



Az Európai Unióban engedélyezett rovarfajok elemzése: szakirodalmi áttekintés

BANA BERNADETT^{1*}, LEDÓNÉ ÁBRAHÁM RITA², GALLEN ATTILA³, TÓZSÉR JÁNOS¹

¹Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, Állattudományi Tanszék

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3760-8812>

Email: bana.bernadett@sze.hu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5632-1765>

²Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, Növénytudományi Tanszék

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9062-1382>

³Karát Broiler Kft., Vasvár

*Corresponding author/Levelező szerző

Received/Érkezett: 2025.06.13.

Revised/Átdolgozva: 2025.06.22.

Accepted/Elfogadva: 2025.07.24.

Published/Megjelent: 2025.12.23.

ÖSSZEFOGLALÁS

A globális fehérjeválság és a fenntartható élelmiszertermelés iránti igény felgyorsította az alternatív fehérjeforrások, köztük az ehető rovarok kutatását. Az Európai Unió (EU) 2015/2283-as Novel Food-rendelete és az EFSA kockázatértékelései alapján jelenleg kilenc rovarfaj – *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, *Acheta domesticus*, *Gryllus assimilis*, *Gryllodes sigillatus*, *Locusta migratoria*, *Hermetia illucens*, *Bombyx mori* és *Musca domestica* – engedélyezett emberi fogyasztásra vagy takarmányozási célra. A tanulmány célja a biológiai, táplálkozási és környezeti jellemzők szintézise, valamint a rovarfehérje-ipar szerepének értékelése a körforgásos gazdálkodásban. A módszertan PRISMA-alapú szakirodalmi áttekintésre épült, amely a 2015-2025 közötti Q1-Q2 folyóiratokat, EFSA-dokumentumokat és LCA-adatokat elemezte. Az eredmények szerint a vizsgált fajok fehérjetartalma 40-70 %, zsírtartalma 15-35 % között változik, míg aminosav-profiljuk és zsírsav-összetételük a hagyományos állati fehérjeforrásokkal egyenértékű. Az LCA-elemzések alapján a rovarfehérje-előállítás üvegházhatásúgáz-kibocsátása akár 80-90 %-kal alacsonyabb a marha- vagy sertéshúsénál. A kutatás rávilágít arra, hogy a rovarfajok biológiai diverzitása, ipari adaptálhatósága és környezeti előnyei jelentős szerepet játszhatnak a jövő fenntartható élelmiszer- és takarmányrendszereinek kialakításában.

Keywords: engedélyezett rovarfajok, fenntartható fehérjeforrás, körforgásos gazdálkodás, tápérték, ipari hasznosíthatóság

1. BEVEZETÉS

A 21. század egyik legjelentősebb kihívása a fehérjehiány, amelyet a népességnövekedés, a városi életmód elterjedése és az intenzív állattenyésztés magas környezeti terhelése okoz (Van Huis és Tomberlin, 2016). Az állati eredetű fehérjék – hús, hal, tojás, tej – előállítása jelentős föld-, víz- és energiaigénnyel jár, miközben a természeti erőforrások egyre korlátozottabbak (Halloran et al., 2021).



A fehérjekereslet 2050-re 60-70 %-kal nőhet, ami a hagyományos forrásokkal nem fedezhető. A fenntartható alternatív fehérjeforrások közül az ehető rovarok az utóbbi évtizedben a legígéretesebb megoldássá váltak (Barragán-Fonseca et al., 2020).

A tudományos és szakpolitikai irodalomban az „ehető rovar” kifejezés nem kizárólag az emberi fogyasztásra jóváhagyott fajokat jelöli. A fogalom gyakran tág értelemben használatos, és magában foglalja mindazokat a rovarfajokat, amelyek biztonságosan felhasználhatók fehérjeforrásként – akár élelmiszerként, akár takarmányként (Van Huis et al., 2013; Veldkamp et al., 2012).

Az ehető rovarok az elmúlt két évtizedben az élelmiszertudomány és a fenntartható mezőgazdasági kutatások egyik központi irányává váltak. Ennek oka, hogy a rovarok kiemelkedően hatékony biokonverterek, képesek növényi melléktermékeket, élelmiszeripari hulladékot és alacsony tápértékű biomasszát magas biológiai értékű fehérjévé, aminosavakká és vitaminokká alakítani (Barragán-Fonseca et al., 2020). A rovarfehérjék aminosav-profilja kedvező, biológiai hasznosulásuk magas, előállításuk pedig lényegesen kisebb környezeti lábnyommal jár, mint a hagyományos állati fehérjeforrásoké (Oonincx és de Boer, 2012).

A fehérjealapú összetevők részleges vagy teljes kiváltása rovarfehérjével jelentősen csökkentheti az élelmiszer- és takarmánygyártás környezeti hatásait, javíthatja az állatjóllétet, és mérsékelheti az élelmiszerpazarlást – mindezt minimális üvegházhatású gázkibocsátás mellett (Spartano és Grasso, 2021).

További előny, hogy a rovarokat intenzív, vertikális rendszerben is lehet tenyészteni, ami lényegesen kevesebb területet és vizet igényel, mint a hagyományos állattenyésztés. Ez a termelési forma gazdaságilag is életképes, miközben minimális üvegházhatású gázkibocsátással jár (Penedo et al., 2022). Az életciklus-analízisek (LCA) szerint 1 kg rovarfehérje előállítása átlagosan 2,7 kg CO₂-egyenértékkel terheli a környezetet, míg a marhahús esetében ez meghaladja a 60 kg-ot (Oonincx és de Boer, 2012; Wilkinson et al., 2018). Az Európai Unió az ehető rovarokat két jogi keretben szabályozza:

- Az (EU) 2015/2283 számú Novel Food-rendelet, amely az emberi fogyasztásra szánt rovarokat és termékeiket engedélyezi. Az Európai Unióban jelenleg négy rovarfaj (*Acheta domesticus*, *Locusta migratoria*, *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*) rendelkezik élelmiszerként való felhasználási engedéllyel, míg egy további faj engedélyezése folyamatban van az EFSA értékelése alapján. Az engedélyezéshez az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság (EFSA, European Food Safety Authority) végzi a tudományos kockázatértékelést (EFSA, 2021).
- Az (EU) 2017/893 számú Takarmányozási rendelet, amely meghatározza, mely rovarfajok használhatók fehérjealapú takarmányként. Jelenleg nyolc rovarfaj (*Acheta domesticus*, *Gryllodes sigillatus*, *Gryllus assimilis*, *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, *Hermetia illucens*, *Bombyx mori*, *Musca domestica*) engedélyezett állati takarmányban. E fajok használata elsősorban baromfi-, sertés- és akvakultúra-takarmányokban terjedt el, részben a szójaliszt és halliszt kiváltására (Makkar et al., 2014).

Bár az EU-ban egyre több rovarfaj rendelkezik hivatalos engedéllyel, a fajok biológiai, tápértéki és környezeti jellemzőiről szóló adatok töredezettek és nehezen összehasonlíthatók. A legtöbb tanulmány egy-egy faj kémiai összetételére, vagy termelési paramétereire koncentrál, ám hiányzik az összehasonlító, integrált elemzés, amely a biológiai életciklust, a tápértéket, a környezeti hatást és az ipari potenciált együttesen vizsgálja (Menozziet al., 2021; Penedo et al., 2022).

E kutatás célja, hogy tudományos áttekintést adjon az Európai Unióban engedélyezett ehető rovarfajokról, kiemelve a fajok biológiai és ökológiai alkalmazkodóképességét, fehérje- és zsírtartalmukat, aminosav-profiljukat, életciklusuk (LCA, Life Cycle Analysis) és tenyésztésük



környezeti hatását, valamint ipari és gazdasági felhasználási lehetőségeiket. Az ilyen integrált szemléletű összehasonlítás elengedhetetlen ahhoz, hogy a rovarfehérjék a fenntartható élelmiszer- és takarmányláncok stratégiai részévé váljanak.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

A tanulmány irodalomkutatása a PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) irányelveit követte (1. ábra) (Page et al., 2021). A keresés célja az volt, hogy azonosítsa az EFSA által 2015 és 2025 között értékelt és engedélyezett ehető rovarfajokkal kapcsolatos, tudományosan megalapozott kutatásokat, amelyek a biológiai tulajdonságokra, tápértékre, bioaktív összetevőkre és környezeti hatásokra vonatkoznak. A keresés három elsődleges adatforrásban zajlott:

- Scopus – tudományos publikációk (Q1-Q2 folyóiratok)
- Web of Science (Core Collection) – kísérletes és review típusú cikkek
- EFSA Scientific Dossiers és Novel Food-jelentések (2015-2025)

A keresés időintervalluma: 2015. január 1. – 2025. április 30. Ez az időszak lefedi a Novel Food-rendelet (2015/2283/EU) életbe lépésétől napjainkig terjedő időszakot. A keresés kombinált kulcsszavakkal történt:

- edible insects OR insect protein
- EFSA OR Novel Food OR authorised species
- nutritional composition OR protein content OR fatty acids
- life cycle OR growth rate OR bioconversion
- bio-waste valorization OR circular economy OR LCA

A szűrés során az alábbi feltételeket alkalmaztuk:

- document type = „article” vagy „review”
- language: English
- journal rank = Q1-Q2 (Scimago 2023)

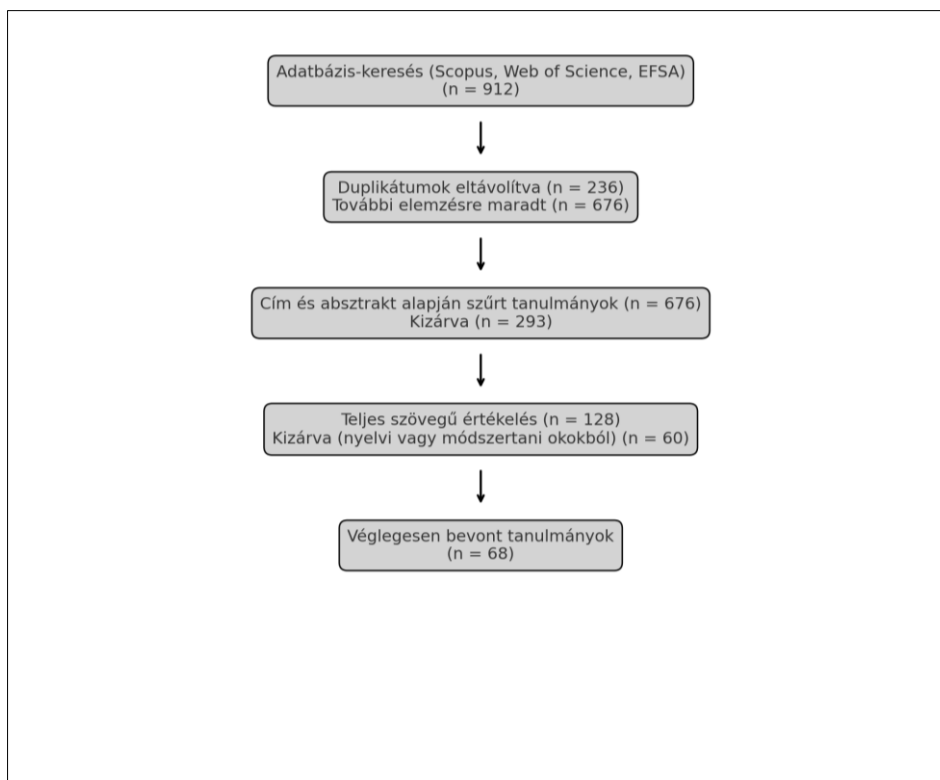
Beválogatásra kerültek azok a cikkek, amelyek:

- legalább egy EFSA által engedélyezett fajt tárgyaltak (*Acheta domesticus*, *Gryllodes sigillatus*, *Gryllus assimilis*, *Locusta migratoria*, *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, *Hermetia illucens*, *Bombyx mori*, *Musca domestica*)
- részletes biológiai, táplálkozási vagy környezeti adatokat tartalmaztak
- kísérletes vagy összehasonlító módszertant alkalmaztak

Kizárásra kerültek a nem lektorált („grey literature”) források, a nem angol nyelvű publikációk, valamint azon cikkek, amelyek nem tartalmaztak mennyiségi adatokat. A válogatás eredménye: 912 találat → 236 duplikátum eltávolítva → 421 cikk cím-/absztrakt-szűrés után → 128 teljes szövegű vizsgálat → 68 véglegesen bevont tanulmány.

Az adatokat fajonként rendszereztük, majd táblázatos formában összesítettük:

- tápérték (fehérje, lipid, rost)
- esszenciális aminosav- és zsírsavprofil
- életsiklus-paraméterek
- LCA-mutatók (CO₂-egyenérték, vízlábnyom, FCR)



1.ábra: Az irodalmi szűrés folyamata a PRISMA-2020 alapján

3. AZ EU ÁLTAL ENGEDÉLYEZETT ROVARFAJOK RÉSZLETES BEMUTATÁSA

Az Európai Unió által engedélyezett rovarfajok bemutatása során elsőként a fajok fejlődési típusait ismertetjük, mivel ezek meghatározzák a rovarok biológiai sajátosságait, tenyésztési feltételeit és ipari hasznosítási lehetőségeit. Ezt követően fajonkénti elemzés formájában részletezzük a kilenc engedélyezett rovar biológiai, tápérték és környezeti jellemzőit, külön kitérve az egyes fajok ipari hasznosítására és szerepére.

3.1 A rovarok fejlődése

A rovarok fejlődése a biológiai sokféleség egyik legösszetettebb és legjobban tanulmányozott folyamata. A rovar rendek között jelentős eltérés mutatkozik abban, hogyan alakul át a petéből a kifejlett imágó. A fejlődés fő típusai: ametabolikus, hemimetabolikus és holometabolikus fejlődés (Chapman, 2013). A rovarok fejlődése petéből indul. A pete embrionális fejlődést követően lárvává alakul. A növekedés csak vedlések során valósul meg, mivel a külső váz (kutikula) nem képes tágulni. A vedlést az ekdizon nevű hormon szabályozza, amely a hipotalamusz-neuroendokrin rendszerhez hasonló protoracikus mirigyek és koponya-ganglionok irányítása alatt áll (Nijhout, 2013). A fejlődés szakaszai fajonként eltérnek, de általánosan megkülönböztethető az embrionális, lárvá, báb és imágó stádium.

3.1.1 Ametabolikus fejlődés

Az ametabolikus fejlődésben nincs átalakulás. A fiatal egyedek (pronympha) a kifejlett rovarokhoz hasonlóak, csak kisebbek és ivaréretlenek. Ez a típus jellemző például a karcsúszárnyúakra

(Thysanura) és a csótányfélék primitív rokonaira. A fejlődés során fokozatos növekedés és vedlés zajlik, de nincsenek jelentős morfológiai változások (Gullan és Cranston, 2021).

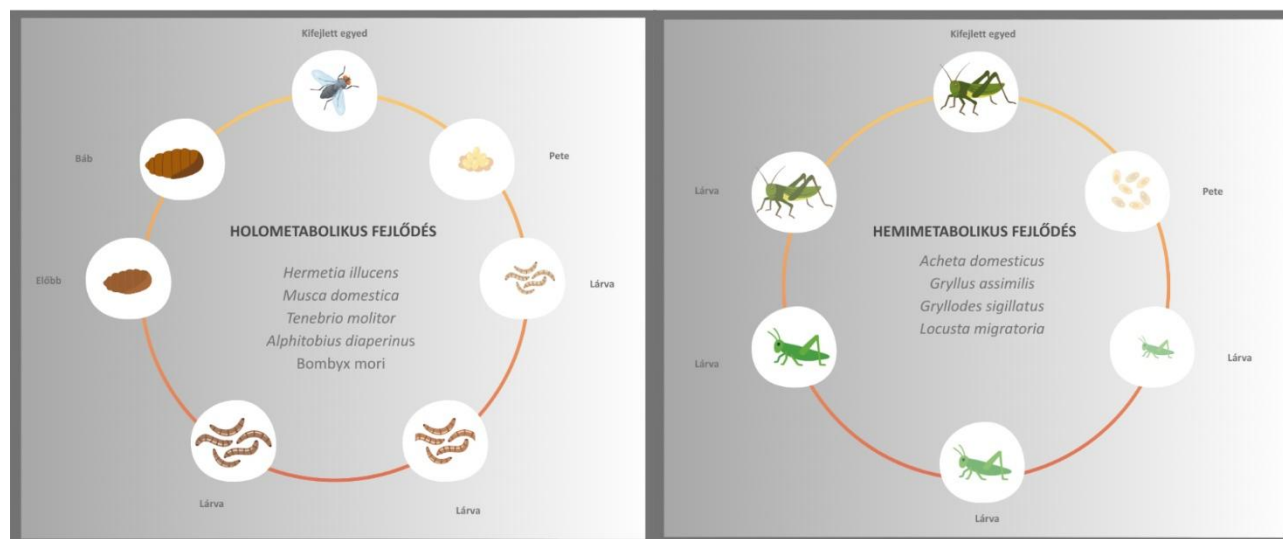
3.1.2 Hemimetabolikus fejlődés (részleges átalakulás)

Ebben az esetben a nimfa morfológiailag hasonlít a kifejlett egyedre, de hiányzik a szárny és a teljesen kifejlett ivarszerv. A nimfa többször vedlik, majd az utolsó vedlés után alakul ki az imágó. A szárnyas rovarok nagy részére (pl. sáskák, tücskök – Orthoptera) ez a típus jellemző (Chapman, 2013). A hemimetabolikus fejlődés ökológiai szempontból előnyös, mivel a fiatal és kifejlett egyedek azonos élőhelyen és hasonló táplálékon élnek, így a populációk stabilan fenntarthatók.

3.1.3 Holometabolikus fejlődés (teljes átalakulás)

A rovarok legfejlettebb csoportjaiban (pl. bogarak – Coleoptera, lepkék – Lepidoptera, legyek – Diptera, hártványsszárnyúak – Hymenoptera) teljes metamorfózis zajlik. A fejlődés szakaszai: pete – embrionális szakasz, lárva – specializált táplálkozó forma, báb – nyugalmi, átépülési szakasz, amely során a test szerkezete teljesen átalakul, imágó – ivarérett, szaporodó forma. A holometabolikus fejlődés előnye, hogy a lárva és az imágó ökológiai igénye teljesen különböző, ami csökkenti az intraspecifikus kompetíciót, és hozzájárul a fajok nagyfokú adaptivitásához (Truman és Riddiford, 2019).

A kilenc Európai Unió engedéllyel rendelkező rovarfaj közül négy faj – *Acheta domesticus*, *Gryllus assimilis*, *Gryllodes sigillatus* és *Locusta migratoria* – hemimetabolikus, vagyis részleges átalakulással fejlődik, míg öt faj – *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, *Hermetia illucens*, *Musca domestica* és *Bombyx mori* – holometabolikus, azaz teljes átalakuláson megy keresztül a fejlődési ciklusa során (2. ábra).



2. ábra: Az Európai Unióban engedélyezett rovarfajok fejlődési típus szerint

Forrás: Saját készítés

3.2 Rovarfajok

A feldolgozott szakirodalmi források lehetővé tették, hogy a kilenc engedélyezett rovarfaj adatait egységes rendszerben vizsgáljuk és összehasonlítsuk. Az alkalmazott módszertan alkalmas arra, hogy a fajok biológiai sajátosságait és ipari jellemzőit integrált módon értékeljük. A 2. táblázat



fajonként összesítve mutatja be az adatgyűjtés és az elemzés legfontosabb eredményeit. A táblázat segítségével egyértelműen kirajzolódnak azok a fajspecifikus különbségek és hasonlóságok, amelyek alapján a rovarfehérjék takarmányozási hasznosítása megalapozottan értékelhető, illetve további kutatási irányok is kijelölhetők.

2.táblázat: Az EU-ban engedélyezett rovarfajok fő biológiai és ipari jellemzői

Faj	Taxonómia (Rend / Család)	Életciklus hossza (nap)	Fehérje (% DM)	Lipid (% DM)	Fő zsírsav	Fő ipari alkalmazás	Forrás
<i>Acheta domesticus</i>	Orthoptera / Gryllidae	45	65	18	Linolsav, leucin, lizin	Élelmiszerfehérje, snack, fehérjepor	EFSA, 2022; Magara et al., 2021; Rumpold és Schlüter, 2013
<i>Gryllodes sigillatus</i>	Orthoptera / Gryllidae	40	66	16	Lizin, treonin, olajsav	Élelmiszer, sporttáplálék, takarmány	Magara et al., 2025
<i>Gryllus assimilis</i>	Orthoptera / Gryllidae	50	63	20	Leucin, metionin, linolsav	Takarmányfehérje, liszt	Ribeiro et al., 2024; Payne et al., 2016
<i>Locusta migratoria</i>	Orthoptera / Acrididae	90	60	17	Linolsav, valin, hisztidin	Élelmiszer, takarmány, aminosav-forrás	EFSA, 2021; Ochiai et al., 2022
<i>Tenebrio molitor</i>	Coleoptera / Tenebrionidae	55	55	30	Olajsav, linolsav, leucin	Élelmiszer, takarmány, bioanyag (kitin)	EFSA, 2021; Gkinali et al., 2022; Oonincx és de Boer, 2012
<i>Alphitobius diaperinus</i>	Coleoptera / Tenebrionidae	45	53	28	Palmitinsav, leucin, lizin	Takarmányfehérje, állati eledel	EFSA, 2022; Mierzejewska et al., 2025
<i>Hermetia illucens</i>	Diptera / Stratiomyidae	14	43	33	Laurinsav (C12:0), valin, izoleucin	Hulladék- biokonverzió, takarmányzsír, biodízel	Gold et al., 2022; Meneguz et al., 2018; Spranghers et al., 2017
<i>Musca domestica</i>	Diptera / Muscidae	10	55	23	Palmitinsav, leucin, arginin	Takarmányfehérje, biokonverzió, állati táp	Čičková et al., 2015; Hamani et al., 2022
<i>Bombyx mori</i>	Lepidoptera / Bombycidae	28	55	30	Olajsav, linolsav, glicin	Élelmiszer, kozmetikum, gyógyszer vivőanyag	Marzoli et al., 2022; Numata és Kaplan, 2025



4. INTEGRÁLT ELEMZÉS

E fejezet célja, hogy az egyedi jellemzőket integrált módon értelmezze, kiemelve a fajok közötti szinergiákat, különbségeket és összefüggéseket.

4.1 Biológiai diverzitás és adaptációs különbségek

A vizsgált fajok négy rendbe tartoznak (Orthoptera, Coleoptera, Diptera, Lepidoptera), ami jelentős életmódbeli és ökológiai diverzitást eredményez.

- Az Orthoptera (tücskök, sáskák) fajai — *Acheta domesticus*, *Gryllus assimilis*, *Locusta migratoria* — száraz környezethez adaptált, gyors szaporodású, mindenevő rovarok, melyek takarmányon és növényi mellékterméken egyaránt tenyésztethetők (Halloran et al., 2021).
- A Coleoptera fajok (*Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*) ezzel szemben raktári típusú, gabonaalapú szubsztrátokon nevelhetők, jól kontrollálható környezetben, és magas fehérjehozamuk miatt ideálisak ipari termelésre (Vandeweyer et al., 2021).
- A Diptera képviselői — *Hermetia illucens* és *Musca domestica* — a biokonverziós specialisták, rövid élett ciklusuk (10–14 nap) és nagy hulladéklebontó képességük révén kulcsszereplők az ökológiai tápanyagkörforgásban (Gold et al., 2022; Čičková et al., 2015).
- A Lepidoptera (*Bombyx mori*) esetében a biotechnológiai hasznosítás dominál, a faj bábja és fehérjéi (fibroin, szericin) nemcsak táplálkozási, hanem gyógyászati és anyagtudományi jelentőséggel bírnak (Numata és Kaplan, 2025).

Ez a diverzitás teszi lehetővé, hogy ezek a fajok komplementer ökológiai és ipari funkciókat töltsenek be. A tücskök és bogarak biztosítják a fehérjét, a legyek a hulladékfeldolgozást, a selyemlepke pedig a bioalapú ipari innovációt.

4.2 Tápérték és környezeti hatás közötti kapcsolat

A fajok fehérjetartalma 40-70 %, a zsírtartalom 15-35 %, a kitin 4-8 % között mozog. Az adatok alapján két fő csoport különíthető el:

- Fehérje-domináns fajok: *Acheta domesticus*, *Gryllodes sigillatus*, *Tenebrio molitor* — 60-70 % fehérje, alacsony zsírtartalom (15-20 %), jó emészthetőség (85-90 %).
- Lipid-domináns fajok: *Hermetia illucens*, *Musca domestica*, *Bombyx mori* — 25-35 % zsírtartalom, speciális zsírsavprofilokkal (laurinsav, olajsav, linolsav).

Az élett ciklus-elemzések alapján a környezeti hatás és a tápérték között inverz korreláció mutatható ki: minél rövidebb a fejlődési idő és nagyobb a lipidfrakció, annál alacsonyabb az ökológiai lábnyom (Oonincx és de Boer, 2012). A *Hermetia illucens* például 3 kg CO₂-eq/kg fehérje, míg a *Tenebrio molitor* 2,7–3,5 kg CO₂-eq/kg, ami lényegesen kedvezőbb, mint a halliszt (~13 kg) vagy a szarvasmarha (~60 kg). A *Locusta migratoria* és *Acheta domesticus* esetében a magas fehérjeszintet mérsékelt vízlábnyom (2-3 L/g fehérje) kíséri, ami a növényi eredetű fehérjéknél is versenyképes (Rumpold és Schlüter, 2013). E fajok tehát nemcsak táplálkozásbiológiai szempontból értékesek, hanem ökológiai hatékonyságuk is kiemelkedő.



4.3 Ipari hasznosíthatóság

Az integrált értékelés három ipari területet különít el.

- Élelmiszeripari terület: *Acheta domesticus*, *Tenebrio molitor*, *Locusta migratoria*. EFSA által jóváhagyott Novel Food státusz (2021-2023). Felhasználás: snackek, fehérjeporok, pékáruk, húsanalogok.
- Takarmányipari terület: *Hermetia illucens*, *Musca domestica*, *Alphitobius diaperinus*. Fő előny a hulladék alapú biokonverzió és magas fehérjehozam. Halgazdaságban, baromfitápokban a halliszt részleges kiváltása, valamint kutya- és macskaeledelekben használják. Az olajfrakciók (C12:0, C16:0) javítják az immunfunkciót és a növekedést (Spranghers et al., 2017).
- Bioanyag- és biomedicinális terület: *Bombyx mori*, *Tenebrio molitor*. Kitin és kitozán biopolimerek, amelyeket csomagolóanyag, sebgyógyító, gyógyszer vivőanyagként használnak (Ravi et al., 2023). *Bombyx mori* fibroin és szericin fehérjéi regeneratív orvoslásban és kozmetológiában alkalmazhatók (Numata és Kaplan, 2025).

E három irány integrálása jelenti a „multi-sectoral insect bioeconomy” alapját, amely a fehérjeválság, hulladékhasznosítás és biotechnológia metszéspontjában helyezkedik el.

4.4 Bioaktív komponensek és funkcionális potenciál

A rovarok nemcsak fehérje- és zsírforrások, hanem funkcionális élelmiszer-összetevők is. A *Hermetia illucens* lárvák laurinsavban (C12:0) gazdag lipidjei antimikrobiális és antivirális hatásúak (Gold et al., 2022). A *Bombyx mori* bábfehérjéiből származó peptidek (bombyxin, szericin) antioxidáns, neuroprotektív és immunmoduláns aktivitásúak (Cermenó et al., 2022). A *Tenebrio molitor* fehérjékből kivont peptidek ACE-gátló (ACE, Angiotensin Converting Enzyme) és antioxidáns hatásokat mutatnak (Rumpold és Schlüter, 2013). A *Gryllosigillus sigillatus* és *Acheta domesticus* fehérjehidrolizátumai jó aminosav-emészthetőséggel és *in vitro* antioxidáns aktivitással rendelkeznek (Summart et al., 2024). Ezen bioaktív összetevők integrációja lehetőséget teremt a funkcionális élelmiszerek és nutraceutikumok (egészségvédő hatás) fejlesztésére, amelyek a fenntarthatósági és egészségügyi trendeket egyaránt szolgálják.

4.5 EU-szabályozás, piaci és gazdasági akadályok

Bár az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság (EFSA, 2021–2024) négy rovarfajt engedélyezett különböző feldolgozott formákban (szárított, fagyasztott, porított), a rovaralapú élelmiszerek tényleges piaci bevezetése az Európai Unióban továbbra is korlátozott. A szektor fejlődését elsősorban szabályozási, társadalmi és gazdasági tényezők gátolják. Szabályozási szempontból az engedélyezés jelenleg faj- és feldolgozás-specifikus, ami fragmentált jogi környezetet eredményez, és megnehezíti az egységes termékstandardok kialakítását, illetve a határokon átnyúló kereskedelmet. A fogyasztói bizalom szintén korlátozó tényező, különösen Nyugat-Európában, ahol a rovarok élelmiszerként történő elfogadottsága továbbra is alacsony, és kulturális fenntartások övezik az ilyen termékeket. A kockázatkezelés területén az EFSA (2022) a mikrobiológiai veszélyeket – például *Salmonella* és *Bacillus* fajok jelenlétét – valamint az allergénkeresztreakciókat (különösen a rákfélékkel szemben) azonosította fő kockázati tényezőként. Gazdasági oldalról a magas beruházási költségek, a jelentős energiaigény, valamint a tenyésztőrendszerek korlátozott méretezhetősége továbbra is akadályozzák az iparág nagyléptékű bővülését. E tényezők következtében a fejlődési irányok egyre inkább a takarmány- és bioanyag-ágazat felé tolódnak el, ahol a jogi és társadalmi korlátok lényegesen enyhébbek. Az International Platform of Insects for



Food and Feed (IPIFF, 2024) előrejelzései szerint 2030-ra az uniós rovarfehérje-termelés elérheti az évi 3 millió tonnát, amelynek mintegy 70%-át a (*Hermetia illucens*) és a *Tenebrio molitor* adhatja. E trendek arra utalnak, hogy az európai rovaripar a konszolidáció és specializáció szakaszába lépett, amelyet a technológiai fejlesztések, az integrált termelési láncok és a bioalapú ipari alkalmazások felé történő diverzifikáció jellemez.

5. KÖVETKEZTETÉSEK

A rovaralapú fehérjetermelés az elmúlt évtizedben a fenntartható élelmiszer- és takarmányrendszerek egyik legdinamikusabban fejlődő területévé vált. Az Európai Unió rendeleteinek köszönhetően ma már kilenc rovarfaj – köztük a *Tenebrio molitor*, *Acheta domesticus*, *Locusta migratoria*, *Hermetia illucens*, *Gryllus assimilis*, *Gryllodes sigillatus*, *Alphitobius diaperinus*, *Bombyx mori* és *Musca domestica* – jogszerűen alkalmazható az uniós élelmiszer- és takarmányláncban. E fajok biológiai diverzitása és adaptációs képessége lehetővé teszi, hogy a különböző hulladékáramokat (gabona-, zöldség-, állati-eredetű melléktermékeket) magas biológiai értékű fehérjévé, lipiddé és bioaktív vegyületekké alakítsák.

Az összehasonlító elemzések alapján a rovarfehérjék tápértéke – különösen az esszenciális aminosav-profil, a magas emészthetőség és a kedvező zsírsav-összetétel – a hagyományos fehérjeforrások (pl. szója, halliszt) versenyképes alternatíváját kínálja. A fajspecifikus különbségek azonban jelentősek. A *Hermetia illucens* és a *Musca domestica* kiemelkedő biokonverziós hatékonysággal rendelkezik, míg a *Tenebrio molitor* és az *Alphitobius diaperinus* tenyésztése gazdaságilag stabil, jól skálázható technológiai alapot nyújt. A Gryllidae fajok pedig kedvező íz- és textúraprofiljuk miatt az emberi fogyasztás számára ígéretesek.

A környezeti életciklus-elemzések igazolták, hogy a rovarfehérje-előállítás szén-dioxid-egyenértéke és vízlábnyoma a marha-, sertés- vagy baromfihúséhoz képest akár 80–90 %-kal alacsonyabb (Oonincx és de Boer, 2012; Dreyer et al., 2021). Emellett a rovarok ürüléke értékes szerves trágyaként hasznosítható, ezáltal zárttá tehető az élelmiszer-hulladék, rovar, fehérje, tápanyag körforgás, ami a bioökonómia gyakorlati megvalósítását jelenti (Lenaerts et al., 2018).

Mindazonáltal a szektor előtt továbbra is kihívás a szabályozási harmonizáció, az ipari méretű biztonsági standardok kidolgozása és a fogyasztói elfogadottság növelése (Menozzi et al., 2021). A jövőbeli kutatásoknak a genetikai szelekcióra, a mikrobiális biztonságra, valamint a funkcionális fehérjék és bioaktív peptidok kinyerésére kell összpontosítaniuk, mivel ezek adják az iparág valódi innovációs potenciálját.

Összességében a rovaralapú rendszerek nem csupán új fehérjeforrást jelentenek, hanem egy átfogó, fenntartható biomassza-átalakítási megoldást, amely összeköti az élelmiszer-, agrár- és körforgásos gazdasági szektorokat. A tudományosan megalapozott, integrált szemléletmód nélkülözhetetlen ahhoz, hogy az uniós rovaripar a következő évtizedben vezető példává váljon a zöld átállás és az élelmiszer-önrendelkezés területén.



Analysis of Insect Species Authorised in the European Union

BERNADETT BANA^{1*}, RITA LEDÓNÉ ÁBRAHÁM², ATTILA GALLEN³, JÁNOS TÓZSÉR¹

¹Albert Kázmér Faculty of Agricultural and Food Sciences of Széchenyi István University

Department of Animal Science, Mosonmagyaróvár, Hungary

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3760-8812>

Email: bana.bernadett@sze.hu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5632-1765>

²Albert Kázmér Faculty of Agricultural and Food Sciences of Széchenyi István University

Department of Plant Science

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9062-1382>

³Karát Broiler Ltd., Vasvár, Hungary

*Corresponding author/Levelező szerző

ABSTRACT

The accelerating global protein shortage and the increasing demand for sustainable food production have intensified research into alternative protein sources, including edible insects. Under Regulation (EU) 2015/2283 and based on EFSA risk assessments, nine insect species – *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, *Acheta domesticus*, *Gryllus assimilis*, *Gryllodes sigillatus*, *Locusta migratoria*, *Hermetia illucens*, *Bombyx mori*, *Musca domestica* – are currently authorised within the European Union for human consumption or feed purposes. This review synthesises biological, nutritional and environmental data to evaluate the role of insect-derived proteins in the circular bioeconomy. A PRISMA-guided systematic literature review (2015-2025) was conducted using the Scopus and Web of Science databases, and EFSA dossiers, with a focus on Q1-Q2 peer-reviewed journals and life-cycle assessment (LCA) indicators. The findings indicate that the analysed species contain 40-70 % crude protein and 15-35 % lipids, with amino acid and fatty acid profiles comparable to conventional animal-based proteins. LCA results further show that insect protein production generates up to 80-90 % lower greenhouse gas emissions than beef or pork production. Overall, authorised insect species display considerable biological diversity, high adaptive capacity, and favourable environmental performance, positioning them as strategic components of resilient future food and feed systems within the European circular economy.

Keywords: *authorised insect species, sustainable protein source, circular economy, nutritional value, industrial applicability*



IRODALOMJEGYZÉK

- Barragán-Fonseca, K. Y., Barragán-Fonseca, K. B., Verschoor, G., van Loon, J. J., & Dicke, M. (2020). Insects for peace. *Current Opinion in Insect Science*, 40, 85-93.
- Cermeno, M., Bascón, C., Amigo-Benavent, M., Felix, M., & FitzGerald, R. J. (2022). Identification of peptides from edible silkworm pupae (*Bombyx mori*) protein hydrolysates with antioxidant activity. *Journal of Functional Foods*, 92, 105052. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105052>
- Chapman, R. F. (2013). *The insects: structure and function* (5th ed.) Cambridge University Press.
- Čičková, H., Newton, G. L., Lacy, R. C., & Kozánek, M. (2015). The use of fly larvae for organic waste treatment. *Waste management*, 35, 68-80. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.09.026>
- Dreyer, M., Hörtenhuber, S., Zollitsch, W., Jäger, H., Schaden, L. M., Gronauer, A., & Kral, I. (2021). Environmental life cycle assessment of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) production for human consumption in Austria—a comparison of mealworm and broiler as protein source. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 26(11), 2232-2247. <https://doi.org/10.1007/s11367-021-01980-4>
- EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens (NDA), Turck, D., Castenmiller, J., De Henauw, S., Hirsch-Ernst, K. I., Kearney, J., ... & Knutsen, H. K. (2021). Safety of frozen and dried formulations from migratory locust (*Locusta migratoria*) as a Novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *Efsa Journal*, 19(7), e06667. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6667>
- EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens (NDA), Turck, D., Bohn, T., Castenmiller, J., De Henauw, S., Hirsch-Ernst, K. I., ... & Knutsen, H. K. (2021). Safety of frozen and dried formulations from whole house crickets (*Acheta domesticus*) as a Novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *Efsa Journal*, 19(8), e06779. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6779>
- Gkinali, A. A., Matsakidou, A., Vasileiou, E., & Paraskevopoulou, A. (2022). Potentiality of *Tenebrio molitor* larva-based ingredients for the food industry: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 119, 495-507. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.11.024>
- Gold, M., Tomberlin, J. K., Diener, S., Zurbrügg, C., & Mathys, A. (2018). Decomposition of biowaste macronutrients, microbes, and chemicals in black soldier fly larval treatment: A review. *Waste Management*, 82, 302-318. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.10.022>
- Gullan, P. J., & Cranston, P. S. (2021). *The insects: An outline of entomology* (6th ed.). Wiley-Blackwell.
- Halloran, A., Ayieko, M., Oloo, J., Konyole, S. O., Alemu, M. H., & Roos, N. (2021). What determines farmers' awareness and interest in adopting cricket farming? A pilot study from Kenya. *International Journal of Tropical Insect Science*, 41(3), 2149-2164. <https://doi.org/10.1007/s42690-020-00333-2>
- Hamani, B., Moula, N., Taffa, A. G., Leyo, I. H., Mahamadou, C., Detilleux, J., & Van, Q. C. D. (2022). Effect of housefly (*Musca domestica*) larvae on the growth performance and carcass characteristics of local chickens in Niger. *Veterinary World*, 15(7), 1738. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2022.1738-1748>
- Lenaerts, S., Van Der Borght, M., Callens, A., & Van Campenhout, L. (2018). Suitability of microwave drying for mealworms (*Tenebrio molitor*) as alternative to freeze drying: Impact on nutritional quality and colour. *Food chemistry*, 254, 129-136. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.006>
- Magara, H. J., Niassy, S., Ayieko, M. A., Mukundamago, M., Egonyu, J. P., Tanga, C. M., ... & Ekesi, S. (2021). Edible crickets (Orthoptera) around the world: distribution, nutritional value, and other benefits—a review. *Frontiers in nutrition*, 7, 537915. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.537915>
- Magara, H. J., Hugel, S., & Fisher, B. L. (2025). Growth Performance and Nutritional Content of Tropical House Cricket (*Gryllodes sigillatus* (Walker, 1969)) Reared on Diets Formulated from Weeds and Agro By-Products. *Insects*, 16(6), 600. <https://doi.org/10.3390/insects16060600>



- Makkar, H. P. S., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 1-33. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>
- Marzoli, F., Antonelli, P., Saviane, A., Tassoni, L., Cappellozza, S., & Belluco, S. (2022). Bombyx mori from a food safety perspective: a systematic review. *Food Research International*, 160, 111679. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111679>
- Meneguz, M., Schiavone, A., Gai, F., Dama, A., Lussiana, C., Renna, M., & Gasco, L. (2018). Effect of rearing substrate on growth performance and chemical composition of *Hermetia illucens* larvae. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(15), 5776-5784. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9127>
- Menozzi, D., Sogari, G., Mora, C., Gariglio, M., Gasco, L., & Schiavone, A. (2021). Insects as feed for farmed poultry: are Italian consumers ready to embrace this innovation? *Insects*, 12(5), 435. <https://doi.org/10.3390/insects12050435>
- Mierzejewska, S., Domiszewski, Z., Piepiórka-Stepuk, J., Bielicka, A., Szpicer, A., & Wojtasik-Kalinowska, I. (2025). Analysis of the Impact of the Addition of *Alphitobius diaperinus* Larval Powder on the Physicochemical, Textural, and Sensorial Properties of Shortbread Cookies. *Applied Sciences*, 15(8), 4269. <https://doi.org/10.3390/app15084269>
- Nijhout, H. F. (2003). Development and evolution of adaptive polyphenisms. *Evolution & development*, 5(1), 9-18. <https://doi.org/10.1046/j.1525-142X.2003.03003.x>
- Numata, K., & Kaplan, D. L. (2025). Silk proteins: designs from nature with multipurpose utility and infinite future possibilities. *Advanced Materials*, 37(22), 2411256. <https://doi.org/10.1002/adma.202411256>
- Ochiai, M., Tezuka, K., Yoshida, H., Akazawa, T., Komiya, Y., Ogasawara, H., ... & Nakada, M. (2022). Edible insect *Locusta migratoria* shows intestinal protein digestibility and improves plasma and hepatic lipid metabolism in male rats. *Food Chemistry*, 396, 133701. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133701>
- Oonincx, D. G. A. B., & de Boer, I. J. M. (2012). Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans – A life cycle assessment. *PLoS ONE*, 7(12), e51145. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051145>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Payne, C. L. R., Scarborough, P., Rayner, M., & Nonaka, K. (2016). Are edible insects more or less 'healthy' than commonly consumed meats? A comparison using two nutrient profiling models developed to combat over-and undernutrition. *European journal of clinical nutrition*, 70(3), 285-291. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2015.149>
- Penedo, A. O., Bucher Della Torre, S., Götze, F., Brunner, T. A., & Brück, W. M. (2022). The consumption of insects in Switzerland: university-based perspectives of entomophagy. *Foods*, 11(18), 2771. <https://doi.org/10.3390/foods11182771>
- Ravi, H. K., Degrou, A., Costil, J., Trespeuch, C., Chemat, F., & Vian, M. A. (2020). Larvae mediated valorization of industrial, agriculture and food wastes: Biorefinery concept through bioconversion, processes, procedures, and products. *Processes*, 8(7), 857. <https://doi.org/10.3390/pr8070857>
- Ribeiro, G. H. M., Guimarães, V. H. D., da Silva Teixeira, H. A., Farias, L. C., Guimarães, A. L. S., de Paula, A. M. B., & Santos, S. H. S. (2024). Dietary supplementation with black cricket (*Gryllus assimilis*) reverses protein-energy malnutrition and modulates renin-angiotensin system expression in adipose tissue. *Food Research International*, 189, 114570. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114570>



- Rumpold, B. A.-Schlüter, O. K. (2013). Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 17, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2012.11.005>
- Spartano, S., & Grasso, S. (2021). UK consumers' willingness to try and pay for eggs from insect-fed hens. *Future Foods*, 3, 100026. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100026>
- Sprangers, T., Ottoboni, M., Klootwijk, C., Olyn, 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. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(8), 2594-2600. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8081>
- Summart, R., Imsoonthornruksa, S., Yongsawatdigul, J., Ketudat-Cairns, M., & Udomsil, N. (2024). Characterization and molecular docking of tetrapeptides with cellular antioxidant and ACE inhibitory properties from cricket (*Acheta domesticus*) protein hydrolysate. *Heliyon*, 10(15), e35156. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35156>
- Truman, J. W., & Riddiford, L. M. (2019). The evolution of insect metamorphosis: a developmental and endocrine view. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 374(1783), 20190070. <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0070>
- Vandeweyer, D., De Smet, J., Van Loooveren, N., & Van Campenhout, L. (2021). Biological contaminants in insects as food and feed. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(5), 807-822. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0060>
- Van Huis, A. (2013). Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual review of entomology*, 58(1), 563-583. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153704>
- Van Huis, A., & Tomberlin, J. K. (2016). *Insects as food and feed: from production to consumption*. Wageningen Academic Publishers.
- Veldkamp, T., van Duinkerken, G., & van Huis, A., ... & van Boekel M. A. J. S. (2012). *Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets - a feasibility study*. Report 638. Wageningen UR Livestock Research.
- Wilkinson, K., Muhlhausler, B., Motley, C., Crump, A., Bray, H., & Ankeny, R. (2018). Australian consumers' awareness and acceptance of insects as food. *Insects*, 9(2), 44. <https://doi.org/10.3390/insects9020044>

©Copyright 2025 by the Authors.

The journal is Open Access (Platinum). This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

