147. / 555–569.

MAGYAR ÁLLATORVOSOK LAPJA | 2025. SZEPTEMBER

https://doi.org/10.56385/magyallorv.2025.9.555-569

Opportunities for insect breeding and utilisation today

Literature review

A rovarok tenyésztésének és hasznosításának lehetőségei napjainkban
Irodalmi összefoglaló

Bana Bernadett[1,2*], Tőzsér János[1]

B. Bana[1,2*]
J. Tőzsér[1]

1. Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar, H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

2. Széchenyi István Egyetem, Wittmann Antal Növény-, Állat- és Élelmiszer-tudományi Multidiszciplináris Doktori Iskola, Mosonmagyaróvár

**e-mail: bana.bernadett@sze.hu*

TAKARMÁNYOZÁSTAN

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők irodalmi összefoglalójukban bemutatják a rovarok emberi táplálkozásban betöltött szerepét, valamint az élelmiszeriparban történő felhasználásuk fejlődését. Az emberiség már a történelem kezdetén is fogyasztott rovarokat, és a világon ma is több mint 2000 ehető rovarfaj ismert. Az élelmiszer-kereslet növekedésével a rovarok alternatív táplálékforrást biztosíthatnak, nagy fehérje-, zsír-, vitamin- és ásványianyag-tartalmuk révén. Ipari termelésük kisebb erőforrásigénnyel jár, hozzájárulva az éghajlatváltozás mérsékléséhez. A fenntarthatóság érdekében további kutatás szükséges a melléktermékek hasznosítására és a körkörös gazdasági modell alkalmazására.

SUMMARY

This paper presents the tradition of insect eating and its rationale on Earth. The development and status of the insect-based food industry is described. Insects have been eaten by mankind since the beginning of history as an easily accessible, nutrient-rich source of protein, and there are still over 2,000 species of edible insects known to be useful in human nutrition. The orders Coleoptera, Lepidoptera and Orthoptera are the most commonly consumed genera. With population growth and increasing demand for food, edible insects may provide an alternative food source. Edible insects have excellent nutritional value, being high in protein, fat, vitamins and minerals. However, there are cultural and psychological barriers to the adaptation of insect consumption. The article highlights the challenges for the insect-based food industry, such as food safety, consumer attitudes and infrastructure development. Their use in feed can increase the nutritional value of animal protein sources. Insects are easy and quick to breed. They can be grown quickly and cost-effectively due to their short life cycle and low-energy feed requirements. Insect production under industrial conditions requires fewer resources and can contribute to climate change mitigation. Insect farming promises to be more environmentally sustainable and efficient than conventional animal husbandry. Further research is needed on the utilisation of by-products and the application of the circular economy model for the sustainable development of insect-based food.

A ROVAROK TENYÉSZTÉSÉNEK ÉS HASZNOSÍTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI NAPJAINKBAN

Az emberi rovarfogyasztás, amit entomofágiának nevezünk, történelmileg és földrajzilag is régi és széles körben elterjedt jelenség. Bár az entomofágia meghatározása szerint a rovarok táplálékként történő fogyasztása bármely szervezet által történhet, általában a rovarok emberi fogyasztására utal [1]. Az ehető rovarok felhasználása a helyi szokásoktól, szociokulturális jelentőségétől és a régiótól függően változik.

A rovarfogyasztás történelmileg és földrajzilag is régi és széles körben elterjedt

Kemenczey és mtsainak tanulmánya röviden áttekinti a rovarfogyasztás történelmi hátterét, amely már az őskorban is létezett, és számos kultúrában elfogadott gyakorlatnak számított [2]. A rovarok fogyasztása, már a korai hominidák idején is jelen volt. A dél-afrikai *Paranthropus robustus*, a késő pliocén és kora pleisztocén időszakban, csonteszközöket használt a termeszdombok feltárására. Észak-Spanyolországban egy korai hominida foglepedékében rovartöredékek mikrofosszíliáit találták meg. Emellett az USA-ban, a Lakeside-barlangban (Utah) talált koprolitok (fosszilizálódott [megkövült] ürülék) is arra utalnak, hogy az emberek vándor szöcskéket (*Melanoplus sanguinipes*) fogyasztottak. Más őskori emberi koprolitok is tartalmazzák a rovarok kitines exoskeletonját, és ezeket az USA különböző államaiban, valamint Mexikóban és Peruban találták [3].

Az ókori Görögországban és Rómában a kabócákat csemegeként tartották számon. Arisztotelész és az idősebb Plinius is említést tesz a kabócafogyasztásról [4].

Már az ókori és a mai Kínában is szóba kerül a rovarok élelmiszerként való alkalmazása [5].

Az Ószövetség megengedte a héberek számára a sáskák fogyasztását (3Mózes 11:21–22), az Újszövetségben pedig Keresztelő János ételeként is említik a sáskákat (Márk 1:6) [1]. A mezoamerikai kultúrákban a rovarok fogyasztása az étrend szerves részét képezte. Szárnyas hangyákat, szöcskéket, szúnyogtojásokat és férgeket is ettek [6], és ezek közül néhányat még ma is árulnak és fogyasztanak a mexikóvárosi piacokon [7]. Valamilyen okból – talán a kereszténység terjedése miatt, amely négy sáskafaj kivételével megtiltotta a rovarok fogyasztását, vagy annak felismerése miatt, hogy a rovarok egyes halálos betegségek hordozói lehetnek, ill. a természettől való eltávolodás és az entomofóbia kialakulása miatt, valamint az élelmiszerek egyre szélesebb választékának köszönhetően – a rovarok emberi táplálékként való felhasználása egyre kevésbé vált népszerűvé [8]. Érdekes módon, egyes kultúrák spirituális jelentőséget is tulajdonítottak bizonyos rovarfajoknak, pl. a darazsakat jólét, védelem és bőség elérése érdekében fogyasztották [9]. Az idők során számos növény- és állatfajt háziasítottak, amelyek ma is alapvető részét képezik étrendünknek. Ennek ellenére mintegy 2,5 milliárd ember továbbra is fogyaszt rovarokat, amelyek kultúrájuk szerves részét képezik [10]. Ez alapján kijelenthetjük, hogy a rovarok fogyasztása az emberiség történelmének része.

Az ókort követően a rovarok emberi táplálékként való felhasználása fokozatosan visszaszorult

Felmerül a kérdés: hány rovarfaj létezik [11]? Melyek azok a rovarfajok, amelyek ehetőek? Ezt követően újabb kérdés adódik: hány ehető rovarfaj található a világon? A Wageningeni Egyetemen arra vállalkoztak, hogy összegyűjtik az emberi fogyasztásra alkalmas rovarfajokat, és elkészítették a Világ ehető rovarfajainak listáját, amelyet online elérhetővé tettek [12], majd később frissítettek [13]. Ez a munka az entomofágiával kapcsolatos irodalom átfogó gyűjteménye, és arra a megállapításra jutottak, hogy összesen 2111 ehető rovarfaj létezik. Más kutatók szerint is világszerte több, mint 2000 ehető rovarfaj található, amelyek különböző fajokhoz és nemzetségekhez tartoznak, amelyek életciklusuk egy bizonyos szakaszában ehetőek [14, 15]. A *Coleoptera*, *Lepidoptera* és *Orthoptera* rendek képviselik a legtöbb fajt, az első kettőt főleg életciklusuk kifejletlen szakaszaiban fogyasztják. Ezen fajok némelyikének tápértéke és populációmérete előnyös az ember számára, ezért ez azt jelenti, hogy az emberi táplálkozás alternatív táplálékforrásának kell tekinteni őket, főleg a fejlődő országokban. A kártevőnek tekintett *Coleoptera*, *Orthoptera* és *Lepidoptera* egyes fajait a világ különböző részein egyidejűleg emberi fogyasztásra is használják [16].

A rovarok, ígéretes és környezetileg fenntarthatóbb, de még nagymértékben feltáratlan lehetőséget kínálnak a gazdasági haszonállatokkal összevetve. Dossey és mtsai emlékeztettek arra, hogy az emberek a mezőgazdasági területek 70%-át és a Föld teljes területének 30%-át állattenyésztésre, ill. leginkább a szükséges takarmány előállítására használja [17]. A rovarokat ipari körülmények között, kisebb erőforrás-felhasználással lehet előállítani (föld, víz, műtrágya, peszticid, takarmány, energia). Ezek a hatékonysági előnyök valószínűleg hozzájárulnak majd az éghajlatváltozás mérsékléséhez, valamint a biológiai sokféleség és a természeti környezet megtartásához. A fenntarthatóság szempontjából a rovarok tenyésztésének egyik jelentős előnye, hogy nevelhetők szerves élelmiszer-hulladékon, komposzton, trágyán, ill. emberi fogyasztásra alkalmatlan növényi hulladékon. Ez segít csökkenteni a környezetre káros szennyező anyagok kibocsátását. A rovarok élelmiszer-hulladékkal történő tenyésztése megoldást kínál arra, hogy az élelmiszer-ellátási lánc a fenntartható, körforgásos gazdaság keretein belül maradjon [18]. A rovartenyésztés minimális földigénye miatt fenntartható alternatívát jelent a hagyományos állattartással szemben [19]. A rovarokat függőlegesen egymásra rakott konténerekben lehet nevelni, ami jelentősen csökkenti a földterületet a hagyományos állattenyésztéshez képest [20]. Egy kg fehérje előállításához rovarokból, pl. tücskökből lényegesen kevesebb földre van szükség, mint ugyanennyi marhafehérje előállításához [21]. A rovartenyésztés a hagyományos állattenyésztés fenntartható alternatívájaként kínál megoldást, amely képes kielégíteni a növekvő élelmiszerigényt a korlátozott mezőgazdasági területek mellett, miközben hozzájárul az éghajlatváltozás hatásainak csökkentéséhez is [22]. A rovarok hatékony megoldást jelentenek, mivel lényegesen kevesebb földet és vizet igényelnek, kevesebb üvegházhatású gázt bocsátanak ki, és kisebb értékű szerves melléktermékeket képesek jó minőségű élelmiszerekké vagy takarmányokká alakítani [23]. A népességnövekedés a becslések szerint 2050-re eléri a legalább 9,7 milliárd főt, amely további élelmiszer-keresletet fog eredményezni világszerte. Napjainkban a Föld lakossága kissé meghaladta a 8 milliárd főt [24]. A jelenlegi fogyasztási ütemben a hagyományos állati fehérjeforrások, mint a szaravasmarha-, sertés- és baromfihús, nem biztos, hogy elegendőek ennek az igénynek a kielégítésére, így lehetőség nyílik alternatív források felé. Az ehető rovarok nagy potenciált mutatnak a jövő élelmiszer-rendszereinek környezetbarát választásaként. Fontos utalni arra, hogy jelenleg még az országok többségében a lakosság rovaralapú élelmiszerek fogyasztásának hajlandósága igen csekély. Hazánkban is jelentős mértékű ennek elutasítása [25] . Az alternatív fehérjeforrások, mint pl. az ehető rovarok, a jövőben jelentős szerepet játszhatnak a fehérjepiacban. Bár a világ számos országában rendszeresen fogyasztanak rovarokat, a nyugati országokban ez még ritka. Az ehető rovarágazat három fő akadállyal néz szembe: a fogyasztók elfogadása, a technológia és a szabályozás.

A rovarok tenyésztése fenntarthatóság szempontjából kifejezetten előnyös

Az országok többségében még jelentős a rovaralapú élelmiszerek elutasítottsága

A magyar fogyasztók körében végzett tanulmány szerint a rovaralapú élelmiszerek vonzóak lehetnek azok számára, akik új étkezési lehetőségeket keresnek és csökkenteni kívánják a húsfogyasztást. Az élelmiszer-neofóbia azonban akadályt jelenthet az európai fogyasztók számára. Az élelmiszeriparnak a rovaralapú összetevőket tartalmazó feldolgozott élelmiszerekre kell összpontosítania [26]. Az ehető rovarok népszerűsége nőtt az elmúlt években, köszönhetően kiváló tápanyag-összetételüknek. Kutatások szerint a rovarok általában jobb táplálkozási jellemzőkkel rendelkeznek, mint a hagyományos húsok. A viaszféreg lárváinak pl. kiemelkedő az ásványianyag- és aminosav-tartalma. A rovarok táplálkozási profilja ígéretes, és a jövőben számos élelmiszertermék részévé válhatnak. Azonban a különböző kutatások eredményei eltérhetnek, ezért óvatosan kell bánni az összehasonlításokkal [27].

Az entomofágia iránti érdeklődés az elmúlt években nőtt, mivel a fogyasztók felismerik a táplálkozási előnyöket, a fenntarthatóságot és az élelmezésbizton-

ságot. Azonban az európai közösségek, köztük a magyarok többsége, továbbra sem vállalja ezt. Egy tanulmány szerint 2016 és 2021 között a magyar fogyasztók több mint 70%-a nem volt hajlandó kipróbálni a rovarokat, bár néhány nyitott csoport azonosítható. A 18–39 éves férfiak és a magasan képzett nők egy része mutatott érdeklődést, főként a kíváncsiság, a nagy fehérjetartalom és a fenntarthatóság miatt [28]. Fogyasztói oldalról egy markáns ellenállás figyelhető meg. A hazai fogyasztók többsége 2017-ben elutasította még a fogyasztás gondolatát is, 40,95% nem tudta elképzelni, hogy táplálkozásának részét képeznék a rovarok, 12,98% pedig semmivel nem tűnt rávehetőnek a fogyasztásukra. Egy NÉBIH által végzett kutatás eredményei szerint a magyar fogyasztók 70%-a a fogyasztás mindennemű formájától elzárkózik, kevesebb, mint 5%-a fogyasztaná szívesen a rovarokat [25].

Vassileios szintén úgy vélte, hogy az ehető rovarok tömeges előállítása emberi táplálékként és állati takarmányként fenntartható megoldásnak tűnik az állati eredetű fehérje iránti kereslet kielégítésére, amely a globális népesség gyors növekedése miatt várhatóan egyre inkább növekedni fog [29]. Akhtar és Isman véleménye az, hogy a rovarok fenntartható táplálékforrásként való felhasználásának számos előnyös vonatkozása van, beleértve nagy tápanyag- és táplálóanyag-tartalmukat [30]. A zsírok és fehérjék mellett a rovarok kiváló vitamin- és ásványianyag-forrást is jelentenek. A rovarok táplálékátalakítási hatékonysága jobb, és kevesebb üvegházhatású gázt bocsátanak ki, miközben kevesebb vízre és földre van szükségük, mint a hagyományos állattenyésztésben a gerinces társaiknak. A rovarok sokkal jobban képesek a növényi eredetű melléktermékeket fehérjévé alakítani, mint más állafajok [31], bár egyes halfajok hasonló vagy még kedvezőbb mutatókkal rendelkeznek [22]. Pl. a tücsköknek kevesebb mint 2 kg takarmányra van szükségük 1 kg testtömeg-gyarapodáshoz [32], míg ugyanehhez a tömeghez a csirkék 2,5 kg, a sertések 5 kg, a marhák pedig akár 10 kg takarmányt igényelnek [33]. A rovarok másik nagy előnye, hogy az állatok testének nagyobb része fogyasztható. Tücskök esetében akár 80% is ehető az ember számára, míg a sertések és csirkék esetében ez az arány 55%, a marhák esetében pedig mindössze 40% [34]. A rovarok fogyasztása ezért pozitívan járul hozzá a környezetvédelemhez, az élelmezés- és táplálkozásbiztonsághoz, valamint a jelen és a jövő generációinak egészséges életéhez. Arnold van Huis tanulmányában kiemelte, hogy a nyugati világban egyre nagyobb az érdeklődés az ehető rovarok iránt [3]. A rovarok fogyasztása ezért kedvezően járul hozzá a környezetvédelemhez, az élelmezés- és táplálkozásbiztonsághoz, valamint a jelen és a jövő generációinak egészséges életéhez. Az élelmiszer-biztonságot befolyásolhatja a rovarok toxicitása, a kórokozókkal való szennyeződés, a tartósítás során bekövetkezett romlás és az allergia. Bár az ehető rovarok száma nagy és a róluk szóló tudományos publikációk száma növekszik, a toxicitásukra vonatkozó adatok még mindig korlátozottak [35]. Az ehető rovarok biztonsága jelenleg nagy aggodalmat okoz a fogyasztók számára, különösen a kis jövedelmű országokban, ahol ezek a rovarok a kultúra és a gasztronómia lényeges részét alkotják, és az alapvető étrend elengedhetetlen elemei [36].

A zsírok és fehérjék mellett a rovarok kiváló vitamin- és ásványianyag-forrást is jelentenek

Az antinutritív faktorok olyan vegyületek, amelyek csökkentik a tápanyagok hasznosulását vagy a táplálékfelvételt, így hozzájárulnak a gyomor-bélrendszeri és anyagcsere-funkciók romlásához [37]. E tekintetben különböző táplálkozásellenes tényezőket azonosítottak különböző ehető rovarokban. Mivel az ehető rovarok többsége növényevő, a háziasított rovarokat főként allélkémiai anyagokban, pl. fenolos vegyületekben gazdag növényi takarmányokkal etetik. Ezek a vegyületek bár jó antioxidánsforrások lehetnek, antinutritív hatásuk is lehet [38]. Az ehető rovarok biztonságával kapcsolatos további lehetséges aggályok közé tartozik a peszticidek, nehézfémek, mikotoxinok és allergének jelenléte [39].

AZ EHETŐ ROVAROK TÁPLÁLKOZÁSI ÉS FOGYASZTÁSI ASPEKTUSA

Arnold van Huis tanulmányában kiemelte, hogy a nyugati világban egyre nagyobb az érdeklődés az ehető rovarok iránt [40]. Az ehető rovarok fehérjetartalma körülbelül megegyezik a hagyományos húséval. Több kutatás beszámolt arról, hogy a rovarok fehérjében gazdagok [41, 42]. A legtöbb rovar fehérjetartalma körülbelül 35–60% (szárazanyag) között mozog, ami már általában nagyobb, mint a gabonaféléké és a hüvelyeseké [43, 44]. Fajok szerint az *Orthoptera* , pl. tücskök, sáskák, szöcskék fehérjetartalma általában nagyobb [45]. Mohammed Elhassan és mtsai szerint a lisztférgek tápértéke hasonló vagy nagyobb, mint sok hagyományos táplálékforrás [46]. Pl. a lisztféreg lárváinak fehérjetartalma a szárazanyag tömegének csaknem 50%-a, míg a zsírtartalom a lárva száraz tömegének körülbelül 30%-a. A lisztkukac különféle módszerekkel készíthető el, pl. forró levegőn szárítva, sütőben sütve, pörköléssel, serpenyőben sütéssel, forralással, gőzöléssel és mikrohullámú sütővel. Különösen a kemencében való sütés ad a fogyasztók számára kívánatos párolt kukoricára emlékeztető aromát. Különféle ízesítőanyagokat, pl. csokoládét adnak a lisztkukacalapú termékekhez, ami kedvezően befolyásolja azok érzékszervi megítélését és fogyasztói elfogadottságát [47]. A fehérje több mint 20 aminosavból áll, de ezek közül nyolc nem szintetizálható a szervezetben, és kívülről kell bevinni, hogy megfeleljen a táplálkozási igényeknek. Érdekes módon az összes esszenciális aminosav megtalálható a rovarfehérjékben.

A rovarfehérjékben az összes esszenciális aminosav megtalálható

A rovarokban található zsírok jelentős mennyiségű energiát és esszenciális zsírsavakat biztosítanak az emberi szervezet számára, amelyek alapvető szerepet játszanak az egészség fenntartásában. Különösen fontosak azok a speciális zsírsavak, mint pl. a linolsav és az α-linolénsav, amelyek hozzájárulnak a sejtek megfelelő működéséhez, a hormonok szabályozásához és a gyulladásos folyamatok csökkentéséhez. Ezek a zsírsavak nélkülözhetetlenek a kiegyensúlyozott táplálkozásban, és előnyösek az emberi egészség szempontjából [48, 49]. A zsírok a szervezet számára a második legfontosabb makrotápanyagként szolgálnak a fehérjék mellett, és a rovarok száraz tömegük akár 43%-át is zsír formájában tartalmazhatják [50]. Ugyanakkor a rovarok zsírtartalma jelentős eltérést mutat fajonként. Pl. a *Coleoptera* rendbe tartozó fajok, azaz a bogarak, átlagosan 33,40% zsírt tartalmaznak, míg az *Orthoptera* rend (tücskök, sáskák, szöcskék) esetében ez az arány csupán 13,41% [45]. A kutatások arra is rámutattak, hogy a rovarok zsírtartalma változik az életciklusuk során. A nőstény rovaroknak rendszerint nagyobb a zsírtartalma, míg a lárvák és bábok az adott fejlődési szakaszban ugyancsak nagyobb zsírkoncentrációval bírnak [51]. A rovarzsírok táplálkozási minősége nagymértékben függ zsírsav-összetételüktől. A telített zsírok (saturated fatty acid, SFA), az egyszeresen telítetlen zsírsavak (monounsaturated fatty acid, MUFA) és a többszörösen telítetlen zsírsavak (polyunsaturated fatty acid, PUFA) aránya meghatározza a rovarokból nyert zsír táplálkozási értékét [52]. A telítetlen zsírsavak kifejezetten fontosak az egészség szempontjából, mivel pozitív hatással lehetnek a szív- és érrendszeri funkciókra, csökkenthetik a gyulladásokat és támogathatják az agyműködést. Az étrendben található zsírsavak összetétele kapcsolatba hozható különféle betegségek kialakulásával, pl. rákkal, cukorbetegséggel és szív- és érrendszeri problémákkal [53]. A legtöbb rovarzsír gazdag telítetlen zsírsavakban, amelyek különösen előnyösek az emberi szervezet számára [54]. Ezen zsírsavak bevitele hozzájárulhat az egészséges táplálkozási szokások kialakításához és fenntartásához, miközben fenntartható alternatívát nyújt a hagyományos zsírforrások helyett. Az ehető rovarok feldolgozása és ízletes ételekké alakítása meghatározó a fogyasztói elfogadás szempontjából. A kutatások szerint a rovarok közvetlen fogyasztása sokak számára idegen vagy visszatetsző lehet, ezért különféle feldolgozási technikák segíthetnek abban, hogy az ízük és állaguk vonzóbbá váljon [55]. A modern élelmi-

A legtöbb rovarzsír gazdag a szervezet számára fontos telítetlen zsírsavakban

szeripar különféle módszereket alkalmaz, pl. szárítást, sütést, pörkölést, gőzölést és mikrohullámú sütést, hogy a rovarok ízletesebb és könnyebben elfogadható formában kerüljenek a fogyasztók elé. Emellett a rovarokból készült élelmiszerek, pl. liszt, fehérjekivonatok vagy húshelyettesítők, lehetővé teszik, hogy az emberek anélkül élvezhessék a rovarok táplálkozási előnyeit, hogy közvetlenül felismernék az alapanyagot [56]. A kutatások azt is kimutatták, hogy a rovarok feldolgozása nemcsak az íz és állag javítását szolgálja, hanem biztonsági szempontból is fontos, mivel csökkenti a kórokozók jelenlétét és növeli az eltarthatóságot [56].

Az élelmiszer-biztonságot befolyásolhatja a rovarok toxicitása, a kórokozókkal való szennyeződés, a tartósítás során bekövetkezett romlás és az allergia. A kutatások szerint az ehető rovarok biztonságos fogyasztásához megfelelő fajválasztás, tenyésztési körülmények és feldolgozási technikák szükségesek. Az élelmiszer-biztonsági kockázatok csökkentése érdekében fontos a szabályozási keretek kialakítása és a toxikológiai vizsgálatok elvégzése [57]. A rovarok allergén potenciálja is jelentős tényező, mivel egyes fehérjéik hasonlóságot mutathatnak a rákfélék allergénjeivel, ami érzékeny egyéneknél allergiás reakciókat válthat ki [40]. A fogyasztói attitűd komoly kérdés a nyugati világban. Kétféle pszichológiai reakció létezik a rovarok emberi fogyasztására. Azokban az országokban, ahol az entomofágia megszokott, a rovarokat értékes fehérjeforrásként tartják számon, és gondolkodás nélkül fogyasztják. Ezzel szemben azokban az országokban, ahol ez nem elterjedt, az emberek gyakran undorral és negatív érzelmekkel (élelmiszer-neofóbia) reagálnak, mivel a rovarokat piszkosnak és veszélyesnek tartják [58]. Az ehető rovarokat fel kell dolgozni és ízletes ételekké kell alakítani. A fogyasztók hajlamosabbak rovarokat és rovaralapú élelmiszereket fogyasztani, ha azokat kényelmes és megszokott formában, pl. hamburgerként, süteményként vagy lisztként kínálják [59]. Ezek az ismerős formák segítenek csökkenteni az undorral járó érzést, és arra ösztönzik a fogyasztókat, hogy a táplálkozási előnyökre és a termék ízletes elfogadására összpontosítsanak [36]. Emellett az iparágban történt legújabb innovációk ízletes rovaralapú élelmiszerek széles választékát hozták létre.

EGY ÚJ IPARÁG LÉTREJÖVŐBEN

A rovaralapú élelmiszerek előállítása már új iparágnak tekinthető

Dossey és mtsai kiemelte, hogy a rovaralapú élelmiszeripar egy új iparággá vált [60]. Ez az új iparág már most is jelentős előrelépéseket tett afelé, hogy új termékeket fejlesszen ki a rovarokra alapozva, mint pl. porok, paszták, folyadékok, olajok stb. Megjegyzendő, hogy kormányok és a média is felfigyeltek rá, és elkezdték támogatni a rovarok fenntartható fehérjeforrásként való fejlesztését. Az Egyesült Államokban és Kanadában a rovarok élelmiszerként való felhasználása egyre elterjedtebb lett, különösen 2012 után. A modern rovaripar kezdetben háziállatoknak tenyésztett tücskökre és lisztférgekre épült, de később az emberi fogyasztásra is kiterjedt. Az USA-ban az élelmiszer-biztonságot az FDA (The US Food and Drug Administration) szabályozza, amely szerint a rovarok élelmiszerként történő forgalmazásához tisztasági, higiéniai és címkézési előírásoknak kell megfelelniük. A rovarfehérjék engedélyezése az FDA GRAS (Generally Recognised as Safe) vagy élelmiszer-adalék jóváhagyási folyamatán keresztül történhet. Az állati takarmányozásban az AAFCO (The Association of American Feed Control Officials) csak a fekete katonalégy lárváit engedélyezte bizonyos halfajok számára [61]. Kanadában az új élelmiszerek piacra kerülése előtt előzetes biztonsági és tápérték-ellenőrzésen kell átesniük. Ha egy élelmiszernek nemzetközi története van a biztonságos fogyasztásról, akkor nem tekinthető új élelmiszernek – pl. a tücskök ebbe a kategóriába tartoznak. Az új takarmány-összetevők külön engedélyt igényelnek, és minden rovarfajhoz külön jóváhagyás szükséges. A fekete katonalégy lárváit engedélyezték brojlercsirkék, lazacfélék és egyéb baromfik takarmányozására. Kanadában állateledelként is árusítanak rovarokat, pl. lisztférgeket és selyem-

hernyó bábokat [62]. Mexikóban a rovarokat hagyományosan élelmiszerként és gyógyászati célokra is használják, főként vadon gyűjtve. Az élelmiszer-biztonságot az SSA (Health Secretary) és SAGARPA (Agriculture, Cattle, Rural Development, Fishing and Feeding Secretary) szabályozza, de jelenleg nincsenek specifikus szabványok a rovaralapú élelmiszerekre. Az országban 2017 óta létezik ökológiai szabályozás a rovarokra, amely meghatározza a fogyasztásra engedélyezett fajokat és a gyűjtési feltételeket [63]. Brazíliában egyre nagyobb az érdeklődés a rovarok élelmiszerként és takarmányként való alkalmazása iránt, különösen a szójadara kiváltására fekete katonalégy liszttel. Mivel az ország vezető baromfiexportőr, a rovarok takarmányként való használata növelheti az iparág fenntarthatóságát. Jelenleg a brazil takarmánytörvény nem szabályozza a rovarokat takarmányként, de az ország követi a Codex Alimentarius szabványait [64]. Argentínában növekvő érdeklődés mutatkozik a tücsökliszt élelmiszerekben való felhasználására. A kormány közölte, hogy a rovaralapú élelmiszerek jelenleg nem szerepelnek az országos Élelmiszer-kódexben, ezért a rovarok hozzáadásához hivatalos kérelmet kell benyújtani az Országos Élelmiszerbizottsághoz. Minden csomagolt rovaralapú élelmiszernek meg kell felelnie az ANMAT (National Administration of Drugs, Food and Medical Technology) előírásainak [65]. Ausztráliában az őslakosok hagyományosan rovarokat fogyasztanak, de az átlagos ausztrál étrend nem tartalmazza őket. Az országban nincs önálló jogszabály a rovartenyésztésre, azonban az Insect Protein Association of Australia (IPAA) irányelveket dolgozott ki tagjai számára. A rovarok élelmiszerként való felhasználását az Élelmiszer-szabványkódex szabályozza, amely három rovarfajt nem tekint új élelmiszernek: szuper lisztféreg, házi tücsök, lisztbogár. Más fajokat lehet fogyasztani, de nem árusíthatók [66]. Mielőtt egy új élelmiszert forgalomba hoznának, kockázatalapú értékelést végeznek, amely figyelembe veszi a toxikológiai és táplálkozási aspektusokat. Ha egy élelmiszer nem szerepel az Élelmiszer-szabványkódexben, kérelmezni kell a Food Standards Australia New Zealand (FSANZ) hivatalánál. Az importált rovarélelmiszereket az Importált Élelmiszerek Ellenőrzési Törvénye és Biobiztonsági Törvény szabályozza. Ausztráliában több, mint 50 rovarfarm működik, és egyre növekvő érdeklődés mutatkozik a rovarok élelmiszerként való felhasználása iránt, főként táplálkozási és környezetvédelmi előnyeik miatt. A rovarokat különféle formákban értékesítik, pl. snackek, tücsökpor, csokoládék, tésztaalapanyag formájában. Az állati takarmányozás szigorúan szabályozott, különösen kérődzők esetében, hogy megelőzzék a BSE (bovine spongyform encephalopathy) és egyéb betegségek terjedését. Rovarokat halak és baromfik takarmányozására lehet használni bizonyos államokban. Az állateledel-ipar önszabályozó rendszerben működik a Pet Food Industry Association of Australia (PFIAA) irányelvei szerint [67].

Kínában a rovarok több ezer éve részei az étrendnek és a gyógyászatnak

Kínában a rovarok több ezer éve részei az étrendnek és a gyógyászatnak. Számos kínai gyógyszer és egészségügyi termék alapja rovarokból származik, pl. méhlárvák, selyemlepkebábok és fekete hangyák. Az új élelmiszer-alapanyagokat és takarmányokat az Egészségügyi Minisztérium engedélyezi, és ha egy anyag bekerül az Élelmiszer-alapanyagok katalógusába, minden gyártó használhatja [68]. Japánban több rovarfaj hagyományos élelmiszerként szerepel, pl. szöcskék, darázslárvák és selyemlepkebábok, amelyeket szójaszósszal és cukorral főznek, majd konzervként árusítanak. Az új élelmiszerek nem igényelnek előzetes engedélyt, de az élelmiszer-adalékok igen. A takarmánybiztonságért a Mezőgazdasági, Erdészeti és Halászati Minisztérium felelős, amely szabályozza a növényvédőszer-maradékok és egyéb káros anyagok maximális határértékeit [69]. Thaiföld a világ legnagyobb tücsöktermelője, és egy szabványrendszer biztosítja a tücskök minőségét és élelmiszer-biztonságát. Az országban a rovarokat egyre inkább fenntartható takarmányforrásként alkalmazzák hal- és baromfitenyésztésben. Az állati takarmányokra vonatkozó általános minőségi előírások kidolgozottak, de a rovaralapú takarmányokra vonatkozó szabályozás még hiányzik [70].

Vassileios szerint, a fekete katonalégy, házi légy, lisztkukac és házi tücsök tömegtermeléséhez szükséges élelmiszer-melléktermékeken alapuló mesterséges takarmányozás eljárása ígéretesnek tűnnek, mivel az élelmiszer-hulladékok és melléktermékek jelentős tápanyagforrást biztosítanak a tenyésztéshez [29]. A Szerző a jövőbeni kutatások irányának a fermentáció és az erjesztési melléktermékeket jelölte meg. Azt is kiemelte, hogy a tenyésztett ehető rovarok funkcionális tulajdonságaival, az ehető rovarok tenyésztési technikáinak szabványosításával, a biztonsági ellenőrzési szempontokkal és az életciklus értékelésével kapcsolatos további kutatásokra van szükség a rovaralapú élelmiszeripar további fejlődése érdekében. Luo Zhi-Yi felhívta a figyelmet arra, hogy ellenőrzött termelés szükséges – a természet egyensúlyának megzavarása nélkül – a kereskedelmi lehetőségek kihasználásra [5]. Mohammed Elhassan és mtsai kiemelték, hogy a lisztkukactermékek állagának változását a tárolás során nem vizsgálták, ugyanakkor ezeket meg kellene határozni, mielőtt a lisztkukacokat kereskedelmi élelmiszerforrásként felhasználnák [71]. A lisztkukacból készült élelmiszerek állagát különböző tényezők, pl. részecskeméret, antioxidánsok, olajtartalom és sótartalom befolyásolják, de a tárolási idő kevésbé meghatározó [72]. Ojha és mtsai, a nagy hidrosztatikus nyomású feldolgozás hatását vizsgálta a lisztkukac paszta tárolási stabilitására [73]. Az eredmények szerint a módosított légköri csomagolás (MAP) jelentősen csökkentette a mikrobiális növekedést és javította a termék fizikai minőségét. Egy másik tanulmány vizsgálta az ehető rovarokból készült termékek technofunkcionális jellemzőit, különös tekintettel a tárolás alatt bekövetkező szerkezeti változásokra. Az elemzés kimutatta, hogy bizonyos főzési és feldolgozási technikák, mint pl. a forralás és gőzölés, hatékonyabban megőrzik a lisztkukac állagát, míg a mikrohullámú hőkezelés fokozza annak keménységét és törékenységét [74]. A rovarok fehérítő kezelésének jelentősége abban rejlik, hogy javítja a mikrobiális biztonságot és a színjellemzőket. A gőzöléssel történő blansírozás hatékony alternatíva lehet. A szárítási módszerek javítják a mikrobiális biztonságot, de befolyásolják a lárvák színét. A fagyasztva szárítás biztosítja a legjobb színtulajdonságokat, de nagyobb mikrobiális terhelést eredményez. A sütőben vagy mikrohullámú sütőben történő szárítás jó alternatíva lehet, kevesebb időt, energiát és pénzt igényelve [75]. Ortiz és mtsainak a tanulmánya bemutatta egy modern rovarfarm tekintetében a termelés gépesítettségét és az automatizálás lépéseit, több rovarfajra vonatkozóan, mint pl. a közönséges lisztbogár *(Tenebrio molitor L.)*, a gyászbogár *(Zophobas morio Fab.)*, a házilégy *(Musca domestica L.)*, a fekete katonalégy *[Hermetia illucens (L.)]*, a házi tücsök *(Acheta domestica)*, és a nagy viaszmoly *(Galleria mellonella L.)* [20]. Vassileios tanulmányában ismertette a fermentációs folyamat felhasználását és lehetséges szerepét az ehető rovarok tömegtermelésében, valamint ennek a tenyésztési folyamatnak a lehetséges hatását a környezetbarát és fenntartható élelmiszeripar megvalósításában [29]. Az élelmiszer-hulladék hatalmas tápanyagkészletet tartalmaz, amelyet fel lehet használni a táplálkozási szempontból rugalmas, ehető rovarok etetésére. A fermentációs folyamat egyre nagyobb szerepet kap az ehető rovarok tömegtermelésében, mivel lehetőséget nyújt a különféle élelmiszer-hulladékok tápanyaggá alakítására. A fekete katonalégy, házi légy, lisztkukac és házi tücsök tenyésztéséhez alkalmazott fermentált takarmány segíthet a tápanyagok biológiai hozzáférhetőségének növelésében, miközben csökkenti a kórokozók jelenlétét és javítja a rovarok növekedését [76]. Az eljárás hozzájárulhat a fenntarthatósághoz, hiszen a biológiai hulladékok újrahasznosítása csökkenti a környezet terhelését, miközben az állati takarmányozás hatékonyságát is növeli [77]. Ugyanakkor aggályok is felmerülnek. A fermentált takarmányokban előfordulhatnak toxikus vegyületek, pl. mikotoxinok, amelyek káros hatással lehetnek mind a rovarokra, mind pedig az emberi fogyasztásra [80]. További kihívást jelent a szabályozás hiánya, hiszen jelenleg nincs egységes jogi keret az ilyen típusú takarmányok használatára.

A rovarok fehérítő kezelése javítja a mikrobiális biztonságot és a színjellemzőket

Gazdasági szempontból a fermentáció költséges lehet, különösen ipari méretekben, így további kutatások szükségesek a költséghatékonyság javításához. Emellett a fogyasztói elfogadás kérdése is fontos, mivel sok ember idegenkedik a rovarokból készült élelmiszerektől, így a fermentált rovarok piaci bevezetése kihívást jelenthet [78].

Madau és mtsai egy körkörös üzleti modell megközelítést dolgoztak ki a teljes rovaralapú takarmány- és élelmiszer-ellátási lánc gazdasági szempontból történő kezelésére [79]. Véleményünk szerint az eredmények rávilágítanak néhány, a közeljövőben megválaszolandó közgazdasági kutatási kérdésre, valamint felhívják a figyelmet az egyénre szabható a költség- és ökohatékonyság növelése érdekében létrehozandó a körkörös gazdasági modell megvalósítására. A lisztkukacfarmok életképességének növelése érdekében a tenyésztőknek érdemes lárváikat drágábban értékesíthető piacon eladniuk, különösen az élelmiszerpiacon. A fogyasztói elfogadás növelése elősegítheti a kereslet növekedését [80]. További bevételi források, mint a frass-ból (rovarürülék) származó bevételek növelhetik a teljes bevételt. A rovarürüléket ígéretes alternatív műtrágyának tartják, de a fertőtlenítő kezelés csökkentheti jótékony hatását [81]. A kézi munkaerőre épülő rovartenyésztés sok munkaerőt igényel [82–84]. A változó kiadások csökkentése érdekében figyelmet kell fordítani a takarmány- és munkaerőköltségekre. A melléktermékek takarmányforrásként történő használata csökkentheti a takarmányozási költségeket, de kihívásokat jelenthet az európai jogszabályok és a helyi elérhetőség miatt [85]. A gépesítés csökkentheti a munkaerőköltségeket és növelheti a termelési volument, de a piaci kereslet kicsi és instabil, így a nagy tőkebefektetések magas pénzügyi kockázatot jelentenek [86].

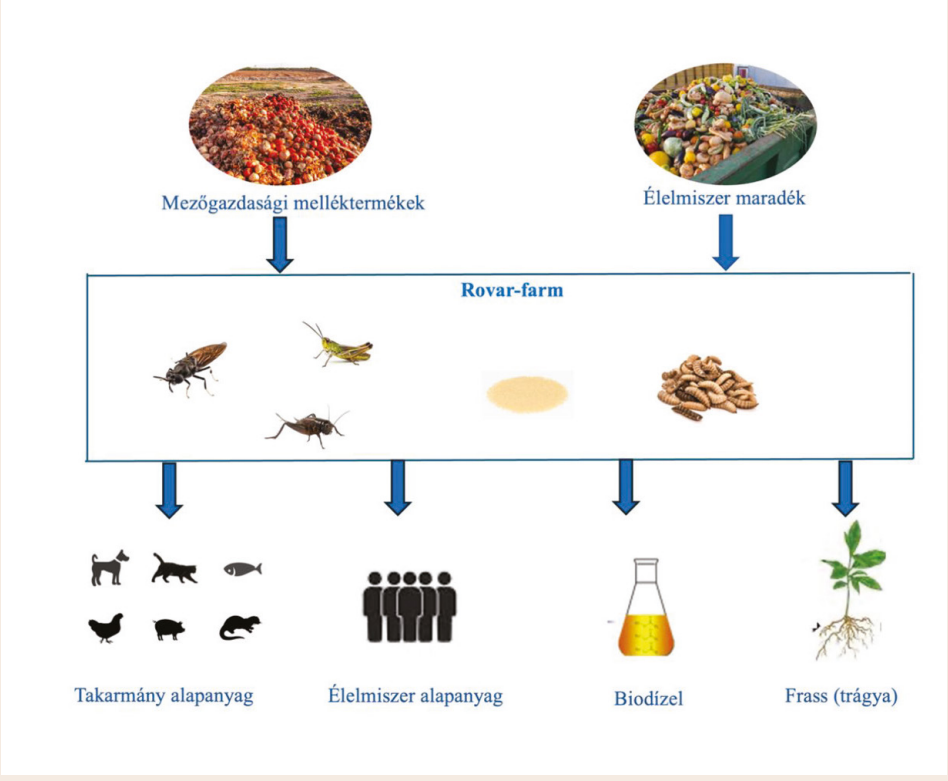
FEJLESZTÉSI IRÁNYOK A TÉMÁBAN

Ortiz és mtsai felhívták a figyelmet arra, hogy a rovarokkal kapcsolatban indokolt létrehozni az infrastruktúrát a termelésükhöz, feldolgozásához, tárolásukhoz, forgalmazásukhoz és forgalmazásukhoz, valamint jogszabályokat kell kidolgozni az élelmiszerként való felhasználásukra [20]. Poveda az irodalmak áttekintése után elemezte rovarszervestrágya használatának lehetőségeit [81]. A fenntartható mezőgazdaságot szolgálják az alábbiakban: (1) tápanyagok, főként nitrogén, talajba jutása; (2) a növények növekedését elősegítő biomolekulák és mikroorganizmusok hozzáadása; és (3) fokozott tolerancia az abiotikus stressz-tényezőkkel szemben, valamint a kórokozókkal és kártevőkkel szembeni rezisztencia. A rovarok tápcsatornája egy természetes biokatalizátor-rendszereként működik, amely során a rovarok szerves hulladékot vagy más értéktelen anyagokat alakítanak át nagyobb értékű termékekké, pl. fehérjékké és zsírokká. Ez a folyamat különösen fontos a fenntartható mezőgazdaság és az élelmiszer-termelés szempontjából, mivel segíthet csökkenteni a hulladék mennyiségét és értékes tápanyagokat állít elő *(Ábra)*. Shi és mtsai xilanáz- és cellulázaktivitást vizsgáltak három különböző rovarfajban (sáskafélék, *(Acrididae spp.)*, cincérfélék, *(Cerambycidae spp.)*, selyemhernyó, *(Bombyx mori)* béltartalmában [87]. Az enzimaktivitás-vizsgálatok azt mutatták, hogy a sáska és a cincérfélék celluláz- és xilanáz-aktivitása, különböző körülmények között jelentősen nagyobb, mint a selyemhernyóé. Megállapították azt is, hogy mind a pH, mind a hőmérséklet jelentős hatással van a béltartalom enzimaktivitására. Fontos eredménynek számít az, hogy a Szerzők a reakcióidőre adott enzimaktivitások tekintetében azt találták, hogy a különböző rovarbélnedveknek az inkubációs idő növekedésére adott enzimaktivitásai (mikromol/milligramm/perc) jól illeszkednek a hatványfüggvény egyenletbe ($E_c=Kxt^b$) rendkívül nagy illeszkedési együtthatók ($r^2>0,99$) támasztanak alá. Az egyenletben az E_c az enzimaktivitás értékét jelenti (mikromol/milligramm/perc); a t az inkubációs időt fejezi ki percben; a K egy konstans, amely az adott időtartományban

A rovarok tápcsatornája egy természetes biokatalizátor rendszereként működik

ÁBRA. *A rovarok felhasználása különböző területeken*

FIGURE. *The use of insects in different areas*



(pl. 1–120 perc) elérhető maximális enzimaktivitást tükrözi; míg a b hatványkitevőként az idő előrehaladtával bekövetkező aktivitáscsökkenés mértékét határozza meg. Ez a modell kiválóan alkalmas az enzimkeverékek jellemzőinek összehasonlítására a különböző rovarfajok között.

Az előzőekben bemutatott kutatási eredmények rávilágítanak arra, hogy a közeljövőben még számos, alapos kutatómunkát indokolt végezni ebben a témakörben ezért, hogy jobban megértsük ennek az „ágazatnak" a sajátosságait, főbb összefüggéseit, beleértve ebbe a rovartakarmányok hatása az állatitermék előállításra, ill. az emberre. Különösen fontos lenne hazai kutatások ezen területének szervezett és átgondolt erősítése. HeténYi szerint a rovarok mint fenntartható fehérjeforrások, egyre nagyobb jelentőséggel bírnak az állati takarmányozásban [88]. Az Európai Unió 2017-től engedélyezte a tenyésztett rovarokból nyert feldolgozott állati fehérje felhasználását víziállatok takarmányozására, és hidrolizált formában más gazdasági haszonállatok számára is, kivéve a kérődzőket. A kutatások szerint a rovarliszt helyettesítheti a hallisztet, bár nem minden esetben teljes mértékben. A brojlerek esetében teljesen helyettesítheti a növényi vagy állati eredetű fehérjéket, míg a tojótyúkoknál a teljes helyettesítés csökkentheti a termelést. A rovarok kedvező egészségügyi hatásuk is lehet, pl. antibakteriális fehérjéik erősítik az immunrendszert, és a kitin- és laurinsav-tartalmuk javítja a bélmikrobák összetételét. Az előrejelzések szerint az állati eredetű fehérje iránti igény 2050-re 70–80%-kal nő, amit a hagyományos termelési módszerekkel nem lehet kielégíteni, így a rovarok fenntartható alternatívát kínálnak. A rovartartalmú termékek, különösen a pékáruk, egyre népszerűbbek. Egy kutatásban különböző mennyiségű őrölt házi tücsökkel készült zabkekszeket vizsgáltak. A 10 és 15 g/100 g tücsökkel dúsított termékek fehérjeforrásként jelölhetők. A kis mennyiségű tücsökpor sötétítette a színt és növelte a savasságot, de nem befolyásolta jelentősen az állagot. A fogyasztók a kontrollterméket és az 5 g/100 g tücsökkel dúsított mintákat kedvelték, míg a 15 g/100 g tücsökkel dúsított terméket elutasították [89].

Az EU 2017-től engedélyezte feldolgozott rovarfehérje felhasználását víziállatok takarmányozására, hidrolizált formában más haszonállatok számára is

ROVARALAPÚ ÉLELMISZEREK ÉS TAKARMÁNYOK SZABÁLYOZÁSA AZ EURÓPAI UNIÓBAN

Az Európai Unióban az ehető rovarok emberi fogyasztásra történő engedélyezése a 2015/2283/EU rendelet, vagyis az új élelmiszerekre (novel food) vonatkozó szabályozás alapján zajlik. A rendelet értelmében minden olyan élelmiszer, amelyet 1997. május 15. előtt nem fogyasztottak jelentős mértékben az EU-ban, új élelmiszernek számít, és engedélyezési eljárás szükséges hozzá. E folyamat során a kérelmező tudományos dokumentációt nyújt be, amelyet az EFSA (Európai Élelmiszer-biztonsági Hatóság) kockázatértékelése követ. Bár az EFSA nem hoz jogszabályt, véleményére alapozva az Európai Bizottság dönt a forgalmazás engedélyezéséről. A szabályozási környezet az utóbbi években jelentősen bővült: a 2021/1925/EU rendelet pontosította az ehető rovarok piacra juttatásának feltételeit, különös tekintettel a címkézési előírásokra és az állati melléktermékek kezelésére. Az iparági szereplőket az IPIFF (International Platform of Insects for Food and Feed) 2020-as útmutatója segíti a higiéniai és élelmiszer-biztonsági követelmények betartásában. Jelenleg négy rovarfaj *(1. táblázat)* rendelkezik hivatalos engedéllyel, amelyek többféle formában (fagyasztott, szárított, porított) kerülhetnek forgalomba, meghatározott mennyiségi korlátokkal és címkézési szabályokkal.

1. TÁBLÁZAT. *A Bizottság végrehajtási rendelete alapján engedélyezett ehető rovarfajok és élelmiszer-kategóriák*

TABLE 1. *Edible insect species and food categories authorised under the Commission Implementing Regulation*

Bizottság végrehajtási rendelete	Rovaralapú termékek fajai és élelmiszer-kategóriái
2021c/882/EU	*Tenebrio* molitor lárva szárítva
2021a/1975/EU	*Locusta migratoria* fagyasztott, szárított és por alakú formái
2022b/188/EU	*Acheta domesticus* fagyasztott, szárított és por alakú formái
2022a/169/EU	*Tenebrio molitor* lárva fagyasztott, szárított és por alakú formái
2023b/58/EU	*Alphitobius diaperinus* lárvák fagyasztott, paszta, szárított és por alakú formái
2023a/5/EU	*Acheta domesticus* részben zsírtalanított por formában

A takarmányozási célú felhasználás is jelentős fejlődésen ment keresztül: a 2017/893/EU rendelet lehetővé tette a feldolgozott rovarfehérjék alkalmazását akvakultúrában, míg a 2021/1372/EU rendelet kiterjesztette ezt a jogot baromfi- és sertéstakarmányokra is. A 2017-ben engedélyezett hét rovarfaj mellé 2021-ben a selyemhernyó (*Bombyx mori*) is felkerült az engedélyezett fajok listájára *(2. táblázat)*.

Fontos megjegyezni, hogy ha a rovarokból származó termékek emberi fogyasztásra készülnek, a takarmányozásukhoz felhasznált alapanyagokra szigorú uniós korlátozások vonatkoznak: élelmiszer-hulladék nem használható fel. Ezt a 183/2005/EK és a 999/2001/EK rendelet szabályozza, amelyek az állati eredetű melléktermékek és bizonyos szerves anyagok újrahasznosítását korlátozzák, elsősorban zoonózisok és prionbetegségek megelőzése érdekében.

2. TÁBLÁZAT. *Élelmiszer és takarmányozási célra engedélyezett rovarfajok listája*

TABLE 2. *List of specise approved for food and feeed purposes*

Rovarfajok	Élelmiszercélú felhasználás	Takarmánycélú felhasználás
Közönséges lisztbogár (*Tenebrio molitor*)	+	+
Alombogár vagy penészevő gabonabogár (*Alphitobius diaperinus*)	+	+
Fekete katonalégy (*Hermetia illucens*)	–	+
Házi légy (*Musca domestica*)	–	+
Keleti vándorsáska (*Locusta migratoria*)	+	–
Házi tücsök (*Acheta domesticus*)	+	+
Sávos tücsök (*Gryllodes sigillatus*)	–	+
Banántücsök (*Gryllus assimilis*)	–	+
Selyemlepke lárvája (selyemhernyó) *(Bombyx mori)*	–	+

MEGVITATÁS

Az emberiség történetében számos példa van arra – az ókortól kezdve – hogy több rovarfajt emberi táplálékforrásként használnak, bizonyos kultúrákban és országokban.

Egyre több adat áll rendelkezésre abban a kérdésben, hogy az ehető rovarok, bizonyos fejlődési állapotban milyen tápanyagforrást jelentenek az ember számára.

Az ehető rovarok tömeges előállítása emberi táplálékként és állati takarmányként fenntartható eljárásnak értékelhető. Erre építve új iparágak (rovaralapú élelmiszeripar, rovar alapú takarmányozás) kezdtek kialakulni.

Az EU hivatalos eljárásban engedélyezi azon rovarfajokat, amelyek egyrészt élelmiszergyártásra, másrészt pedig takarmányozásra használhatók fel

A további fejlődést meghatározza Európában az, hogy az Európai Unió hivatalos eljárásban engedélyezi azon rovarfajokat, amelyek egyrészt élelmiszergyártásra, másrészt pedig takarmányozásra használhatók fel. Azonban a további fejlődést több tényező is befolyásolja. Az új szabályozások és engedélyezési folyamatok időigényesek. Az emberek hozzáállása és hajlandósága a rovaralapú élelmiszerek fogyasztására még mindig vegyes, ami lassíthatja a piac növekedését. A fogyasztóik gondolkodásának és viselkedésének megváltoztatása komoly kihívást jelent, különösen azért, mert a rovarokból készült élelmiszerválasztás gyakran irracionális. A környezeti és társadalmi előnyökre vonatkozó érvek időben és kulturálisan távolinak tűnhetnek, így kevésbé relevánsak. Mivel rengeteg olcsó, kényelmes és ízletes étel áll rendelkezésre, amelyek már beváltak a nyugati étrendben, a rovaralapú élelmiszereknek ugyanolyan azonnali elégedettséget kellene nyújtaniuk, anélkül, hogy a fogyasztóknak kompromisszumot kellene kötniük. Az új technológiák és gyártási folyamatok bevezetése költséges, ami akadályozhatja a széleskörű elterjedést. Ezek a tényezők mind hozzájárulnak ahhoz, hogy a rovaralapú élelmiszerek és takarmányok piaca lassabban fejlődik, mint ahogyan azt a szabályozások önmagukban lehetővé tennék.

IRODALOM

1. Costa-Neto EM, Dunkel FV (2016) Insects as food: history, culture, and modern use around the world. In: Insects as sustainable food ingredients. Academic Press. pp 29–60

2. Kemenczei Á, Izsó T, Bognár L, Kasza G (2016) Rovarok, mint "új" élelmiszerek. Élelmiszervizsgálati Közlemények 62:1106–1119

3. Van Huis A (2017) Did early humans consume insects? Journal of Insects as Food and Feed 3:161–163. http://dx.doi.org/10.3920/JIFF2017.x006

4. Huis AV, Itterbeeck JV, Klunder H, Mertens E, Halloran A, Muir G, Vantomme P (2013) Edible insects: future prospects for food and feed security. FAO Forestry Paper 171, Food And Agriculture Organization of the United Nations, Ed: FAO and Wageningen

5. Luo Zhi-Yi (2010) Insects as food in China. Ecol Food Nutr 36:201–207. https://doi.org/10.1080/03670244.1997.9991515

6. Novo S (1993) Cocina mexicana, o, Historia gastronómica de la ciudad de México. (No Title)

7. Liceaga AM (2019) Approaches for utilizing insect protein for human consumption: effect of enzymatic hydrolysis on protein quality and functionality. Ann Entomol Soc Am 112:529–532

8. Meyer-Rochow VB, Jung C (2020) Insects used as food and feed: isn't that what we all need? Foods 9:1003

9. Ramos-Elorduy J (2009) Anthropo-entomophagy: cultures, evolution and sustainability. Entomol Res 39:271–288

10. Van Huis A, Dicke M, van Loon JJ (2015) Insects to feed the world. Journal of Insects as Food and Feed 1:3–6

11. Stork NE (2018) How many species of insects and other terrestrial arthropods are there on Earth? Ann rev entomol 63:31–45

12. Jongema Y (2015) List of Edible Insects of the World. Wageningen UR: Wageningen, The Netherlands

13. Jongema Y (2017) List of edible insects of the world. Wageningen: Laboratory of Entomology, Wageningen University

14. Stork NE (2018) How many species of insects and other terrestrial arthropods are there on Earth? Ann rev entomol 63:31–45

15. Van Itterbeeck J, Pelozuelo L (2022) How many edible insect species are there? A not so simple question. Diversity 14:143

16. Cerritos R (2009) Insects as food: an ecological, social and economical approach. CABI Reviews

17. Dossey AT, Tatum JT, McGill WL (2016) Insects as Sustainable Food Ingredients. Processing and Food Applications pp 113–152. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802856-8.00005-3

18. Ojha S, Bußler S, Schlüter OK (2020) Food waste valorisation and circular economy concepts in insect production and processing. Waste Management 118:600–609. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.09.010

19. Conway A, Jaiswal S, Jaiswal AK (2024) The potential of edible insects as a safe, palatable, and sustainable food source in the European Union. Foods 13:387. https://doi.org/10.3390/foods13030387

20. Ortiz JC, Ruiz AT, Morales-Ramos JA, Thomas M, Rojas MG, Tomberlin JK, Yi L, Han R, Giroud L, Jullien RL (2016) Insect mass production technologies. In: Insects as sustainable food ingredients. Academic Press. pp 153–201. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802856-8.00006-5

21. Akhtar Y, Isman MB (2018) Insects as an alternative protein source. In: Proteins in food processing. Woodhead Publishing. pp 263–288

22. Van Huis A, Oonincx DG (2017) The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. Agron Sustain Dev 37:1–14

23. Lisboa HM, Nascimento A, Arruda A, Sarinho A, Lima J, Batista L, Andrade R (2024) Unlocking the Potential of Insect-Based Proteins: Sustainable Solutions for Global Food Security and Nutrition. Foods 13:1846. https://doi.org/10.3390/foods13121846

24. Spatola G, Giusti A, Mancini S, Tinacci L, Nuvoloni R, Fratini F, Armani A (2024) Assessment of the information to consumers on insects-based products (Novel Food) sold by e-commerce in the light of the EU legislation: when labelling compliance becomes a matter of accuracy. Food Control 162:110440. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2024.110440

25. Kovács K, Szűcs RS (2023) Az entomofágiával, azaz a rovarok fogyasztásával kapcsolatos attitűdök vizsgálata. Jelenkori Társadalmi és Gazdasági Folyamatok 18:119–138. https://doi.org/10.14232/jtgf.2023.1-2.119-138

26. Gere A, Székely G, Kovács S, Kókai Z, Sipos L (2017) Readiness to adopt insects in Hungary: A case study. Food qual prefer 59:81–86. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.02.005

27. Gere A, Radványi D, Héberger K (2019) Which insect species can best be proposed for human consumption? Innov Food Sci Emerg Tech 52:358–367. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.01.016

28. Kasza G, Izsó T, Szakos D, Nugraha WS, Tamimi MH, Süth M (2023) Insects as food-Changes in consumers' acceptance of entomophagy in Hungary between 2016 and 2021. Appetite 188:106770. https://doi.org/10.1016/j.appet.2023.106770

29. Vassileios V (2019) Food Wastes as a Potential New Source for Edible Insect Mass Production for Food and Feed: A review. Fermentation 5:81. https://doi.org/10.3390/fermentation5030081

30. Akhtar Y, Isman MB (2018) 10-Insects as an Alternative Protein Source. In: Proteins in Food Processing (2nd ed). pp 263–288 https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100722-8.00011-5

31. Deroy O, Reade B, Spence C (2015) The insectivore's dilemma, and how to take the West out of it. Food Qual Prefer 44:44–55. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.02.007

32. Collavo A, Glew RH, Huang YS, Chuang LT, Bosse R, Paoletti MG (2005) House cricket small-scale farming. Ecological implications of minilivestock: potential of insects, rodents, frogs and snails. Science Publishers, Enfield N.H.,USA Ed: Paoletti MG 27:515–540.

33. Smil V (2002) Worldwide transformation of diets, burdens of meat production and opportunities for novel food proteins. Enzyme Microb tech 30:305–311. https://doi.org/10.1016/S0141-0229(01)00504-X

34. Nakagaki BJ, Defoliart GR (1991) Comparison of diets for mass-rearing Acheta domesticus (Orthoptera: Gryllidae) as a novelty food, and comparison of food conversion efficiency with values reported for livestock. J Econ Entomol 84:891–896. https://doi.org/10.1093/jee/84.3.891

35. Baiano A (2020) Edible insects: An overview on nutritional characteristics, safety, farming, production technologies, regulatory framework, and socio-economic and ethical implications. Trends Food Sci Tech 100:35–50. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.040

36. Imathiu S (2020) Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. NFS journal 18:1–11. https://doi.org/10.1016/j.nfs.2019.11.002

37. Gemede HF, Ratta N (2014) Antinutritional factors in plant foods: Potential health benefits and adverse effects. Int j nutr food sci 3:284–289. http://dx.doi.org/10.11648/j.ijnfs.20140304.18

38. Nino MC, Reddivari L, Ferruzzi MG, Liceaga AM (2021) Targeted phenolic characterization and antioxidant bioactivity of extracts from edible Acheta domesticus. Foods 10:2295. https://doi.org/10.3390/foods10102295

39. Murefu TR, Macheka L, Musundire R, Manditsera FA (2019) Safety of wild harvested and reared edible insects: A review. Food Control 101:209–224. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.03.003

40. van Huis A (2016) Edible insects are the future? Proceedings of the Nutrition Society Volume 75:294–305. https://doi.org/10.1017/S0029665116000069

41. Xiaoming C, Ying F, Hong Z, Zhiyong C (2010) Review of the nutritive value of edible insects. Forest insects as food: humans bite back 85

42. Liceaga AM (2022) Edible insects, a valuable protein source from ancient to modern times. In: Advances in food and nutrition research. Vol 101, Academic Press. pp 129–152

43. Schlüter O, Rumpold B, Holzhauser T, Roth A, Vogel RF, Quasigroch W, Vogel S, Heinz V, Jäger H, Bandick N, Kulling S, Knorr D, Steinberg P, Engel KH (2017) Safety aspects of the production of foods and food ingredients from insects. Mol nutr food res 61:1600520. https://doi.org/10.1002/mnfr.201600520

44. Bukkens SG (1997) The nutritional value of edible insects. Ecol Food Nutr 36:287–319

45. Rumpold BA, Schlüter OK (2013) Nutritional composition and safety aspects of edible insects. Mol nutr food res 57:802–823. https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735

46. Elhassan M, Wendin K, Olsson V, Langton M (2019) Quality Aspects of Insects as Food—Nutritional, Sensory, and Related Concepts. Foods 8:95. https://doi.org/10.3390/foods8030095

47. Verbeke W (2015) Profiling consumers who are ready to adopt insects as a meat substitute in a Western society. Food qual prefer 39:147–155. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.07.008

48. Paul A, Frederich M, Megido RC, Alabi T, Malik P, Uyttenbroeck R, Francis F, Blecker C, Haubruge E, Lognay G, Danthine S (2017) Insect fatty acids: A comparison of lipids from three Orthopterans and Tenebrio molitor L. larvae. J Asia-Pac Entomol 20:337–340. https://doi.org/10.1016/j.aspen.2017.02.001

49. Ramos-Elorduy J (2008) Energy supplied by edible insects from Mexico and their nutritional and ecological importance. Ecol food nutr 47:280–297. http://dx.doi.org/10.1080/03670240701805074

50. Siulapwa N, Mwambungu A, Lungu E, Sichilima W (2014) Nutritional value of four common edible insects in Zambia. Int J Sci Res 3:876–884

51. Mlcek J, Rop O, Borkovcova M, Bednarova M (2014) A comprehensive look at the possibilities of edible insects as foodinEurope–areview. Polish J Food Nutr Sci 64:147–157. http://dx.doi.org/10.2478/v10222-012-0099-8

52. Roos N (2018) Insects and human nutrition In: Edible insects in sustainable food systems. Cham: Springer International Publishing. pp 83–91

53. Lee H, Park WJ (2014) Unsaturated fatty acids, desaturases, and human health. J med food 17:189–197. https://doi.org/10.1089/jmf.2013.2917

54. Zielińska E, Baraniak B, Karaś M, Rybczyńska K, Jakubczyk A (2015) Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. Food Res Int 77:460–466. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.09.008

55. Kozlu A, Ngasakul N, Klojdová I, Baigts-Allende DK (2024) Edible insect-processing techniques: a strategy to develop nutritional food products and novelty food analogs. Eur Food Res Technol 250:1253–1267. https://doi.org/10.1007/s00217-024-04474-3

56. Lee JH, Kim TK, Jeong CH, Yong HI, Cha JY, Kim BK, Choi YS (2021) Biological activity and processing technologies of edible insects: a review. Food sci biotechnol 30:1003–1023. https://doi.org/10.1007/s10068-021-00942-8

57. Belluco S, Losasso C, Maggioletti M, Alonzi C, Ricci A, Paoletti MG (2015) Edible insects: a food security solution or a food safety concern? Animal frontiers 5:25–30. https://doi.org/10.2527/af.2015-0016

58. La Barbera F, Verneau F, Videbæk PN, Amato M, Grunert KG (2020) A self-report measure of attitudes toward the eating of insects: Construction and validation of the Entomophagy Attitude Questionnaire. Food Qual Prefer 79:103757. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.103757

59. Mina G, Peira G, Bonadonna A (2023) The potential future of insects in the European food system: A systematic review based on the consumer point of view. Foods 12:646. https://doi.org/10.3390/foods12030646

60. Dossey AT, Tatum JT, McGill WL (2016) Insects as Sustainable Food Ingredients. In: Processing and Food Applications. pp 113–152. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802856-8.00005-3

61. Shockley M, Lesnik J, Allen RN, Muñoz AF (2018) Edible insects and their uses in North America; past, present and future. In: Edible insects in sustainable food systems. Springer. pp 55–79

62. Lähteenmäki-Uutela A, Hénault-Ethier L, Marimuthu SB, Talibov S, Allen RN, Nemane V, Grant V, Józefiak D (2018) The impact of the insect regulatory system on the insect marketing system. Journal of Insects as Food and Feed 4:187–198. http://dx.doi.org/10.3920/JIFF2017.0073

63. Viesca González FC, Romero Contreras AT (2009) La entomofagia en México. Algunos aspectos culturales

64. Allegretti G, Talamini E, Schmidt V, Bogorni PC, Ortega E (2018) Insect as feed: An emergy assessment of insect meal as a sustainable protein source for the Brazilian poultry industry. J Clean Prod 171:403–412

65. Abril S, Pinzón M, Hernández-Carrión M, Sánchez-Camargo ADP (2022) Edible insects in Latin America: a sustainable alternative for our food security. Front Nutr 9:904812. https://doi.org/10.3389/fnut.2022.904812

66. Yen AL (2005) Insect and other invertebrate foods of the Australian Aborigines. In: Ecological implications of minilivestock. CRC Press. pp 367–387

67. DiGiacomo K, Akit H, Leury BJ (2019) Insects: a novel animal-feed protein source for the Australian market. Anim Prod Sci 59:2037–2045. http://dx.doi.org/10.1071/AN19301

68. Lähteenmäki-Uutela A, Grmelová N, Hénault-Ethier L, Deschamps MH, Vandenberg GW, Zhao A, ... Nemane V (2017) Insects as food and feed: laws of the European union, United States, Canada, Mexico, Australia, and China. European Food and Feed Law Review 22–36.

69. Belluco S, Losasso C, Maggioletti M, Alonzi CC, Paoletti MG, Ricci A (2013) Edible insects in a food safety and nutritional perspective: a critical review. Comp rev food sci food safety 12:296–313. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12014

70. Preteseille N, Deguerry A, Reverberi M, Weigel T (2018) Insects in Thailand: national leadership and regional development, from standards to regulations through association. In: Edible insects in sustainable food systems. pp 435–442

71. Elhassan M, Wendin K, Olsson V, Langton M (2019) The appeal of insects as human food-with emphasis on mealworm texture, taste, and flavor. Int J Gastr Food Sci 8:1–14

72. Wendin K, Mårtensson L, Djerf H, Langton M (2020) Product Quality during the Storage of Foods with Insects as an Ingredient: Impact of Particle Size, Antioxidant, Oil Content and Salt Content. Foods 9:791. https://doi.org/10.3390/foods9060791

73. Ojha S, Rossi G, Pathak N, Durek J, Mahajan P, Schlüter OK (2024) Microbial growth and physicochemical quality changes during modified atmosphere storage of high hydrostatic pressure processed Tenebrio molitor paste. Food Bioprocess Technol 17:1914–1925. https://doi.org/10.1007/s11947-023-03235-6

74. Noyens I, Van Miert S, Brombach C, Rossi M, Haas N, Beckman M, Alvarez C, Neves E, Naranjo-Guevara N, Garrelts K, Floto-Stammen S, Roosen M (2021) Techno-functional analysis of insect proteins and insect-based products. Interreg North-West Europe ValuSect project

75. Ribeiro JC, Marques JP, Fernandes TR, Pintado ME, Carvalho SM, Cunha LM (2024) Effect of blanching, storage and drying conditions on the macro-composition, color and safety of mealworm Tenebrio molitor larvae. LWT 191:115646. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115646

76. Varelas V (2019) Food Wastes as a Potential New Source for Edible Insect Mass Production for Food and Feed: A review. Fermentation 5:81. https://doi.org/10.3390/fermentation5030081

77. Van Huis A, Oonincx DG (2017) The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. Agron Sustain Dev 37:1–14. https://doi.org/10.1007/s13593-017-0452-8

78. Siddiqui SA, Erol Z, Rugji J, Taşçı F, Kahraman HA, Toppi V, Musa L, Di Giacinto G, Bahmid NA, Mehdizadeh M, Castro-Muñoz R (2023) An overview of fermentation in the food industry-looking back from a new perspective. Bioresour Bioprocess 10:85. https://doi.org/10.1186/s40643-023-00702-y

79. Madau FA, 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

80. Alhujaili A, Nocella G, Macready A (2023) Insects as food: consumers' acceptance and marketing. Foods 12:886. https://doi.org/10.3390/foods12040886

81. Poveda J (2021) Insect frass in the development of sustainable agriculture. A review. Agron Sustain Dev 41:5. https://doi.org/10.1007/s13593-020-00656-x

82. Hall H, Fitches E, Smith R (Eds.) (2021) Insects as animal feed: novel ingredients for use in pet, aquaculture and livestock diets. CABI

83. Niyonsaba HH, Höhler J, Kooistra J, Van der Fels-Klerx HJ, Meuwissen MPM (2021) Profitability of insect farms. Journal of Insects as Food and Feed, 7:923–934. http://dx.doi.org/10.3920/JIFF2020.0087

84. Yang Y, Cooke C (2021) Exploring the barriers to upscaling the production capacity of the edible insect sector in the United Kingdom. Brit Food J 123:1531–1545.

85. Rumpold BA, Schlüter OK (2013) Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. Innov Food Sci Emerg Tech 17:1–11. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2012.11.005

86. Niyonsaba HH, Höhler J, Van der Fels-Klerx HJ, Slijper T, Alleweldt F, Kara S, Zanoli R, Costa AIA, Peters M, Meuwissen MPM (2023) Barriers, risks and risk management strategies in European insect supply chains. Journal of Insects as Food and Feed 9:691–705. https://doi.org/10.3920/JIFF2022.0100

87. Shi W, Ding SY, Yuan JS (2011) Comparison of insect gut cellulase and xylanase activity across different insect species with distinct food sources. Bioenerg Res 4:1–10. https://doi.org/10.1007/s12155-010-9096-0

88. Hetényi N (2019) Ízeltlábúak a takarmányozásban Irodalmi összefoglaló. Magy Állatorvosok Lapja 141:117–128

89. Biró B, Sipos MA, Kovács A, Badak-Kerti K, Pásztor-Huszár K, Gere A (2020) Cricket-enriched oat biscuit: Technological analysis and sensory evaluation. Foods 9:1561. https://doi.org/10.3390/foods9111561

Közlésre érk.: 2024. márc. 14.