667–670.
- Wijayasingh, M.S. - Rajaguru, A.S.B. (1977): Use of silk worm pupae as a protein supplement in poultry ration. J. Nat. Sci. Council of Sri Lanka, 5. 95-104.

Érkezett: 2018. szeptember

A szerző címe: Mézés M.

Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,
Takarmányozástani Tanszék

Authors' address: Szent István University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences,
Department of Nutrition
H-2103. Gödöllő, Páter K. u. 1.
Mezes.Miklos@mkk.szie.hu