

Ehető rovarok élelmiszeripari és takarmányozási célú felhasználásának lehetőségei

Kulcsszavak: rovar, fehérje, összetétel, takarmányozás, élelmiszeripari felhasználás

1. Összefoglalás

Becslések szerint a világ népessége 2050-re meghaladja a 9 milliárdot [1]. Ez a hatalmas mértékű népesség-növekedés megköveteli tőlünk, hogy a jelenlegi élelmiszertermelésünket legalább kétszeresére növeljük [2]. Emellett azonban az tapasztalható, hogy a globális felmelegedés hatására világszerte fokozatosan csökkennek az élelmiszertermelésre használt mezőgazdasági területek [3]. Az egyre súlyosabb mértékű nyersanyaghiány miatt jelentős kutatások folynak, az alternatív fehérjeforrásként a takarmányozásban, valamint az élelmiszeriparban felhasználható növények, állatok, feltérképezése céljából. A számos lehetőség közül a rovarok alkalmazása jelentős figyelmet kap [4].

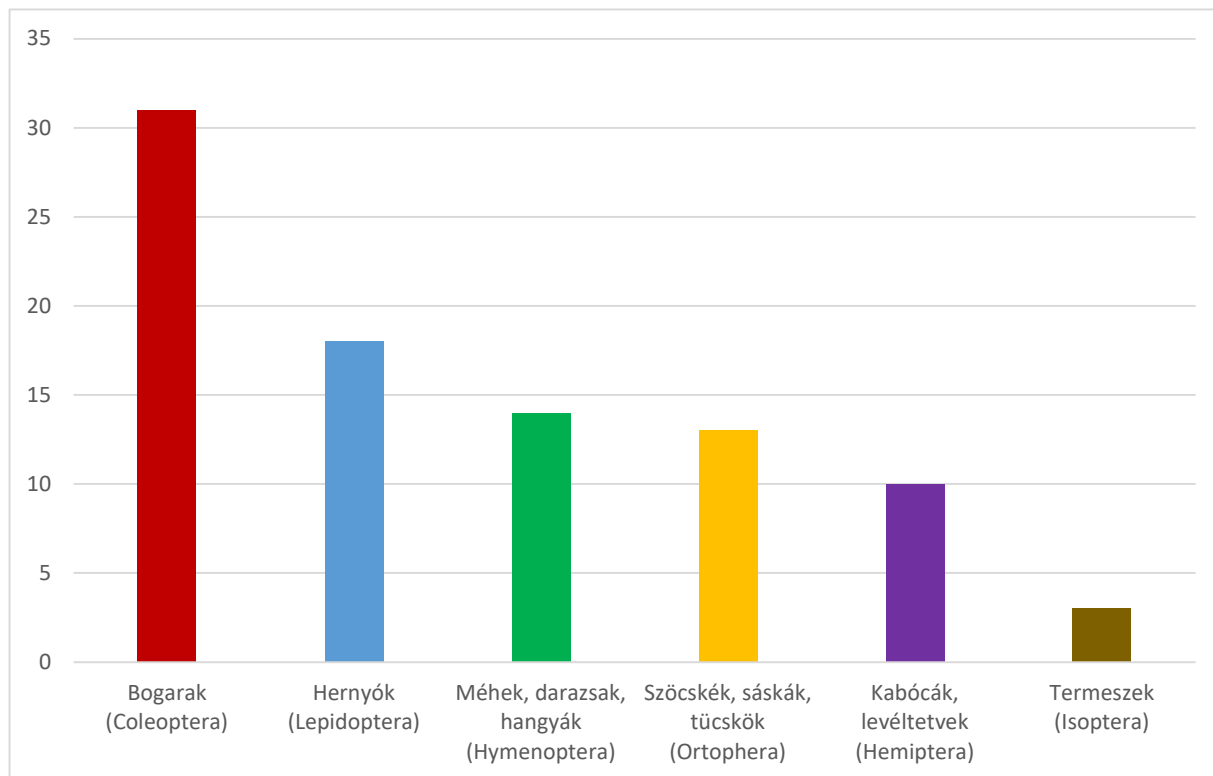
Az ehető rovarokat a világ számos részén fogyasztják hagyományosan, amely potenciálisan hozzájárulhat a világ élelmezésbiztonságához. Becslések szerint legalább 2 milliárd ember fogyaszt rendszeresen rovarokat [5], nemcsak tápértékük, hanem az ízük miatt is. Különösen a fejlett országokban, elsősorban a nyugati társadalmakban azonban a rovarokat ritkán fogyasztják, hiszen ezt kulturálisan nem tartják megfelelőnek [6]. A fogyasztói megítélés azonban megváltoztatható.

A rovarok megfelelő energia- és fehérjetartalmú, jó aminosav- és zsírsavprofilú, valamint számos mikrotápanyagot, például rezet tartalmazó élelmiszerek számítanak. Egyesek kiemelkedő vas-, magnézium-, mangán-, foszfor-, szelén- és cink-, valamint riboflavin, pantoténsav, biotin, tartalommal rendelkeznek [7]. A táplálkozási állapotot közvetlenül javító tulajdonságok mellett a rovarok a környezetre is pozitív hatással vannak. Fontos szerepet játszanak a hulladékok biológiai lebontásában és beporzóként a növények szaporodásában. Ezen túlmenően magas a takarmány átalakítási hatásfokuk és tenyésztésük kevésbé függ a termőföldtől, mint a hagyományos állattartás esetében, amely erőforrás-takarékos élelmiszer és takarmány előállítását teszi lehetővé. Emellett ki kell emelni, hogy kevesebb üvegházhatású gázt termelnek és lényegesen kevesebb vizet használnak, mint a hagyományos állattartás. Az ehető rovarok tenyésztésének és fogyasztásának növelése hatással van a gazdasági és társadalmi viszonyokra. A rovarok gyűjtése és termesztése minimális technikai vagy tőke-ráfordítással végezhető, így a társadalom legszegényebb tagjainak is lehetőséget ad a jövedelemszerzésre [8].

¹ Magyar Agár-és Élettudományi Egyetem, Budai Campus, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet, Élelmiszertudományi Kutatócsoport

2. Bevezetés

Több mint 1900 ehető rovarfaj létezik, a legfontosabbak a *Coleoptera* (bogarak), *Lepidoptera* (lepkék), *Hymenoptera* (méhek, darazsak és hangyák), *Orthoptera* (szöcskék és tücskök), *Isoptera* (termeszek), *Hemiptera* (valódi bogarak) és *Homoptera* (kabócák) rendjébe tartoznak. Ezek felhasználásának százalékos értékeit mutatja be az **1.ábra [14]**.



1. ábra Az élelmezési célokra felhasznált rovarok fogyasztásának rend szerinti gyakorisága

Felmérések szerint Afrikában 250, Mexikóban 549, Kínában 180, azon belül is a Mekong térségében 160 rovarfajt fogyasztanak. Bár Japán nem trópusi ország, számos rovarfaj kedvelt táplálék, különösen a darazsak. Ehhez a hatalmas változatossághoz képest csak keveset tudunk a tápanyag-összetételükről és hasznosíthatóságukról. Egy nemrégiben megjelent áttekintésben 236 ehető rovar kémiai összetételét tették közzé [7]. Ezek az adatok azonban csak szárazanyagra számítják az összetételt, amely nem használható közvetlenül az emberi táplálkozás értékelésére és az élelmiszer-összetételi adatbázisok számára, hiszen ezek az adatbázisok az élelmiszerek-összetételt friss tömegük alapján értékelik.

Az ehető rovarok diverzifikálhatják az étrendeket, javíthatják a megélhetést, hozzájárulhatnak az élelmiszer- és táplálkozásbiztonsághoz, és más fehérjeforrásokhoz képest kisebb ökológiai lábnyomot hagynak maguk után. Ezek a potenciális előnyök, valamint a tápláló és környezeti szempontból fenntartható alternatív élelmiszerforrások feltárása iránti fokozott érdeklődés ösztönzi a rovarok élelmiszerként és takarmányként történő kereskedelmi célú termesztését [9].

A rovarok fogyasztásának biztonsági kockázatai nagymértékben függenek a rovarfajtól, a környezettől, amelyben tenyésztik, vagy amelyből gyűjtik őket, attól, hogy mivel táplálják a rovarokat, valamint az alkalmazott tenyésztési és feldolgozási módszerektől. Az élelmiszerbiztonsági veszélyek alapos felmérése segít a megfelelő higiéniai és gyártási gyakorlatok kialakításában, amelyek továbbra is kihívást jelentenek az ágazat számára [10].

A rovarok élelmiszer- és takarmány célú termesztése kulcsfontosságú kérdésnek bizonyult a piacok megbízható mennyiséggel való ellátása és a túlzott betakarításból eredő negatív környezeti hatások csökkentése szempontjából. Néhány országban, például Thaiföldön, Laoszban, Vietnamban és Kínában néhány rovarfajt "tenyésztnek" készpénzes jövedelemszerzés céljából, különösen emberi fogyasztásra, de takarmányozási és gyógyászati célokra is.

A rovarok, mint alternatív fehérjeforrás iránti növekvő érdeklődés vezetett ahhoz, hogy Hollandiában, Spanyolországban, Dél-Afrikában, az Amerikai Egyesült Államokban és más országokban is cégek alakultak, amelyek a rovarok tömeges tenyésztésére és rovaralapú termékek előállítására irányuló technikákat fejlesztettek ki.

A legtöbb fejlődő és trópusi országban a rovarok fogyasztása, az úgynevezett entomofágia elfogadott gyakorlat, míg a nyugati világban gyakran undorral reagálnak rá. Az az elképzelés, hogy az emberek az éhség miatt folyamodnak rovarevéshez, téves nyugati felfogás, mivel a rovarok származási országukban gyakran csemegének számítanak.

Kérdés az, hogy a trópusokhoz képest, a nyugati világban miért fogyasztanak lényegesen kevesebb rovar. Az tény, hogy a rovarok "hidegvérű" állatok, és a legtöbb trópusi rovarfaj nagyobb méretű, mint a hideg és mérsékelt éghajlaton élők. Ráadásul a trópusi régiókban nagyobb a rovarfajok sokfélesége, és a legtöbb ehető rovarfaj egész évben megtalálható. Ez azonban nem így van a hideg és mérsékelt égövi régiókban, ahol a rovarpopulációk a hideg éghajlati körülmények között téli álmot alszanak. Egy másik ok az, hogy általában nem fordulnak elő hatalmas tömegekben, például sáskarajokban. Másrészt a hideg és mérsékelt égövi övezetekben élő emberek is kevésbé élnek a természetben és a természettel együtt, mint a trópusi régiókban [12].

A nyugati hozzáállás, miszerint a rovarok fogyasztása primitív vagy barbárság, nem ösztönözte a fejlődő országokat arra, hogy ezt a témát a fejlesztési támogatások napirendjén előkelő helyre tegyék, még akkor sem, ha a téma számos tudományágot (pl. táplálkozás, természeti erőforrások kezelése, megélhetés-fejlesztés) érint.

Az elmúlt években az intézmények, magánszemélyek és a magánszektor érdekérvényesítő tevékenysége révén a rovarok, mint élelmiszerforrás egyre nagyobb figyelmet kapott a médiában és a politikai döntéshozók részéről, akik a rovarokat az élelmezésbiztonság és az ellenálló képesség javítása érdekében egy lehetőségnek tekintik [13].

Napjaink egyik legnagyobb környezeti problémája az állattenyésztésből származó trágya egyenlőtlen elosztása és a nagy mennyiségű szerves hulladék. Ezt a trágyát nem használják fel azonnal trágyaként a növények vagy a gabonafélék számára. A trágya tárolása és kezelése olyan környezeti problémákkal jár, mint a talaj- és levegőszennyezés, a helyszűke és a szagok. A tárolási problémák csökkentése érdekében a trágyakupacokon rovarokat lehet szaporítani, ami csökkenti a tápanyagszintet, az ömlesztett tömeg mennyiségét és a szagot.

A FAO Livestock's Long Shadow (Az állattenyésztés hosszú árnyéka) című jelentése [14] szerint az állattenyésztés, különösen a szarvasmarha-állomány nagymértékben hozzájárul a környezeti problémákhoz, amivel sürgősen foglalkozni kell. Az állati termékek iránti globális kereslet a következő 50 évben több mint kétszeresére fog nőni (az 1999/2001-es 229 millió tonnáról 2050-re 465 millió tonnára). Ugyanakkor az állattenyésztés már most is az összes mezőgazdasági terület mintegy 70%-át teszi ki. Az állattenyésztési ágazat jelentős mértékben hozzájárul az üvegházhatású gázok, például a CO₂, CH₄ és N₂O kibocsátásához. A Wageningeni Egyetem által közzétett tanulmány [15] megállapítja, hogy a rovar- és miniállat-tartás lényegesen kevesebb NH₃- és CO₂-egyenértéket termel, mint a hagyományos állattartás. Az állattartás mintegy 8%-os vízfelhasználást is jelent, amelynek nagy részét a takarmánynövényekre és a legelők öntözésére fordítják. Az állattenyésztés az erdőirtás egyik fő hajtóereje, és a biológiai sokféleség csökkenésének egyik főszereplője Európában.

Mivel a rovarok hidegvérűek, magas a táplálékhasznosítási arányuk, például a tücsköknek hatszor kevesebb takarmányra van szükségük, mint a szarvasmarháknak, négyszer kevesebbre, mint a juhoknak, és kétszer kevesebbre, mint a sertéseknek és a brojlercsirkéknek ugyanannyi fehérje előállításához. Emellett kevesebb üvegházhatású gázt bocsátanak ki, mint a hagyományos haszonállatok. Metánt például csak néhány rovar, például a termeszek és a csótányok termelnek. Előny továbbá, hogy sok esetben a rovarokat szerves hulladékon lehet termeszteni. A feldolgozás utáni fehérje-kihozatal is sokkal magasabb a rovarok esetében (pl. tücsök 80%), mint a marhahús (55%), sertéshús (70%) vagy bárányhús (35%) esetében. Ezért az ehető rovarok komoly alternatívát jelentenek a hagyományos termelés vagy más állati eredetű fehérjeforrások helyett, akár közvetlen emberi fogyasztásra, akár közvetve alapanyagként [16].

Az ehető rovarok megtalálhatók a mezőgazdasági területeken, erdőkben, parlagon heverő területeken és vizekben. Tekintettel arra, hogy a rovarok az élőhelyek ilyen széles skáláján megtalálhatók, más természeti erőforrásokat védő „ernyőfajként” is tekinthetünk rájuk. Egy kenyai kutatás során [17], amely az erdők védelmét és a megélhetés javítását olyan "kereskedelmi rovarokkal", mint a mézelő méhek és a selyemlepkék, kombinálta, a megvalósítás során az erdők biológiai sokféleségének növekedését mutatták ki.

Olyan területeken, mint a Kongó-medence, Nyugat-Afrika vagy Délkelet-Ázsia, az ehető rovarok gazdasági értéke kiemelkedő, jelentősen befolyásolják a helyi gazdálkodási stratégiákat. A rovarok megbízható fehérje-, szénhidrát-, vitamin- és hagyományos gyógyszerforrásként jelentősen hozzájárulnak emberek millióinak élelmezésbiztonságához és megélhetéséhez. Mivel a rovarok betakarítása, feldolgozása és helyi piacokon történő értékesítése munkaigényes, emellett nem igényel nagyobb tőkebefektetést vagy földtulajdont. A szegények, különösen a nők és a gyermekek számára is elérhető, és jelentős bevételt jelent számukra [18]. Biológiai sokféleségükön rejlő táplálkozás képezi az alapját annak, jelentősen csökkenthető a rovarok fogyasztása által az éhezők száma.

Jelenleg Európában és az Egyesült Államokban növekszik leggyorsabban az ehető rovarok ipara, ahol azonban ez a tendencia magas húsfogyasztással is együtt jár [19]. Ezen túlmenően felismerték, hogy a rovaripar globális piaci méretének folyamatos növekedéséhez hozzájárulnak, az takarmány- és élelmiszeriparon túlmutatató alkalmazások, mint az alapanyag- és a gyógyszeripari felhasználás [20].

A gyakorlati előnyei ellenére számos akadály áll még a rovar-élelmiszerek fejlesztésének útjában, mivel a rovar-élelmiszerek koncepciója, fogalma nehezen illeszthető a hagyományos nyugati étkezési szokásokhoz [21]. Jelenleg a rovarélelmiszerek fejlesztése átmeneti stádiumban van, de a rovaripar jó úton halad arrafelé, hogy olyan sikeres fehérjeforrássá váljon, amely a globális piacon vezető szerepet fog betölteni [22, 23].

3. A rovarok, mint élelmiszer- és takarmányforrások ipari felhasználása

3.1. Élelmiszeripar

Ázsia, Dél-Amerika, Afrika és Európa őshonos kultúráiban évszázados múltra tekint vissza a különféle rovarfajok fogyasztása [3, 24]. A thaiföldi Bangkok piacain végzett felmérés például 164 rovarfajt azonosított, amelyeket élelmiszerként árulnak [25]. A leggyakrabban fogyasztott rovarok a bogarak, hernyók, méhek, hangyák, tücskök, szöcskék, és a sáskák [24]. Zimbabwében, Zambiában és Nigériában az ehető rovarok általában az iskolákban, büfékben és nyílt piacokon kaphatók, jövedelmező üzletet jelentve [12]. Ezekben az országokban az étkezési fehérje akár 50%-a is származhat rovarokból, melyek sokszor magasabb piaci értékkel rendelkeznek, mint más fehérjeforrások [3]. Néhány rovar érzékszervi tulajdonságaik miatt nagyra értékelnek, és előkelő éttermekben fogyasztják őket [26]. Mexikóban, Laoszban, Kambodzsában például inyenc ételnek számít az escamoles (hangyatojás) [27].

Az ehető rovarok iránti érdeklődés fokozatosan növekszik, ugyanis az Élelmészeti és Mezőgazdasági Szervezet (FAO) népszerűsítésükbe kezdett, mint emberi fogyasztásra alkalmas alternatív fehérjeforrásoknak [6]. Az ehető rovarok piaca várhatóan 2023-ra meghaladja az 522 millió USD-t világszerte [28]. A rovarokkal kapcsolatos tartósan fennálló negatív megítélés azonban akadályozza a globális piac bővülését, és korlátozza a rovarok iránti kereslet bővülését, ami összefügghet azzal a ténnyel, hogy az emberek az általános neofóbia miatt szkeptikusak az újszerű élelmiszerekkel szemben [3]. Emiatt a tapasztalatlan fogyasztók a rovarokat félelem vagy undor forrásaként tekintik, erősen elutasítóak velük, mint az éttrendjükben szokásosan szereplő élelmiszerekkel szemben, és teljesen figyelmen kívül hagyják magas tápértéküket [29]. Az ilyen jellegű problémák, belső attitűdök leküzdése az ehető rovarok iparának egyik fő kihívása [30].

Szerencsére az új élelmiszerek megítéléséhez kapcsolódó pozitív társadalmi hozzáállás a rovarok elfogadásához és fogyasztásuk növekedéséhez vezet [31], mivel a fogyasztói attitűdöket több tényező is befolyásolja [32]. Ezért az ehető rovarokat népszerűsítő kezdeményezéseknek hangsúlyozni kell azok gyakorlati értékét, amely megteremtheti a fogyasztói keresletet. Kóstolás, rendezvények vagy oktatási műhelyek is lehetőséget biztosíthatnak az ehető rovarok megismerésére [28]. Egy másik módszer a fogyasztói megítélés javítására a rovaros recepteket tartalmazó szakácskönyvek létrehozása. Összességében tehát, az ehető rovarokkal való ismételt pozitív kapcsolat növeli a tudatosságot, és ösztönözheti a fogyasztást [32].

Ezenkívül szerepet játszhat az ehető rovarok hozzáférhetőségének növelése, olyan rovaralapú élelmiszer-összetevők fejlesztése, amelyek használatával nem befolyásolja negatívan az eredeti élelmiszer érzékszervi, minőségi tulajdonságait, tápértékét [10, 33, 34]. Az ehető rovarok beépítése a már megszokott élelmiszerekbe elfogadhatóbb lehet egy rovarfóbiás kultúra számára, mint a rovarok közvetlen élelmiszerként történő forgalomba hozatala. Másrészt a rovarok élelmiszer-összetevőként való felhasználása előnyös lehet a fenntartható üzleti modellek kialakításához is [24].

Az ehető rovarok iparának egyik fő akadálya a biztonságosságot és eltarthatóságot garantáló szisztematikus ipari feldolgozás hiánya [5]. A rovartermesztéshez szabványosításra és minőségellenőrzésre is szükség van, amihez kormányzati jogszabályokra és szabályozást igényel [24].

3.2. Takarmányipar

A magas tápérték, a minimális helyigény és az alacsony környezeti hatás együttesen teszik vonzóvá a rovarok állati takarmányozásban történő hasznosítását. Másik nagy előnye, hogy a rovarok már most is számos állati takarmány természetes részét képezik [35, 36]. A rovaralapú takarmányok különösen vonzóak, ha figyelembe vesszük a hagyományos takarmányok árait, amelyek jelenleg az állattenyésztési költségek mintegy 70%-át teszik ki [6].

Az ipari takarmánygyártás legígéretesebb, jól tanulmányozott rovar jelöltjei: a fekete katonalégy lárva, a sárga lisztkukac, selyemhernyók, szöcskék és a termeszek [3]. Az ezzel kapcsolatos kutatások kimutatták, hogy a rovarliszt részben helyettesítheti a kereskedelmi lisztet a brojlerek takarmányában, különösen a fehérjeforrásokat. Például a házilégy-lárvák lisztje a brojlerek takarmányában a halliszt 4%-át helyettesítheti anélkül, hogy negatív hatással lenne a hasított test tömegére és a takarmányozási hatékonyságra [37].

Egy másik kutatás szerint a 31%, szójalisztet tartalmazó brojlertakarmány sikeresen helyettesíthető, 26% szójaliszt +5% szárított sárga liszt kukac, illetve és 20% szójaliszt +10% szárított sárga liszt kukac tartalmú táppal [38]. A testtömeg növekedést, valamint a hasított test minőségének javulását tapasztalták akkor, amikor a brojlercsirkéket 10%-15% házilégylárvát tartalmazó táppal etették [39].

A kereskedelmi forgalomban kapható kukorica/soja alapú tápokkal összehasonlítva a házilégylárva alapú tápok jelentősen növelték a brojlercsirkék hasított testtömegét, teljes takarmányfelvételét és az átlagos napi testtömeg gyarapodásukat [40]. A táplálkozási értéken túl a rovaralapú takarmányok további előnye lehet, hogy szerepet játszhatnak a hústermékek ízének javításában. Egy Fülöp-szigeteki vizsgálat szerint például a fogyasztók jobban kedvelték a legelőn termesztett szöcskével etetett csirkék ízét, mint a kereskedelmi takarmányon tartott csirkékét [41].

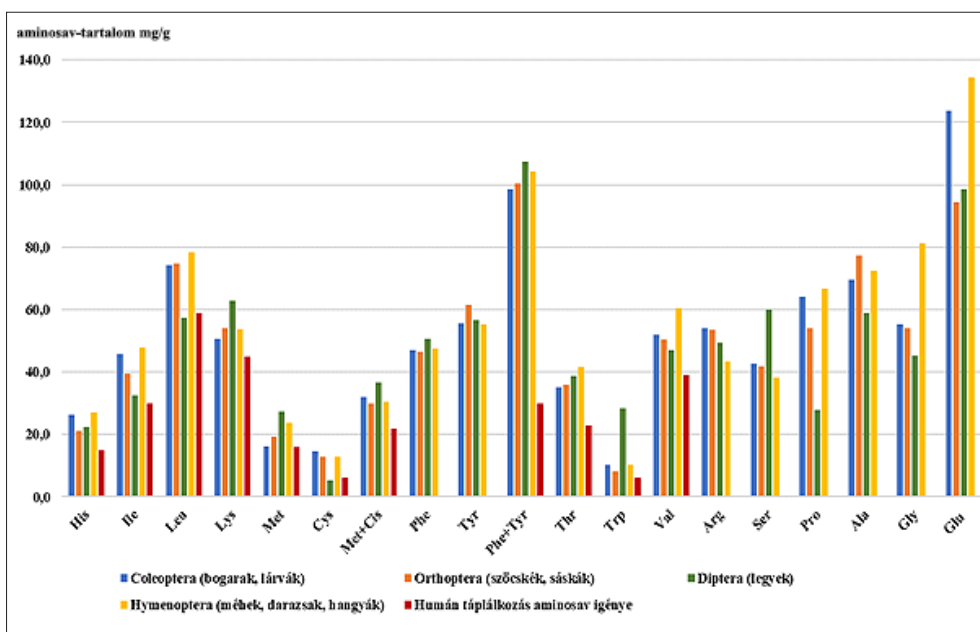
A rovaralapú takarmányokat tojástermelő baromfiknál is tesztelték. A halliszt helyettesítése szárított liszt kukacokkal 2,4%-kal növelte a tojástermelést [42]. Ázsiában és Afrikában a kisgazdaságok általában rovarokat használnak haltáplálékként [3]. Kutatások igazolták, hogy a házilégylárva akár a halliszt 75%-át is helyettesítheti a nilusi tilápia takarmányában, anélkül, hogy bármilyen káros hatása lenne [43]. Megfigyelték, hogy a halliszt a fekete katonalégyliszttel való helyettesítése atlanti lazac takarmányában nem változtatja meg (*Salmo salar*) a halhús szagát, ízét vagy textúráját [44]. Hasonlóképpen, a liszt kukacok sikeresen helyettesíthetik a fekete törpeharcsa (*Ameiurus melas*) tápjának 40-80%-át anélkül, hogy a növekedési teljesítményre, vagy a húsmínőségre káros hatást gyakorolnának [45]. A halliszt helyettesítésének másik alternatívája a selyemhernyóbáb, amelyet sikeresen teszteltek az afrikai harcsa (*Clarias gariepinus*) ivadékok takarmányozása esetén [46]. Pontyok (*Cyprinus carpio*) etetési kísérletei során is azt tapasztalták, hogy a selyemhernyó-lisztből készült étrend jobb volt - mind az emészthetőségét, mind a takarmány-átalakítási hatékonyságát tekintve -, mint a kontrollként használt levéllisztből készült takarmány [47].

Összefoglalva, a meglévő kutatási eredmények egyértelműen bizonyítják, hogy a rovarok ígéretes fehérjeforrást jelentenek az állati takarmányok számára, és alkalmasak a növekvő globális kereslet kielégítésére is [35]. A rovarok tömegtermesztésének megkezdése előtt azonban mind a kormányoknak, mind pedig a cégeknek, vállalatoknak arra kell törekedniük, hogy az ehető rovarokkal kapcsolatban felmerülő egészségügyi és minőségi problémákat megoldják [3].

4. Az ehető rovarok, mint élelmiszerforrások

4.1. Az ehető rovarok táplálkozási értéke

A rovarok tápértékét nehéz általánosítani, mivel az fajtoktól, nemtől, fejlődési stádiumtól, tápláléktól és a környezettől (hőmérséklet, páratartalom és fotoperiódus), sőt még az alkalmazott analitikai módszerektől is függ [48]. Mindazonáltal a kutatók általában egyetértenek abban, hogy a rovarok rendkívül gazdagok fehérjében, zsírban és vitaminokban [49]. Az ehető rovarok fehérjetartalma szárazanyagra számolva átlagosan 35%-60%, illetve 10%-25% friss tömegre vonatkoztatva [23, 50], amely magasabb, mint a növényi fehérjeforrásokra, többek között a gabonafélékre, hüvelyesekre pl. szójababra és a lencsére jellemző érték [51]. Az ehető rovarok közül az *Orthoptera* fajok (tűcskék, szöcskék, sáskák) fehérjében különösen gazdagok [49] és igen értékes alternatív fehérjeforrást jelentenek.



2. ábra Az élelmészeti célokra felhasznált rovarok aminosav-összetétele

Ezek a fajok magas fenilalanin és tirozin tartalommal rendelkeznek, és számos faj található, amelyek gazdagok triptofánban, lizinben és treoninban (2. ábra) [96]. A rovarokból származó fehérje emészthetősége igen változó, részben azért, mert a hámfehérje aminosavjainak egy része a kitinhez - egy poliszacharidhoz - kötődik, amely a rovarok külső vázának, az exoskeletonnak összetevője [23]. Yi és munkatársai [85] három lisztkecskafajból és egy tücsökfajból vontak ki fehérjéket és jellemezték a fehérjefrakciókat. Arra a következtetésre jutottak, hogy a rovarfajok fehérjetartalma összehasonlítható a hagyományos húskészítményekével. Emellett a jövőbeni élelmiszeripari alkalmazások szempontjából ígéretes, hogy a rovarfehérjék géleket tudnak kialakítani az egyszerű vizes extrakciós eljárással nyert oldható frakciókkal.

Jelenleg kevésbé ismert, hogy az ember képes-e, legalább részben a kitin megemésztésére [52]. Természetesen az exoskeleton legalább egy részének eltávolítása a feldolgozás során járható megoldást jelenthet [35]. Kutatások igazolták, hogy az exoskeleton nagyrészt eltávolítása után a rovarfehérje emészthetősége 77-98%-os [53]. A fehérjék mellett a zsírok az ehető rovarok tápanyag-összetételének második legnagyobb részét teszi ki [11], amelynek mennyisége az *Orthoptera* rend (szöcskék, tücskök, sáskák) esetében 13 %, míg a *Coleoptera* rendbe tartozó rovaroknál (bogarak, lárvák) 33% körül található. Különböző tényezők, mint például a faj, nem, szaporodási szakasz, évszak, táplálkozás és az élőhely együttesen befolyásolják a rovarok zsírtartalmát. Megfigyelték, hogy a lárvák és a bábok több zsírt tartalmaznak, mint a kifejlett rovarok [11, 23]. Emellett a nőstények zsírosabbak, mint a hímek [23, 54]. A rovarok zsírsavprofilja is függ a fajtól és a táplálkozástól [23], bár általában több telítetlen zsírsavat (UFA) tartalmaznak, mint telített zsírsavakat (SFA) [54]. A rovarok zsírsavjai telítetlenségi fokukat tekintve általában hasonlóak a baromfi és a hal zsírsavaihoz, de több polítelítetlen zsírsavat (PUFA) tartalmaznak.

Az afrikai pálmabogár lárváit Nigériában csemegének tartják. A lárva lipidtartalma – szárazanyagra vetítve – 67% magasabb, mint a legtöbb hagyományos fehérjetartalmú élelmiszerben, például a marhahúsban, a csirkében, a tojásban és a tejben található mennyiség [86].

A rovarok szénhidrátjai főként kitin és glikogén formájában fordulnak elő. Az előbbi az N-acetil-D-glükózamin polimerje, amely az exoskeleton elsődleges alkotóeleme [6, 51], míg az utóbbi főként sejtekben és izomszövetekben tárolt energiaforrásként fordul elő a rovarokban [23]. Az ehető rovarok átlagos szénhidrát-tartalma 6,71% (büdösbogár) és 15,98% (kabóca) között mozog [11].

Egyes rovarok (pl. szöcskék, tücskök, természetek és lisztférgék) gazdagok: vasban, cinkben, kalciumban, rézben, foszforban, magnéziumban és mangánban. Ugyanakkor a legtöbb rovarfaj kevés kalciumot tartalmaz, mivel a rovarok gerinctelen állatokként nem rendelkeznek ásványi anyagokkal teli vázzal [11, 54].

A legtöbb ehető rovarnak a marhahúshoz hasonlóan magas vastartalma van [51], de jelenleg keveset tudunk a rovarok ásványi anyag-tartalmának biológiai hozzáférhetőségéről [54]. Számos rovarfaj, mint például a tücskök, a természetek és a hernyók cink- és vastartalma magasnak bizonyult. Ez azért is érdekes, mert a világ népességének több mint, 17 %-a cinkhiányban szenved [87]. Megállapították, hogy a rovarok fogyasztása nagymértékben biztosíthatja az embereknek ajánlott napi ásványi anyagokat, különösen a vas tekintetében [55]. Abban az esetben, ha a mikrotápanyagok 10 %-os biológiai hasznosulását tételezzük fel 10 g tücsök a felnőtt férfiak esetében a vas ajánlott tápanyagbevitelének 114 %-át, a felnőtt nők esetében pedig 53 %-át fedezné; míg ez az érték a cink esetében 36 és 51% [88]. A Kongói Demokratikus Köztársaságban egy hernyókból készült gabonapehely előnyeit vizsgálták, amelyet 6 és 18 hónapos csecsemők mikrotápanyagokban gazdag kiegészítő táplálásához használtak [89]. A 6-12 hónapos csecsemők naponta 30 g hernyó gabonapelyhet kaptak, a 12-18 hónapos csecsemők pedig 45 g-ot (100 g tartalmazott 1840-96 kJ (440 kcal) energiát, 23 g fehérjét, 21 g zsírt, 40 g szénhidrátot, valamint 12-7 mg Fe-t és 12-7 mg Zn-t). A gabonapelyhes csoportban a csecsemők hemoglobinkoncentrációja magasabb volt, és kevesebben voltak vérszegények a szokásos étrenddel tápláltakhoz képest. Ez azonban nem csökkentette az országban gyakran előforduló, Zika vírus okozta kissejtség előfordulási gyakoriságát. Kambodzsában a rizs alapú kiegészítő élelmiszerekben a mikrotápanyagok dúsítását állati eredetű élelmiszerek, például a helyi halak és a *Haplopelma sp. tarantula* pókok pl. *Araneae Theraphosidae* felhasználásával vizsgálták [90]. Ez utóbbit Kambodzsában szokásos módon fogyasztják is, és a helyi élelmiszerpiacokon kereskednek vele. A pókot magas cinktartalma (16 mg cink/100 g nyers súly) miatt használták.

A vitamintartalomra vonatkozó vizsgálatok szintén elégtelenek, de a rendelkezésre álló adatok arra utalnak, hogy az ehető rovarok karotint, B1, B2, B6, C, D, E és K vitaminokat [11] tartalmaznak, különösen az *Orthoptera* és a *Coleoptera* fajok folsav tartalma kiemelkedő [7].

A különböző feldolgozási módszerek azonban hatással lehetnek az ehető rovarok tápértékére. Kenyében például a pirítás és a napon történő szárítás csökkentette a *Ruspolia differens* szöcske fehérjeemészthetőségét és niacin-tartalmát, valamint a *Macrotermes subhyllanus* fajba tartozó szárnyas természetek riboflavin- és retinol-tartalmát [93].

4.2. Ehető rovarok élelmiszeripari feldolgozása

A hagyományos állati eredetű fehérjeforrások korlátozottan állnak rendelkezésre és várhatóan nem leszünk képesek tovább növelni a tenyésztett állatok számát olyan mértékben, ahogyan a Föld népessége növekszik, ezért a rovarokat egyre inkább a jövő táplálékának tekintik [56]. Hollandiában az entomofágia előmozdítására irányuló erőfeszítések közé tartoznak a rovarok élelmiszeripari felhasználásának elfogadtatására irányuló kampányok, a belőlük készült élelmiszerek ízvilágának a nyugati ízléshez történő alakítása. Ennek eredményeképpen egyes rovarokat (pl. sáskák, lisztkukacok) a kiskereskedelmi piacokon árusítanak [57].

A rovarokat porrá vagy lisztté dolgozzák fel a vizuális asszociációk minimalizálása és az ízletesség növelése érdekében [58]. Másrészt ahhoz, hogy elősegítsék az ehető rovarok élelmiszer-összetevőként való felhasználását hagyományos élelmiszerek előállításához a kutatók elkezdtek a rovarfehérjék funkcionális tulajdonságainak vizsgálatát, többek között a zselésítő képességet, habképeséget, emulziós kapacitást és oldhatóságot különböző pufferekben vagy oldószerekben, valamint keresik a megfelelő extrakciós módszereket (pl. zsírtalanítás, pH-változtatás, zimolízis vagy szonikáció) is [10, 33, 34, 59]. Vizsgálni kell azt is, hogy a jelentős telítetlen zsírsav összetétel mennyire befolyásolja a termék ízét és az eltarthatóságot a porított terméknel, illetve liszteknel.

4.3. Gyógyászati alkalmazások

A rovarokat fogyasztó kultúrák a táplálkozáson túl különböző egészségügyi előnyöket is tulajdonítanak nekik [24]. A hernyógomba például immunstimuláló és rákellenes tulajdonságokkal rendelkezik. A hagyományos kínai orvoslásban a hím *Antheraea pernyi* hímét afrodisziákumnak tartják [60], míg a hangyaalkoholról szintén úgy gondolják, hogy fokozza az immunitást és a libidót [61]. Számos bizonyíték utal arra is, hogy a természetes (*Macrotermes annandalei*) immunstimuláló hatásúak lehetnek [60]. Egy másik kutatási eredmény szerint, hosszú évszázadokra visszamenőleg tulajdonítanak jótékony egészségügyi hatásokat a selyemhernyónak (*Bombyx mori* L.) [62]. A közelmúltban végzett elemzések egy vércukorszint-csökkentő hatóanyagot azonosítottak a selyemhernyóporban, aminek eredményeképpen Koreában diabetikus gyógyszerként került fogalomba. Erről az egészségügyi hatásról a kínai Egészségügyi Minisztérium és az Állami Élelmiszer- és Gyógyszerügyi Hivatal is beszámolt [2, 10].

A rovarok enzimatis hidrolizátumainak elemzése számos antioxidáns és diabetikus hatású anyagot azonosított, valamint az angiotenzin konvertáló enzim (ACE) gátlásának képességét (vérnyomás csökkentő hatás) is kimutatták [10, 54]. A *Spodoptera littoralis* lárvák hidrolizátumairól a kutatások azt igazolták, hogy erőteljes antioxidáns aktivitással és ACE gátló képességgel rendelkeznek [63]. Yoon és munkatársai [91] Japán orrszarvúbogár *Allomyrina dichotoma* lárvákat juttattak magas zsírtartalmú táppal etetett, elhízott egerekbe. A kiegészítésként adott lárvák hatására a zsigeri zsír csökkent, ami arra utal, hogy elhízás ellen táplálékkiegészítőként vagy gyógyszeres beavatkozásként is alkalmazható. Egereknél a Parkinson-kór kialakulását is meg lehetett akadályozni lisztkukac kifejlett egységeinek homogenátumával [92].

Az ehető rovarokban található, élettanilag fontos anyagok felfedezése a gyógyászati felhasználást potenciálisan fontos alkalmazássá teszi [28]. Tekintettel azonban a jelenlegi tudományos eredmények hiányára, több kutatásra van szükség ahhoz, hogy a rovarok egészséges élelmiszerként vagy gyógyszerként való fogyasztásának előnyeit megerősítsük.

4.4. Az ehető rovarok élelmiszerbiztonsága

Az élelmiszerbiztonság különösen fontos, amikor új élelmiszerforrásokkal foglalkozunk. Az ehető rovarokkal összefüggésben négyféle módon merülhetnek fel élelmiszerbiztonsági kockázatok: (1) maga a rovar lehet mérgező, (2) a rovar életciklusa során mérgező anyagokat vagy emberi kórokozókat vehetett fel környezetéből, (3) a rovar a betakarítást követően megromolhat, (4) a fogyasztók allergiás reakciót tapasztalhatnak a rovarra [49].

A világ bizonyos tájain egyes mérgező rovarokat is fogyasztanak, ahogy Afrika déli részén az ehető bűdösbogarat is. Ennek a rovarnak van egy védekező vegyszere, amely megfesti a bőrt és befolyásolja a látást is. Mégsem viselnek védőfelszerelést begyűjtésekor, amelyet főként éjszaka végeznek, amikor a rovar a hideg miatt mozgásképtelen. A helyi lakosság a védekező vegyi anyag eltávolítására szolgáló előkészítő módszereket alkalmaz, amelyekkel a rovar ízletesebbé válik.

Egy másik mérgező faj a tarka szöcske vagy bűdös sáska, amelyet Nyugat-Afrikában fogyasztanak. Ha molesztálják őket, olyan folyadékot választanak ki, amelynek szaga visszataszító az ember számára, éppen ezért az észak-kameruni mofuk a rovar helyi nyelvükön "mérgező sáskának" is nevezik.

Az ehető rovarok nagyon könnyen felvehetik a mérgező anyagokat vagy az emberi kórokozókat, éppen ezért a rovarok termesztését higiénikus körülmények között kell végezni. A rovarokba a talajjal való érintkezés révén bekerülhetnek spóráképző baktériumok is, pl. a *Mopane* hernyót gyakran a talajon terítik szét, amikor

a napon szárítják. Ezért ennél a hernyónál Mujuru és társai [94] hangsúlyozták, hogy igen fontos a helyes betakarítási és gyártási gyakorlat betartása a szennyeződés megelőzése érdekében.

A mikrobiális biztonság szempontjából a rovarok bélrendszerét, a testfelületet és a szájszerveket tekintik a kritikus területnek. A rovarok közvetítésével történő mikrobiális kolonizáció vertikálisan a petefészken, a tojáson keresztül, horizontálisan pedig a belőlük készült táplálékon és a környezeten keresztül történik [64, 65]. Ezért, a rovarok táplálékforrásként való felhasználása potenciális veszélyt jelenthet kórokozó-átvivőként. Emellett a rovarok bélrendszerében –melyet szinte lehetetlen eltávolítani - lévő mikrobióták típusa és mennyisége fontos szerepet játszhat a takarmányként történő felhasználás során is, hiszen a bélmikrobióta teljes mennyisége a rovar testtömegének mintegy 1-10%-át teszi ki [66]. Bár a rovar-specifikus patogén mikroorganizmusok többnyire nem jelentenek kockázatot az emberi egészségre, hiszen csak a rovar sejtjeit vagy szöveteit képesek kolonizálni. Előfordulhat azonban a humán patogén mikroorganizmusokkal történő kontamináció is, éppen ezért különösen fontos a szennyeződés elkerülése miatt a szabályozható ellenőrzött tenyésztési körülmények szigorú betartása [23].

Az allergiás reakciók tekintetében az figyelhető meg, hogy egyes ehető rovarok olyan allergén fehérjéket tartalmazhatnak, amelyek keresztreaktivitást mutattak az ízeltlábúakhoz tartozó pókfélék és rákfélék allergén fehérjéivel [67]. Az rovareredetű esetleges allergiás, illetve toxikus reakciók felderítése végett igen fontos, hogy figyelmet fordítsunk az ismeretlen potenciális allergénekre, amelyeket az ehető rovarok tartalmazhatnak.

Egyes emberek allergiásak a háziporatra- és/vagy a rákfélékre, és kérdéses, hogy ugyanilyen allergiás reakciókat mutatnának-e a rovarokkal, az ízeltlábúak törzsének egy másik rendjével szemben. A rákfélék, sokáig úgy vélték, hogy rendszertanilag messze elkülönülnek a rovaroktól, valójában azonban közel állnak egymáshoz, emiatt előfordulhat keresztreaktivitás. Az arginin-kináz allergénről kiderült, hogy felelős a *Macrobrachium* spp. garnélarák és a *Gryllus bimaculatus* mezei tücsök közötti keresztreakcióhoz. Verhoeckx és munkatársai [95] arra a következtetésre jutottak, hogy reális esély van arra, hogy a háziporatra-allergiás betegek reagálnak a sárga lisztgubacs fehérjét tartalmazó élelmiszerekre. A hőkezelés (pl. sütés) hatása megváltoztathatja az ehető rovarok allergén jellegét. Ezt a garnélarákokra allergiás szérumokkal vizsgálták a Bombay sáska *Patanga succincta* esetében, amely Thaiföld egyik fő mezőgazdasági kártevője, de egyben népszerű élelmiszere is. A nyers és sült sáskákban sáskaallergénként azonosított fehérjék különböznek egymástól, kivéve a hexamerint, amely mindkettőben jelen van: enoláz és arginin-kináz a nyers sáskákban, valamint piruvát-kináz, enoláz és gliceraldehid-3-foszfát-dehidrogenáz a sült sáskákban. Más rovarfajok, például szöcskék és sáskák fogyasztásakor is tapasztaltak már ételallergiás reakciót.

További vizsgálatok szükségesek a veszélyes, illetve mérgező anyagok kimutatására, valamint arra, hogy kiválthatnak-e ezek az emberi szervezetben kóros tüneteket. Ezeknek a vizsgálatoknak az elvégzése nélkülözhetetlen az ehető rovarok takarmányként és élelmiszerforrásként való biztonságos felhasználásának garantálása érdekében.

Az ehető rovarokra vonatkozó jogszabályokat felülvizsgálták az EU-ban. A rovarokat már több uniós országban is élelmiszerként árusítják bár, ha 1997. május 15., előtt, ha nem fogyasztották "jelentős mértékben", akkor új élelmiszernek tekinthetők. Az új élelmiszerekről szóló rendelet azonban nem vonatkozik az egész rovarokra, mivel a meghatározás szerint "állatokból izolált élelmiszer-összetevők". 2015. november 25. óta a rovarok új élelmiszernek minősülnek, és egyszerűbb, világosabb és hatékonyabb, uniós szinten központosított engedélyezési eljárás alá tartoznak (2015/2283/EU rendelet).

Az USA-ban az ehető rovarok az élelmiszerekre, gyógyszerekre és kozmetikumokra vonatkozó törvény hatálya alá tartoznak. Az élelmezési célú rovaroknak tisztának és egészségesnek kell lenniük, vagyis szennyeződésektől, kórokozóktól, toxinoktól mentesnek, higiénikus körülmények között kell előállítani, csomagolni, tárolni és szállítani, és megfelelően kell címkézni őket. A címkén fel kell tüntetni a rovar tudományos nevét. A rovarokat kifejezetten emberi táplálkozásra kell tenyészteni a helyes gyártási gyakorlat szerint. A gyártás során ügyelni kell arra, hogy: a termék és a rovarok tápanyaga mikotoxinoktól, peszticidektől és nehézfémektől mentes, tiszta legyen. A címkén a szavatossági időt és amennyiben szükséges a fogyasztással kapcsolatos figyelmeztetés fel kell tüntetni, például, hogy a rákfélékre allergiás emberek számára nem ajánlott a fogyasztásuk, vagy a szárnyak és lábak eltávolítása szükséges. (pl. sáska), valamint azt, hogy szükséges-e hő vagy egyéb kezelés fogyasztás előtt.

5. Az ehető rovarok fogyasztásának eredete, szokásai

5.1. A rovarfogyasztás eredete

A kifinomult eszközök és a fejlett vadászati képesség hiánya miatt az ősi kultúrák kezdetben nagyobb valószínűséggel fogyasztottak rovarokat, mint halakat, vadakat. A mezőgazdaság kialakulásával és a haszonállatok háziiasításával azonban a rovarévis szokások számos régióban eltűntek [68]. A háziállatok megjelenéséből és tenyésztésük növekedéséből adódó táplálékhiány szintén hozzájárulhatott a rovarfogyasztás iránti igény csökkenéséhez. A kulturális szokások változásával a rovarok elsődleges táplálékból

rágcsálnivalókká, luxus alapanyagokká és csalikká váltak [69]. Néhány országban azonban a mai napig is használják a rovarokat, mint hétköznapi élelmiszerforrásokat.

5.2. Ehető rovarok Ázsiában

Koreában a selyemhernyóbáb-konzerveket a kiskereskedelmi piacokon árulják, mint rágcsálnivalókat. Ezen kívül a szöcskék (*Oxya velox*) főleg vidéken népszerűek [70].

Japánban az inago nevű ételben a sült szöcskéket szójával ízesítik. A méh- vagy darázs lárvákat/felnőtt egyedeket drága csemegének tekintik; nyersen, szójaszósszal főzve vagy rizzsel tálalják [26].

Az entomofágia több mint 2000 éve létezik Kínában és körülbelül 324 rovarfajt a fogyasztanak [71]. Indiában a rovarok felhasználása igen széles körű ideértve a selyem-, műtrágya-, élelmiszer- és gyógyszergyártást is. A *Samia ricini* selyemhernyó bábja Északkelet-Indiában különleges csemegének számít [72]. Indiában összességében mintegy 255 fajt használnak fel élelmiszerként, bár az intenzitás az évszakok vagy a regionális különbségek függvényében változhat kultúrától függően [73]. Thaiföldön a rovarok fontos fehérje-, zsír- és egyéb tápanyagforrást jelentenek. Ubonban például csak a falvakban naponta 20-60 g rovarot fogyasztanak [74] és több mint 80 rovarfajt tartanak ehető élelmiszer-forrásnak [26]. Fontos továbbá, hogy a thaiföldi Közegészségügyi Minisztérium a rovarok fogyasztását ajánlja a vidéki lakosság számára, hogy biztosítani tudják a megfelelő tápanyagellátást.

5.3. Ehető rovarok Óceániában

A *Rhynchophorus ferrugineus* lárvája Pápua Új-Guineában igen népszerű, és a nyári fesztiválok különleges csemegéjének számít [75]. A helyi régiókban sáskát, tücsköt, sőt még pókot is fogyasztanak [76]. Az őslakos törzsek a *Cossidae*, *Noctuidae*, *Cerambycidae* rovarfajok széles választékát fogyasztják, valamint méheket [77]. Ausztráliában az európai eredetű populációk körében az entomofágia kevésbé jellemző [30]. Ugyanakkor, az ehető rovarok piaca drámaian megnőtt az ún. bushfood iránti érdeklődés növekedésével párhuzamosan, és a rovarok ma már számos étterem étlapján is megtalálhatóak [78]. Bushfoodnak neveznek minden olyan Ausztráliában őshonos ételt, amelyet az ausztrál őslakosok, az ausztrál „aboriginek” fogyasztottak.

5.4. Ehető rovarok Afrikában

Az ehető rovarok fontos szerepet játszanak Afrika étkezési kultúrájában is [12]. Itt a legnépszerűbb rovarok a hernyók és a természetek, de más rovarrendek tagjait is széles körben fogyasztják [26], beleértve az *Orthoptera* (egyenesszárnyúak) és *Coleoptera* (bogarak) rendjébe tartozókat [79]. Afrika országaiban összesen mintegy 470 rovarfajt fogyasztanak, elsősorban szöcskéket. Jellemző, hogy étrendjükben az ehető rovarok az állati eredetű fehérje több mint 20%-át adhatják. Összességében elmondható, hogy Afrikában az entomofágia széles körben elterjedt és fontos az emberi táplálkozás szempontjából [79].

5.5. Ehető rovarok Amerikában

Amerikában az ehető rovarok az egyik legfontosabb fehérjeforrást jelentettek különösen az amazóniai törzseknél, ahol a nők és a gyermekek aktívan gyűjtögetik őket [80]. Dél-Amerikában a *Rhynchophorus palmarum* és az ún. Atta hangyák különösen népszerűek és tömegesen fogyasztják őket [26]. Mexikóban az ehető rovarokat mind a vidéki, mind a városi régiókban hagyományosan fogyasztják. A spanyol hódítás után azonban a városok növekvő nyugatiasodásával az entomofágia nagyrészt a vidéki területekre korlátozódott [38]. Mindazonáltal a mexikói éttermek kedvelt csemegéje az escamol, amely egy aromás fűszerekkel sült rovarétel [26].

Kutatások során Mexikóban sárga lisztukacporral egészítettek ki tortillákat, amelyek fogyasztói elfogadottsága kiváló volt. A por 58% fehérjét tartalmazott (gazdag esszenciális aminosavakban, mint például fenilalanin, tirozin és triptofán), zsírsavösszetétele 20% olajsavból és 9% linolsavból állt.

Kolumbiában a yukpa nép régebben igen kedvelte a rovarokat, amelyeket a hús helyett is gyakran fogyasztottak, azonban a tömeges erdőirtás miatt kénytelenek voltak a rovarfogyasztást csökkenteni [81].

6. Az ehető rovarokkal szembeni negatív hozzáállás

A nyugati értékek átvétele a hagyományosan rovarokat fogyasztó országokban összefügg a rovarok fogyasztásának csökkenésével [26, 30, 38]. A globális piac sikeres bővítése érdekében fontos lenne az ehető rovarokkal szembeni nyugati attitűdök megváltoztatása. Több magyarázat is létezik arra, hogy a nyugati kultúrák általában miért nem alakult ki az entomofágia. Ezek többek között a rovarok mérete, szétszórt elterjedtsége és szezonális elérhetetlensége [5]. Emellett sok esetben tapasztalható, hogy a meglévő kulturális különbségeket a nyugati kultúrák a hagyományos népek becsmérése érdekében használták fel, ami a

rovarfogyasztással kapcsolatban kialakult undor asszociációjához vezetett [82]. Annak ellenére, hogy a rovarok mindössze 0,2%-a káros valójában az emberi szervezetre, mégis ezen káros rovarokkal kapcsolatos tartósan negatív vélekedések hozzájárulnak az entomofília elutasításához [5]. Fontos olyan, rendszerszintű erőfeszítéseket tenni - a kormányzok – a tudományos élet, az ipar között, melyek segítségével a kulturális attitűdök megváltoztathatók.

7. A rovarok, mint élelmiszerforrások jövőbeli kilátásai

A rovarfogyasztás számos előnye ellenére a rovaripar jövője a nyugati társadalmakban meglehetősen bizonytalan [6, 56], hiszen a rovarokkal szemben meglévő kulturális ellenszenv megváltoztatása nem könnyű feladat [26]. Szerencsére azonban az ehetsé rovarokkal kapcsolatos fogyasztói ismeretek bővülése a rovaros élelmiszerekért való fizetési hajlandóságot is növeli [83]. Kutatások [6, 13] igazolták, hogy az ismertség növelésére irányuló folyamatos promóciós erőfeszítések, az íz és a megjelenés javítását célzó fejlesztésekkel párosulva sikeresen javították a rovarfogyasztás negatív megítélését néhány nyugati országban. A Belgiumban például a fogyasztók egyre inkább elfogadják a rovarokat, mint kiváló élelmiszerforrást [20]. Hollandiában is a rovaripar piaca egyre bővül, tenyésztésük egyre nagyobb méretekben valósul meg. Megfigyelhető, hogy egyre nagyobb a fagyasztva szárított rovarpor húspótlóként történő értékesítése [24]. Az elfogadottság növelése érdekében az élelmiszereket befolyásoló társadalmi, gyakorlati és kontextuális, fogyasztást befolyásoló tényezőkre kell felhívni a fogyasztók figyelmét [84]. Ezek az erőfeszítések további folyamatos kutatást, oktatást és promóciót foglalnak magukban az ehetsé rovarokban rejlő lehetőségekkel kapcsolatban, amelyek a környezeti, népesedési és a mezőgazdaságilag hasznosítható földterületek csökkenésével kapcsolatos problémák megoldására szolgálnak ma és a jövőben. Másrészt figyelembe kell vennünk azt a tényt is, hogy a rovarok élelmiszeripari vagy takarmányozási célú felhasználása megköveteli a megfelelő higiéniai követelmények betartása mellett történő ipari méretű tenyésztésüket.

Irodalom

- [1] Park S, Yun E. (2018): Edible insect food: Current scenario and future perspectives. *Food Sci Anim Resour Ind* 7:12-20.
- [2] 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. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 12:296-313.
- [3] Dobermann D, Swift JA, Field LM. (2017): Opportunities and hurdles of edible insects for food and feed. *Nutr Bull* 42:293-308.
- [4] Patel S, Suleria HAR, Rauf A. (2019): Edible insects as innovative foods: Nutritional and functional assessments. *Trends Food Sci Technol* 86:352-359.
- [5] van Huis A. (2016): Edible insects are the future? *Proc Nutr Soc* 75:294-305.
- [6] van Huis A, van Itterbeeck J, Klunder H, Mertens E, Halloran A, Muir G, Vantomme P. (2013): Edible insects: Future prospects for food and feed security. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- [7] Rumpold BA, Schluter OK. (2013a): Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Mol Nutr Food Res* 57:802-823.
- [8] Nakagaki, B. J.; DeFoliart, G. R. (1991): Comparison of diets for mass-rearing *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) as a novelty food, and the comparison of food conversion efficiency with values reported for livestock. *J. Econom. Entom.*, 84 (3): 891-896
- [9] Nonaka, K. (2009): Feasting on insects. *Entomological Research*, 39(5), 304–312. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-5967.2009.00240.x>.
- [10] Nongonierma AB, FitzGerald RJ. (2017): Unlocking the biological potential of proteins from edible insects through enzymatic hydrolysis: A review. *Innov Food Sci Emerg Technol* 43:239-252.
- [11] Mlcek J, Rop O, Borkovcova M, Bednarova M. (2014): A comprehensive look at the possibilities of edible insects as food in Europe—a review. *Pol J Food Nutr Sci* 64:147-157.
- [12] Mutungi C, Irungu FG, Nduko J, Mutua F, Affognon H, Nakimbugwe D, Ekese S, Fiaboe KKM. (2019): Postharvest processes of edible insects in Africa: A review of processing methods, and the implications for nutrition, safety and new products development. *Crit Rev Food Sci Nutr* 59:276-298.
- [13] Looy H, Dunkel FV, Wood JR. (2014): How then shall we eat? Insect-eating attitudes and sustainable foodways. *Agric Human Values* 31:131-141.
- [14] <https://www.fao.org/3/a0701e/a0701e00.htm>
- [15] https://www.wur.nl/upload_mm/2/8/0/f26765b9-98b2-49a7-ae43_5251c5b694f6_234247%5B1%5D

- [16] Ghosh S, Lee SM, Jung C, Meyer-Rochow VB. (2017): Nutritional composition of five commercial edible insects in SouthKorea. *J Asia-Pac Entomol* 20:686-694.
- [17] Ungai M. N. M, Mwangi J. F., Schlieske J., Ampe K.A.H.L. (2009): The Accompanying Fauna of Honey Bee Colonies (*Apis mellifera*) in Kenya, *Entomologie heute* 21 (2009), 127-140
- [18] Toledo, A., Burlingame, B. (2006): Biodiversity and nutrition: A common path toward global food security and sustainable development. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19: 477-483.
- [19] Mlcek J, Rop O, Borkovcova M, Bednarova M. (2014): A comprehensive look at the possibilities of edible insects as food in Europe—a review. *Pol J Food Nutr Sci* 64:147-157.
- [20] van Thielen L, Vermuyten S, Storms B, Rumpold B, van Campenhout L. (2019): Consumer acceptance of foods containing edible insects in Belgium two years after their introduction to the market. *J Insects Food Feed* 5:35-44.
- [21] Murefu TR, Macheka L, Musundire R, Manditsera FA. (2019): Safety of wild harvested and reared edible insects: A review. *Food Control* 101:209-224.
- [22] Kohler R, Kariuki L, Lambert C, Biesalski HK. (2019): Protein, amino acid and mineral composition of some edible insects from Thailand. *J Asia Pac Entomol* 22:372-378.
- [23] Schluter O, Rumpold B, Holzhauser T, Roth A, Vogel RF, Quasigroch W, Vogel S, Heinz V, Jager H, Bandick N, Kulling A, 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.
- [24] Raheem D, Carrascosa C, Oluwole OB, Nieuwland M, Saraiva A, Millan R, Raposo A. (2018): Traditional consumption of and rearing edible insects in Africa, Asia and Europe. *Crit Rev Food Sci Nutr* 59:2169-2188.
- [25] Yhoun-aree J. (2010): Edible insects in Thailand: Nutritional values and health concerns. In *Forest insects as food: Humans bite back*. Durst PB, Johnson DV, Leslie RN, Shono K (ed). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Bangkok, Thailand. 201-216.
- [26] DeFoliart GR. (1999): Insects as food: Why the western attitude is important. *Annu Rev Entomol* 44:21-50.
- [27] Ramos-Elorduy BJ. (1997): The importance of edible insects in the nutrition and economy of people of the rural areas of Mexico. *Ecol Food Nutr* 36:347-366.
- [28] Han R, Shin JT, Kim J, Choi YS, Kim YW. (2017): An overview of the South Korean edible insect food industry: Challenges and future pricing/promotion strategies. *Entomol Res* 47:141-151.
- [29] van Huis A. (2016): Edible insects are the future? *Proc Nutr Soc* 75:294-305.
- [30] Yen AL. (2009): Edible insects: Traditional knowledge or western phobia? *Entomol Res* 39:289-298.
- [31] Yen AL. (2010): Edible insects and other invertebrates in Australia: Future prospects. In *Forest insects as food: Humans bite back*. Durst PB, Johnson DV, Leslie RN, Shono K (ed). FAO, Bangkok, Thailand. 65-84.
- [32] van Thielen L, Vermuyten S, Storms B, Rumpold B, van Campenhout L. (2019): Consumer acceptance of foods containing edible insects in Belgium two years after their introduction to the market. *J Insects Food Feed* 5:35-44.
- [33] Purschke B, Meinschmidt P, Horn C, Rieder O, Jager H. (2018): Improvement of techno-functional properties of edible insect protein from migratory locust by enzymatic hydrolysis. *Eur Food Res Technol* 244:999-1013.
- [34] Yi L, van Boekel MAJS, Boeren S, Lakemond CMM. (2016): Protein identification and in vitro digestion of fractions from *Tenebrio molitor*. *Eur Food Res Technol* 242:1285-1297.
- [35] Rumpold BA, Schluter OK. (2013b): Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innov Food Sci Emerg Technol* 17:1-11.
- [36] Veldkamp T, Bosch G. (2015): Insects: A protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets. *Anim Front* 5:45-50.
- [37] Awoniyi TAM, Aletor VA, Aina JM. (2003): Performance of broiler-chickens fed on maggot meal in place of fishmeal. *Int J Poult Sci* 2:271-274.
- [38] Ramos-Elorduy J, Gonzalez EA, Hernandez AR, Pino JM. (2002): Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. *J Econ Entomol* 95:214-220.
- [39] Hwangbo J, Hong EC, Jang A, Kang HK, Oh JS, Kim BW, Park BS. (2009): Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. *J Environ Biol* 30:609-614.
- [40] Pretorius Q. (2011): The evaluation of larvae of *Musca domestica* (common house fly) as protein

source for broiler production. Ph. D. Dissertation, Stellenbosch University, Stellenbosch, Republic of South Africa.

- [41] Litton E. (1993): Grasshopper consumption by humans and freerange chickens reduces pesticide use in the Philippines. *Food Insects Newsletter* 6:3.
- [42] Wang Y, Chen Y, Li X, Xia J, Du Q, Zhi C. (1996): Study on the rearing larvae of *Tenebrio molitor* Linne and the effects of its processing and utilizing. *Acta Agriculture Universitatis Henansis* 30:288-292.
- [43] Wang L, Li J, Jin JN, Zhu F, Roffeis M, Zhang XZ. (2017): A comprehensive evaluation of replacing fishmeal with housefly (*Musca domestica*) maggot meal in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): Growth performance, flesh quality, innate immunity and water environment. *Aquac Nutr* 23:983-993.
- [44] Lock ER, Arsiwalla T, Waagbo R. (2016): Insect larvae meal as an alternative source of nutrients in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) postsmolt. *Aquac Nutr* 22:1202-1213.
- [45] Roncarati A, Gasco L, Parisi G, Terova G. (2015): Growth performance of common catfish (*Ameiurus melas* Raf.) fingerlings fed mealworm (*Tenebrio molitor*) diet. *J Insects Food Feed* 1:233-240.
- [46] Kurbanov AR, Milusheva RY, Rashidova SS, Kamilov BG. (2015): Effect of replacement of fish meal with silkworm (*Bombyx mori*) pupa protein on the growth of *Clarias gariepinus* Fingerling. *Int J Fish Aquat Stud* 2:25-27.
- [47] Swamy HV, Devaraj KV. (1994): Nutrient utilization by common carp (*Cyprinus carpio* Linn) fed protein from leaf meal and silkworm pupae meal based diets. *Indian J Anim Nutr* 11:67-71.
- [48] van Huis A, Oonincx DGAB. (2017): The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. *Agron Sustain Dev* 37:43.
- [49] Rumpold BA, Schluter OK. (2013a): Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Mol Nutr Food Res* 57:802-823.
- [50] Melo V, Garcia M, Sandoval H, Jimenez HD, Calvo C. (2011): Quality proteins from edible indigenous insect food of Latin America and Asia. *Emir J Food Agric* 23:283-289.
- [51] Bukkens SG. (1997): The nutritional value of edible insects. *Ecol Food Nutr* 36:287-319.
- [52] Muzzarelli RAA, Boudrant J, Meyer D, Manno N, DeMarchis M, Paoletti MG. (2012): Current views on fungal chitin/chitosan, human chitinases, food preservation, glucans, pectins and inulin: A tribute to Henri Braconnot, precursor of the carbohydrate polymers science, on the chitin bicentennial. *Carbohydr Polym* 87:995-1012.
- [53] DeFoliart GR. (1999): Insects as food: Why the western attitude is important. *Annu Rev Entomol* 44:21-50.
- [54] de Castro RJS, Ohara A, dos Santos Aguilar JG, Domingues MAF. (2018): Nutritional, functional and biological properties of insect proteins: Processes for obtaining, consumption and future challenges. *Trends Food Sci Technol* 76:82-89.
- [55] Latunde-Dada GO, Yang W, Vera Aviles M. (2016): *In vitro* iron availability from insects and sirloin beef. *J Agric Food Chem* 64:8420-8424.
- [56] Sogari G. (2015): Entomophagy and Italian consumers: An exploratory analysis. *Prog Nutr* 17:311-316.
- [57] Schosler H, De Boer J, Boersema JJ. (2012): Can we cut out the meat of the dish? Constructing consumer-oriented pathways towards meat substitution. *Appetite* 58:39-47.
- [58] Bubler S, Rumpold BA, Jander E, Rawel HM, Schluter OK. (2016): Recovery and techno-functionality of flours and proteins from two edible insect species: Meal worm (*Tenebrio molitor*) and black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *Heliyon* 2: e00218.
- [59] Mishyna M, Martinez JJI, Chen J, Benjamin O. (2019): Extraction, characterization and functional properties of soluble proteins from edible grasshopper (*Schistocerca gregaria*) and honey bee (*Apis mellifera*). *Food Res Int* 116:697-706.
- [60] Chen X, Feng Y, Chen ZY. (2009): Common edible insects and their utilization in China. *Entomol Res* 39:299-303. de Castro RJS, Ohara A, dos Santos Aguilar JG, Domingues MAF. 2018. Nutritional, functional and biological properties of insect proteins: Processes for obtaining, consumption and future challenges. *Trends Food Sci Technol* 76:82-89.
- [61] Liu DW, Sun QS, Li T. (2004): The anti-fatigue activity of polyhachis vicina roger extract in mice. *Chin J Food Hyg* 16:334-343.

- [62] Kim SA, Kim KM, Oh BJ. (2008): Current status and perspective of the insect industry in Korea. *Entomol Res* 38: S79-S85.
- [63] Verduyck L, Smagghe G, Beckers T, van Camp J. (2009): Antioxidative and ACE inhibitory activities in enzymatic hydrolysates of the cotton leafworm, *Spodoptera littoralis*. *Food Chem* 114:38-43.
- [64] Dematheis F, Kurtz B, Vidal S, Smalla K. (2012): Microbial communities associated with the larval gut and eggs of the western corn rootworm. *PLOS ONE* 7:e44685.
- [65] Yun JH, Roh SW, Whon TW, Jung MJ, Kim MS, Park DS, Yoon C, Nam YD, Kim YJ, Choi JH, Kim JY, Shin NR, KIM SH, Lee WJ, Bae JW. (2014): Insect gut bacterial diversity determined by environmental habitat, diet, developmental stage, and phylogeny of host. *Appl Environ Microbiol* 80:5254-5264.
- [66] Douglas AE. (2015): Multiorganismal insects: Diversity and function of resident microorganisms. *Annu Rev Entomol* 60:17-34.
- [67] Ribeiro JC, Cunha LM, Sousa-Pinto B, Fonseca J. (2018): Allergic risks of consuming edible insects: A systematic review. *Mol Nutr Food Res* 62:1700030.
- [68] Abrams HL. (1987): The preference for animal protein and fat: A cross-cultural survey. Temple University Press, Philadelphia, PA, USA.
- [69] Smeathman H. (1781): Some account of the termites, which are found in Africa and other hot climates. In a letter from Mr. Henry Smeathman, of Clement's Inn, to Sir Joseph Banks, Bart. *P. R. S. Philos Trans R Soc Lond* 71:17810033.
- [70] Pemberton RW. (1994): The revival of rice-field grasshoppers as human food in South Korea. *Pan-Pac Entomol* 70:323-327.
- [71] Feng Y, Chen XM, Zhao M, He Z, Sun L, Wang CY, Ding WF. (2018): Edible insects in China: Utilization and prospects. *Insect Sci* 25:184-198.
- [72] Peigler RS. (1993): Wild silks of the world. *Am Entomol* 39:151-162.
- [73] Chakravorty J. (2014): Diversity of edible insects and practices of entomophagy in India: An overview. *J Biodivers Biopros Dev* 1:124.
- [74] Sungpuag P, Puwastien P. (1983): Nutritive value of unconventional protein source: Insect. *Pochanogan Sarn* 1:5-12.
- [75] Mercer CWL. (1993): Insects as food in Papua New Guinea. In *Proceedings of Invertebrates Farming Seminar*. Institute of Tropical Medicine, Antwerp, Belgium. pp 157-162.
- [76] Meyer-Rochow VB, Changkija S. (1997): Uses of insects as human food in Papua New Guinea, Australia, and North-East India: Cross-cultural considerations and cautious conclusions. *Ecol Food Nutr* 36:159-185.
- [77] Macfarlane WV. (1978): Aboriginal desert hunter-gatherers in transition. *Symposium on the Nutrition of Aborigines*, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Melbourne. 49-62.
- [78] Irvine G. (1989): Putting insects on the Australian menu. *Food Aust* 41:565-566.
- [79] Kelemu S, Niassy S, Torto B, Fiaboe K, Affognon H, Tonnang H, Maniania NK, Ekesi S. (2015): African edible insects for food and feed: Inventory, diversity, commonalities and contribution to food security. *J Insect Food Feed* 1:103-119.
- [80] Dufour DL. (1987): Insects as food: A case study from the northwest Amazon. *American Anthropol* 89:383-397.
- [81] Ruddle K. (1973): The human use of insects: Examples from the Yukpa. *Biotropica* 5:94-101.
- [82] Looy H, Dunkel FV, Wood JR. (2014): How then shall we eat? Insect-eating attitudes and sustainable foodways. *Agric Human Values* 31:131-141.
- [83] Piha S, Pohjanheimo T, Lahteenmaki-Uutela A, Kreckova Z, Otterbring T. (2018): The effects of consumer knowledge on the willingness to buy insect food: An exploratory cross-regional study in Northern and Central Europe. *Food Qual Prefer* 70:1-10.
- [84] House J. (2016): Consumer acceptance of insect-based foods in the Netherlands: Academic and commercial implications. *Appetite* 107:47-58.
- [85] Yi L, Lakemond CMM, Sagis LMC et al. (2013): Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species. *Food Chem* 141, 3341-3348.
- [86] Ekpo KE & Onigbinde AO (2005): Nutritional potentials of the larva of *Rhynchophorus phoenicis* (F). *Pak J Nutr* 4, 287.

- [87] Gibson RS (2015): Dietary-induced zinc deficiency in low income countries: challenges and solutions The Avanelle Kirksey Lecture at Purdue University. *Nutr Today* 50, 49–55.
- [88] Christensen DL, Orech FO, Mungai MN et al. (2006): Entomophagy among the Luos of Kenya: a potential mineral source? *Int J Food Sci Nutr* 57, 198–203.
- [89] Bauserman M, Lokangaka A, Gado J et al. (2015): A cluster-randomized trial determining the efficacy of caterpillar cereal as a locally available and sustainable complementary food to prevent stunting and anaemia. *Public Health Nutr* 18, 1785–1792.
- [90] Skau JK, Touch B, Chhoun C et al. (2015): Effects of animal source food and micronutrient fortification in complementary food products on body composition, iron status, and linear growth: a randomized trial in Cambodia. *Am J Clin Nutr* 101, 742–751.
- [91] Yoon Y-I, Chung MY, Hwang J-S, Han MS et al. (2015): *Allomyrina dichotoma* (Arthropoda: Insecta) larvae confer resistance to obesity in mice fed a high-fat diet. *Nutrients* 7, 1978–1991.
- [92] Ushakova NA, Kovalzon VM, Bastrakov AI et al. (2015): The ability of *Alphitobius diaperinus* homogenates immobilized on plant sorbent to block the development of mouse parkinsonism. *Dokl Biochem Biophys* 461, 94–97.
- [93] Kinyuru JN, Kenji GM, Njoroge SM et al. (2010): Effect of processing methods on the in vitro protein digestibility and vitamin content of edible winged termite (*Macrotermes subhyllanus*) and grasshopper (*Ruspolia differens*). *Food Bioprocess Technol* 3, 778–782.
- [94] Mujuru FM, Kwiri R, Clarice Nyambi CW et al. (2014): Microbiological quality of *Gonimbrasia belina* processed under different traditional practices in Gwanda, Zimbabwe. *Int J Curr Microbiol Appl Sci* 3, 1085–1094.
- [95] Verhoeckx KCM, Van Broekhoven S, den Hartog-Jager CF et al. (2014): House dust mite (Der p 10) and crustacean allergic patients may react to food containing Yellow mealworm proteins. *Food Chem Toxicol* 65, 364–373.
- [96] <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/mnfr.201200735>

Erika KOPPÁNYNÉ SZABÓ¹, Anna JÁNOSI¹DOI: <https://doi.org/10.52091/EVIK-2023/2-2-HUN>

Arrived: September 2022 – Accepted: December 2023

Possible Uses of Edible Insects for Food and Feed – Summary

Keywords: insect, protein, ingredient, feedstuff, usage for food production

It is estimated that the world population will exceed 9 billion by 2050. This huge population growth will require us to at least double our current food production. However, we are also experiencing a gradual reduction in the amount of agricultural land used for food production worldwide as a result of global warming. Due to the increasing scarcity of raw materials, significant research is being carried out to identify plants and animals that can be used as alternative sources of protein for animal feed and food. Among the many possibilities, the use of insects is receiving considerable attention.

Edible insects have been traditionally consumed in many parts of the world, potentially contributing to world food security. It is estimated that at least 2 billion people regularly consume insects, not only for their nutritional value but also for their taste. However, in developed countries, especially in Western societies, insects are rarely consumed as it is considered culturally inappropriate. However, consumer perceptions can be changed.

Insects are considered to be a food with good energy and protein content, a good amino acid and fatty acid profile, and a high concentration of micronutrients such as copper. Some have high levels of iron, magnesium, manganese, phosphorus, selenium, and zinc, as well as riboflavin, pantothenic acid, and biotin. In addition to the properties that directly improve nutritional status, insects also have a positive impact on the environment. They play an important role in the biodegradation of waste and as pollinators in plant reproduction. In addition, they have a high feed conversion efficiency and are less dependent on arable land than conventional livestock farming, which allows for the production of resource-efficient food and feed. It should also be pointed out that they produce less greenhouse gases and use significantly less water than conventional livestock farming. Increasing the production and consumption of edible insects has an impact on economic and social conditions. Insect collection and cultivation can be carried out with minimal technical or capital inputs, providing income-generating opportunities for the poorest members of society.

Currently, the edible insect industry is growing fastest in Europe and the United States, where this trend is also associated with high meat consumption. In addition, it is recognised that the continued growth of the global insect industry is contributing to its continued market size, with applications beyond feed and food, such as feedstock and pharmaceutical uses.

Despite the many benefits of insect consumption, the future of the insect industry in Western societies is rather uncertain, as changing the cultural aversion to insects is not an easy task. Fortunately, increasing consumer knowledge about edible insects is also increasing the willingness to pay for insect foods. Research has shown that continuous promotional efforts to increase awareness, coupled with improvements in taste and presentation, have been successful in improving negative perceptions of insect consumption in some Western countries. In order to increase acceptance, consumers need to be made aware of the social, practical, and contextual factors influencing food consumption. These efforts will include continued education and promotion of the potential of edible insects to address environmental, population, and arable land loss issues today and in the future.

¹ Hungarian University of Agriculture and Life Sciences Buda Campus, Institute of Food Science and Technology, Food Science Research Group

Erika KOPPÁNYNÉ SZABÓ
Anna JÁNOSI

Koppanyne.Szabo.Erika@uni-mate.hu <https://orcid.org/0000-0001-8321-7157>
Janosi.Anna@uni-mate.hu <https://orcid.org/0000-0002-7200-4487>