

A fekete katonalégység jelentősége a körforgásos gazdaságban

The importance of the black soldier fly in the circular economy

BANA Bernadett – GALLEN Attila – TŐZSÉR János

ÖSSZEFOGLALÁS

A világ népességének gyors növekedése miatt az állati eredetű fehérjék iránti kereslet jelentősen növekedhet a következő évtizedekben. Az emberi és állati táplálkozásban egyre nagyobb szerepet kapnak az alternatív fehérjeforrások, különösen a rovarok, amelyek fenntartható módon helyettesíthetik a hagyományos állati fehérjéket. A rovartenyésztés kis ökológiai lábnyommal jár, mivel biokonverziós folyamatai révén nagy hatásokkal alakít át szerves anyagokat hasznosítható formává, miközben mérsékli a környezetre gyakorolt negatív hatásokat. A fekete katonalégység hatékony és gyors életciklusa lehetővé teszi ipari célú tenyésztését. Emellett a fekete katonalégység felhasználható takarmányfehérje, bioüzemanyag és talajjavító anyagok előállítására.

Kulcsszavak: rovartenyésztés, körforgásos gazdaság, szerves hulladék, fekete katonalégység életciklusa, alternatív fehérje

SUMMARY

Introduction: Population growth could significantly increase the demand for animal protein, so there is increasing attention to alternative protein sources such as edible insects. The black soldier fly efficiently converts organic waste into protein, grows rapidly and is suitable for sustainable large-scale farming. Strict EU regulation ensures that eight authorized insect species can be safely used for animal feed.

The role of insects in a circular economy: The circular economy aims to use resources efficiently and reduce waste. Insects, especially the black soldier fly, play a crucial role in recycling organic waste and producing sustainable protein. This ecological approach supports environmentally friendly food and feed production.

The life cycle and technological products of the black soldier fly: The life cycle of the black soldier fly consists of five developmental stages, ensuring the reproduction and biological function of the individual. Its rapid development makes it suitable for industrial breeding, and its larvae are efficient at breaking down organic waste. Its biomass, high in protein and fat, can be used as feed, biodiesel and soil conditioner, promoting sustainable farming. The breeding of the black soldier fly allows for versatile industrial applications. Its high protein content makes it suitable for animal feed, its fat content can be used to produce biofuel and the larval decomposition processes contribute to soil improvement, promoting sustainable farming.

Conclusion: Rearing black soldier flies reduces the environmental burden by efficiently breaking down biological waste and requires less water and land than conventional animal husbandry. Its larvae have a high protein and fat content, making them a competitive alternative as feed, biofuel and soil conditioner. Industrial farming can contribute to sustainable farming, food security and environmental protection.

Keywords: insect rearing, circular economy, organic waste, black soldier fly life cycle, alternative protein

1. Bevezetés

A globális népesség gyors növekedésével párhuzamosan az állati eredetű élelmiszerfehérje iránti kereslet is jelentős mértékben emelkedhet a következő évtizedekben. A jelenlegi tendenciák alapján becslések szerint a fehérjeigény akár 70%-kal is növekedhet, miközben a világ népessége várhatóan meghaladja a 9 milliárd főt 2050-re (Yen, 2015). Jelenleg a nyugati étrendek fehérjeforrásai túlnyomórészt állati eredetűek, azonban az intenzív állattenyésztés jelentős környezetterhelést okoz (Oonincx és De Boer, 2012).

Az emberi és állati táplálkozásban egyre nagyobb szerepet kapnak az alternatív fehérjeforrások, különösen azok a rovarfajok, amelyek emberi fogyasztásra és/vagy takarmányozási célra alkalmasak, és hatékonyan helyettesíthetik a hagyományos fehérjét, miközben hozzájárulhatnak a fenntartható hulladékkezeléshez (Borrello és mtsai, 2016).

A rovarok ígéretes és fenntartható fehérjeforrást jelentenek, mivel tápanyagdúsak (Rumpold és Schlüter, 2013) és nagyobb konverziós hatékonysággal rendelkeznek, így sokkal kevesebb vizet igényelnek, mint a hagyományosan tenyésztett állatok (Huis és mtsai, 2013a). Emellett hatékonyan alakítják át a szerves melléktermékeket fehérjévé és fajtól vagy feldolgozási eljárástól függően 50% és 82% közötti fehérjetartalommal rendelkeznek (szárazanyag) (Rumpold és Schlüter, 2013), valamint értékes tápanyagokat is biztosítanak, mivel kalciumban, vasban és cinkben is gazdagok (Huis, és mtsai, 2013b). A rovartenyésztés alacsony környezeti terheléssel jár, mivel a rovarok kevés szántóföldet és vizet igényelnek az állattenyésztéshez képest, valamint csökkentett ökológiai költségekkel működnek, kevesebb üvegházhatású gáz- és szén-dioxid-kibocsátással (Oonincx és mtsai, 2010).

A rovartenyésztés egyik legkiemelkedőbb szereplője a fekete katonalégység, amely különösen fontos a takarmányipar számára, mivel gyorsan fejlődik, és rövid idő alatt nagy mennyiségű biomassza állítható elő belőle. Tenyésztése fenntartható és gazdaságos, nagyüzemi környezetben is megvalósítható, hiszen kevés erőforrást igényel. Képes hatékonyan lebontani a szerves melléktermékeket, ezáltal hozzájárul az élelmiszeripari melléktermékek és szennyvíz-kezelés költségeinek csökkentéséhez (Tomberlin és Huis, 2020).

Ezek az előnyök különösen ígéretes megoldássá teszik a fekete katonalégység alkalmazását az élelmiszeriparban keletkező melléktermékek kezelésében és az alternatív fehérjeforrások előállításában. Számos kutatás foglalkozik a rovarok takarmányozási és humán fogyasztási célú alkalmazásával, amely várhatóan egyre nagyobb szerepet kap világszerte az élelmiszeriparban és a környezetvédelemben (Nguyen et al, 2015).

Az Európai Unió 2015/2283/EU számú Novel Food rendelete alapján a következő rovarfajok kaptak engedélyt emberi fogyasztásra szánt termékek előállítására: közönséges lisztbogár, házi tücsök, keleti vándorsáska, kis lisztbogár. Az Európai Unió szigorúan szabályozza a rovartenyésztést és a rovarfehérje takarmányozási célú felhasználását (2017/893/EU rendelet, 2021/1925/EU rendelet). E jogszabályok biztosítják a biztonságos és higiénikus előállítást. Az EU-ban jelenleg nyolc rovarfaj engedélyezett takarmányozási célokra. Ezek: fekete katonalégység, közönséges házilégység, sárga lisztbogár, kis lisztbogár, házi tücsök, sávós tücsök, banántücsök és a selyemhernyó.

Az engedélyezett rovarfajok nem invazívak, nem károsak a növényekre, és nem veszélyeztetik a biodiverzitást (*Žuk-Golaszewska és mtsai, 2020*).

2. A rovarok szerepe körforgásos gazdaságban

A körforgásos gazdaság fogalma sokféleképpen értelmezhető, mivel kutatók és szakemberek eltérő nézőpontokat alkalmaznak. *Kirchherr és mtsai (2017)* vizsgálatukban 114 különböző definíciót elemeztek. Az egyik legfontosabb közös elem minden meghatározásban az erőforrások hatékonyabb felhasználására való törekvés, bár az, hogy pontosan mi minősül „jobbna”, továbbra is vita tárgyát képezi. Azonban egyértelmű, hogy a jelenlegi globális trendek világosan mutatják, hogy a természeti erőforrások gyorsuló kimerülése és az ezzel járó szén-dioxid-kibocsátás növekedése komoly kihívást jelentenek. Ugyanakkor a hulladékhegyek folyamatosan gyarapodnak, miközben a kapcsolódó környezeti szennyezés is fokozódik (*Velenturf és mtsai, 2019*). A modern élelmiszer-termelési rendszer egyik legnagyobb problémája a jelentős élelmiszer-hulladék keletkezése, amely az előállított élelmiszerek ehető részeinek több mint egyharmadát érinti. Ez nemcsak gazdasági és társadalmi szempontból okoz jelentős veszteséget, hanem környezeti problémákhoz is vezet, például az erőforrások pazarlásához és a felesleges üvegházhatású gázok kibocsátásához (*Cappellosza és mtsai, 2019*).

A rovarok, mint alternatív biológiai hasznosítási eszközök egyre nagyobb figyelmet kapnak ezen a területen, mivel képesek különféle szerves anyagokból tápanyagot felvenni, ezzel hozzájárulva a szerves melléktermékek tömegének csökkentéséhez (*Gustavsson és mtsai, 2011*), miközben értékes fehérjeforrásként is szolgálhatnak az élelmiszer- és takarmánygyártásban (*Spranghers és mtsai, 2017*). Ezen biológiai megoldás tökéletesen illeszkedik a körforgásos gazdaság elveibe, amelynek célja az erőforrások újrahazsnosítása és a hulladék minimalizálása. Az ilyen rendszerek nemcsak a fenntarthatóság fokozását segítik elő, hanem egy teljesen új ökológiai szemléletet alakítanak ki, amely lehetőséget teremt az élelmiszeripari és agrárszektor környezetbarát átalakítására (*Madau és mtsai, 2020*).

Fontos azonban megjegyezni, hogy a rovarok takarmányozására vonatkozó szabályozás világszerte jelentős eltérést mutat. Az EU szigorú előírásokat tartalmaz a rovaralapú élelmiszerek és takarmányok biztonságos előállítására vonatkozóan. Ennek érdekében jelenleg nem engedélyezett a trágya (állati ürülék) felhasználása rovarok takarmányaként. Ezzel szemben más régiókban – például Thaiföldön, Kínában vagy Afrikában – a szabályozás kevésbé szigorú, és bizonyos esetekben trágyán vagy trágyával kevert szerves hulladékon is nevelnek rovarokat (*Huis és Oonincx, 2017*).

A rovarok azon képessége, hogy szerves anyagokat kiváló minőségű tápanyagokká alakítsanak át, hosszú ideje ismert és kihasznált jelenség. Különösen a fekete katonalégy vált kiemelkedő szereplővé ebben a folyamatban, mivel az egyik leghatékonyabb biokonverterként képes a szerves anyag tömegét akár 75%-kal csökkenteni, miközben fehérjékben és lipidekben gazdag biomasszává alakítja át (*Gold és mtsai, 2018*).

Ennek a képességnek köszönhetően fekete katonalégy ígéretes biológiai megoldás, amely sokoldalúan hasznosítható különböző iparágakban.

3. A fekete katonalégység

A fekete katonalégység (*Hermetia illucens*) az ízeltlábúak (Arthropoda) törzsébe, a rovarok (Insecta) osztályába, a kétszárnyúak (Diptera) rendjébe, valamint a *Stratiomyidae* családba tartozik. Ez a faj elsősorban trópusi és melegebb éghajlatú régiókban fordul elő nagy számban, és jelentős szerepet játszik a természetes lebomlási folyamatokban, valamint a fenntartható hulladékkezelésben (*Purkayastha és mtsai*, 2017).

3.1. A fekete katonalégység életciklusa

A fekete katonalégység életciklusa öt fő fejlődési szakaszból áll (1. ábra), amely során a rovar különböző morfológiai és fiziológiai változásokon megy keresztül. Ezek a szakaszok biztosítják az egyed fejlődését, szaporodását és biológiai funkcióinak optimális működését.

3.2. Pete

A nőivarú fekete katonalégység a peték lerakása során olyan környezetet részesít előnyben, amely biztosítja az optimális fejlődési feltételeket az utódok számára. A peterakás folyamata általában 20–30 percig tart, és ez idő alatt a nőstény egy petecsomót hoz létre, amely átlagosan 324–998 apró petét tartalmaz. Ezek a peték rendkívül könnyűek, tömegük kb. $0,028 \pm 0,001$ mg (*Chia és mtsai*, 2018). A fekete katonalégység nőstényei védett helyeket keresnek (például szerves anyagok, párás környezet), hogy kedvező feltételeket teremtsenek a lárvák fejlődéséhez. A tojások 0,9–1,3 mm hosszúságúak, és 2–4 napon belül kikelnek, attól függően, hogy milyen hőmérsékleti és páratartalmi körülményeknek vannak kitéve (*Gobbi és mtsai*, 2013).

3.3. Lárva

A megtermékenyített peték körülbelül négy nappal a lerakás után kelnek ki, és azonnal egy rendkívül aktív táplálkozási szakaszba lépnek, amely a fekete katonalégység fejlődési ciklusának egyik legfontosabb periódusa (*Zhang és mtsai*, 2010). A petéből kikelő lárvák azonnal megkezdik intenzív táplálkozásukat, amely során különböző szerves anyagokat (például állati és növényi eredetű hulladékokat) fogyasztanak. Ennek köszönhetően a fekete katonalégység lárvái hatékony biológiai lebontó szervezetek, amelyek hozzájárulnak az organikus hulladék mennyiségének csökkentéséhez, miközben értékes fehérje- és zsírtartalmú biomasszát állítanak elő. A lárvaszakasz 12–20 napig tart, és ezalatt a lárvák jelentős méretbeli növekedést érnek el, testük színe világosbarnáról fokozatosan sötétebb árnyalatúvá változik, jelezve az életkor előrehaladását és az átalakulási folyamat megkezdését (*Diener és mtsai*, 2011). A lárvák ebben az időszakban jelentős mennyiségű zsírt és fehérjét raktároznak el, amelyet későbbi fejlődési szakaszaik során hasznosítanak fel (*Ortiz és mtsai*, 2016).

3.4. Előbáb

A fekete katonalégység lárvái fejlődésük végső szakaszába lépve jelentős morfológiai és viselkedési változásokon mennek keresztül, amelyek előkészítik őket a bábozódásra. Az érett lárvák színe fokozatosan sötétebbé válik, egyre inkább fekete árnyalatot öltenek, miközben mozgásuk és aktivitásuk jelentősen csökken. Ez az átalakulás része a metamorfózis előkészítésének, amelynek során a lárvák felkészülnek az imágóvá fejlődésre. Ebben az időszakban a lárvák teljesen abbahagyják a táplálkozást, mivel testükben már elegendő tápanyagot halmoztak fel a következő fejlődési fázis energiaköltségeinek fedezésére. A táplálkozás leállásával együtt bélrendszerük teljesen kiürül, hogy eltávolítsák a már nem szükséges szerves maradványokat. Ezt követően az előbábok száraz, védett helyet keresnek, ahol a bábozódás zavartalanul végbemehet (*Diener és mtsai, 2009; Huis és mtsai, 2013a*).

3.5. Báb

A fekete katonalégység bebábozódása összetett biológiai folyamat, amely során a lárvák olyan jelentős szerkezeti és fiziológiai átalakuláson mennek keresztül, hogy végül kifejlett rovarrá alakulnak. A bábozódás kezdetén a lárvák kemény külső vázat fejlesztenek, amely elsődleges célja a mechanikai védelem biztosítása a külső környezeti hatások és ragadozók ellen (*Barros és mtsai, 2014*). Ez a külső réteg vastag kitinből áll, amely megakadályozza a kiszáradást és csökkenti a sérülések kockázatát, így elősegíti a bábállapot zavartalan lefolyását. A bábállapot általában 6–10 napig tart, amely alatt belső szerkezeti átalakulások zajlanak le, beleértve az izomstruktúrák, légzőrendszer és idegrendszer kialakulását. A lárvák testében felhalmozott tápanyagokat használja fel a metamorfózis elősegítésére, miközben nem vesz magához újabb táplálékot. A bábok színe ebben a fázisban sötétbarnától feketéig változik, amely összefügg a kitinváz fokozatos keményedésével és pigmentációjával (*Hoc és mtsai, 2019*). A bábból való kikelés kedvezőtlen környezeti feltételek esetén akár öt hónapig is elhúzódhat (*Sheppard és mtsai, 2002*).

3.6. Kifejlett légy

A fekete katonalégység életciklusának utolsó szakasza a kifejlett egyed (imágó) állapot, amely során a rovar eléri végső formáját és megkezd a szaporodási tevékenységét. Az imágók átlagosan 3–20 napig élnek, amely időszak alatt fő céljuk a párzás és a peték lerakása (*Tomberlin és mtsai, 2009*). A fekete katonalégység kifejlett egyedei anatómiai sajátosságuk miatt nem vesznek fel táplálékot, mivel szájszervük nem alkalmas táplálkozásra. Ebben az életszakaszban energiaigényüket kizárólag a lárváállapotban elraktározott zsírkészleteikből fedezik (*Barragan-Fonesca és mtsai, 2017*). A frissen kikelő imágók kezdetben puha testfelépítésűek, amely néhány órán belül megszilárdul, ezt követően aktív mozgásba kezdenek. A szaporodás már a kikelést követő két napon belül megkezdődik, amelyet újabb két nap elteltével a peterakás követ, biztosítva a faj szaporodási ciklusának zavartalan fenntartását. Az imágók ebben a fázisban teljes szaporodóképességgel rendel-

1. ábra: A fekete katonalégység biológiai ciklusa (Bana, 2025)

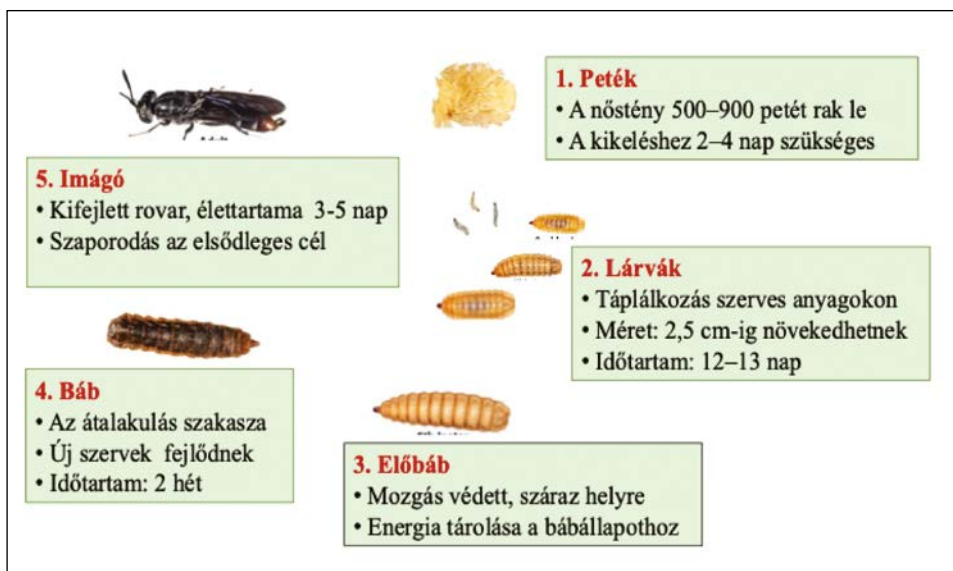


Figure 1: The biological cycle of the black soldier fly

keznek, ami lehetővé teszi a tenyésztési folyamat újraindulását és a populáció fennmaradását (Hoc és mtsai, 2019; Chen és mtsai, 2025).

3.7. A fekete katonalégység gazdasági és fenntarthatósági jelentősége

A fekete katonalégység egyre nagyobb figyelmet kap, mint fenntartható fehérjeforrás, mivel életciklusa rendkívül gyors és hatékony, ami lehetővé teszi, hogy nagy mennyiségben tenyesszék. Lárvai kiváló takarmány-alapanyagot képeznek. A lárvák által felhalmozott fehérje (40–45%) és zsír (25–35%) magas koncentrációban van jelen, előbbi érték ugyan elmarad a házi tücsök (60–70%) vagy a lisztbogár (50–55%) értékétől, ám zsírsavprofilja – különösen laurinsav-tartalma – antimikrobiális hatással bír (Sprangers és mtsai, 2017). A növedékcserkéknél, akár 50%-ban is kiválthatja a szójalisztet, megfelelő aminosav-kiegészítés mellett. Sertéseknél a helyettesítés mértéke 25–50%, de az utóhizlalási szakaszban, amikor a fehérjeigény mérséklődik, a teljes kiváltás is lehetséges a termelési mutatók csökkenése nélkül (Gasco és mtsai, 2020). A fekete katonalégység lárvainak takarmányhasznosítása kiemelkedő, hiszen 1,5–2,0 kg takarmány elegendő 1 kg fehérje előállításához. Ez jóval kedvezőbb, mint a csirke (2,5–3,0 kg), a sertés (3,5–4,0 kg) vagy a szarvasmarha (akár 6–10 kg) esetében (Oonincx és mtsai, 2015; Huis és Oonincx, 2017). Emellett a fekete katonalégység tenyésztése során a CO₂ kibocsátás 5–10 kg CO₂/kg fehérje, míg a szarvasmarha esetében ez akár 250–500 kg is lehet. Vízfelhasználása is kedvező, 400 liter víz szükséges 1 kg fehérje előállításához, míg a marhahúsé akár 15 000 liter is elérhet (Smetana és mtsai, 2019; Makkar és mtsai, 2014).

A fekete katonalégység feldolgozása egy innovatív és fenntartható biotechnológiai folyamat, amely lehetővé teszi, hogy lárvaiból különböző ipari és mezőgazdasági

célokra kiváló minőségű alapanyagokat állítsanak elő. A lárvák magas fehérje- és zsírkoncentrációval rendelkező biomasszát képeznek, amelyet különböző területeken hasznosítanak, például állati takarmányként (*Veldkamp és Bosch, 2015*), bioüzemanyagok előállításában (*Makkar és mtsai, 2014*) vagy talajjavítási eljárásokban (*Diener és mtsai, 2011*). Ezek az adatok alátámasztják, hogy a fekete katonalégy tenyésztése egyszerre gazdaságos, környezetbarát és jól illeszkedik a körforgásos gazdaság célrendszerébe (*Veldkamp és Bosch, 2015*).

4. A fekete katonalégy feldolgozási lépései

Az ehető rovarok előállítása három fő módszerrel történik: vadon történő betakarítással, félig háziasítással és ipari tenyésztéssel. *Yen (2015)* kutatása szerint a világon elfogyasztott rovarok 92%-át vadon gyűjtik, míg a félig háziasított rovarok az összes felhasznált rovar 6%-át teszik ki. Ez azt jelenti, hogy a tenyésztett rovarok aránya jelenleg csupán 2%, ha kizárólag azokat vesszük figyelembe, amelyeket közvetlenül emberi fogyasztásra szánunk. A rovartenyésztés az ehető rovarok előállításának egy viszonylag új módszere, amely különösen a fejlett országokban kezd elterjedni (*Oonincx és De Boer, 2012*). Ez a rendszer lehetővé teszi a rovarok fogságban történő tenyésztését, ahol minden tenyésztési lépést szigorúan ellenőriznek, beleértve az életkörülményeket, az étrendet és az élelmiszerminőséget.

Huis és mtsai (2013a) részletes információkat szolgáltatott a rovartenyésztési technikákról, kiemelve azok előnyeit és hátrányait. Megállapítása szerint a tenyésztési módszer kétségtelenül a legproduktívabb és leghatékonyabb módja az ehető rovarok előállításának, mivel biztosítja az állandó minőséget, fenntarthatóságot és nagyobb termelékenységet az ipari feldolgozás szempontjából.

4.1. Lárvák begyűjtése

A feldolgozás első lépése a tenyésztett lárvák begyűjtése, amely történhet szerves hulladékokkal táplált rendszerekből vagy speciális takarmányozási környezetből. A megfelelő higiéniai és táplálkozási feltételek biztosítása elengedhetetlen a végeredmény minőségének fenntartásához (*Nguyen és mtsai, 2018*).

4.2. Tisztítás és előkészítés

A begyűjtött lárvákat tisztítják, hogy eltávolítsák a külső szennyeződések, például a hulladékmaradványokat vagy a tenyésztési szubsztrátumot. Ez általában vízalapú mosási technológiával történik (*Huis és mtsai, 2013b*).

4.3. Feldolgozási technikák

A lárvákat különböző módon dolgozzák fel, attól függően, hogy milyen ipari vagy agrárgazdasági célra szánják őket:

- Szárítás – hőkezeléssel csökkentik a nedvességtartalmat, hogy a biomassza tárolható és hosszabb ideig eltartható legyen (*Saucier és mtsai, 2022*).
- Őrlés – a szárított lárvákat apróra őrlik vagy porrá alakítják, amely állati takarmányként és biológiai trágyaként is hasznosítható (*Rumpold és Schlüter, 2013*).

- Extrakció – speciális eljárásokkal kivonják a fehérjét és zsírokat, amelyeket különböző ipari alkalmazásokhoz lehet használni, például bioüzemanyagok előállításához (Manaf és mtsai, 2019).

4.4. Csomagolás és tárolás

A feldolgozott termékeket hő- és fényvédelemmel ellátott csomagolásba helyezik, hogy biztosítsák a hosszú távú tárolhatóságot és megőrizték tápértéküket (Zheng és mtsai, 2012).

5. A fekete katonalégység technológia termékei

A fekete katonalégység lárváinak felhasználása egyre nagyobb népszerűségnek örvend világszerte, mivel hatékony megoldást nyújt a biológiailag lebomló hulladékok gyors és költséghatékony stabilizálására. Ezek a lárvák rendkívül hatékonyan képesek lebontani a szerves anyagokat, miközben jelentős mennyiségű fehérjét és zsírt halmoznak fel testükben, amelyek később különféle kereskedelmi és ipari célokra hasznosíthatók (Purkayastha és Sarkar, 2020).

A fekete katonalégység lárvái képesek komplex szerves melléktermékeket gyorsan lebontani, ezzel hozzájárulva a hulladékgazdálkodás hatékonyságának növeléséhez. A biokonverziós folyamat során a feldolgozott szerves anyag nagy részét fehérjévé és lipidekké alakítják, amely később különböző takarmányozási, bioüzemanyag-előállítási és talajjavítási célokra használható fel (Ahmad és mtsai, 2023).

2. ábra: A fekete katonalégység lárvák szervesanyag újrahasznosítása (Bana, 2025)

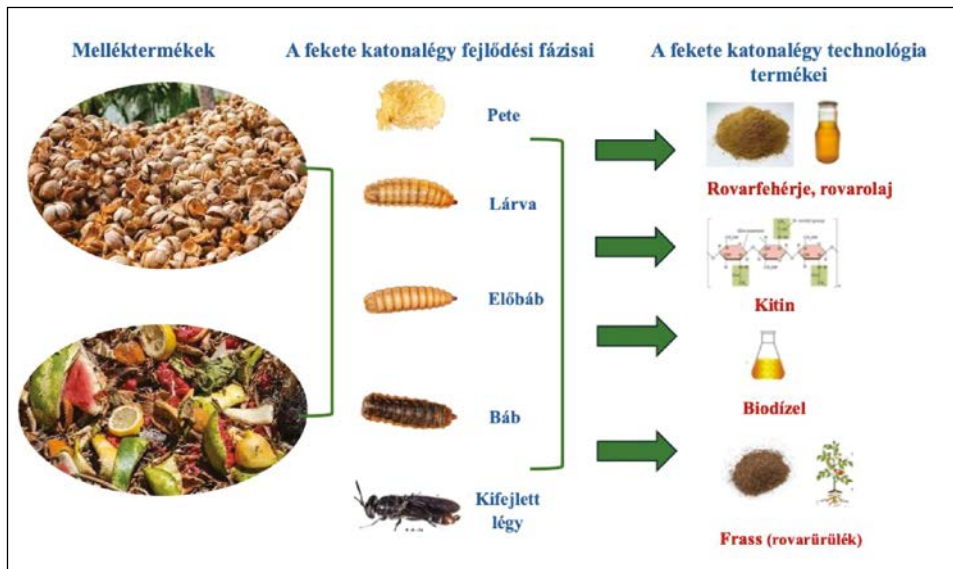


Figure 2: Organic recycling of black soldier fly larvae

5.1. Takarmány

A fekete katonalégység lárvái táplálkozás szempontból rendkívül fontos szerepet töltenek be az állati takarmányozásban, mivel gazdagok mikro- és makrotápanyagokban, amelyek nélkülözhetetlenek az egészséges növekedéshez és fejlődéshez. Magas fehérje- és zsírtartalmuknak köszönhetően számos állatfaj, köztük baromfik (*Pieterse és mtsai*, 2019), halak (*Zarantonello és mtsai*, 2020) és sertések (*Veldkamp és Bosch*, 2015) számára kiváló táplálékforrásként szolgálnak. A lárvák fehérjetartalma jelentős, 30–53 g/100 g szárazanyag, míg lipidtartalmuk 20–41 g/100 g szárazanyag között változik, ami versenyképes alternatívává teszi őket az állati takarmányok között. A fekete katonalégység lárvái különösen gazdagok telített zsírsavakban, amelyek létfontosságú szerepet játszanak az állatok növekedésében és egészségmegőrzésében. Az egyik legjelentősebb zsírsav a laurinsav (C12:0), amely nagy koncentrációban van jelen a lárvákban, és bizonyított antimikrobiális hatással rendelkezik a Gram-pozitív baktériumok ellen (*Meneguz és mtsai*, 2018). Ennek köszönhetően a fekete katonalégység nem csupán tápláló takarmány-alapanyag, hanem hozzájárulhat az állatok immunrendszerének támogatásához és betegségekkel szembeni ellenálló-képességük növeléséhez is. A laurinsav mellett az olajsav (C18:1n-9), palmitinsav (C16:0) és linolsav (C18:2n-6) is jelentős mennyiségben megtalálható a lárvákban (*Caligiani és mtsai*, 2019), amelyek fontos szerepet játszanak az állatok energiaszükségletének biztosításában, növekedésük elősegítésében és immunrendszerük támogatásában.

5.2. Biodízel

A biodízel napjaink egyik leggyakrabban vizsgált alternatív üzemanyaga, amely jelentős szerepet játszhat az üvegházhatású gázok kibocsátásának mérséklésében és a fosszilis energiahordozók kiváltásában. Az elmúlt évtizedekben a biodízel előállítására elsősorban növényi alapanyagokat, különösen étkezési növényi olajokat alkalmaztak, ugyanakkor felhasználásuk gazdasági fenntarthatóságával kapcsolatban számos kérdés merül fel (*Rezania és mtsai*, 2019). A környezetileg fenntarthatóbb és gazdaságosabb alapanyagok kutatása során egyre nagyobb figyelmet kap a rovaralapú biodízel-termelés, amely új perspektívát nyithat az alternatív üzemanyagok előállítása terén (*Manaf és mtsai*, 2019). Különösen a fekete katonalégység lárvája tűnik ígéretes alapanyagának, mivel jelentős lipidfrakcióval rendelkezik, amely biodízel előállítására alkalmas, miközben az állattenyésztés és hulladékkezelés területén is hasznosítható (*Zheng és mtsai*, 2012). Emellett a fekete katonalégységből előállított biodízel megfelel a nemzetközi szabványoknak, amely lehetőséget teremt a szélesebb körű ipari alkalmazásra és a kereskedelmi forgalomba hozatalára.

5.3. Kitin

A kitin a fekete katonalégység testfelépítésének egyik alapvető összetevője, különösen a külső vázban található meg, amely védelmet biztosít a lárvák és kifejlett egyedek számára. A fekete katonalégység életciklusa során változó kitintartalom figyelhető meg: lárvaalap állapotban 3,6%, előbábként 3,1%, bábként 14,1%, míg a

kifejlett egyedekben 2,9% (Wang és mtsai, 2020). A kitin nemcsak az ízeltlábúak vázának egyik meghatározó anyaga, hanem ipari és tudományos célokra is kiválóan hasznosítható.

A kitin kinyerése és feldolgozása számos területen alkalmazható, különösen a biotechnológiában, gyógyszeriparban, agráriumban és környezetvédelmi megoldásokban (D'Hondt és mtsai, 2020). A textiliparban egyre növekvő érdeklődés mutatkozik iránta, mivel természetes alapanyagként szerepet játszhat a biológiailag lebomló textíliák fejlesztésében, csökkentve ezzel a hagyományos szintetikus anyagok környezeti terhelését. Emellett a szövetregenerációt érintő kutatások során is hasznosítható, például sebgyógyulást elősegítő bioanyagok és orvosi implantátumok fejlesztésében, amelynek alapját a kitinből származó kitozán képezi. A környezetvédelem területén a kitin adszorbensként használható szennyvíztisztítási technológiákban (Bhatnagar és Sillanpää, 2009). Egyes kutatások szerint kiváló nehézfém-megkötő képességgel rendelkezik, amely lehetővé teszi ipari szennyvízben található toxikus fémionok eltávolítását, ezzel jelentősen hozzájárulva a vízkezelési technológiák fejlődéséhez. Emellett a hulladékcsökkentésben is szerepet játszik, mivel biológiailag lebomló alternatívát kínál a hagyományos műanyag-alapú víztisztító rendszerek helyett (Purkayastha és Sarkar, 2021).

5.4. Szerves trágya

A fekete katonalégység lárváinak alkalmazásával végzett komposztálási folyamat jelentős előnyökkel jár, különösen a végtermékként keletkező szerves trágya minőségét illetően. A hagyományos komposztálási módszerekkel előállított trágyákhoz képest ez a trágyatípus magasabb nitrogén-, foszfor- és káliumtartalommal rendelkezik, ami kiemelkedően fontos a növények egészséges fejlődése szempontjából. Emellett a fekete katonalégység lárvák trágyája magas csírázási indexértékeket mutat, amely arra utal, hogy a végtermék hatékonyabban serkenti a növények csírázását és növekedését, elősegítve a termés hozam növelését és a fenntartható agrárgazdálkodás előnyeit (Cai és mtsai, 2019). A komposzt minőségét nagyban befolyásolja a feldolgozott melléktermék összetétele és típusa, amely meghatározza a végtermék tápanyagprofilját és fizikai tulajdonságait. Ennek megfelelően a megfelelő szubsztrát kiválasztása kulcsfontosságú lehet a trágyában található makro- és mikrotápanyagok koncentrációjának optimalizálása érdekében. A fekete katonalégység lárváival támogatott komposztálási folyamat további jelentős előnye az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése a hagyományos, mikrobiális lebontású komposztáláshoz képest (Chen és mtsai, 2019). A lárvák aktivitása révén a biológiai hulladékok gyorsabb lebomlása következik be, amely minimalizálja a metán- és szén-dioxid-kibocsátást, így hozzájárulhat a fenntartható hulladékkezelési megoldások terjedéséhez. Emellett a fekete katonalégység lárvái képesek csökkenteni a hulladék nehézfém-koncentrációját, amely kiemelt jelentőséggel bír a mezőgazdasági alkalmazás szempontjából. A nehézfémek eltávolítása javítja a komposzt biztonságosságát, ezáltal lehetővé teszi annak szélesebb körű használatát a növénytermesztésben, minimális környezetterhelés mellett (Sarpong és mtsai, 2019). A fekete katonalégység tenyésztése az egyik leginnovatívabb biológiai megoldás az ipari, mezőgazdasági és környezetvédelmi kihívások kezelésére. Ez a rovartenyésztési forma nemcsak alternatív fehérjeforrást

biztosít, hanem jelentős szerepet játszik a körforgásos gazdaságban, amely célja a hulladék csökkentése és az erőforrások hatékonyabb újrafelhasználása. A fekete katonalégy képes nagy mennyiségű szerves hulladék lebontására, miközben magas tápanyagtartalmú melléktermékeket állít elő, amelyek visszaforgathatók a mezőgazdaságba és az állattenyésztésbe.

6. Következtetés

A fekete katonalégy tenyésztése fontos szerepet játszik a fenntartható gazdálkodásban, mivel alacsony környezeti terheléssel jár, és hatékonyan hasznosítja a biológiai hulladékokat. Lárvai gyorsan lebontják a szerves anyagokat, csökkentve az élelmiszeripari melléktermékek és szennyvízkezelési költségeket, miközben magas fehérje- és zsírtartalmuk miatt versenyképes alternatívát kínálnak a hagyományos takarmányokkal szemben. Biokonverziós folyamatai minimalizálják az üvegházhatású gázok kibocsátását, amely az intenzív állattenyésztés egyik fő környezeti problémája, és kevesebb vizet, valamint területet igényel, mint a hagyományos állattenyésztés. Ipari alkalmazásai rendkívül sokoldalúak: takarmányfehérje-alapanyagként szolgálhat az állati takarmányozásban, bioüzemanyagként hasznosítható, és a lárvák ürülékéből készült komposzt elősegíti a talaj regenerálódását. Az ipari szintű tenyésztés új lehetőségeket nyit az agrárszektor számára, hozzájárulva az élelmezésbiztonság, a hulladékgazdálkodás és a környezetvédelem fejlődéséhez. További kutatások és technológiai fejlesztések révén a fekete katonalégy még nagyobb szerepet kaphat az alternatív fehérjetermelési és hulladékkezelési folyamatokban, amelyek hosszú távon fenntarthatóbb gazdasági rendszerek kialakítását segítik elő. Ezek a biológiai megoldások nemcsak gazdaságilag lehetnek életképesek, hanem hozzájárulhatnak az ökológiai egyensúly megőrzéséhez is, így a rovartenyésztés kiemelkedő alternatívává válhat a fenntartható élelmiszer-termelésben és hulladékgazdálkodásban.

7. Felhasznált irodalom

- Ahmad, I. K. – Peng, N. T. – Amrul, N. F. – Basri, N. E. A. – Jalil, N. A. A. – Azman, N. A. (2023): Potential application of black soldier fly larva bins in treating food waste. *Insects*, 14. 434. <https://doi.org/10.3390/insects14050434>
- Barragan-Fonseca, K. B. – Dicke, M. – van Loon, J. J. (2017): Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed—a review. *J. Insects Food Feed*, 3. 105–120. <https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0055>
- Barros-Cordeiro, K. B. – Bão, S. N. – Pujol-Luz, J. R. (2014): Intra-puparial development of the black soldier-fly, *Hermetia illucens*. *J. Insect Sci.*, 14. 83. <https://doi.org/10.1093/jis/14.1.83>
- Bhatnagar, A. – Sillanpää, M. (2009): Applications of chitin and chitosan derivatives for the detoxification of water and wastewater - A short review. *Adv. Coll. Interface Sci.*, 152. 26–38. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2009.09.003>
- Borrello, M. – Lombardi, A. – Pascucci, S. – Cembalo, L. (2016): The seven challenges for transitioning into a bio-based circular economy in the agri-food sector. *Rec. Pat. Food, Nutr. Agric.*, 8. 39–47. <https://doi.org/10.2174/221279840801160304143939>
- Cai, M. – Zhang, K. – Zhong, W. – Liu, N. – Wu, X. – Li, W. – Zhang, J. (2019): Bioconversion–composting of golden needle mushroom (*Flammulina velutipes*) root waste by black soldier fly (*Hermetia illucens*, *Diptera: Stratiomyidae*) larvae, to obtain added-value biomass and fertilizer. *Was. Biomass Val.*, 10. 265–273. <https://doi.org/10.1007/s12649-017-0063-2>

- Caligiani, A. – Marseglia, A. – Sorci, A. – Bonzanini, F. – Lolli, V. – Maistrello, L. – Sforza, S. (2019): Influence of the killing method of the black soldier fly on its lipid composition. *Food Res. Int.*, 116. 276–282. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.033>
- Cappellozza, S. – Leonardi, M. G. – Savoldelli, S. – Carminati, D. – Rizzolo, A. – Cortellino, G. – Tettamanti, G. (2019): A first attempt to produce proteins from insects by means of a circular economy. *Animals*, 9. 278. <https://doi.org/10.3390/ani9050278>
- Chen, J. – Hou, D. – Pang, W. – Nowar, E. E. – Tomberlin, J. K. – Hu, R. – Li, Q. (2019): Effect of moisture content on greenhouse gas and NH₃ emissions from pig manure converted by black soldier fly. *Sci. Tot. Environ.*, 697. 133840. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133840>
- Chen, X. – Li, L. – Hu, F. – Wang, Y. – Zhang, Y. – Zhou, Z. – Zhou, Q. (2025): Development of the endo-reproductive system and the effect of mating status on egg development in adult *Hermetia illucens* L. *Insects*, 16. 330. <https://doi.org/10.3390/insects16040330>
- Chia, S. Y. – Tanga, C. M. – Khamis, F. M. – Mohamed, S. A. – Salifu, D. – Sevgan, S. – Ekesi, S. (2018): Threshold temperatures and thermal requirements of black soldier fly *Hermetia illucens*: Implications for mass production. *PloS one*, 13. e0206097. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206097>
- Diener, S. – Zurbrugg, C. – Tockner, K. (2009): Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates. *Waste Manag. Res.*, 27. 603–610. <https://doi.org/10.1177/0734242X09103838>
- Diener, S. – Zurbrugg, C. – Gutiérrez, F. R. – Nguyen, D. H. – Morel, A. – Koottatep, T. – Tockner, K. (2011): Black soldier fly larvae for organic waste treatment-prospects and constraints. *Proc. WasteSafe*, 2. 13–15. <https://doi.org/10.1177/0734242X09103838>
- D'Hondt, E. – Soetemans, L. – Bastiaens, L. – Maesen, M. – Jespers, V. – Van den Bosch, B. – Elst, K. (2020): Simplified determination of the content and average degree of acetylation of chitin in crude black soldier fly larvae samples. *Carbohydrate Res.*, 488. 107899. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2019.107899>
- Gobbi, P. – Martinez-Sanchez, A. – Rojo, S. (2013): The effects of larval diet on adult life-history traits of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Eur. J. Entomology*, 110. 461. ISSN 1210-5759
- Gold, M. – Tomberlin, J. K. – Diener, S. – Zurbrugg, C. – Mathys, A. (2018): Decomposition of biowaste macronutrients, microbes, and chemicals in black soldier fly larval treatment: A review. *Waste Manag.*, 82. 302–318. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.10.022>
- Gustavsson, J. – Cederberg, C. – Sonesson, U. – Van Otterdijk, R. – Meybeck, A. (2011): Global food losses and food waste. file:///C:/Users/Bene%20Szabolcs/Downloads/GlobalFoodLossesandwaste.pdf
- Hoc, B. – Noël, G. – Carpentier, J. – Francis, F. – Caparros Megido, R. (2019): Optimization of black soldier fly (*Hermetia illucens*) artificial reproduction. *PloS one*, 14. e0216160. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216160>
- Huis, A. V. – Itterbeeck, J. V. – Klunder, H. – Mertens, E. – Halloran, A. – Muir, G. – Vantomme, P. (2013a): Edible insects: future prospects for food and feed security. <https://www.fao.org/4/i3253e/i3253e.pdf>
- Huis, A. V. (2013b): Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Ann. Rev. Entomology*, 58. 563–583. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153704>
- Huis, A. V. – Oonincx, D. G. (2017): The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. *Agro. Sus. Dev.*, 37. 1–14. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0452-8>
- Kirchherr, J. – Reike, D. – Hekkert, M. (2017): Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Res., Conserv. Recyc.*, 127. 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Madau, F. A. – Arru, B. – Furesi, R. – Pulina, P. (2020): Insect farming for feed and food production from a circular business model perspective. *Sustainability*, 12. 5418. <https://doi.org/10.3390/su12135418>

- Makkar, H. P. – Tran, G. – Heuzé, V. – Ankers, P. (2014): State of the art on use of insects as animal feed. *Anim. Feed Sci Techno*, 197. 1–33. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>
- Manaf, I. S. – Embong, N. H. – Khazaai, S. N. M. – Rahim, M. H. A. – Yusoff, M. M. – Lee, K. T. – Maniam, G. P. (2019): A review for key challenges of the development of biodiesel industry. *Energy Conv. Manag.*, 185, 508–517. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.02.019>
- Meneguz, M. – Schiavone, A. – Gai, F. – Dama, A. – Lussiana, C. – Renna, M. – Gasco, L. (2018): Effect of rearing substrate on growth performance, waste reduction efficiency and chemical composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *J. Sci. Food Agric.*, 98. 5776–5784. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9127>
- Nguyen, D. T. – Bouguet, V. – Spranghers, T. – Vangansbeke, D. – De Clercq, P. (2015): Beneficial effect of supplementing an artificial diet for *Amblyseius swirskii* with *Hermetia illucens* haemolymph. *J. Appl. Entomology*, 139. 342–351. <https://doi.org/10.1111/jen.12188>
- Nguyen, H. C. – Liang, S. H. – Chen, S. S. – Su, C. H. – Lin, J. H. – Chien, C. C. (2018): Enzymatic production of biodiesel from insect fat using methyl acetate as an acyl acceptor: Optimization by using response surface methodology. *Energy Conv. Manag.*, 158. 168–175. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.12.068>
- Oonincx, D. G. – Van Itterbeeck, J. – Heetkamp, M. J. – Van Den Brand, H. – Van Loon, J. J. – Van Huis, A. (2010): An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *PloSone*, 5. e14445. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014445>
- Oonincx, D. G. – De Boer, I. J. (2012): Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans a life cycle assessment. *PloSone*, 7. e51145. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051145>
- Oonincx, D. G. – Van Huis, A. – van Loon, J. J. (2015): Nutrient utilisation by black soldier flies fed with chicken, pig, or cow manure. *J. Insects Food Feed.*, 1. 131–139. <https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0023>
- Ortiz, J. C. – Ruiz, A. T. – Morales–Ramos, J. A. – Thomas, M. – Rojas, M. G. – Tomberlin, J. K. – Jullien, R. L. (2016): Insects as sustainable food ingredients. *Insects as Sus. Food Ingrid.*, ISBN: 978-0-12-802856-8
- Pieterse, E. – Erasmus, S. W. – Uushona, T. – Hoffman, L. C. (2019): Black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae meal as a dietary protein source for broiler production ensures a tasty chicken with standard meat quality for every pot. *J. Sci. Food Agric.*, 99. 893–903. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9261>
- Purkayastha, D. – Sarkar, S. – Roy, P. – Kazmi, A. A. (2017): Isolation and morphological study of ecologically-important insect “*Hermetia illucens*” collected from Roorkee compost plant. <https://doi.org/10.7508/pj.2017.03.010>
- Purkayastha, D. – Sarkar, S. (2020): Physicochemical structure analysis of chitin extracted from pupa exuviae and dead imago of wild black soldier fly (*Hermetia illucens*). *J. Polymers Environ.*, 28. 445–457. <https://doi.org/10.1007/s10924-019-01620-x>
- Purkayastha, D. – Sarkar, S. (2021): Sustainable waste management using black soldier fly larva: a review. *Int. J. of Environ. Sci. Techno.*, 1–26. <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03524-7>
- Rezania, S. – Oryani, B. – Park, J. – Hashemi, B. – Yadav, K. K. – Kwon, E. E. – Cho, J. (2019): Review on transesterification of non-edible sources for biodiesel production with a focus on economic aspects, fuel properties and by product applications. *Energy Conv. Manag.*, 201. 112155. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.112155>
- Rumpold, B. A. – Schlüter, O. K. (2013): Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Inno. Food Sci. Emer. Techno.*, 17. 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2012.11.005>

- Sarpong, D. E. – Oduro-Kwarteng, S. – Gyasi, S. F. – Buamah, R. – Donkor, E. – Awuah, E. – Baah, M. K. (2019): Biodegradation by composting of municipal organic solid waste into organic fertilizer using the black soldier fly (*Hermetia illucens*)(*Diptera: Stratiomyidae*) larvae. *Int. J. Recyc. Org. Waste in Agric.*, 8. 45–54. <https://doi.org/10.1007/s40093-019-0268-4>
- Saucier, L. – M'ballou, C. – Ratti, C. – Deschamps, M. H. – Lebeuf, Y. – Vandenberg, G. W. (2022): Comparison of black soldier fly larvae pre-treatments and drying techniques on the microbial load and physico-chemical characteristics. *J. Insects Food Feed*, 8. 45–64. <https://doi.org/10.3920/JIFF2021.0002>
- Sheppard, D. C. – Tomberlin, J. K. – Joyce, J. A. – Kiser, B. C. – Sumner, S. M. (2002): Rearing methods for the black soldier fly (*Diptera: Stratiomyidae*). *J. Med. Entomology*, 39. 695–698. <https://doi.org/10.1603/0022-2585-39.4.695>
- Smetana, S. – Schmitt, E. – Mathys, A. (2019): Sustainable use of *Hermetia illucens* insect biomass for feed and food: Attributional and consequential life cycle assessment. *Res. Conserv. Recyc.*, 144. 285–296. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.01.042>
- Sprangers, T. – Ottoboni, M. – Klootwijk, C. – Oryn, A. – Deboosere, S. – De Meulenaer, B. – 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. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8081>
- Tomberlin, J. K. – Adler, P. H. – Myers, H. M. (2009): Development of the black soldier fly (*Diptera: Stratiomyidae*) in relation to temperature. *Environ. Entomology*, 38. 930–934. <https://doi.org/10.1603/022.038.0347>
- Tomberlin, J. K. – Van Huis, A. (2020). Black soldier fly from pest to 'crown jewel' of the insects as feed industry: an historical perspective. *J. Insects Food Feed*, 6. 1–4. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0003>
- Veldkamp, T. – Bosch, G. (2015): Insects: a protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets. *Anim. Front.*, 5. 45–50. <https://doi.org/10.2527/af.2015-0019>
- Velenturf, A. P. – Jensen, P. D. – Purnell, P. – Jopson, J. – Ebner, N. (2019): A call to integrate economic, social and environmental motives into guidance for business support for the transition to a circular economy. *Admin. Sci.*, 9. 92. <https://doi.org/10.3390/admsci9040092>
- Wang, H. – Rehman, K. – Feng, W. – Yang, D. – Rehman, R. – Cai, M. – Zheng, L. (2020): Physicochemical structure of chitin in the developing stages of black soldier fly. *Int. J. Biol. Macromolecules*, 149. 901–907. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.01.293>
- Yen, A. L. (2015): Insects as food and feed in the Asia Pacific region: current perspectives and future directions. *J. Insects Food Feed*, 1. 33–56. <https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0017>
- Zarantonello, M. – Zimbelli, A. – Randazzo, B. – Compagni, M. D. – Truzzi, C. – Antonucci, M. – Olivetto, I. (2020): Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) reared on roasted coffee by product and *Schizochytrium* sp. as a sustainable terrestrial ingredient for aquafeeds production. *Aquaculture*, 518. 734659. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734659>
- Zhang, J. – Huang, L. – He, J. – Tomberlin, J. K. – Li, J. – Lei, C. – Yu, Z. (2010): An artificial light source influences mating and oviposition of black soldier flies, *Hermetia illucens*. *J. Insect Sci.*, 10. 202. <https://doi.org/10.1673/031.010.20201>
- Zheng, L. – Hou, Y. – Li, W. – Yang, S. – Li, Q. – Yu, Z. (2012): Biodiesel production from rice straw and restaurant waste employing black soldier fly assisted by microbes. *Energy*, 47. 225–229. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.09.006>
- Żuk-Golaszewska, K. – Gałęcki, R. – Obremski, K. – Smetana, S. – Figiel, S. – Gołaszewski, J. (2022): Edible Insect Farming in the Context of the EU Regulations and Marketing - An Overview. *Insects*, 13. 446. <https://doi.org/10.3390/insects13050446>

Szerzők címe: Bana, B.* – Tőzsér, J.

Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar

Authors' address: Széchenyi István University Albert Kázmér Faculty of Agricultural and Food Sciences

H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

*levelező szerző, e-mail: bana.bernadett@sze.hu

Gallen, A.

Karát Broiler Kft.

9800 Vasvár, Nagymákfa utca 18.