

Intsektuak, etorkizuneko elikadura?

(Insects, the food of the future?)

Gorka Santamarina-García*, Gustavo Amores, Mailo Virto

Lactiker Ikerketa Taldea - Animalia Jatorriko Elikagaien Kalitatea eta Segurutasuna,
Biokimika eta Biologia Molekularra Saila, Euskal Herriko Unibertsitatea
(UPV/EHU), Gasteiz

LABURPENA: 2050. urterako 2.000 milioi biztanleko demografia-hazkuntza aurreikusten da. Elikagaien gaur egungo ekoizpenaren ingurumen-inkapetuek eta lortu behar diren elikagaien kantitateen igoerek alternatiba berrien beharrak areagotzen dituzte. 2018. urtean intsektuak elikagai berri gisa onartu dira Europan eta, nahiz eta gutxi ikerterik baliabidea izan, etorkizuneko elikaduraren giltza izan daitekeela iradoki da. Horrenbestez, lan honen helburu nagusia izango da elikagai gisa onartu diren intsektu motak identifikatzea, aztertzea eta kaltegabetasun eta nutrizio alderdiei buruz hausnartzea eta sakontzea. Intsektuak nutrienden iturri interesgarria dira, kalitate altuko proteinetan eta gantz-azido poliasagabeetan aberatsak direlako. Gainera, mineralen (esaterako, burdina, magnesioa edo zinka) eta bitaminen (A edo B taldekoak, adibidez) beharrrak asetzeko iturri erakargarria dira. Era berean, aipatzekoak dira gaixotasunak ekiditeari eta osasuna sustatzeari begira, intsektuen peptido bioaktibo antioxidatzaileengatik, antihipertentsiboengatik edo antimikrobianoengatik. Teknologikoki, elikagaien industriarako ezaugarri funtzional interesgarriak dituzten konposatuak dituzte; esaterako, proteina gelifikatzaileak. Hala ere, elikagaien kaltegabetasunak kontrol handia eskatzen du kontsumitzailearen osasuna babesteko, intsektuetan aurkitzen direlako, era berean, arrisku biologikoak (mikroorganismo patogenoak, toxinak edo espora termoerresistenteak, adibidez) eta kimikoak (metal astunak, antinutrientak, plagizidak edo dioxinak, esaterako). Nolanahi ere, funtsezkoa da ikerketan sakontzea, ikertu gabeko espezieen aniztasunagatik, bai eta nutrizioaren eta kaltegabetasunaren arloko datuen urritasunagatik.

HITZ GAKOAK: intsektu jangarriak, etorkizuneko elikadura, proteina-iturri alternatiboa, klima-aldaketa

ABSTRACT: By 2050, a population growth of 2,000 million people is expected. Taking into account the environmental impacts of current food production and the increase in the quantities of food to be obtained, the need for new alternatives increases. In 2018, insects have been accepted in Europe as new foods and although they are little studied resources, it has been suggested that they may be the key to the food of the future. Therefore, the main objective of this work is to identify the different types of insects that can serve as food, analyse them, and reflect and delve into the aspects of safety and nutrition. Insects are an interesting source of nutrients, as they are rich in high-quality proteins and polyunsaturated fatty acids. Moreover, they are an attractive source to meet the needs of minerals such as iron, magnesium or zinc, and vitamins such as those of groups A or B. Disease prevention and health promotion by bioactive antioxidant, antihypertensive or antimicrobial peptides from insects are also noteworthy. Technologically, they contain compounds with interesting functional characteristics for the food industry, such as gelling proteins. However, food safety requires great control to protect consumer health due to the presence of biological risks, such as pathogenic microorganisms, toxins or heat-resistant spores, and chemicals, such as heavy metals, antinutrients, pesticides or dioxins. In any case, further research is fundamental due to the diversity of non-investigated species, as well as the scarcity of data on nutrition and safety aspects.

KEYWORDS: edible insects, food for the future, alternative source of protein, climate change.

* **Harremanetan jartzeko / Corresponding author:** Gorka Santamarina-García. Lactiker Ikerketa Taldea - Animalia Jatorriko Elikagaien Kalitatea eta Segurutasuna, Biokimika eta Biologia Molekularra Saila, Farmazia Fakultatea, Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU). Unibertsitateko ibilbidea, 7 (01006 Gasteiz). – gorka.santamarina@ehu.eus – <https://orcid.org/0000-0002-2495-3709>

Nola aipatu / How to cite: Santamarina-García, Gorka; Amores, Gustavo; Virto, Mailo (2023). «Intsektuak, etorkizuneko elikadura?». *Ekaia*, 44, 2023, 273-289. (<https://doi.org/10.1387/ekaia.23813>).

Jasotze-data: 2022, uztailak 15; Onartze-data: 2022, abenduak 6.

ISSN 0214-9001 – eISSN 2444-3255 / © 2023 UPV/EHU



Lan hau Creative Commons Aitortu-EzKomertziala-LanEratorririkGabe 4.0 Nazioartekoa lizentzia baten mende dago

1. SARRERA

2009. urtetik 2050. urterako populazioa heren bat handituko dela aurreikusi da; hau da, 2.300 milioi biztanleko igoera bat, garapen-bidean dauden herrialdeei dagokiena batez ere. Demografia-handitze horrek elikagaien gaur egungo produkzioaren azterketa eskatzen du. Beste era batean esanda, 2050. urterako elikagaien ekoizpena % 70 handitu beharko litzateke 9.100 milioi pertsona elikatzeko. Besteak beste, zerealen eskaera igo beharko litzateke, bai gizakien bai guk hazitako animalien kontsumorako, oraingo 2.100 milioi tonatik 3.000 milioi tonara. FAOren arabera, helburu hori lortzeko, garapen bideko herrialdeen elikagai-produkzioa bikoiztea lortu beharko litzateke, oraindik ustiatzeko lur-eremu handiak daudelako. Hala ere, produkzio-igoera horren bideragarritasuna ez dago hain argi [1].

Elikagaien Segurtasuneko Europako Agintaritzak (EFSA) klima-aldaketak Europan izan dezakeen eragina aztertu du. Deforestazioaren eta prozesu industrialen errekuntzetan sorturiko berotegi-efektuko gasen ondorioz gertatuko dira, besteak beste, lehorteak, karbono dioxidoaren (CO₂) kontzentrazioen bikoizketak edo hirukoizketak (350-400 ppb-tik 800-1.200 ppb-ra) edota tenperaturen handitzeak (2-5 °C-an) [2]. Ondorioz, elikagaien produkzioaren errendimenduan heren baterainoko aldakortasuna gerta daiteke. Horrekin batera, uztak lehenago helduko dira eta horrek eragina izan dezake elikagaien kalitatean, bai eta kaltegabetasuna kolokan jarri ere, plagen eta gaixotasunen agerpenarekin. esaterako [3, 4].

Klima-aldaketak elikagai mota bakoitzean izango duen eraginari dagokionez, inpaktu aipagarrienak zerealek jasango dituztela uste da. Baliteke etorriko diren aldaketetara egokitzeko gai ez izatea, gainera [5]. Barazkien kasuan, landareen fisiologiari eragingo dio, fotosintesia aldaeraziz eta arnasketa areagotuz. Adibidez, azaloreak ez baldin badu jasotzen behar dituen hotz-orduen kopurua, eragotzirik gera daiteke haren hazkuntza. Era berean, itsasoan gertatuko diren aldaketa fisikoen eta kimikoen ondorioz, arrainen, moluskuen eta zefalopodoen hazkuntza eta bizirautea zailduko litzateke eta arraintzat garrantzitsuak diren koralezko uharrien hazkuntza motelduko edo galaraziko litzateke [5]. Bestalde, nahiz eta abere-produktuak berotegi-efektuko gasen % 12ren eragileak izan [6], gaur egungo *per capita* kontsumoarekin aurrera jarraitzeko, 2050. urterako 200 milioi tona handitu beharko litzateke okelaren produkzioa [1]. Orduan, igoera horrek ez luke klima-aldaketa areagotuko? Zeintzuk izan daitezke etorkizuneko elikagaiak ez baldin bada nahikoa gaur egungo produkzioa handitzea?

2018ko urtarrilaren 1etik aurrera, indarrean dago Europar Batasuneko Estatu kide guztietan 2283/2015 (EB) Arautegia, 2015eko azaroaren 25ekoa, Europako Parlamentuak eta Kontseiluak argitaratutakoa eta elikagai berrien ingurukoa dena. Elikagai berrien definizioan, 1997ko maiatzaren 15aren aurretik Europar Batasuneko biztanleen elikaduran kopuru esan-

guratsuetan kontsumitu izan ez diren elikagaiak sailkatzen dira, animalia osoz edo zatiz osaturikoak edo animalietatik isolatzen edo ekoizten direnak barne [7]. Horien artean, intsektuak etorkizuneko elikaduraren hautabide gisa sailkatzen dira, ohiko iturriak nahikoak izango ez direlako ustean [8] eta, orobat, intsektuen ingurumen-inpaktua txikiagoa delako, elikagaien konbertsio-koefiziente altua dutelako eta, gainera, nutrizioaren aldetik erakargarriak direlako [9, 10].

2. GAUR EGUNGO EGOERA ETA KONTSUMOA MUNDUAN

Intsektuen kontsumoa edo entomofagia, gutxienez duela 7.000 urte inguru sortu zen, naturako elikagaien bilketa primitiboa egiten zenean [11, 12], hau da, bizimodu nomadan. Gizakia bizimodu sedentaria aldatzean, animalien etxekotzea gertatu zen, eta animalia handiak lehenetsi ziren horretarako (bai ematen zuten haragi kantitateagatik bai bigarren mailako produktuengatik, esnea edo larrua, adibidez); intsektuek elikagai gisa zuten interesa, berriz, murriztuz joan zen denborarekin. Hala ere, geroagoko zenbait erlijiotan erreferentzia egiten zaio intsektuak jateari: Judais-moko eta Kristautasuneko Lebitarren Liburuan (11:21), adibidez: «horietatik jan ditzakezue: otiak espeziaren arabera, oti suntsitzailea espeziaren arabera, kilkerak espeziaren arabera eta matxinsaltoak espeziaren arabera»; edo Islamean, non otiak kontsumitzea baimentzen den (Sahih Muslim, 21.4801). Era berean, erreferentzia historikoez ere intsektuen kontsumoaren berri ematen dute: K.a. 384-322 bitartean, Aristotelesek *Historia Animalium*en zioen: «txitxar larba zoruan ninfa bilakatzeko, hots, azkeneko muda aurretik, zapora hoberena du»; edo Antzinako Erromako Plinio Zaharrak *Historia Naturalis*en deskribatzen zuen plater gutziagarri bat, *Cerambyx cerdo* kakalardo longikornearen larbarekin (cossus izenez ezaguna zena) egindakoa [12, 13].

Gaur egun arte, mendebaldeko gizarte hiritartuetan ez dira kontsumitu izan intsektuak, kulturalki onartuak ez direlako, sentorialki deigarriak ez direlako edota jokaera primitibo batekin erlazionatzen direlako [8, 14, 15]. Hala eta guztiz ere, historian zehar ugari dira hasieran onartu ez ziren eta gerora onartu izan ziren elikagaien adibideak. Adibidez, Britainia Handian tomateak 200 urtez izan ziren baztertuta edo Estatu Batuetan otarrainak esklaboentzako elikagai hutsaltzat jotzen ziren, luxuzko elikagai bihurtu aurretik [6].

2018. urtetik aurrera, Europan elikagai berri gisa sailkatu dira intsektuak [8] eta etorkizuneko elikaduraren iturri nabarmentzat jotzen ari dira; besteak beste, oraingo proteina-iturriak nahikoak izango ez direlako eta duten nutrizio-profila orekatua delako [13]. Hain zuzen ere, herrialde txi-roetan ezinbestekoak izan dira oinarrizko nutrienteen gabeziei aurre egi-

teko [16]. Beraz, giltza izan daitezke mundu mailako desnutrizio- zein gosete-arazoak konpontzeko (esaterako, malnutrizio proteiniko-energetikoa) [8, 15, 17]. Era berean, baliagarriak izan daitezke gaur egungo zenbait arazori aurre egiteko; esaterako, ingurumeneko arazoak (hazkuntza kontrolatuarekin elikagai seguruak eta kalitatezkoak ekoizten lagundu dezakete [18]), osasun arazoak (ikertzen ari den gaia da gaixotasunak ekiditeko duten balioa; adibidez, anemia ferropenikoa edo obesitatea ekiditeko) eta arazo ekonomikoak (intsektuen hazkuntza mundu mailan hazten ari den industriatzat hartzen da [16] eta Txinan eskala handian ekoizten ari dira jada [17]). Gaur egun, intsektuen edo haiekin egindako elikagaien prezioa ez da baxua, baina epe luzera produktuaren prezioa jaitsi daiteke automatizatzearen ondorioz, eta, horrela, handitu egingo da okelarekiko lehiakortasuna eta erraztuko da intsektuak dietan sartzea [11].

3. INTSEKTU ESPEZIE ERABILIENEN IDENTIFIKAZIOA

Gaur egun, intsektu jangarrien 2 mila espezie baino gehiago ezagutzen dira [12, 14]. Espezie gehienak, besteak beste, Afrikako (Kenya, Uganda edo Kongoko Errepublikak Demokratikoa) edo Asiako (Thailandia, Txina edo India) herrialdeetan aurki daitezke. Nabarmentzekoa da Mexikok dituela munduan erregistratutako intsektu-espezie jangarri gehien, 177 zehazki [17, 18]. Adibide ona dira, bestalde, palmondoaren gurgurio gorriak; (*Rhynchophorus ferrugineus*) janari aho-gozagarritzat hartzen dira Bangkok-en eta haien kontsumoa eremu turistikoetan egiten da batez ere [13]. Gaurdaino, kalkuluaren arabera, 2 mila milioi pertsonak baino gehiagok kontsumitzen dituzte intsektuak aldizka, duten nutrizio-ekarpena- gatik eta baita dituzten ezaugarri sentsorialengatik ere [13, 15].

Taldekatze taxonomikoari dagokionez, intsektuak artropodoak dira eta, espezie jangarri guztietatik, % 31 Coleoptera ordenakoak dira (19 familia eta 467 espezie ditu, eta kakalardo izenez ezagutzen dira), % 18 lepidopteroak (29 familia eta 296 espezie; esaterako, tximeletak edo sitsak) eta % 14 himenopteroak (6 familia eta 268 espezie; erleak edo inurriak, adibidez) [14, 19]. Gainera, hiru ordena horiek dira gehien kontsumitzen direnak. Horien atzetik daude beste ordena batzuk: ortopteroek osatzen dute jangarrien % 13 (matxinsaltoak, otiak eta kilkerak, esaterako), % 10 hemipteroek (txitxarrak eta zimitzak, adibidez), % 3 isopteroek (termitak, adibidez), % 3 odonatuek (burruntziak, esaterako), % 2 dipteroek (euliak, adibidez), eta, bestelako ordenek, gainerako % 5. Kontsumo erari dagokionez, batzuk larba- edo pupa-etapetan kontsumitzen dira, esaterako himenopteroak, eta gainerakoak etapa helduan, besteak beste ortopteroak, isopteroak eta hemipteroak [8, 13, 20]. Ordenaz gain, intsektuak familietan (kilkerak adibidez, Acrididae familiakoak dira) eta espezieetan sailkatzen dira (etxe-kilkerak esaterako, *Gryllodes sigillatus*). Espezieei dagokienez, *Tenebrio*

molitor (irineko zizarea, Coleoptera ordenakoa dena) eta *Acheta domesticus* (etxe-kilkerra, Orthoptera ordenakoa) aztertu dira gehien. Hala ere, nahiko ezagunak diren beste espezie batzuk daude; besteak beste, *Grylloides sigillatus* (etxe-kilker tropikala, Gryllidae familiako ortopteroa), *Schistocerca gregaria* (basamortuko otia, Acrididae, ortopteroa), *Gonimbrasia belina* (enperadore-tximeleta, Saturniidae, lepidopteroa), *Cirina forda* (Karité arbolaren sits hostokatzaila, Saturniidae, lepidopteroa), *Anaphe venata* (Afrikako zeta-harra, Notodontidae, lepidopteroa) edo *Rhynchophorus phoenicis* (Afrikako palmondoaren gurgurioa, Curculionidae, koleopteroa) [14].

4. EZAUGARRI NUTRIZIONALAK

Oro har, orekatua da intsektuen nutrizio-profila. Hala ere, nutrizio-ezaugarriak azaldu baino lehen, kontuan izan behar da nutrienteen balioak ez direla guztietan berdinak; alde batetik, ezagutzen den espezie kopuru handiagatik eta haien artean egon daitezkeen ezberdintasunengatik (inter-espezie), eta, bestetik, espezie bakoitzean faktore batzuek eragiten dutelako (intra-espezie) [20]; esaterako, elikadurak [11], jatorriak, ekologiak [16], etapa metamorfikoak (intsektu holometaboloetan, arrautzetatik intsektu helduetara) [13, 14, 21] edota kontsumo aurreko tratamenduak (frijitzea, egostea...) [20].

4.1. Energia

Energia intsektuetan frogatu den ezaugarri bereizgarrienetariko bat da, batez besteko energia-ekarpena 435-453 kcal (100 g pisu freskoan) bitartekoa dutelako (1. taula). Beraz, erkatu egin daitezke arrainarekin (397 kcal/100 g-ko, batez beste) edo okelarekin (batez besteko balioa 414 kcal/100 g-ko, txerria salbu, duen gantz kantitate altuagatik) [8, 22]. Eta alde handiagoak ere erakuts ditzake; adibidez, Australiako *Oecophylla smaragdina*-ren kasuan 1.272 kcal/100 g-ko energia-ekarpena dugu, edo *Bombyx mori* zeta-harrarenean, 94 kcal/100 g-koa [13].

4.2. Proteinak, peptidoak eta aminoazidoak

Intsektu gehienen nutrizio-profilaren konposatu nagusietakoak proteinak dira, % 50etik % 82ra arteko (pisu lehorrean) osagaia izaten baitira (1. taula) [11, 22, 24], salbuespenak salbuespen; esaterako, Hymenoptera-ren kasuan % 13tik % 77rainokoa izan daiteke ehunekoa [8, 13, 17]. Hor-taz, Europar Batasuneko 1924/2006 Arautegiari dagokionez, «proteinen iturria» edo «proteinatan aberatsa» adierazpenak erabil daitezke intsektuez [11, 13]. Era berean, proteinak digerigarritasun altukoak (% 76-98

bitartekoak) eta kalitate altukoak dira, eta aberatsak batez ere tirosinatan (*T. molitor*-en balioa 30 mg/g-koa da, adibidez). Haatik, lisinatan, metioninatan edo triptofanotan esaterako, urriak izan daitezke, baina espeziearen arabera da [8, 11, 22-25].

1. taula. Intsektu jangarrien konposizio nutrizionala eta eduki energetikoa (ego-
kituta). Iturria: [8].

	<i>Gryllodes sigillatus</i>	<i>Tenebrio molitor</i>	<i>Schistocerca gregaria</i>
Energia (%)	452 ± 4,3a	444 ± 4,5a	432 ± 3,9b
Proteinak (%)	70,0 ± 1,7a	52,35 ± 1,1b	76,0 ± 0,9c
Isoleuzina*	26,6 ± 0,5a	21,4 ± 0,45b	28,2 ± 0,71c
Leuzina*	57,8 ± 1,1a	45,8 ± 0,95b	77,7 ± 1,25c
Lisina*	38,4 ± 0,9a	26,7 ± 0,66b	35,1 ± 0,82c
Metionina*	15,9 ± 0,8a	9,6 ± 0,21b	8,2 ± 0,32c
Zisteina*	11,1 ± 0,2a	5,5 ± 0,3b	3,6 ± 0,2c
Gantzak (%)	18,23 ± 0,7a	24,7 ± 1,5b	12,97 ± 0,7c
Gantz-azido aseak (GAA)	33,74 ± 0,78a	25,32 ± 0,59b	35,3 ± 0,68a
Gantz-azido monoasegabeak (GAM)	34,33 ± 0,1a	43,27 ± 0,08b	38,35 ± 0,25c
Gantz-azido poliasegabeak (GAP)	31,91 ± 0,12a	31,37 ± 0,12b	26,28 ± 0,15c
OMEGA 3	2,13 ± 0,07a	1,61 ± 0,04b	11,35 ± 0,07c
OMEGA 6	29,78 ± 0,81a	29,68 ± 0,79a	14,04 ± 0,56b
OMEGA6/OMEGA3	13,98	18,44	1,24
Karbohidratoak (%)	0,1 ± 0,0a	2,2 ± 0,3b	1,7 ± 0,2b
Zuntza (%)	3,65 ± 0,5a	1,97 ± 0,3b	2,53 ± 0,3b

* Aminoazido esentzialak. Errenkada bakoitzean letra xehe desberdinak dituzten batez bestekoak estatistikoki desberdinak dira ($P \leq 0.05$).

Horrekin bat, intsektuek —lepidopteroek eta ortopteroek nagusiki—, beste konposatu nitrogenodun interesgarri batzuk dituzte. Besteak beste, honakoak izan daitezke: peptido bioaktiboak dira nabarmen, antioxidatzaileak (erradikal askeak deuseztatzeko gaitasuna dute; adibidez, *Amphiacusta annulipes* kilkerraren hidrolizatuak), antihipertentsiboak (angiotensina bihurtzeko entzima-inhibitzailearen inhibitzailea; angiotensina II-ren jaitsiera eta bradikina hodi-zabaltzaileen igoera eta odol-presioaren jaitsiera gauzatzen dute) edo antimikrobianoak (aurre egiten diete onddo edo protozoo kaltegarri inbaditzaileei; gallerimizina eta drosomizina, adibidez) [20]. Azkenik, intsektuetatik isolatu dira elikagai-industrian teknologikoki botere handia izan dezaketen entzimak ere, propietate gelifikatzaileak edo koagulatzaileak dituztenak (kakalardo ihar, siku eta lainoztatuetatik lortuta; esaterako, *Aspongubus viduatus* edo *Coridius viduatus*-etik) [21, 26, 27].

4.3. Lipidoak eta gantz-azidoak

Intsektuetan, lipidoak dira, proteinekin batera, konposatu nagusienak, baina honetan txikiagoa da espezieen arteko aldakortasuna proteinen kasuan baino, izatez zabala bada ere (% 13tik % 33ra pisu lehorrean) (1. taula). Betiere salbuespenak daude, adibidez *Holotrichia* sp. (% 0,34) edo *Witchetty* harra (% 38) [11, 13, 17, 21, 24]. Habitatak, dietak edo etapa metamorfikoak (balio handienak larbek izaten dituzte) dira lipidoetan eragina izan dezaketen faktore nagusiak [13, 20, 21]. Lipidoak, oro har, funtsezkoak dira zelulen egitura eta funtzio biologikoetarako, bai eta bitamina lipodisolbagarrien garraiorako [17].

Intsektuen gantz-profilaren analisisian, triglizeridoak % 80 inguru dira eta fosfolipidoek % 20 baino gutxiago osatzen dutela ikusi da [20]. Gantz-azidoei (GA) dagokienez, espezie, etapa, aktibitate entzimatikoa eta dietaren araberrakoa dira batez ere. Esaterako, algekin elikatuz kate luzeko GA poliasagabeen (GAP) balio altuak lortzen dira eta, belarrarekin aldez, azido α -linoleniko kopuru altuak [17, 21]. GA profileen GAPak izaten dira nagusi; haien ostean aseak (GAA) eta, balio txikiak, berriz, monoasegabeenak (GAM) [17]. GAA kopurua % 25,3 (*T. molitor*) eta % 35,3 (*S. gregaria*) bitartekoa izan ohi da, azido palmitikoa (C16:0) eta estearikoa (C18:0) direlarik nagusiak [8, 17]. Hala ere, beste datu batzuek aldakortasuna handiagoa izan daitekeela erakusten dute, % 21etik % 62rainokoa hain zuzen [14]. GAMen kasuan, kopuruak handiagoak dira, % 34,3tik (*G. sigillatus*) % 43,3rainokoa (*T. molitor*), eta nagusienak, azido palmitoleikoa (C16:1) eta azido oleikoa (C18:1). Azkenik, GAPak % 26,3 (*S. gregaria*) eta % 31,9 (*T. molitor*) bitartean aurkitzen dira. Azido arakidonikoa (C20:4), azido dihomogamma-linolenikoa (C20:3), bai eta esentzialak diren azido linoleikoa (C18:2) eta azido α -linolenikoa (C18:3) izaten dira nagusiak. Horrela, parekagarriak dira hegaztien edo arrainen GA profilekin. Salbuespenen artean, *T. molitor* daukagu, haren GAAen kopurua % 74,6koa edo altuagoa izan baitaiteke, edota *Cirina forda*, haren GAPak % 53,8raino irits baitaitezke [8, 13, 23, 17, 24].

Bestalde, aipatzekoa da asean eta asegabeen arteko proportzioa. Oro har, 0,40tik 0,60ra izaten da [20], baina intsektuen elikadura kontrolatzea gako izan daiteke desiragarriak diren profilak (ω -6/ ω -3 baxua eta GAPen ekarpena) lortzeko eta osasunean eragin ahalik eta onuragarrienak izateko; esaterako, diabetesa izatearen arriskua murrizteko (insulinaren erresistentziaren aurreko prebentzioagatik), tronbosirako joera murrizteko (tronboxano A2ren (TXA2) sintesiaren inhibizioagatik), presio arteriala murrizteko edo minbiziaren tratamendurako [17].

2. taula. *Tenebrio molitor* espeziearen mineral-edukia (heldua, larba eta pupa etapa metamorfikoetan), ahal denean, «iturria» edo «eduki handikoa» adierazpenen mugekin alderatuta (datuak pisu freskoaren 100 g-ko dira) (egokituta). Iturria [14].

	Etap a metamorfikoa	Batezbestekoa edo batezbestekoa ± desbiderapen estandarra	Min	Max	«iturria»	«eduki handikoa»	AGMO ¹
Kaltzioa (mg)	Heldua	24 ± 2	23	27	120	240	2.500
	Larba	150 ± 150	13	472			
	Pupa	43					
Burdina (mg)	Heldua	2,87 ± 0,64	2,18	3,46	2,1	4,2	—
	Larba	1,89 ± 0,93	1,08	4,00			
	Pupa	1,68					
Iodoa (µg)	Heldua	22			22,5	45	600
	Larba	17					
Potasioa (mg)	Heldua	368 ± 36	340	408			—
	Larba	337 ± 27	297	359			
	Pupa	355					
Magnesioa (mg)	Heldua	69 ± 7	61	74	45	90	250
	Larba	92 ± 8	80	104			
	Pupa	86					
Manganesoa (mg)	Heldua	0,456 ± 0,1096	0,368	0,582			—
	Larba	0,287 ± 0,1580	0,004	0,520			
	Pupa	0,546					
Molibdenoa (µg)	Heldua	39					600
Sodioa (mg)	Heldua	66 ± 7	62	74			—
	Larba	50 ± 7	40	56			
	Pupa	55					
Fosforoa (mg)	Heldua	295 ± 16	277	307			—
	Larba	368 ± 98	227	530			
	Pupa	300					
Selenioa (µg)	Heldua	13,6 ± 3,40	11,19	16			300
	Larba	16,3 ± 7,61	10,90	25			
	Pupa	12,09					
Zinka (mg)	Heldua	4,86 ± 0,65	4,36	5,59	2,25	4,5	25
	Larba	4,33 ± 0,72	3,45	5,20			
	Pupa	3,9					

¹ AGMO: Ezarritako ahorakinaren gehienezko maila onargarria (ingelesez, Tolerable Upper Intake Level). Iturria [29].

4.4. Mineralak

Dietan hartu behar diren mineral askoren beharrak asetzeko gai dira intsektuak (2. taula). Hala eta guztiz ere, aurretik aipatu den moduan, kontuan izan behar da eragin handia dutela intsektuen elikadurak, etapa metamorfikoak edo kontsumo-erak (ekarpenak handiagoak dira osorik janda) [13, 16]. Makroelementuen artean, kaltzio-eduki esanguratsua dute (*T. molitor* eta *G. sigillatus*-en balioak 40 eta 130 mg/100 g-koak dira hurrenez hurren; hegaztien okelarena, berriz, 5-28 mg/100 g bitartekoa [8, 13], eta behi-esne osoarena 125 mg/100 g-koa [28]). Era berean, potasio- eta magnesio-iturri dira; esaterako, eguneroko beharrak ase daitezke 200 gramo *T. molitor* kontsumituz. Gainera, sodio-ekarpen baxukoak dira [14, 16, 24]. Mikroelementuei erreparaturaz, burdina-eduki esanguratsua dute; adibidez, *Gonimbrasia belina* larbaren balioak 31-77 mg/100 g-koak dira; txerrien eta hegaztien balioak, aldiz, 1.5-1.2 mg/100 g-koak [16]. Zinkaren kasuan ere iturri interesgarria izan daitezke; adibidez, *S. gregariak* 18,6 mg/100 g-ko ekarpena du, eta *Rhynchophorus phoenicis*-ek 26,5 mg/100 g-koa (okelaren batez besteko balioa 12,5 mg/100 g-koa da) [8, 13]. Selenio, iodo, kobrea eta manganeso mineralen iturri ere badira [14, 20, 22, 24]. Aipatzekoa da burdinaren bioeskuragarritasunari buruzko daturik ez dagoela, baina aztertzen ari da intsektu batzuen kontsumoa mugatzea beharrezkoa ote den, kobreak balio altuek burdinaren absortzioa oztota dezaketelako [16].

Osasunari begira, anemia ekiditen lagundu dezakete intsektuek garapen-bidean dauden herrialdeetan (gaur egun, eskolaurreko umeen % 40k eta haurdun dauden bi emakumetarik batek anemia pairatzen duela zenbatesten da); eta, era berean, ekiditen lagun dezakete zinkaren gabeziak umeetan eta haurdunetan eragiten duen garapenaren atzerapena, hezurren garapenaren atzerapena edo infekzioen aurreko sentikortasun altua [8].

4.5. Karbohidratoak, zuntza eta bitaminak

Karbohidratoen edukia ez dute oso esanguratsua, animalia gehienetan bezala (1. taula) [14]. Balio altuenetarikoa *Meimuna opalifera*-k dauka (% 15.98, pisu lehorrean), eta *G. sigillatus*-ek urrienetarikoa (% 0,1, pisu lehorrean) [8,17]. Polisakarido nagusienak glukogenoa eta α -kitina dira. Bigarrenari dagokionez, α -kitinak artropodoen exoeskeletoa osatzen du, N-azetil-glukosaminaren polimeroa da eta proteinen digerigarritasuna eragotzi ote dezakeen ikertzen ari dira, bai eta elikagaien produktiorako kitosanoa lortzeko erabilgarritasuna ere (kitosanoa agente loditzaile, antimikrobiano, prebiotiko edota estaldura-agente bezala erabil daiteke —azken erabilera hori elikagaien balio-bizitza luzatzeko—) [21].

Zuntzari dagokionez, % 1,97 (*T. molitor*) eta % 3,65 (*G. sigillatus*) bitartekoa dute (1. taula) [8, 13, 22], ezaugarri deigarria da hau, animaliak izanda. Oro har, balioek aldagarritasun altua daukate, lagintzearen, anima-

liaren metabolismoaren edota analisi tekniken araberakoak izan daitezkeelako [14]. Garrantzitsua da alde horien inguruko ikerketa areagotzea.

Azkenik, bitaminak ezinbestekoak dira hainbat prozesu metaboliko gerta daitezen edo immunitate sistema hobetzeko. Informazio gutxi dago intsektuen bitaminen inguruan eta, beraz, ikerketa gehiagoren beharra dago. Hala ere, B2, B3, B6, B9, B12 [13, 14, 22], B5 eta E bitaminen iturri interesgarriak dira (3. taula), eta A bitaminen eduki txiki bat ere badute [13]. *Zonocerus variegatus*, *Macrotermes bellicosus* eta *Cirina fordae* kasuan A, B6, C eta E bitaminen eduki altuak dituztela frogatu da [24]. Betiere, kontuan izan behar da tratamenduek (batez ere tenperatura altuak eta denbora luzeak) nutriente horien kopuruaren murrizketa eragin dezaketela [20].

3. taula. *Tenebrio molitor* espeziearen bitamina-edukia (larba etapa metamorfikoan) eta ahal denean, «iturria» eta «eduki handikoa» adierazpenen mugekin alderatuta (datuak pisu freskoaren 100 g-ko dira) (egokituta). Iturria [14].

	Batezbestekoa edo batezbestekoa ± desbiderapen estandarra	Min	Max	«iturria»	«eduki handikoa»	AGMO ¹
A bitamina (IU)	29,00	28,00	30,00	120,00	240,00	10.000
B1 bitamina (mg)	0,18	0,12	0,24	0,21	0,42	—
B2 bitamina (mg)	1,21	0,81	1,61	0,24	0,48	—
B3 bitamina (mg)	4,10	4,07	4,13	2,70	5,40	10
B5 bitamina(mg)	2,04	1,45	2,62			—
B6 bitamina (mg)	0,70	0,58	0,81	0,30	0,60	25
B7 bitamina (µg)	33,50	30,00	37,00			—
B9 bitamina (µg)	137,00	117,00	157,00	30,00	60,00	1.000
B12 bitamina (µg)	0,30	0,13	0,47	0,15	0,30	—
C bitamina (mg)	1,80	1,20	2,40	9,00	8,00	—
E bitamina (IU)	0,99 ± 0,25	0,63	1,17			448

¹ AGMO: Ezarritako ahorakinaren gehienezko maila onargarria (ingelesez, Tolerable Upper Intake Level). Iturria [29].

5. ELIKADURA KALTEGABETASUNAREN ARLOKO EZAUGARRIAK

Tradizioz intsektuak kontsumitzen diren herrialdeetan eguneroko esperimentazioan oinarrituriko ezagutza dago, baina ezaguera zientifikoaren falta dago industria mailan intsektuak edo eratorriak erabiltzeko (proteina-

kontzentratuak adibidez), eta elikagaien kalitatea eta kaltegabetasuna ziurtatzeko [11].

5.1. Arrisku biologikoak

Intsektuen biomasa mikrobianoa gorputz totalaren % 1-10 bitartekoa izaten da, espeziearen arabera. Kolonizazioa horizontalki, hots, dieta bidez gertatzen da (EFSAk hazkuntza-substratuen sailkapena egin du, lehen-gaietako mikroorganismoak, ondoren, intsektuetan aurkitzen direlako) edo inguruko kutsaduraren bitartez (*Listeria fleischmannii*, lurrean ohikoa den bakterioa, intsektuetan isolatu da); edo bertikalki, gurasoen bitartez, adibidez [21]. Azken urteotan intsektuak etorkizuneko elikaduratzat hartzen ari dira, baina landareetatik eta animalietatik eratorritako produktu asko bezala, guztiak kontsumitzeko seguruak izan ez daitezkeenez, zabal ikertzen ari dira haien biodibertsitate mikrobianoa [15, 21]. Iradoki da intsektuen mikrobiotari eragiten diotela hazkuntza-metodoek, inguru-baldintzek, higie-neak eta elikadurak [15, 30].

Intsektuen kontsumoaren ondoriozko parasitosi, botulismo eta elikadura-intoxikazio kasuen berri eman izan da; hortaz, ikerketa sakona eskatzen dute higie-ne eta kaltegabetasun-alderdiek. Intsektuetatik gizakietarako zoonosi zuzenak ez dira ezagutzen, salmonellosia, A influentza (hegazti-gripea) edo behi-tuberkulosia bezalakoak. Hala ere, bektore gisa joka dezakete, zoonosi-agenteak transmitituz (birusak, bakterioak, protozooak, onddoak edo nematodoak esaterako; prioiak ikertu egin behar dira) [11, 12, 15, 21, 31]. Oro har, intsektuetan gizaki zein animalientzako patogeno zoonotikoen agerpen ez-espezifikoak gertatzen dira, zeinak elikadura-infekzioak eragin ditzaketen. Gehien isolaturiko mikroorganismoak honako hauek dira: Enterobacteriaceae familia bakterianoa (*T. molitor*, *A. domesticus* edo *Brachytrupes* sp. kasuetan, 104-106 UKE/g-ko) [30], zehazki, *Escherichia coli* edota *Klebsiella aerogenes* (Nigeriako *Rhynchophorus phoenicis* larba freskoetan, adibidez) [21]; bakterio espora sortzaileak (*T. molitor*, *A. domesticus* edo *Brachytrupes* sp. kasuetan 102-104 UKE/g-ko) [30, 32], adibidez *Bacillus cereus* patogenoak eta *Bacillus subtilis* eta *Bacillus firmus* ez patogenoak (Nigeriako *Oryctes monocerus*, Afrikako errinozero kakalardoaren kasuan); eta *Staphylococcus aureus* edota *Pseudomonas aeruginosa* patogenoak ere aurkitu dira (arrain freskoetan hazitako *Musca domestica*ren kasuan, gorputz-azalean eta hes-tean, adibidez) [11, 18].

Jateko prestatzeko tratamenduek (frijitzea, egostea etab.) zaporea eta palatabilitatea hobetzen dute eta, orobat, eragina dute kaltegabetasunean ere [13, 18], mikroorganismoen dentsitateak balio onargarrietara jaitsarazten direlako. Egosketak, hutsezko egosketak edo frijitzeak, aerobio totalen balioak xehatutako okela freskoaren mugen (5,7 UKE/g-ko) azpitik

jaitsarazten dituzte eta bakterio azido laktikoak edo Enterobacteriaceae familiako bakterioak ere suntsitzen dituzte. Hala ere, esporek aurre egiten diete tratamenduei: ingurune-baldintzak hobetzen direnean hazi egiten dira eta, beraz, produktua ren narriadura eta osasun-arazoak dakartzate. Txigortzean edo erretzean, ez dira suntsitzen enterobacteriaceae familiako bakterioak eta lehortutakoetan onddoak ere aurki daitezke. Adibidez, eguzkitan lehortutako *Imbrasia belina*-n lizunketa ikusi da, eta *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Cladosporium* eta *Phycomyces* generoetako espezieak identifikatu dira, 0-50 µg/kg bitarteko aflatoxina-kontzentrazioak aurkituta (kaltegabetasun limitea 20 µg/kg-koa da, minbizia edo mutagenesia eragin dezaketelako). Aipatzekoa da hilketa aurretiko ohiko ahidura-etapak (hesteko edukia husteko) ez dituela zenbaketak esanguratsuki murrizten [12, 18, 20, 25, 30].

Tratamenduaren osteko biltegitratzean, zenbat eta tenperatura baxuagoak erabili, hobe da amaierako kalitate mikrobiologikoa. Hala ere, ikerketa gehiago behar da kaltegabetasuna egiaztatzeko eta kasu bakoitzerako parametro egokiak ezarri ahal izateko (tratamendu- edo biltegitratze-tenperatura, esaterako) [13, 33], batez ere, esporek ekar ditzaketen arazoen inguruan. Era berean, beste metodo batzuk ikertzen ari dira kalitate mikrobiologikoa ziurtatzeko; besteak beste, hotz gabeko lehorketa eta ehotzea, liofilizatzea, hartzidura azido-laktikoa [30], presio altuko esterilizazio termikoa edo prebiotikoen erabilpena (gizentze-oilaskoetan *Clostridium* spp. eta *Salmonella* spp. enteropatogenoen kolonizazioa ekidin daitekeela ikusi da) [11, 13, 18].

5.2. Arrisku kimikoak

Ildo beretik, garrantzitsua da arrisku kimikoen azterketa egitea. Alde batetik, intsektuek konposatu kimikoak sintetiza ditzakete babes-mekanismo natural gisa erabiltzeko; esaterako, *Lytta vesicatoria* Espainiako euliaren kantaridina monoterpenoak (2,6-dimetil-4,10-dioxatriziklo-[5.2.1.02,6]-dekano-3,5-diona), irensteko zailtasunak, goragaleak edo odol-okadak eragiten ditu [13,21]. Antinutrienteen kasuan, gutxi aztertutak izan arren, taninoak, oxalatoak edo fitatoak detektatu dira besteak beste, baina balio kaltegarrien azpitik. Era berean, tiaminasak detektatu dira, esaterako Afrikako zeta-harren (*Anaphe venata*) pupetan, zeinak azken 40 urteetako urtaroko ataxia sindromearen eragileak diren [12, 13, 20, 21, 25, 34]. Azkenik, panalergenoak detektatu dira intsektuetan, nagusiak direlarik A fosfolipasa eta hialuronidasa. Erlazionatu egin dira erreakzio alergikoekin eta anafilaktikoekin, eta iradoki da krustazeoen edo akaroen aurrean alergikoak diren pertsonen intsektuekiko alergiak izan ditzaketela. Hortaz, metodo berriak garatu behar dira alergenok murrizteko (hartzidurak eta hidrolisiak, adibidez) eta, horrela, kontsumoa zabaldu ahal izateko [12, 15, 20, 21, 25, 35, 36].

Beste alde batetik, kutsatzaile organikoei eta metalei dagokienez, 2017. urtean, Belgikako Liège eta Antwerp unibertsitateetan, analizatu egin ziren Europako *Galleria mellonera* ezko-sits larben, *Locusta migratoria* oti helduen, *T. molitor* larben, *Alphitobius diaperinus* kakalardo larben eta haiekin egindako produktuen (kroketak edo *A. diaperinus* «bugburger»-ak, adibidez) arrisku kimikoak [32]. Analisisetan, poliklorobifeniloen balioak abelburu, oilasko, esne edo arrautzentzat araututako balio maximoen azpitik zeuden. Konposatu organokloratuak (diklorodifeniltrikloroetanoa, hexaklorobentzenoa, hexakloroziklohexanoa etab.) 46,3 eta 368 pg/g (pisu hezean) balioen artean zeuden, lagin guztietan aurkitu zelarik lindanoa eta, bakar batean ere ez, berriz, β -hexakloroziklohexanoa. Polibromaturiko bifenil eterrak (PBBE) 35,5 pg/g-tik behera zeuden eta sugar atzeratzaile fosforatuen kontzentrazioak PBBEenak baino 200-300 aldiz handiagoak izan ziren, lagin batzuetan altuagoak arrainen, okelen edo arrautzen balioak baino. Dioxinen balioak 0,05-0,28 pg/g bitartekoak ziren (pisu hezean); alegia, txahal urrixa, etxeko hegazti, arrain, esne edo arrautzentzat araututako balio maximoen azpitik. Plagizidei dagokienez, honakoak aurkitu ziren: biniltoluenoa, tributilfosfatoa (herbizida eta fungizida kontzentratuetan erabilia) edo azido pentafluoropropionikoa (laginen % 75ean). Azkenik, metal astunen kasuan, kadmio, berun edo eztainu balioak maximoen azpitik zeuden Europan behi, ardi, txerri, hegazti, arrain, krustazeo edo zefalopodoentzat arautakoaren arabera; hots, erlatiboki txikia zen esposizio-arriskua. Hala ere, aldakortasuna zegoen kokalekuaren arabera; adibidez, Oaxacan (Mexikon) *Sphenarium purpurascens*-ek berun balio altuak ditu hurbileko meatzeengatik [12, 13, 33, 36].

Hortaz, intsektuek eta haiekin egindako produktuek beste animalietatik eratorritako produktuen europar arauak betetzen dituzte, baina beharrezkoa da arriskuen azterketa sakona egitea. Besteak beste, bilketa aurretiko eta osteko manipulazio-, prozesatze- eta biltegiatze-neurriak ezartzeko eta legeria espezifikoak garatzeko, arrisku biologikoak eta kimikoak ekiditea helburu. Horrela, posible izango litzateke etorkizuneko produktuen kaltegabetasuna eta kalitatea ziurtatzea, produktuen merkatu internazionalari bide egiteko eta onargarritasunerako bidean aurrera egiteko [11, 13, 21, 33, 36].

6. ONDORIOAK

Intsektuen nutrizio-profila oso interesgarria da, duten batez besteko energia-ekarpena alderagarria delako okelarekin edo arrainarekin, aberatsak direlako digerigarritasun altuko eta kalitate altuko proteinetan, gantzazido monoasegabeen eta poliasegabeen iturri direlako, bai eta mineralen (burdina, kaltzioa, zinka) zein bitaminen (A, B2, B3, B9, B12) beharrak asetzeko baliabide ere. Ildo beretik, gaixotasunak ekiditeko eta osasunaren promozioarekin erlazonaturiko konposatuen iturri dira. Intsektuak peptido

bioaktiboen iturri dira; esaterako, antioxidatzaileak, antihipertentsiboak edo antimikrobianoak. Era berean, etengabe eraberritzen eta beti gehiago eskatzen zaion elikagaien industriarentzat ere baliabide dira ezaugarri funtzional interesgarriak (emultsionatzaileak, gelifikatzaileak...) dituzten konposatuak lortzeko; esaterako, konposatu nitrogenodunak. Nolanahi ere, alderdi garrantzitsua da elikagaien kaltegabetasuna. Honaino frogaturik dago intsektuak arrisku kimiko zein biologiko potentzialen iturri izan daitezkeela (mikroorganismo patogenoak, esporak, metal astunak etab.). Hortaz, etorkizunera begira, funtsezkoa da intsektuen inguruko prozesamendu- eta manipulazio-arauak garatzea, higiene-neurriak ezartzea edo hazkuntzarako nutriente, lur edo plagiziden kontrolak garatzea, onura ugari ematen dituzten elikagai iturri berri hauen kaltegabetasuna eta kalitatea ziurtatzeko. Dena den, ikerketa gehiagoren beharra dago, espezie ugari ikertu gabe daudelako eta ezagutza handitu beharra dagoelako nutrienteen, arriskuen eta konposatu teknologikoki interesgarrien inguruan.

ESKER ONA

G. Santamarina-García eskerrak ematen dizkio Euskal Herriko Unibertsitateari (UPV/EHU) doktorego aurreko kontratuagatik.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ELIKADURA ETA NEKAZARITZARAKO NAZIO BATUEN ERAKUNDEA (FAO). 2008. *La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050* [Internet]. Secretaría del Foro de Alto Nivel de Expertos – Cómo alimentar al mundo en 2050, Roma. 2009. Eskuragarri: http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/Issues_papers_SP/La_agricultura_mundial.pdf [kontsulta data: 2022ko apirilaren 14a].
- [2] SHANKAR S, SHIKHA. 2018. *Chapter 7 - Impacts of Climate Change on Agriculture and Food Security*. Non: Singh, R.L, Mondal, S., editoreak. *Bio-technology for Sustainable Agriculture*. Woodhead Publishing, Sawston (EB). 207-234.
- [3] MEDINA, A., AKBAR, A., BAAZEEM, A., RODRIGUEZ, A., MAGAN, N. 2017. «Climate change, food security and mycotoxins: Do we know enough?». *Fungal Biology Reviews*, **31**, 143-154.
- [4] BISBIS, M. B., GRUDA, N., BLANKE, M. 2018. «Potential impacts of climate change on vegetable production and product quality – A review». *Journal of Cleaner Production*, **170**, 1602-1620.
- [5] ELIKADURA ETA NEKAZARITZARAKO NAZIO BATUEN ERAKUNDEA (FAO). 2017. *The future of food and agriculture: Trends and challenges*. FAO, Roma. 2522-722X, 39-45.

- [6] ALEXANDER, P., BROWN, C., ARNETH, A., DIAS, C., FINNIGAN, J., MORAN, D., ROUNSEVELL, M. D. A. 2017. «Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use?». *Global Food Security*, **15**, 22-32.
- [7] 2015/2283 (EB) Erregelamendua, Europako Parlamentuak eta kontseiluak argitaratutakoa, 2015eko azaroaren 25koa, elikagai berrien ingurukoa eta zeinaren bidez 1169/2011 (EB) Erregelamendua Europako Parlamentuak eta kontseiluak argitaratutakoa aldatzen den, 258/97 (EB) Erregelamendua Parlamentuak eta kontseiluak argitaratutakoa eta 1852/2001 (EB) Batzordeak argitaratutakoa indargabetzen diren. Europar Batasuneko Aldizkari ofiziala, L327, 2015eko abenduaren 11a, 1-22.
- [8] ZIELIŃSKA, E., BARANIAK, B., KARAŚ, M., RYBCZYŃSKA, K., JAKUBCZYK, A. 2015. «Selected species of edible insects as a source of nutrient composition». *Food Research International*, **77**, 460-466.
- [9] GALLO, M. 2019. *Novel Foods: Insects - Technology*. Non: Ferranti, P., Berry, R.M., Anderson, J.R., EDITOREAK. *Encyclopedia of Food Security and Sustainability*, Elsevier, Amsterdam. 289-293.
- [10] ORDOÑEZ-ARAQUE, R., EGAS-MONTENEGRO, E. 2021. «Edible insects: A food alternative for the sustainable development of the planet». *International Journal of Gastronomy and Food Science*, **23**, 100304.
- [11] RUMPOLD, B. A., SCHLÜTER, O. K. 2013. «Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production». *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, **17**, 1-11.
- [12] BAIANO, A. 2020. «Edible insects: An overview on nutritional characteristics, safety, farming, production technologies, regulatory framework, and socio-economic and ethical implications». *Trends in Food Science & Technology*, **100**, 35-50.
- [13] 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 (FAO), Roma. Eskuragarri: <https://www.fao.org/3/i3253e/i3253e.pdf> [kon-
sulta data: 2022ko apirilaren 24a].
- [14] NOWAK, V., PERSIJN, D., RITTENSCHÖBER, D., CHARRONDIÈRE, U. R. 2016. «Review of food composition data for edible insects». *Food Chemistry*, **193**, 39-46.
- [15] PATEL, S., SULERIA, H. A. R., RAUF, A. 2019. «Edible insects as innovative foods: Nutritional and functional assessments». *Trends in Food Science & Technology*, **86**, 352-359.
- [16] PAYNE, C. L. R., SCARBOROUGH, P., RAYNER, M., NONAKA, K. 2016. «A systematic review of nutrient composition data available for twelve commercially available edible insects, and comparison with reference values». *Trends in Food Science and Technology*, **47**, 69-77.
- [17] RAKSAKANTONG, P., MEESO, N., KUBOLA, J., SIRIAMORNpun, S. 2010. «Fatty acids and proximate composition of eight Thai edible terri-colous insects». *Food Research International*, **43**, 350-355.

- [18] WYNANTS, E., CRAUWELS, S., VERRETH, C., GIANOTTEN, N., LIEVENS, B., CLAES, J., VAN CAMPENHOUT, L. 2018. «Microbial dynamics during production of lesser mealworms (*Alphitobius diaperinus*) for human consumption at industrial scale». *Food Microbiology*, **70**, 181-191.
- [19] COSTA-NETO, E. M., DUNKEL, F. V. 2016. *Insects as Food: History, Culture, and Modern Use around the World*. Non: Dossey, A.T., Morales-Ramos, J.A., Rojas, M.G., editoreak. *Insects as Sustainable Food Ingredients: Production, Processing and Food Applications*.: Academic Press, Cambridge. 29-60.
- [20] DE CASTRO, R. J. S., OHARA, A., AGUILAR, J. G. DOS S., DOMINGUES, M. A. F. 2018. «Nutritional, functional and biological properties of insect proteins: Processes for obtaining, consumption and future challenges». *Trends in Food Science and Technology*, **76**, 82-89.
- [21] SCHLÜTER, O., RUMPOLD, B., HOLZHAUSER, T., ROTH, A., VOGEL, R. F., QUASIGROCH, W., VOGEL, S., HEINZ, V., JÄGER, H., BANDICK, N., KULLING, S., KNORR, D., STEINBERG, P., ENGEL, K. H. 2017. «Safety aspects of the production of foods and food ingredients from insects». *Molecular Nutrition and Food Research*, **61**, 1060520.
- [22] GKINALI, A. A., MATSAKIDOU, A., VASILEIOU, E., PARASKEVOPOULOU, A. 2022. «Potentiality of *Tenebrio molitor* larva-based ingredients for the food industry: A review». *Trends in Food Science & Technology*, **119**, 495-507.
- [23] ATOWA, C. O., OKORO, B. C., UMEGO, E. C., ATOWA, A. O., EMMANUEL, O., UDE, V. C., UGBOGU, E. A. 2021. «Nutritional values of *Zonocerus variegatus*, *Macrotermes bellicosus* and *Cirina forda* insects: Mineral composition, fatty acids and amino acid profiles». *Scientific African*, **12**, e00798.
- [24] CAPARROS MEGIDO, R., POELAERT, C., ERNENS, M., LIOTTA, M., BLECKER, C., DANTHINE, S., TYTECA, E., HAUBRUGE, É., ALABI, T., BINDELLE, J., FRANCIS, F. 2018. «Effect of household cooking techniques on the microbiological load and the nutritional quality of mealworms (*Tenebrio molitor* L. 1758)». *Food Research International*, **106**, 503-508.
- [25] YANG, X., ZHANG, Z., ZHANG, W., QIAO, H., WEN, P., ZHANG, Y. 2022. «Proteomic analysis, purification and characterization of a new milk-clotting protease from *Tenebrio molitor* larvae». *Journal of Functional Foods*, **89**, 104944.
- [26] NAVARRO DEL HIERRO, J., HERNÁNDEZ-LEDESMA, B., MARTIN, D. 2022. «Potential of edible insects as a new source of bioactive compounds against metabolic syndrome». *Current Advances for Development of Functional Foods Modulating Inflammation and Oxidative Stress*, **2022**, 331-364.
- [27] KLUNDER, H. C., WOLKERS-ROOIJACKERS, J., KORPELA, J. M., NOUT, M. J. R. 2012. «Microbiological aspects of processing and storage of edible insects». *Food Control*, **26**, 628-631.
- [28] ORTEGA RM, LÓPEZ-SOBALER AM, REQUEJO AM, ANDRÉS P. 2004. *La Composición de los Alimentos. Herramienta básica para la valoración nutricional*. Complutense, Madrid.

- [29] GARCÍA, E.L., LESMES, I.B., PERALES, A.D., MORENO, V., ARRIBAS, V.M., BAQEUDANO, M.P.P., VELASCO, A.M.R., SALVO, U.F., ROMERO, L.T., PORCEL, F.B.O., LAÍN, S.A., GIL, E.L. ETA CHILLERÓN, M.A.C. 2022. «Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre recomendaciones dietéticas sostenibles y recomendaciones de actividad física para la población española». *Revista del Comité Científico de la AESAN*, **36**, AESAN-2022-007.
- [30] GAROFALO, C., MILANOVIĆ, V., CARDINALI, F., AQUILANTI, L., CLEMENTI, F., OSIMANI, A. 2019. «Current knowledge on the microbiota of edible insects intended for human consumption: A state-of-the-art review». *Food Research International*, **125**, 108527.
- [31] OSIMANI, A., AQUILANTI, L. 2021. «Spore-forming bacteria in insect-based foods». *Current Opinion in Food Science*, **37**, 112-117.
- [32] POMA, G., CUYKX, M., AMATO, E., CALAPRICE, C., FOCANT, J. F., COVACI, A. 2017. «Evaluation of hazardous chemicals in edible insects and insect-based food intended for human consumption». *Food and Chemical Toxicology*, **100**, 70-79.
- [33] KUNATSA, Y., CHIDEWE, C., ZVIDZAI, C. J. 2020. «Phytochemical and anti-nutrient composite from selected marginalized Zimbabwean edible insects and vegetables». *Journal of Agriculture and Food Research*, **2**, 100027.
- [34] LAMBERTI, C., NEBBIA, S., CIRINCIONE, S., BRUSSINO, L., GIORGIS, V., ROMITO, A., MARCHESE, C., MANFREDI, M., MARENGO, E., GIUFFRIDA, M. G., ROLLA, G., CAVALLARIN, L. 2021. «Thermal processing of insect allergens and IgE cross-recognition in Italian patients allergic to shrimp, house dust mite and mealworm». *Food Research International*, **148**, 110567.
- [35] PALI-SCHÖLL, I., MEINLSCHMIDT, P., LARENAS-LINNEMANN, D., PURSCHKE, B., HOFSTETTER, G., RODRÍGUEZ-MONROY, F. A., EINHORN, L., MOTHES-LUKSCH, N., JENSEN-JAROLIM, E., JÄGER, H. 2019. «Edible insects: Cross-recognition of IgE from crustacean- and house dust mite allergic patients, and reduction of allergenicity by food processing». *World Allergy Organization Journal*, **12**, 100006.
- [36] GAO, Y., WANG, D., XU, M. L., SHI, S. SEN, XIONG, J. F. 2018. «Toxicological characteristics of edible insects in China: A historical review». *Food and Chemical Toxicology*, **119**, 237-251.

