

Nutrició Humana i Dietètica

Universitat de Barcelona

TREBALL FINAL DE GRAU

TREBALL DE PROFUNDITZACIÓ: REVISIÓ
BIBLIOGRÀFICA

INTRODUCCIÓ DELS INSECTES A LA DIETA I LES SEVES IMPLICACIONS



Miruna Alexandra Craciun

Juny de 2024

Departament de Nutrició, Ciències de l'Alimentació i Gastronomia

Facultat de Farmàcia i Ciències de l'Alimentació

UB (Universitat de Barcelona)



Aquesta obra està subjecta a una llicència [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Introducció dels insectes a la dieta i les seves implicacions

Miruna Alexandra Craciun

Facultat de Farmàcia i Ciències de l'Alimentació, Campus de la Alimentació de Torribera, Universitat de Barcelona, 08921 Santa Coloma de Gramenet, Barcelona, Espanya

Correspondència: mcracir44@alumnes.ub.edu

Resum: La entomofàgia, la pràctica d'ingerir insectes, és present algunes parts del món, però la població europea occidental encara és reticent a introduir els insectes a la dieta. Des del 2021, s'han autoritzat a Europa les espècies *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, *Acheta domesticus* i *Locusta migratòria* pel seu consum i comercialització. Els insectes comestibles han demostrat poder tenir un impacte positiu sobre el medi ambient i la salut dels humans, pel que es presenta com una potencial alternativa a la proteïna convencional, principalment la carn. És un camp emergent que integra tecnologies verdes i resulta altament eficient. La neofòbia, les característiques organolèptiques i la seguretat alimentària preocupa a gran part de la societat, per aquesta raó és de gran interès treballar amb noves tecnologies alimentàries per millorar les propietats tecno-funcionals i incrementar l'acceptació. Amb la informació recollida, es valorarà si es pot considerar una estratègia prometedora per abordar la problemàtica existent i abastir la demanda alimentària mundial, sobretot proteïca, i per què. L'objectiu d'aquest treball és avaluar, a través de la revisió bibliogràfica, el potencial en termes de nutrició i salut, medi ambient i mercat, tenint en compte el marc legal europeu, les concepcions socioculturals i de seguretat alimentària implicades.

Paraules clau: entomofàgia; insectes comestibles; Novel Food; valor nutricional; salut humana

Abstract: Entomophagy, the practice of eating insects, is present in some parts of the world, but western European population is still reluctant to introduce insects in diet. Since 2021, *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, *Acheta domesticus* i *Locusta migratoria* are the allowed species in Europe for consuming and commercialization. Edible insects have proven a possible positive impact on natural environment and human's health, so is presented as a potential alternative of conventional protein sources, especially meat. Is an emergent field that integrate green technologies and it results highly efficient. Neophobia, organoleptic characteristics and food safety concern a large part of society, so it is of great interest to work with new food technologies to improve their techno-functional properties and increase acceptance. Based on the collected information, this work will assess whether it can be considered as a promising strategy to deal with problems of supplying global food demand, especially protein, and why. The objective of this project is to evaluate, through bibliographic review, the potential in terms of nutrition and health, environment and market, allowing for the European legal framework, sociocultural and safety concepts involved.

Keywords: entomophagy; edible insects; Novel Food; nutritional value; human health

Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS): 2: FAM ZERO és una font d'alimentació poc explotada i d'alta eficàcia, ja que els insectes són molt eficients transformant el substrat en biomassa i tenen cicles reproductius curts, a més de ser fàcilment accessible i produïda. Resulten d'alt potencial nutricional pel seu perfil en proteïnes, AG, vitamines i minerals, contribuint així a l'objectiu 3: SALUT I BENESTAR. Alguns estudis demostren la presència de compostos bioactius i els possibles efectes positius en la salut en relació al seu perfil nutricional i substàncies anti-nutritives amb caràcter bioactiu en el metabolisme. 9: INDÚSTRIA, INNOVACIÓ I INFRAESTRUCTURA: és un sector emergent a Europa i amb oportunitats d'ús de noves tecnologies. A més, en ser un sector emergent en la indústria alimentària, des d'un sentit més avançat tecnològicament, té oportunitats d'emprendre en el mercat i pot resultar un sector que s'expandeixi, generi places de feina i incrementi l'economia. 13: ACCIÓ PEL CLIMA, 15: VIDA ALS ECOSISTEMES TERRESTRES: són fàcilment accessibles i de produir, i la seva producció té menor impacte mediambiental que altres fonts de proteïna convencionals. A més són descomponedors de residus, pel que resulta una font més sostenible contribuint així al benestar dels ecosistemes i salut del planeta (1,2).

Citation: Craciun, Miruna Alexandra. Introducció dels insectes a la dieta i les seves implicacions. *Nutrients*, 2024, 16, x.

Academic Editor: Miruna Alexandra Craciun

Received: date

Revised: date

Accepted: date

Published: date



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introducció

La pràctica de la entomofàgia, menjar insectes, es creu que existeix des d'èpoques llunyanes. Al Coràn i la Bíblia s'ha interpretat algunes referència, com ara la cita "podeu menjar totes les criatures amb ales que s'arrosseguen sobre quatre potes i a més en tenen dues per saltar per la terra...". Es creu que a l'Antiga Grècia i Roma també pot haver-se practicat (3). Actualment, segons la FAO, s'estima que 2 mil milions de persones inclouen els insectes en la seva dieta hi ha més 2000 espècies comestibles catalogades, consumides en les seves diferents etapes (ous, larves, pupa i adult (4,5). La majoria de papallones, escarabats i arnes es consumeixen en forma de larva, i els grills, llagostes, xinxes, tèrmits, formigues, cotxinilles, entre altres, es mengen en la forma adulta. A Europa però, aquesta pràctica no es duu a terme i es consideren un Novel Food. Segueix sent part de la tradició culinària principalment a Àsia, Amèrica Central i Àfrica (5).

En la actualitat, a l'Àsia és on més freqüenta el consum, i s'hi cataloguen més de 300 espècies, sobretot cucs de seda, xinxes i grills, concentrant-se a la Xina. Al Japó, existeix una tradició entomofàgica medicinal a part de culinària. Indonèsia té una gran varietat de plats. A Corea del Sud hi ha un snack anomenat "Beondegi" que són larves de cucs de seda. A Camboja es consumeixen aperitius i aràcnids fregits. A la Índia també s'hi consumeixen certes espècies donant-li també un ús medicinal. A Tailàndia també és comú el consum d'insectes, sobretot els grills. De fet, hi ha al voltant de 22000 grangers dedicats a la producció alimentària de grills, pel que el sector allà ja ha tingut cert creixement en la indústria. A l'Àfrica, l'insecte més consumit és l'eruga i s'estima que hi ha fins a 470 espècies diferents consumides, que conformen una font de proteïna important per a milions de sud-africans i es consumeixen preparats en diverses formes: estofats, fregits, hamburgueses de mosques, assaonador... (4). A l'altre costat del Pacífic la entomofàgia continua present als estats mexicans de Oaxaca, Guerrero, Morelos, Veracruz i Mèxic. Es consumeixen xinxes, formigues, vespes, llagostes, els chapulines de Oaxaca, etc. Es fan diverses preparacions culinàries com la famosa salsa de jumiles i xinxes amb gust a menta i canyella, marinats en suc de llimona, fregits, banyats en xocolata, principalment. Alguns insectes es consideren una delícia gourmet i tenen un preu elevat, com la papallona emperadora de l'Àfrica o els ous de formiga teixidora a l'Àsia (6).

Avui dia, ens trobem en una situació d'emergència climàtica que limita la disposició de recursos per la producció alimentària, a l'hora que aquesta mateixa indústria n'és una gran responsable. La població va en augment i poder abastir l'alimentació de tots és un repte, sobretot per la indústria càrnica, ja que hi ha hagut un increment notori i desproporcionat de la demanda proteica. Per això s'està tractant d'impulsar altres produccions que no requereixin tants recursos i siguin més sostenibles pel planeta. Els insectes es presenten com una potencial alternativa a la proteïna convencional ja que confereix un benefici ambiental reduint la emissió de gasos d'efecte hivernacle, no s'empren pesticides ni productes químics, són descomponedors de matèria orgànica i requereixen de menys recursos per la seva cria (substrat, aigua, energia, espai). A més, tenen una taxa de reproducció elevada i alta eficiència de conversió de biomassa, pel que es donen varis cicles al llarg de l'any, transforma els substrats en massa corporal amb molta eficiència i es comestible fins al 80%. A causa d'això, es suggereix que és una alternativa molt més sostenible per abastir la demanda alimentària mundial (1,4,7,8).

Paral·lelament, tenen un elevat potencial nutricional amb possibles aplicacions a la salut que estan en estudi. Tenen un perfil nutricional interessant, doncs mostren un alt contingut en proteïna d'alt valor biològic, greixos saludables com l'omega 3, diversos minerals i vitamines, i s'ha trobat la presència de pèptids bioactius i compostos que poden millorar l'estat de salut (9–12).

Des del 2003, la FAO ha reconegut el potencial dels insectes comestibles i s'han impulsat estudis d'avaluació, alhora que ha anat incrementant l'interès (4,13). La FAO i la EFSA, entre altres entitats, han elaborat informes relatius a la seguretat alimentària i els efectes beneficiosos per al planeta i la salut humana, defensant els insectes com a potencial aliment del futur a introduir en la cultura de l'Occident (1). Al 2021 es va autoritzar la producció i consum de la primera espècie (*Tenebrio molitor*); han sorgit emprenedors del sector alimentari i alguns establiments han ofert insectes d'importació no regularitzats com a “productes alimentaris tradicionals exòtics” (14). Tot i així, gran part d'aquesta població es manté reticent i entomofòbica, pel que encara s'allunya de formar part de la dieta europea i cal enfortir l'estratègia per incrementar l'acceptació i normalització mitjançant l'estudi, divulgació i l'optimització de les característiques organolèptiques (6,13).

L'objectiu d'aquest treball és avaluar, a través de la revisió bibliogràfica, el potencial en termes de nutrició, aplicacions a la salut, medi ambient i mercat, tenint en compte el marc legal europeu, les concepcions socioculturals i de seguretat alimentària implicades.

2. Mètodes

Per realitzar aquesta revisió bibliogràfica s'ha utilitzat les bases de dades científiques PubMed, Scopus i la revista Nutrients, principalment, entre altres. Diversos articles han sigut redirigits a altres portals per obtenir el document complet. S'ha revisat un total de 57 estudis i articles per l'elaboració del treball.

Les paraules de cerca que s'han emprat son: “insect”, “edible insect”, “entomophagy”, “food safety”, “Novel Food”, “human health”.

Com a criteri d'inclusió els articles havien de ser recents, a partir de l'any 2012 (amb 2 excepcions). S'han utilitzat els estudis, tant experimentals, observacionals com tipus review i que s'han enfocat en les quatre espècies ja autoritzades a Europa: *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, *Acheta domesticus* i *Locusta migratoria*. S'han prioritzat aquells que han sigut elaborats a Europa, sense excloure'n aquells rellevants i útils d'autors fora la UE. S'han exclòs també els que no estiguessin redactats en castellà o anglès, i els que parlessin dels insectes comestibles per la producció de pinsos.

3. Introducció dels insectes com a nou aliment

3.1. Marc legal

D'acord amb el *Reglament (UE) 2015/2283 del Parlament Europeu i del Consell de 25 de novembre del 2015*, els insectes es consideren un “nou aliment” en la dieta humana ja que, en la Unió Europea, no hi ha un historial significatiu i acreditat abans del 15 de maig de 1997. Aquesta legislació tracta la introducció de diversos aliments com insectes, algues, noves proteïnes i aliments tradicionals de tercers països els quals contribueixen en els objectius del “Green Deal” i la estratègia “De la granja a la taula” (14–16). La seva introducció en el Reglament implica l'avaluació favorable de la seva seguretat i un etiquetatge apropiat en els productes a base d'aquests aliments o que aquests formin part dels ingredients. En el reglament, la Comissió posa a disposició una llista dels aliments nous autoritzats, en què actualment hi trobem 4 espècies d'insectes, mentre que varies, en concret 8 peticions, encara estan sent avaluades per l'EFSA. Abans de ser autoritzats, és imprescindible passar per l'avaluació sobre la seguretat per part de l'EFSA, i seguidament elabora informes els quals son d'accés públic (14,17). Alguns insectes han sigut comercialitzats en període transitori d'avaluació amb una autorització d'aliment tradicional de països tercers, però no és comú. Actualment, hi ha quatre espècies autoritzades, en diferents formes, per a la seva comercialització: *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, *Acheta domesticus* i *Locusta migratoria* (14,15,17).

A Europa existeix el programa Horizonte Europa (<https://www.horizonteeuropa.es/que-es>), el qual es dedica a la finançament per a la investigació i innovació i considera que les proteïnes d'origen insecte són de gran interès i àrea clau d'investigació.

Tenebrio molitor (cuc de la farina):

Autoritzat des del 2 de juny de 2021 és legal en forma de larva dessecada, i el 8 de febrer de 2022 s'autoritza per la forma d'adult congelat, dessecat i en pols. És una espècie de coleòpter de la família *Tenebrionidae*, també conegut comunament com el cuc de la farina (Figura 1). El seu cicle de vida dura entre 6 i 12 mesos, sent l'estat larvari el més llarg (uns 200 dies) (20). És el primer animal aprovat per la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (17,19). És un animal poiquilotèrmic que destaca per l'alt índex de conversió alimentària, és a dir, està dotat d'una alta eficiència de transformar alimentació en pes corporal (8). La seva fracció comestible és de gairebé el 100%. Les larves de *Tenebrio molitor* poden créixer en vegetals baixos en nutrients o subproductes de la indústria alimentària, residus vegetals, substrats de fongs, gra de cerveseria, residus rics en lignocel·lulosa, rebuig de viviers i subproductes de molta (8).

Segons la UE, és l'insecte amb major potencial com aliment per humans i pinso, amb opinió positiva de la EFSA, i sent segur per l'elaboració de galetes, snacks, pastes, etc. (19). També afirma mostrar una perspectiva econòmica molt rentable pels compostos naturals amb potencials biològics i industrials. A més, l'insecte mostra múltiples potencialitats i aplicacions en el sector alimentari, farmacèutic i nutricional (21).



Figura 1: *Tenebrio molitor* adult. Extret de Wikipèdia (22).

Locusta migratoria (Llagosta migratoria):

Autoritzada des del 12 de novembre de 2021, s'autoritzen en les formes congelada, dessecada i en pols (16). Aquesta és una espècie de la família *Orthoptera* i és freqüent en les dietes africana i àrab principalment, entre altres petites comunitats arreu del món. Aquestes tenen un cicle de vida de 4 a 8 setmanes i es reproduïxen de manera que es multipliquen entre 10 i 16 vegades en cada generació (23). La llagosta (Figura 2) es troba en diferents tipus de coccions i preparacions, tot i que s'associen històricament a plagues destructives de cultius. Ara bé, la recent investigació mostra rellevància en les seves propietats sensorials, composició nutricional i perspectives de producció alimentària (24).



Figura 2: *Locusta migratòria*. Extret de Wikipèdia (25).

Acheta domesticus (grill domèstic)

Autoritzat des del 10 de febrer de 2022 s'autoritza en les formes congelada, dessecada i en pols de grills domèstics sencers. Posteriorment, el 3 de gener de 2023 també es legalitza el comerç en forma de pols parcialment desgredit.

També conegut com grill domèstic (Figura 3), és un insecte de la família *Orthoptera*, amb un cicle de vida de 30-50 dies sent els 40 dies el temps òptim per al seu consum. És un dels insectes més cultivats i consumits a nivell mundial (26,27).



Figura 3: *Acheta domesticus*. Extret de National Geographic Photographer and Speaker, Joel Sartore (<https://www.nationalgeographic.es/fotografo/joel-sartore>)

Alphitobius diaperinus (escarabat dels fems):

És autoritzada el 5 de gener de 2023 en les formes congelada, en pasta, dessecada i en pols de les larves (16). *A. diaperinus* (Figura 4), també conegut com “escarabajo de estiércol” o cuc menor de la farina (forma larvària), és una espècie d’insecte de la família *Tenebrionidae*. El seu origen hipotètic és l’Àfrica subsahariana i la regió tropical. És coneguda com una plaga principalment present en productes de cereals i es troben freqüentment en granges (28,29).

El Novel Food es presenta en forma congelada i liofilitzada de la larva i el seu cicle de vida és de 40-100 dies (30).



Figura 4: *Alphitobius diaperinus*. Extret de Wikipèdia (30).

Ara bé, és necessari ampliar el marc legal que engloba paràmetres de seguretat i en relació a la producció per a la producció alimentària, ja que l’existent és primerenc i poc complet. Cal elaborar normes clares sobre l’adquisició en les granges, les avaluacions i intervencions que s’hi realitzaran, establir bones pràctiques de fabricació en petites i grans explotacions, rurals o urbanes, estàndards específics de cria i criteris de qualitat per poder garantir un bon producte. Si encara no és així, és perquè es un camp emergent, recent i de petita indústria.

Per ara, el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación va elaborar el “Acuerdo de mesa: procedimiento para la ordenación sectorial de invertebrados terrestres” en el qual s’hi recull:

- La normativa d’aplicació en la producció primària ramadera
- Procediment de registre dels invertebrats terrestres
- Requisits mínims que deuen complir les explotacions
- Dades bàsiques a registrar en REGA (Registro General de Explotaciones Ganaderas)

3.2. Producció alimentària

Les formes autoritzades d’ús i comercialització són la congelada, dessecada i en pols i, només en *Acheta domesticus*, pols parcialment desgreixat. La seva producció es divideix en tres etapes: cultiu, collita i post-collita, d’acord amb els principis de bones pràctiques i els requisits de la norma ISO 22000 (5). Les condicions d’humitat i temperatura varien segons l’espècie produïda, situant-se en els rangs 50-70% d’humitat i temperatures al voltant de 28-35°C, sense superar els 40°C que és el punt crític (26). Els períodes de temps de cria són particulars de cada espècie ja que difereixen en el cicle de vida i els tempos de l’estat larvari. Durant la cria, les larves creixen en contenidors compostos de polipropilè i polietilè certificat per el contacte amb aliments, i sense emprar medicaments, pesticides, antimicrobians ni productes de sanejament

(31). El substrat alimentari que se'ls proporciona és orgànic i sol ser d'origen vegetal, i exempt de metalls pesats, residus de pesticides o altres compostos que son capaços de bioacumular (32).

És important el control durant la fase de criança per evitar la possible infecció d'agents zoonòtics, plagues i rosegadors. Per aquesta raó, durant el procés s'extrauen les larves i insectes morts. La seva alimentació és de baix cost, ja que se'ls pot subministrar diversos residus orgànics, com femtes o altres subproductes o restes, esdevenint una producció eficient energèticament, sense amenaçar la diversitat de l'ecosistema i afavorint així la economia circular (5,27,32,33).

Abans de recol·lectar-los, s'implementa un dejú de 24h per tal que eliminin el contingut intestinal, i seguidament passen per un procés de tamisat mecànic, separant-les de la exúvia (cutícula), femtes i substrat. Es recol·lecten adults, període variable segons l'espècie, o bé durant la fase larvària. El sacrifici és mitjançant congelació i és habitual fer un pretractament per reduir la càrrega microbiana i eliminar qualsevol patògen i inhibir la activitat enzimàtica. El pretractament més comú és l'escaldat a 90°C per un mínim de 10 minuts. En la post-recol·lecció, s'esbandeixen amb aigua i s'escalden perquè morin. S'enfreden i s'elimina l'excés d'aigua (2,4,27). La tècnica més utilitzada és la liofilització ja que redueix efectivament l'activitat d'aigua i preserva tant el valor nutricional com les característiques organolèptiques del producte. Aquest procés tracta de congelar-los i provocar la sublimació de l'aigua. El més freqüent és triturar el producte liofilitzat o assecat amb qualsevol altre mètode i fer-ne farina, o bé pols desgreixat com a concentrat proteic. El producte obtingut pot congelar-se a -18°C directament, o bé passar per molta a 0°C. També poden sotmetre's a liofilització, reduint la humitat a <5% i s'emmagatzema a 5°C com a producte sec.

Les proves d'estabilitat dels lots mostren que (29):

- El producte congelat i en pasta, emmagatzemat en absència de llum, a -18°C, amb humitat relativa 20-40% en envàs hermètic, té una vida útil de 5 mesos.
- Tant en sec com en pols s'emmagatzema a 5°C a humitat relativa 20-40% en envàs hermètic té una vida útil de 6 mesos.

S'indica segons alguns estudis però, que alguns mètodes de deshidratació redueixen el contingut de proteïna crua i soluble, greix, propietats aglutinants, emulsionants i escumant (13). L'extrusió és un pas important per a la fermesa i textura que dona, similar a la carn (34). A causa de l'elevat contingut en proteïna i lípids es redueix l'índex d'expansió de extruït ja que afecten a la distribució d'aigua en la matriu. Els lípids poden reduir la viscositat i dificultar la hidratació del midó, pel que en l'elaboració de snacks amb base de blat de moro es presenten com a més cruixents i secs (13,26,35).

La introducció a la indústria alimentària implica l'estudi de les possibilitats d'ús nutricional i la incorporació en aliments elaborats, que actualment es troba en desenvolupament i estudi constant. La incorporació en aliments dels insectes autoritzats segueix en fase d'estudi ja que el reglament és recent i cal valorar amb més profunditat les possibles propietats funcionals i l'efecte en les propietats sensorials a causa de les seves característiques organolèptiques. Les propietats fisicoquímiques com la solubilitat en aigua, capacitat emulsionant, solubilitat en greix o retenció d'aigua, varien segons el producte (pols, congelat o dessecat), i també en funció de l'estructura, mida, composició, que varia segons la criança. Els productes alimentaris més estudiats són els derivats de cereals i derivats càrnics que incorporen insectes com a ingredient.(4,26,36,37).

La fracció proteica té diverses implicacions. Juga un paper clau en el color mostrat del producte, ja que intervé en l'enfosquiment enzimàtic mitjançant la reacció de Maillard. El color marró i groc que es mostra es pot deure a melanoïdines lipoiques presents en les mostres. Aquest component es tracta d'eliminar durant el desengreixat i extracció proteica. En algunes espècies es presenten cromoproteïnes, un compost groguenc dels carotenoides, i components biliars que

fan variar la pigmentació dels quals (24,37). La capacitat de retenir aigua és una característica important a tenir en compte en l'àrea alimentària ja que modifica la textura, i aquesta depèn de varis factors sobretot en relació a la fracció proteica (segons la proporció, els aminoàcids que la componen, les càrregues, forces iòniques, conformitat i propietats de la proteïna, entre altres). Per exemple, com més porositat i major mida tinguin les proteïnes, més aigua pot atrapar en la matriu. Aquesta característica modifica altres propietats funcionals com la emulsificació, viscositat i gelificació (38). Pot fer-se una separació de les fraccions soluble i insoluble, sent la insoluble més útil per elaborar productes sòlids en què interressi limitar l'activitat d'aigua. L'aplicació d'aquesta propietat en l'elaboració de productes i com varien per espècie encara requereix més investigació (24,31,39,40). L'adició de proteïna d'insecte en productes elaborats altera les propietats del producte, com ara en l'elaboració de pastes amb farina de grill, que s'ha observat una major fermesa i augment d'absorció d'aigua (37,40).

S'observa que segons el mètode de cocció, algunes de les seves característiques varien de manera indiscreta. Al 2015 es va elaborar un estudi a Corea en què comparava com canviaven les característiques sensorials de *Tenebrio molitor* fent-les més notòries (13). Per exemple, una cocció en què perd aigua, com torrat, assecat al sol, fet al forn o al microones, la duresa i la capacitat de trituració augmenta, fent-lo més cruixent. Una cocció amb hidratació, com el bullit, augmenta l'adhesivitat, elasticitat i masticabilitat. Amb les tècniques culinàries bullit i al vapor, a part de tenir una consistència sucosa, es dona un aroma i gust que recorda de blat de moro i xampinyons. D'altra banda, les tècniques amb aire calent (forn, microones) donen un gust oliós, a marisc, dolç i torrat, molt influenciat per la seva composició aminoàcids i sucres reductors que deriven en pirazines i compostos carbonílics mitjançant la reacció de Maillard. Aquesta reacció succeeix durant el tractament tèrmic a partir de compostos d'aroma a producte fornejat tradicional (36,37,40).

També podem extraure quitina, sent l'espècie *Tenebrio* el millor recurs en comparació amb altres insectes. Cal mencionar que el mètode químic té alt impacte mediambiental, mentre que la desacetilització biològica és més ecològica, però els enzims són d'alt cost, a part de la necessitat d'altres temperatures i llarga durada (4,41). En els productes de fleca s'està estudiant l'acceptació i les propietats segons la proporció afegida d'insecte. S'observa que l'índex tenacitat/expansió de la massa augmenta com més elevat sigui el percentatge d'insecte, fent-la menys viscoelàstica, propietat relacionada amb la porció de greix i la dificultat de formació de xarxa de gluten. Així també, el producte fornejat també presenta major volum i duresa, alhora que una coloració més fosca, que generalment atrau menys. És possible que s'alliberin més o menys aminoàcids en la producció, el que pot potenciar el creixement del llevat utilitzat i, com participen en la reacció de Maillard, potencia també l'olor despresa i la coloració final. Un aspecte interessant també és l'alta capacitat d'absorció d'aigua, el que millora les propietats tecnològiques respecte al emmagatzematge (27,37).

Entre els diversos productes alimentaris derivats, existeixen els denominats emulsions càrniques, en què part de la proteïna que la compona és de font vegetal o bé d'insectes. En aquests, la solubilitat proteica és clau i es veu influenciada per la concentració de pols de grill afegida, pH i concentració de NaCl principalment. Es dona una major duresa en l'emulsió, el que dificulta la masticació, observat a partir d'una addició del 10%. A més, a nivell nutricional es veu disminuïda la proporció de greix, augmenta l'aportació proteica a causa de la concentració, i incrementa el contingut de potassi i fòsfor. En el producte però, no es dona una textura més suau i elàstica, el que no és objectiu i pot tenir un impacte negatiu en les característiques sensorials. Les propietats varien segons l'espècie i el producte que s'elabora (27).

3.3. Seguretat alimentària

La Comissió Europea va sol·licitar al 2014 a la EFSA l'avaluació de riscos microbiològics, químics i ambientals associats a la producció i al consum d'insectes, i un any després es publica un informe. En ell s'hi presenten 3 possibles perills si s'empra com a aliment pel consum humà i animal (pinso): biològics, químics i al·lèrgies (1,19,42,43). Cal tenir en compte però, que en la legislació no hi ha cap normativa que reguli aspectes de seguretat alimentària dels insectes per al consum humà, entre ells la higiene i paràmetres màxims de contaminants. Per això, segueixen els criteris d'higiene establerts en la Unió Europea per a la producció als productes càrnics.

Perills biològics: existeix certa susceptibilitat de contaminar-se de microorganismes quan es mantenen en estat natural, ja que tenen un alt contingut en humitat i nutrients. El contacte amb el sòl i les substàncies de rebuig que se'ls proporciona presenten la possibilitat de contaminació per espores microbianes i espècies patògenes. Hi ha estudis que mostren la possible contaminació per ser potencials vectors, tot i que la relació és molt baixa (32). Per això és important que el pretractament sigui eficient i sigui realitzat sota control. Realitzar algun tipus de tractament tèrmic en el seu processat i/o abans de servir disminueix els riscos biològics microbians. Les coccions són passos efectius per eliminar possibles patògens que hagin pogut sobreviure. La presència d'endòspores o bacteris formadors són una inquietud en quant a la seguretat, ja que són termo-resistents i poden romandre tot i els tractaments comuns. Una altra preocupació emergent és la presència de gens antimicrobians resistents producte del sobre ús i no ús de antimicrobians i el mal control de qualitat posterior (1). El processat és una etapa que també ha d'estar supervisada i passar per control de qualitat posterior, ja que es pot donar sobre-població o infecció de bacteris aerobis per l'aire o contaminació creuada. Un cop processat també ha de mantenir-se certes condicions segons la composició del producte.

Riscos químics: durant el processat és important controlar la temperatura i pH, i altres variables, principalment per la presència d'acrilàmida i hidrocarburs aromàtics policíclics. Tot i ser poc comú, poden usar-se medicaments i hormones, o bé trobar-se la presència de cadmi en l'entorn de cultiu, els quals poden ser acumulats a l'organisme l'insecte. L'ús de pesticides o altres productes químics pot donar lloc a contaminació per micotoxines, dioxines o metalls tòxics bioacumulables. S'ha detectat la presència en varis estudis, però s'han documentat nivells que no són un perill per la salut pública. S'ha trobat, sobretot, en productes "ready-to-eat" que han passat per menys processos (larves o insectes sencers). És necessari avaluar els nivells de metalls, arsènic, micotoxines no excretades i altres contaminants que puguin ser presents en els insectes, ja que s'han reportat alguns casos de nivells excessius de seleni i manganès, entre altres (1,32). Són molt pocs els estudis que mostren la presència d'altres substàncies com quelants de metalls (anti-nutrients com tiaminasa, àcid fític, tanins, oxalats, quinones, etc.) o altres contaminants que ens preocupen. El processat adequat en minimitza la presència.

Al·lèrgies: existeix un risc d'al·lèrgia per reactivitat creuada degut a la similitud taxonòmica que comparteix amb els crustacis, marisc i als àcars de la pols, principalment per contenir tropomiosina i arginina quinasa. Paral·lelament, s'està estudiant la possible reacció a la quitina del seu exoesquelet (29,32,44). En el pols elaborat a partir de cuc de la farina, s'ha trobat possible presència de gluten, el que és un altre compost al·lèrgenic. La EFSA però, no ha reportat cap risc de toxicitat per la ingesta d'aquest (29).

Al 2019 la Comissió Europea va demanar que s'avalués la seguretat de productes amb insectes per a la autorització de l'ús com a ingredient alimentari o bé com a aperitiu per a la població general. El Comitè Científic de la AESAN també va avaluar els possibles perills i menciona aspectes sobre les resistències microbianes, reaccions al·lèrgiques creuades i transmissió de patògens diversos. Per al control d'aquests perills, és de vital importància que les empreses apliquin les mides correctes d'higiene en la producció i comercialització. Els operadors involucrats han de tenir instaurat un sistema d'anàlisis de perills i control de punts crítics. Al

ser una pràctica que també es fa de manera casolana, en l'informe inclou normativa d'higiene bàsica per minimitzar els riscos (4,42).

El seu contingut ha de ser indicat en la etiqueta i és convenient adjuntar una declaració del perill d'al·lèrgia que clarifiqui que l'ingredient pot ser al·lergen per als consumidors al·lèrgics a crustacis, mol·luscs o àcars.

4. Potencial nutricional

La composició nutricional de les diferents espècies comestibles és molt diversa ja que depèn de la qualitat i propietats dels substrats proporcionats, les condicions de cria i com es desenvolupa la fase, condicionada per factors genètics i ambientals. Aquests factors no només influeixen en la composició, sinó també la qualitat i biodisponibilitat dels nutrients. Tant la concentració de macro i micronutrients com la densitat nutricional depenen de si són un producte congelat o en pasta, que encara conté aigua, o bé en sec, sencer o en pols. En sec, la densitat calòrica es de 500-600kcal aproximadament, en pols desgreixat unes 300-400kcal i en cru al voltant de 200kcal.

Segons la FAO, els insectes es presenten com un potencial aliment alternatiu a la proteïna animal degut als costos creixents en la indústria alimentària càrnica, el creixement demogràfic i per tant la demanda i l'impacte mediambiental. Amb el suport de nombrosos estudis, indica que són font saludable de proteïna, greixos, vitamines, minerals i un poc de fibra contribuint a la dieta saludable i sostenible (1,41). Pel moment, els grills són l'espècie amb més quantitat de proteïna i més digerible en comparació amb altres (27). La Taula 1 mostra la composició orientativa de les quatre espècies. S'observa que *Locusta migratoria* conté més greix i fibra, mentre que *Acheta domesticus* és la que destaca en contingut proteic (31,47,49).

INSECTE	proteïna (%)	greix (%)	fibra (%)	cendra (%)	contingut energètic (kcal)
Tenebrio molitor (adult)	65,29	14,88	20,22	3,31	379,61
Acheta domesticus (adult)	66,56	22,08	22,08	3,57	455,19
Locusta migratoria (adult) (liofilitzada)	54,16	30,52	9,19	3,08	512,34
Alphitobius diaperinus (adult) (congelat i assecat)	58,4	16,52	6,24	1,54	484

Taula 1: Contingut de proteïna, greix, fibra, cendra i energia per 100g de les 4 espècies.(31,47,49)

Varis estudis han demostrat que el contingut proteic es troba entre el 40 i 55%, fins i tot pot arribar al 70% en pes sec, molt elevat en comparació amb altres fonts de la dieta convencional europea, tant animals com vegetals. Aquesta fracció proteica és d'alta qualitat biològica, amb perfil de EAA complet i una major digestibilitat que les proteïnes de font vegetal, riques en: triptòfan, serina, àcid glutàmic, glicina, metionina, fenilalanina, àcid alfa-aminobutíric, isoleucina, treonina, prolina i tirosina (4,38,45). Destaquen sobretot l'àcid alfa-aminobutíric, treonina, àcid glutàmic i fenilalanina. *Tenebrio* destaca també en valina i leucina. La presència d'aquests pot intervenir en processos fisiològics relacionats amb la pressió arterial, fibrosis, senyalització cel·lular, immunomodulació, proliferació cel·lular, etc. (9,38,46), cosa que s'explica en el següent apartat.

S'ha de tenir en compte que la fracció proteica analitzada es veu alterada per la presència de quitina, la qual aporta càrrega de N però no proteïna i se sol quedar en la fracció insoluble. El seu exoesquelet compost de quitina insoluble és font de fibra, però poc digerible pel que en molts casos es retira per millorar la digestibilitat del producte. En el producte en pols hi ha 4-5g de fibra per 100g de producte, mentre que en el parcialment desgreixat es situa entre 8 i 9g per 100g. El contingut en carbohidrats és baix (al voltant de 5-10%), sent tot fibra, pel que majorment és porció lipídica el restant, un 32,8-40%, la qual és rica en àcids grassos essencials MUFA i PUFA (24,47). La composició per 100g de producte varien segons el tipus de lot: assecat, en pols, congelat o en pasta (Taula 2). Com menys aigua té la preparació, més es concentren els macronutrients (27).

	LOTES ADL CONGELAT	LOTES ADP PASTA	LOTES ADL SEC	LOTES ADL EN POLS
Proteína bruta (g/100 g de NF)	19,34	17,75	60,94	61,34
Grasa (g/100 g de NF)	8,47	6,19	25,43	24,83
Carbohidratos digeribles totales (g/100 g de NF)	0,82	-	-	2,46
Fibra dietética (g/100 g de NF)	1,42	2,22	6,54	5,84
Energía (kcal/100 g de NF)	160	-	-	496,67

Taula 2: Dades promig de valors nutricionals d'*Alphitobius diaperinus larva* en diversos formats, a partir de les taules nutricionals (28).

L'aportació vitamínica és sobre tot de vitamines del grup B. A causa del processat, que passa per tractaments tèrmics, el contingut en vitamines es veu alterat, però segueix sent una font important en vitamines del grup B: B1, B2, B5, B6, B9 i B12, destacant en aquesta última. També son font rica en vitamina A, E i C (27,41). Tot i que segons la cria i l'espècie varia. A la Taula 3 es mostren continguts de vitamines i minerals en l'espècie *Acheta domesticus*. Tot i així, encara calen més estudis per poder observar l'absorció de minerals i vitamines en humans.

<i>Acheta domesticus</i>	Requeriments dietètics	Dades del Comité Científic	AESAN (2013)
MINERALS (mg/100g)	Dona de 30-39 a	VITAMINES	Dona 30-39 a
Ca (99,6)	950	A (6,53 µg)	650
Cu (0,62)	1,1	E (2,26 mg)	11
Fe (5,46-8,83)	18	B1 (0,04 mg)	1,1
Mg (55,1)	350	B2 (3,41 mg)	0,9
P (299,3)	700	B3 / PP (3,84 mg)	14
Na (163-178)	1500	B6 (0,23 mg)	1,3
K (347-390)	3500	B12 (0,53 µg)	2,4
Zn (6,71-11)	8	C (3 mg)	75
Mn (1,15)	3		

Taula 3: Contingut de minerals i vitamines d'*Acheta domesticus* (50) i requeriments dietètics segons les dades del Comité Científic AESAN (2019)

(https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/publicaciones/revistas_comite_cientifico/comite_cientifico_29.pdf).

També son interessants com a font de microelements, en particular el ferro, calci, potassi, seleni coure, manganès, fòsfor i zenc (1,21,41). En general, els insectes contenen nivells més alts de minerals i vitamines que la carn. Destaquen en el contingut en Fe i la seva alta biodisponibilitat (42).

A més, també són una font interessant de substàncies bioactives amb activitat antioxidant i beneficiosa pel metabolisme, com ara polifenols, enzims, proteïnes, pèptids i EAA, terpens i compostos sulfurats (1,28,33). La Figura 5 resumeix de manera esquematitzada les propietats nutricionals.

Un factor important a tenir en compte és la digestibilitat. En general, se situa entre el 76 i 98% (13). El grill domèstic, per exemple, és digerible en un 83.9%, un valor elevat però lleugerament més baix que altres proteïnes animals com l'ou i la carn, que se situen en un 95-98%. Diversos estudis mostren variacions en aquests nombres, situant-se però en el rang mencionat (27,46).



Figura 5: Adaptació de l'esquema 1 de l'estudi d'Errico et al. (21)

5. Aplicacions a la salut

L'estudi de Akande et al. (47), va analitzar l'impacte i les propietats del pols de llagosta en el tractament de desnutrició, afegit en un 30% de concentració en un complement calòric. Aquest estudi va concloure que aquest aliment funcional resulta té un alt potencial per tractar la desnutrició proteica, ja que contenia entre 19,5-26,4% de proteïna. Es va observar que en comparació amb pols de llet tenia major capacitat d'eliminar radicals lliures i activitat quelant del ferro, pel que va resultar un substitut de baix cost de la llet en pols, en aquest cas en productes d'ús terapèutic (11,12,48).

Pel seu alt contingut en proteïna conforma un aliment saciant, que pot tenir efecte antiobesogènic. Emprant-se com a ingredient, l'efecte saciant es pot donar a partir d'un contingut major al 30% d'insecte. L'efecte de plenitud es relaciona amb l'alt contingut proteic i els greixos saludables que s'hi troben (49). La porció proteica està composta també per pèptids amb caràcter bioactiu que poden tenir acció antimicrobiana, antitrombòtica, antihipertensiva, antiinflamatòria, antioxidant i antidiabètica (9,12,51).

Hi ha diversos estudis que mostren la possible aplicació antifibròtica, a través de la identificació de pèptids que són capaços d'inhibir selectivament la subunitat N de l'enzim convertidor d'angiotensina (ECA), el que es tradueix en propietats bioactives contra fibrosis cardíaca i pulmonar. Els pèptids bioactius presents també han mostrat poder tenir propietats

antihipertensives, antidiabètiques i antioxidants. ECA és un dels compostos més estudiats, el qual està implicat en bastants processos fisiològics relacionats amb pressió arterial, fibrosis, senyalització cel·lular, immunomodulació, proliferació de glòbuls vermells, mielina, etc. (9,38,46). Diversos estudis han demostrat tots els efectes mencionats a través d'hidròlisi de les proteïnes que el componen, però encara necessiten més rellevància experimental.

Varis estudis realitzats amb rates o altres animals han mostrat poder tenir propietats que milloren el metabolisme i perfil de greixos i tenir un possible efecte terapèutic contra la dislipèmia. En l'estudi d'Errico et al. (21), s'observa que els extractes de larves en hepatoblastomes humans reduïen el contingut de greix intracel·lular i l'acumulació lipídica, i poden atenuar el dany hepàtic. També inhibeixen gens relacionats amb la lipogènesi i d'activitat antioxidant. S'ha vist que existeix efecte inhibidor sobre les transaminases regulant l'expressió de citocines. Aquests efectes també requereixen més evidència experimental (21,52).

Les propietats antimicrobianes s'atribueixen a la tenecina 1, 2, 3 i 4, un potencial agent terapèutic contra bacteris Gram positius la 1, bacteris Gram negatius la 2 i la 4 i activitat antifúngica la tenacina 3 (53).

L'efecte antidiabètic és degut a pèptids inhibidors de α -amilasa i α -glucosidasa, agonistes del pèptid similar a glucagó (GLP-1) i dipeptidil peptidasa-4 (DPP-4), modulant els nivells de glucosa en sang i la resistència a la insulina. Aquests pèptids són trobats sobretot en les estructures cuticulars (33).

La porció de quitina també ha mostrat tenir activitat antimicrobiana per acció quelant, interacció amb el DNA, malmetent la membrana cel·lular i formant films de polímers densos en la superfície de bacteris. Aquesta substància es pot aplicar en diferents camps, com la cosmètica, agricultura i la mateixa indústria alimentària (21).

En un altre estudi conclou que la introducció de *Tenebrio molitor* restaura l'expressió de 15 metabòlits i 17 proteïnes en rates hipertenses Wistar-Kyoto, les quals s'associen al manteniment de la pressió arterial, sent un possible tractament per la hipertensió sent efectives a partir de les 4 setmanes (51). Contenen nivells importants de diversos nutrients, alguns molt importants a cobrir amb la dieta, com ara la vitamina B9 que es troba per sobre dels 100mg per 100g de producte sec (54). D'altra banda, també es presenta com un potencial ingredient en snacks i suplementes per a esportistes (55,56).

A part de la producció alimentària, s'han elaborat alguns estudis més enfocats a l'estètica per observar els resultats antioxidant i d'hidratació dèrmica, mantenint el col·lagen i la salut de la pell (57). A més, se'ls atribueix altres utilitats per exemple a partir de la quitina (Figura 6) i altres compostos que poden servir per la producció de biocombustible, lípids, tèxtils (seda), cera, cosmètics, colorants, productes farmacèutics tensioactius (4).



Figura 6: Aplicacions dels extractes de quitina i quitosan, segons l'estudi d'Errico S. et al. (21)

6. Possibilitats al mercat alimentari

Tot i que la entomofàgia és una pràctica que existeix des de fa molt de temps en certes cultures i regions, les granges d'insectes són més recents. De fet, van sorgir per a l'elaboració de pinsos per animals de granja, sobretot aquicultura, i no per al consum humà. Avui dia, ja trobem varies granges arreu del món. La viabilitat d'usar insectes per la producció alimentària està determinada per diversos factors. Aquelles espècies que creixen més ràpid són més fàcils de mantenir ja que s'adapten molt bé a les condicions ambientals i als substrats, el que permet gastar menys energia i menys costos en el substrat.

Es presenta com una opció eficient en termes econòmics ja que tenen una taxa de reproducció molt elevada, el que permet a les granges criar-ne varies vegades a l'any i incrementar així els beneficis econòmics. A més, ha permès a les dones desenvolupar habilitats empresarials en les comunitats rurals i incrementant així la qualitat de vida ja que el mercat proporciona bona font d'ingressos a les comunitats rurals que sí consumeixen insectes. Dintre d'aquest sector, hi ha treballant un alt percentatge de dones. Per exemple, a l'Àfrica Oriental, prop del 70% de contractes són dones. Ara bé, pel moment, en comparació amb la producció de proteïnes vegetals com la farina de soja, resulten igual de costoses o fins i tot per sobre, però inferior a la farina de peix. Això s'espera que canviï i es redueixin els preus quan la producció es tecnifiqui i magnifiqui, comportant un volum de demanda i producció major (2,4). El preu de mercat és un aspecte que les empreses han de considerar curosament ja que per a la població resulta un indicador de qualitat i influeix en la disposició de pagar per un producte. Segons la percepció que es té sobre un producte, el públic està disposat a fer un sacrifici monetari major o menor. El preu que se li adjudica al producte està condicionat doncs segons el cost total de la producció, el valor atribuït pel consumidor i el valor dels productes que són o poden ser competència (58).

Cal tenir present que la seva introducció al mercat pot esdevenir en sobreexplotació, la qual amenaça la biodiversitat i estabilitat de l'ecosistema i afectar així a la conservació dels medis rurals. Per aquesta raó, es realitzen controls i s'apliquen regulacions i normatives. En algunes comunitats que en crien per tradició s'apliquen polítiques restrictives en els períodes de cria per evitar la sobreexplotació dels insectes. També s'apliquen polítiques que restringeixen l'ús

d'agroquímics per evitar riscos d'innocuitat de l'aliment i afectar a la biodiversitat. La idea és que no es sobreproduïxi per abastir la alta demanda de carn i peix, ja que gran part ja se'n produeix pels pinsos i s'augmenti per al consum humà i es mantingui com una font sostenible (1,4). Tot i que majoritàriament es produeixen per fer pinsos, també es cultiven per a la gestió de residus i s'usen els excrements com a fertilitzant. Aquestes aplicacions ja estan regulades en molts països. També cal mencionar les seves aplicacions naturals degut a les funcions com pol·linització, dispersió d'espores, control de plagues i captació de CO₂, principalment (4).

Els insectes es presenten com un perfecte candidat per satisfer als consumidors que miren per fonts sostenibles i bon perfil nutricional dels aliments. A més, és un producte que ofereix oportunitats de subsistència i amplia les oportunitats laborals tant en població urbana com rural, sense requerir grans tecnologies avançades (2). Tot i ser conscients del tipus de societat a la que se li presenta el producte, és clau que les empreses emergents estudiïn quina és la visió i l'acceptació previs i posteriorment analitzar resultats de venda i percepció dels consumidors després del llançament. El màrqueting és una eina essencial per empènyer aquest petit sector i popularitzar el consum. Els propòsits de l'etiquetatge no només inclouen les qüestions bàsiques a presentar segons el marc legal, sinó que la descripció, representacions gràfiques que donin suport al posicionament del producte com etiquetes ètiques, mediambientals i declaracions nutricionals. Aquestes són estratègies que capten un major nombre de consumidors. Les activitats de promoció de venda, màrqueting per diferents mitjans de comunicació, publicitat, lliurar contingut d'alta qualitat i evidència juguen un paper essencial en l'impuls del consum d'aliments (58).

Els darrers anys han aparegut emprenedors del sector a Espanya i han aparegut marques que es dediquen a la producció i distribució de productes alimentaris amb insectes (farines, suplement proteic fins a snacks dolços i salats usant-los com a base o ingredient). Un exemple és la marca *Insectum*. Anteriorment, al 2017, a València es va impulsar el start-up "*Insectfit*" però van haver de tancar a causa de la involució. Altres països europeus també han sorgit marques amb opció de compra online, com *Jimini's* (59) a França. Pel moment, els productes que podem comprar per internet tenen un valor considerat elevat i amb una presentació d'aliment funcional, degut probablement a la baixa demanda i petita producció. Es poden trobar barretes proteiques de 2€, snacks dolços com escarabats grills banyats en xocolata (11€), salats com chips (3,99€) o insectes deshidratats i savoritzants (Figura 7), neutrals com la pasta (5,99€), etc. Alguns supermercats també han introduït aliments amb insectes com és el cas de la franquícia Carrefour, que va introduir 10 productes a Madrid i Astúries (60). Amb més anterioritat, alguns establiments de menjar exòtic tenen en la seva carta plats que contenen insectes. A Barcelona mateix tenim alguns com BCN Insects que es troba al Mercat de la Boqueria, i el restaurant Oaxaca especialitzat en cuina mexicana, que ofereix chapulines (Figura 8) i formiga chicatana (61).



Figura 7: Chapulines en tortillas mexicanes al restaurant Oaxaca. Extret de Barcelona Secreta (<https://barcelonasecreta.com/comer-insectos-barcelona/>)



Figura 8: Snack salat de grills (6.99€). Extret de la pàgina web de Jiminis (<https://www.jiminis.com/en/>)

7. Impacte sociocultural

El consum d'insectes s'ha associat a grups vulnerables social i econòmicament, però també hi ha regions que practiquen entomofàgia pel seu gust particular, valor nutritiu i fins i tot per ser considerat una delícia i tenir usos medicinals (6). Ara bé, així és a l'Àsia, Amèrica Llatina i Àfrica, mentre que als països occidentals és més comú la neofòbia i està sent més complicat introduir els insectes a la dieta. La neofòbia és un mecanisme natural de rebuig a coses que semblen perilloses i no consumibles, i intervé també el rebuig a la tecnologia (32,62). La investigació i lliurar informació vàlida a la societat és clau en l'estratègia per a la familiarització. Resulta més acceptable la introducció mitjançant aliments ja presents en la dieta que visualment no evidencien la composició, com barretes o productes de fleca. Per això, resulta un tipus de producció innovadora que potencia les tecnologies emergents (58,63).

Segons un article d'investigació científica publicat a les notícies de la UOC, en què es va fer una enquesta sobre 1034 persones la principal raó per la que no es consumeixen insectes és el fàstic (38%), seguida per la carència d'hàbit i tradició (15%), els dubtes sobre la seguretat alimentària (9%), raons culturals (6%), i altres més minoritàries (64).

En l'estudi de Koning et al. (62) primerament es van enquestar 3091 persones de diferents països valorant sis ítems: salubritat, seguretat, nutrició, sostenibilitat, característiques organolèptiques i assequibilitat en relació amb les fonts de proteïna animal, vegetal i d'insectes. També es va valorar el nivell i raó de la neofòbia i una escala de intenció del comportament dels participants a tastar i comprar. No es van tenir en compte aspectes individuals subjacents (nivell educatiu, coneixement d'aliments i les seves propietats, capacitat de cuinar, etc.). En resultat, els possibles beneficis per la salut i el medi ambient son impulsors del comportament, mentre que la neofòbia, el sabor i textura, poca familiaritat, no tradició i els dubtes per la seva seguretat son inhibidors. A la Figura 9 s'observa la relació entre els factors inhibidors i impulsors.



Figura 9: Esquema adaptat del model hipotètic d'impulsors i inhibidors de Koning et al. (62).

Les persones que resulten potencials consumidors estan dotats de certes característiques donades pel seu entorn i l'individualisme. S'associa una major predisposició a ser consumidor a aquell públic que busca noves sensacions i varietat, noves experiències, neofília alimentària més elevada que la neofòbia, baixa sensibilitat al fàstic i experiències possiblement desagradables, familiaritat i interès que l'hagi proporcionat informació, consciència sobre la salut i el medi ambient, poc aferrament a la carn (per dieta especial, disgust, neutralitat,...). També, s'ha descrit que el públic jove i de sexe masculí està més obert a la introducció d'insectes a la dieta. Distingint entre grups poblacionals que duen a terme diferents dietes, els vegans presenten menys probabilitat d'introducció per motius ètics principalment, mentre que vegetarians i flexiterians son els més potencials consumidors (65).

Per ara, als països de l'est és una font de proteïna més cara que la convencional, degut al petit mercat que existeix. Els avenços en tecnologia alimentària i l'increment d'informació a través de diversos canals comunicatius sobre els beneficis i les oportunitats de mercat està augmentant la tolerància per part de la societat. Per a tal d'animar a introduir els insectes a la dieta es presenten diverses estratègies (58,62):

- Donar èmfasis en les seves propietats nutricionals i seguretat alimentària
- Incorporar-los camufladament com a ingredients d'aliments coneguts
- Treballar en les característiques organolèptiques dels productes per incrementar la sensació de plaer
- Mescles d'espècies i coccions que afavoreixin al gust. S'ha observat preferència per sabors torrats i de fruit sec.
- Distingir entre les classes de productes que es comercialitzen
- Donar la informació necessària per fer sentir segur al consumidor
- Argumentar el tema de la sostenibilitat
- Donar informació a través de persones influents
- Educació nutricional des dels més petits
- Disseny d'estratègies de mercat des d'empreses minoristes

Prova sensorial i d'acceptabilitat tastant aliments amb insectes

Es van comprar 4 aliments de la botiga online Jiminis (59): barretes proteiques, pasta fusilli elaborada amb un 5% de farina de *Alphitobius diaperinus*, *Locusta migratoria* banyades en xocolata i cucs *Tenebrio molitor* amb gust a formatge comté. A través de l'experiència personal i 13 testimonis, es van contestar una sèrie de preguntes prèvies i posteriors respecte a característiques organolèptiques i preferències, acceptació i neofòbia, la percepció actual i la visió cap al futur. A l'ANNEX es disposa del qüestionari i els resultats. El segon qüestionari va ser completat només per 9 persones.

En general, les persones participants van tenir una actitud favorable cap a l'experiència de testar i presentaven poca neofòbia. Cal remarcar que tots es trobaven en el rang d'edat 20-30 i no es van tenir en compte característiques individuals més enllà de l'interès per la seva dieta. Els cucs i els grills van causar més rebuig en general, ja que els insectes sencers tenen més impacte visual i incrementen la neofòbia. En canvi, la pasta i la barreta, els insectes eren part dels ingredients i en estar camuflats no va ser complicat tastar-les. A nivell organolèptic:

- L'olor dels grills i els cucs estava força ocult pels aromes afegits. La pasta i la barreta no tenen un aroma que els diferenciï de les convencionals.
- La textura dels cucs i els grills era cruixent. Els cucs van ser més ben acceptats, mentre que els grills van tenir més rebuig per sentir totes les parts (potes, ales). Mastegar-los no va ser agradable, en general.
- A nivell gustatiu, la pasta i la barreta van ser ben acceptats, considerats iguals als productes que hi ha al mercat. Els cucs tenien un aroma i gust fort a l'aroma afegit (formatge comté) i van

haver reaccions diverses, però en global va agradar. Els grills només tenien una mica de cacau de recoberta i el gust no va ser molt definible; estrany i diferent, i les opinions van ser diverses. Els participants indiquen que en general prefereixen que els insectes estiguin ocults com a part dels ingredients i consideren que els podria agradar productes com les emulsions càrniques, snacks, productes de fleca i salses, majorment salats. Tot i així les reaccions van ser molt diverses, ja que més de la meitat no van sentir inquietud per menjar-se l'insecte sencer. La majoria no s'ho plantejaren abans i ha canviat la seva perspectiva cap a una opinió més positiva, elevant l'interès per els aliments amb insectes, l'experimentació i l'impacte de la seva producció. Si es disposessin derivats al mercat a nivell competitiu i amb més accessibilitat, es plantejarien comparar-los. Els embolcalls eren vistosos i atractius, pel que vam concloure que l'estratègia de màrqueting i la presentació de l'envàs o embalatges també son aspectes rellevant per cridar l'atenció i estimular la compra.

8. Sostenibilitat i impacte ambiental de la seva producció

Actualment, ens trobem en una situació d'emergència climàtica i la indústria alimentària és un dels causants principals, amenaçant la biodiversitat i la qualitat de vida. La producció ramadera és la gran responsable, emetent més del 15% d'emissions de gas d'efecte hivernacle, 64% d'amoniac, dessanejament de l'aigua i pèrdua de la biodiversitat (66). L'ús d'insectes com a aliment de consum humà pot ser una estratègia vàlida per a la millora de la seguretat alimentària global. Al ser bioconvertidors, els insectes creixen en restes orgàniques ocupant poc espai de producció i generant menys emissions que altres fonts convencionals de proteïna. Comparant amb la carn de vaca, son fins a 95% menors i el consum energètic un 62% menor (67).

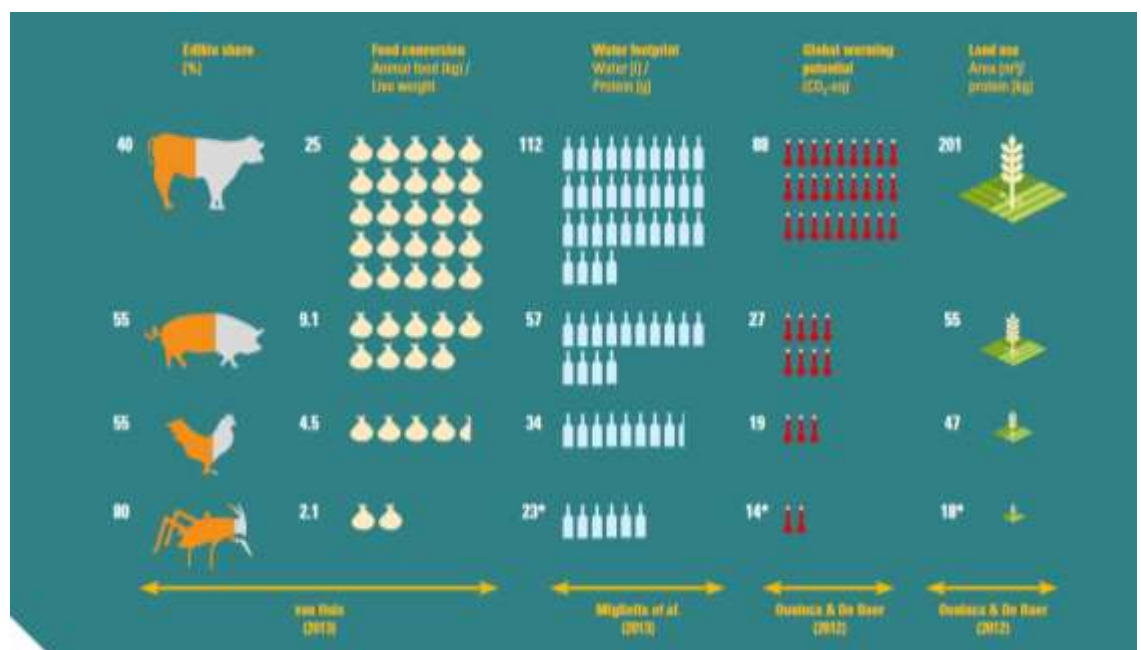


Figura 9: Comparació de la conversió de substrat en biomassa, aigua, escalfament global i terreny emprat per produir 1kg de l'animal. També mostra la porció comestible. *Looking at edible insects from a food safety perspective. Challenges and opportunities of the sector* (1).

Al 2021 la FAO va publicar l'informe *"Looking at edible insects from a food safety perspective – Challenges and opportunities for the sector"*, el qual abasteix aspectes de sostenibilitat. La figura 9 és un dels materials visuals que es troben en l'estudi, on compara diverses produccions i la seva eficiència de conversió, aigua i terreny emprats i la petjada ecològica, el que defineix l'impacte mediambiental. S'indica que els insectes en granja requereixen menys aigua que altres productes i que es poden satisfer les seves necessitats a través dels substrats proporcionats. A més, major part de l'aigua emprada es relaciona al processament (com en la neteja) (1).

Un aspecte rellevant que els converteix en una font alimentària sostenible és la seva ràpida reproducció i creixement, i la conversió eficient de substrats proporcionats en massa corporal. L'eficiència de convertir el menjar en proteïna es entre 4 i 20 vegades menor en comparació a la proteïna porcina i bovina. En comparació amb fonts proteïques tradicionals, s'ha conclòs que es necessita entre 2 i 10 vegades menys terreny per produir 1kg d'insecte. En conseqüència d'això, les emissions de gas d'efecte hivernacle també son molt menors, el que contribueix al Pla de Desenvolupament Sostenible (1). En un altre estudi, s'indica que es requereix 1,7kg de substrat per produir 1 kg de biomassa, mentre que és major per al porc (5kg) o la vedella (10kg), per exemple. En comparació amb les fonts convencionals, requereixen entre 12 i 2 vegades menys aliment per produir la mateixa quantitat de proteïna. A més, la massa corporal és comestible en un 80%, mentre que altres fonts convencionals es solen situar entre el 40 i 60%. Se'ls descriu com un producte d'alta eficiència de producció en diversos estudis oficials i entitats representatives (4,8,67).

L'energia emprada està en dubte, ja que per la cria pràcticament no és necessari utilitzar molta energia però sí pel processat, ja que passa per processos tèrmics. Igualment, en comparació amb la indústria càrnica segueix requerint menys recursos. L'espai requerit també és molt menor. Amb la situació de creixement de la població en augment la demanda alimentària també creix i és cada vegada més difícil poder abastir-la. Ens trobem amb diverses limitacions amb altres produccions com és la de proteïna convencional a causa dels recursos requerits. Per afrontar la situació, necessitem transformar la societat cap a una dieta més sostenible. Tot i que en alguns països tropicals es consumeixin insectes de la natura, la situació de sobreexplotació de recursos i canvis de l'hàbitat i contaminació també poden estar amenaçant aquest recurs. El fet que s'emprin per la gestió de residus és un factor rellevant que els fa sostenibles, ja que poden alimentar-se de restes derivades de plantes i excrements animals. Algunes espècies, com els cucs de farina, poden degradar diverses formes de poliestirè i polietilè. No només d'aquesta manera, sinó que el seu paper com a descomponedors incrementa la fertilitat dels sòls. Els residus fecals generats pels insectes resulten útils i d'alta qualitat per ser utilitzats com a fertilitzant i pot incrementar l'activitat biològica del sòl (4,68).

Es qüestiona però, si la producció en granja dels insectes pot resultar un risc ambiental. Totes aquelles espècies que no siguin endèmiques i representessin un perill per la biodiversitat no poden estar aprovades per a la seva importació. És cert que s'han categoritzat ja algunes d'elles, si més no les espècies autoritzades a Europa son segures per a la seva producció (4,68).

9. Resultats i conclusions

Aquesta revisió bibliogràfica ha analitzat l'impacte del consum d'insectes sobre la salut humana i planetària, contemplant el marc legal, sociocultural i mercantil l'Europa. L'ús alimentari d'insectes és present en la dieta tradicional de varies regions del món, on també s'hi atribueixen usos medicinals, i resulta cada vegada més interessant per a la població Europea. Els darrers anys s'han realitzat diversos estudis sobre les aplicacions i la funcionalitat i des del 2021 s'han legalitzat 4 espècies com a Novel Foods: *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, *Acheta domesticus* i *Locusta migratoria*. Tant la FAO com l'EFSA han publicat diversos informes respecte a la seguretat alimentària, ús nutricional i impacte mediambiental, i s'han posicionat favorablement. S'ha conclòs que els insectes son una font important de proteïnes d'alt valor biològic i a més, d'alta digestibilitat (76-98%), àcids grassos saludables (MUFA i PUFA), minerals (Cu, Fe, Mg, Ca), vitamines (B2, B12, C, E principalment), compostos bioactius i antioxidants, el que conforma un perfil nutricional saludable i interessant per diverses aplicacions (mèdiques, esportives). Té possibles atribucions d'aliment funcional amb aplicacions sobre la salut: desnutrició, obesitat, salut hepàtica, antifibròtica, antioxidant, antihipertensiva, etc. Encara però, es requereixen més estudis que evidenciïn les possibles aplicacions mèdiques.

D'altra banda, l'impacte mediambiental és molt menor en comparació amb altres fonts de proteïna convencional, el que és una qualitat interessant donada la problemàtica actual. L'accessibilitat, ràpida reproducció i eficaç bioconversió, fàcil criança ja que requereixen poc espai, aigua, energia i s'alimenten de substrats orgànics, són aspectes rellevants en la seva producció. Resulten una font alimentària sostenible que sumat als aspectes nutricionals, confereixen una potencial alternativa per abastir la demanda alimentària actual i futura.

Ara bé, la població europea es posiciona més cap a la neofòbia. La preocupació per la seguretat, falta de tradició i hàbit, la vinculació a ésser vector de malalties i antihigiènic, i raons culturals són aspectes que incrementen la neofòbia. La seguretat alimentària és la principal inquietud després del fàstic. Per tal que garantir les bones pràctiques de producció és necessari ampliar el marc legal i establir protocols específics. Com no existeix cap normativa que reguli aspectes de seguretat alimentària dels insectes per al consum humà (higiene i paràmetres màxims de contaminants), es segueixen els criteris d'higiene establerts en la Unió Europea per a la producció de productes càrnics. És important dur a terme pretractaments d'esterilització i controlar les condicions de criança (temperatura, productes de sanejament, pH) i producció per evitar riscos de tipus biològic i químic. A més, cal senyalitzar en l'etiquetatge la presència d'insectes, en part perquè s'ha observat reaccions al·lèrgiques a aquells que en tinguessin als crustacis, marisc i/o àcars.

Els darrers anys han emergit *start-ups* que ofereixen diversos productes, tant amb insectes visibles com camuflats. L'aplicació alimentària d'aquests impulsa l'ús de tecnologia podent innovar i fer ús de noves estratègies per elaborar productes derivats. A més, resulta una estratègia no només favorable cap a la innovació de la indústria, sinó que incrementa l'acceptació dels aliments. S'ha observat que els productes amb insectes camuflats, i els salats i cruixents, tenen un índex d'acceptació més elevat, i cada vegada s'estan obtenint millors valoracions. Tot i així, és un camp que encara requereix investigació per tal de potenciar i millorar les característiques organolèptiques obtenint el màxim benefici nutricional. Pel moment, és un sector petit i el preu de mercat no és barat, però s'espera que s'expandeixi, tecnifiqui i magnifiqui la producció i contribueixi a l'economia circular de la indústria alimentària, podent abaratir així els productes finals disponibles al mercat. Es necessita una correcta divulgació d'informació sobre les propietats nutricionals i sostenibles, i fer l'experiència el més satisfactòria possible per generar interès, tenint en compte la seguretat, les característiques organolèptiques i la presentació.

Després de l'estudi, es pot considerar que els insectes tenen moltes possibilitats, degut als bons atributs, de formar part de la dieta europea en un futur. Encara però, es requereixen estudis i més investigació per optimitzar la producció d'insectes i els aliments derivats.

10. Agraïments

A la meva tutora, Raquel Martín Venegas, per la seva ajuda i la confiança dipositada en mi i en el meu treball. També agrair als amics que m'han donat suport i ànims, en especial els que han participat amb mi en l'experiència del tast d'aliments amb insectes i han aportat el seu gra de sorra al treball.

11. Bibliografía

1. Looking at edible insects from a food safety perspective. FAO, 2021. Disponible a: <http://www.fao.org/documents/card/en/c/cb4094en> (darrer accés 30 abril 2024).
2. Tanga, C.M.; Egonyu, J.P.; Beesigamukama, D.; Niassy, S.; Emily, K.; Magara, H.J.; Omuse, E.R.; Subramanian, S.; Ekesi, S. Edible insect farming as an emerging and profitable enterprise in East Africa. *Curr Opin Insect Sci* **2021**, *48*, 64–71.
3. Fleta, J. Entomofagia: ¿una alternativa a nuestra dieta tradicional? *Sanid Mil* **2018**, *74*, 41–46.
4. van Huis, A. *Edible insects: future prospects for food and feed security*, 1st ed.; Food and Agriculture Organization of the United Nations: Roma, Italia, 2013; pp. 1–185.
5. Avendaño, C.; Sánchez, M.; Valenzuela, C. Insectos: son realmente una alternativa para la alimentación de animales y humanos. *Rev chil nutr* **2020**, *47*, 1029–1037.
6. Pijoan, M. El consumo de insectos, entre la necesidad y el placer gastronómico. *Offarm* **2001**, *20*, 150–161.
7. Pulido, V.C.; González, C.F.; Tapia, Y.M.; Celis, X.M. Insectos: Recursos del pasado que podrían ser una solución nutricional para el futuro. *Avances En investigación Agropecuaria* **2022**, *24*, 81–100.
8. Grau, T.; Vilcinskis, A.; Joop, G. Sustainable farming of the mealworm *Tenebrio molitor* for the production of food and feed. *Z Naturforsch C J Biosci* **2017**, *72*, 337–349.
9. Ferrazzano, G.F.; D'Ambrosio, F.; Caruso, S.; Gatto, R.; Caruso, S. Bioactive Peptides Derived from Edible Insects: Effects on Human Health and Possible Applications in Dentistry. *Nutrients* **2023**, *15*, 4611.
10. López-Gámez, G.; del Pino-García, R.; López-Bascón, M.A.; Verardo, V. From feed to functionality: Unravelling the nutritional composition and techno-functional properties of insect-based ingredients. *Food Res Int* **2024**, *178*, 113985.
11. Nino, M.C.; Reddivari, L.; Ferruzzi, M.G.; Liceaga, A.M. Targeted Phenolic Characterization and Antioxidant Bioactivity of Extracts from Edible *Acheta domestica*. *Foods* **2021**, *10*, 2295.
12. Zielińska, E.; Baraniak, B.; Karaś, M. Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities of Hydrolysates and Peptide Fractions Obtained by Enzymatic Hydrolysis of Selected Heat-Treated Edible Insects. *Nutrients* **2017**, *9*, 970.
13. Mishyna, M.; Chen, J.; Benjamin, O. Sensory attributes of edible insects and insect-based foods – Future outlooks for enhancing consumer appeal. *Trends Food Sci Technol* **2020**, *95*, 141–148.
14. Primera evaluación de EFSA sobre los insectos como nuevo alimento. Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria, 2021. Disponible a: <http://acsa.gencat.cat/es/detall/noticia/Primera-evaluacion-de-EFSA-sobre-los-insectos-como-nuevo-alimento> (darrer accés 30 abril 2024).
15. Situación de los insectos en alimentación humana. Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición, 2024. Disponible a: https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/gestion_riesgos/INSECTOS_ALIMENTACION_.pdf (darrer accés 30 abril 2024).
16. Approval insect novel food. European Commission. Disponible a: https://food.ec.europa.eu/safety/novel-food/authorisations/approval-insect-novel-food_en (darrer accés 30 abril 2024).
17. Europa autoriza la comercialización del primer insecto como nuevo alimento, el gusano de la harina. Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria, 2021. Disponible a: <http://acsa.gencat.cat/es/detall/noticia/Europa-autoriza-la-comercializacion-del-primer-insecto-como-nuevo-alimento-el-gusano-de-la-harina> (darrer accés 30 abril 2024).
18. Rumpold, B.A.; Schlüter, O.K. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Mol Nutr Food Res* **2013**, *57*, 802–823.
19. Safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. EFSA, 2021. Disponible a: <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/6343> (darrer accés 30 abril 2024).
20. Damborsky, M.; Sandrigo-Ybran, T.; Oscherov, M.E. Ciclo de Vida de *Tenebrio molitor* (Coleoptera, Tenebrionidae) en Condiciones Experimentales. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas UNNE* **1999**, *6*, 35–38.
21. Errico, S.; Spagnoletta, A.; Verardi, A.; Moliterni, S.; Dimatteo, S.; Sangiorgio, P. *Tenebrio molitor* as a source of interesting natural compounds, their recovery processes, biological effects, and safety aspects. *Compr Rev Food Sci Food Saf* **2022**, *21*, 148–197.
22. *Tenebrio molitor*. En: Wikipedia, la enciclopedia libre [Internet]. 2024 [citad 7 maig 2024]. Disponible a: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Tenebrio_molitor&oldid=158845896

23. Šerifović, J.; Dugonjić, A.; Šušnić, S.; Uršulin-Trstenjak, N.; Haliti, S. Sustainable halal food production: *Locusta migratoria* as unused potential. *Ekonomski izazovi* **2022**, *11*, 74–80.
24. Clarkson, C.; Miroso, M.; Birch, J. Potential of Extracted *Locusta Migratoria* Protein Fractions as Value-Added Ingredients. *Insects* **2018**, *9*, 20.
25. *Locusta migratoria*. Wikipedia. Disponible a: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Locusta_migratoria&oldid=157280612 (darrer accés 30 abril 2024).
26. Horcajo, I.P. Caracterización de la harina de grillo común (*Acheta domesticus*) y el estudio de las propiedades nutricionales, fisicoquímicas y sensoriales al introducirla en una crema de cacao saludable, Trabajo de fin de grado del Grado en ciencia y tecnología de los alimentos, Universidad Miguel Hernández de Elche, juny 2018.
27. González, M.R. El grillo doméstico (*Acheta domesticus*) como nuevo alimento en la Unión Europea. Usos y aplicaciones en la Industria Alimentaria, Trabajo de fin de grado del Grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Universidad del País Vasco, curs acadèmic 2022–2023.
28. Rumbos, C.I.; Pantazis, I.; Athanassiou, C.G. Population Growth of *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) on Various Commodities. *J Econ Entomol* **2020**, *113*, 1001–1007.
29. EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens (NDA). Safety of frozen and freeze-dried formulations of the lesser mealworm (*Alphitobius diaperinus* larva) as a Novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA J* **2022**, *20*, e07325.
30. *Alphitobius diaperinus*. Wikipedia. Disponible a: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Alphitobius_diaperinus&oldid=1220659218
31. Prósper, L. Seguridad alimentaria y calidad nutricional del uso de insectos en la dieta. Trabajo de fin de grado del Grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Universitat Politècnica de València, juny 2020.
32. Conway, A.; Jaiswal, S.; Jaiswal, A.K. The Potential of Edible Insects as a Safe, Palatable, and Sustainable Food Source in the European Union. *Foods* **2024**, *13*, 387.
33. Teixeira, C.S.S.; Villa, C.; Costa, J.; Ferreira, I.M.P.L.V.O.; Mafra, I. Edible Insects as a Novel Source of Bioactive Peptides: A Systematic Review. *Foods* **2023**, *12*, 2026.
34. Kim, T.K.; Yong, H.I.; Cha, J.Y.; Park, S.Y.; Jung, S.; Choi, Y.S. Drying-induced restructured jerky analog developed using a combination of edible insect protein and textured vegetable protein. *Food Chem* **2022**, *373*, 131519.
35. Biró, B.; Sipos, M.A.; Kovács, A.; Badak-Kerti, K.; Pásztor-Huszár, K.; Gere, A. Cricket-Enriched Oat Biscuit: Technological Analysis and Sensory Evaluation. *Foods* **2020**, *9*, 1561.
36. Ho, I.; Peterson, A.; Madden, J.; Huang, E.; Amin, S.; Lammert, A. Will It Cricket? Product Development and Evaluation of Cricket (*Acheta domesticus*) Powder Replacement in Sausage, Pasta, and Brownies. *Foods* **2022**, *11*, 3128.
37. Mafu, A.; Ketnawa, S.; Phongthai, S.; Schönlechner, R.; Rawdkuen, S. Whole Wheat Bread Enriched with Cricket Powder as an Alternative Protein. *Foods* **2022**, *11*, 2142.
38. Pan, J.; Xu, H.; Cheng, Y.; Mintah, B.K.; Dabbour, M.; Yang, F.; Chen, W.; Zhang, Z.; Dai, C.; He, R.; Ma H. Recent Insight on Edible Insect Protein: Extraction, Functional Properties, Allergenicity, Bioactivity, and Applications. *Foods* **2022**, *11*, 2931.
39. Aleman, R.S.; Marcia, J.; Pournaki, S.K.; Borrás-Linares, I.; Lozano-Sanchez, J.; Fernandez, I.M. Formulation of Protein-Rich Chocolate Chip Cookies Using Cricket (*Acheta domesticus*) Powder. *Foods* **2022**, *11*, 3275.
40. Perez-Santaescolastica, C.; De Winne, A.; Devaere, J.; Fraeye, I. The flavour of edible insects: A comprehensive review on volatile compounds and their analytical assessment. *Trends Food Sci Technol* **2022**, *127*, 352–367.
41. Orkusz, A. Edible Insects versus Meat—Nutritional Comparison: Knowledge of Their Composition Is the Key to Good Health. *Nutrients* **2021**, *13*, 1207.
42. Riera, V. L'ús d'insectes com a nou ingredient pel disseny de productes alimentaris, Treball Final de Màster Nutrició i Salut, Universitat Oberta de Catalunya, maig 2019.
43. Garofalo, C.; Milanović, V.; Cardinali, F.; Aquilanti, L.; Clementi, F.; Osimani, A. Current knowledge on the microbiota of edible insects intended for human consumption: A state-of-the-art review. *Food Res Int* **2019**, *125*, 108527.
44. Barre, A.; Pichereaux, C.; Simplicien, M.; Burlet-Schiltz, O.; Benoist, H.; Rougé, P. A Proteomic- and Bioinformatic-Based Identification of Specific Allergens from Edible Insects: Probes for Future Detection as Food Ingredients. *Foods* **2021**, *10*, 280.
45. Purschke, B.; Tanzmeister, H.; Meinlschmidt, P.; Baumgartner, S.; Lauter, K.; Jäger, H. Recovery of soluble proteins from migratory locust (*Locusta migratoria*) and characterisation of their compositional and techno-functional properties. *Food Res Int* **2018**, *106*, 271–279.

46. Teixeira, C.S.S.; Biltres, R.; Villa, C.; Sousa, S.F.; Costa, J. Ferreira, I.M.P.L.V.O.; Mafra, I. Exploiting *Locusta migratoria* as a source of bioactive peptides with anti-fibrosis properties using an in silico approach. *Food Funct* **2024**, *15*, 493–502.
47. Fombong, F.T.; Kinyuru, J.; Ng'ang'a, J.; Ayieko, M.; Tanga, C.M.; Vanden Broeck J, Van Der Borght, M. Affordable Processing of Edible Orthopterans Provides a Highly Nutritive Source of Food Ingredients. *Foods* **2021**, *10*, 144.
48. Akande, O.A.; Oluwamukomi, M.; Osundahunsi, O.F.; Ijarotimi, O.S.; Mukisa, I.M. Evaluating the potential for utilising migratory locust powder (*Locusta migratoria*) as an alternative protein source in peanut-based ready-to-use therapeutic foods. *Food Sci Technol Int* **2023**, *29*, 204–216.
49. Skotnicka, M.; Mazurek, A.; Karwowska, K.; Folwarski, M. Satiety of Edible Insect-Based Food Products as a Component of Body Weight Control. *Nutrients* **2022**, *14*, 2147.
50. . Gutiérrez, A. Beneficios del consumo de insectos como fuente de alimento en la salud humana: una revisión bibliográfica. *MLS Health & Nutrition Research* **2023**, *2*, 50–66.
51. Stella, R.; Peggion, C.; Bergantin, C.; Biancotto, G.; Frosini, M.; Dreassi, E.; Marcolongo, O.; Aloisi, A.M.; Pessina, F. Serum Metabolomics and Proteomics to Study the Antihypertensive Effect of Protein Extracts from *Tenebrio molitor*. *Nutrients* **2022**, *14*, 3288.
52. Marschall, M.J.M.; Grundmann, S.M.; Gessner, D.K.; Wen, G.; Most, E.; Eder, K.; Ringseis, R. Feeding of *Hermetia illucens* Larvae Meal Attenuates Hepatic Lipid Synthesis and Fatty Liver Development in Obese Zucker Rats. *Nutrients* **2023**, *15*, 287.
53. Chae, J.H.; Kurokawa, K.; So, Y.I.; Hwang, H.O.; Kim, M.S.; Park, J.W.; Jo, Y.H.; Lee, Y.S.; Lee, B.L. Purification and characterization of tenecin 4, a new anti-Gram-negative bacterial peptide, from the beetle *Tenebrio molitor*. *Dev Comp Immunol* **2012**, *36*, 540–546.
54. Weber, N.; Kouřimská, L.; Kulma, M.; Petříčková, D.; Seufert, F.; Rychlik, M. Folate contents in insects as promising food components quantified by stable isotope dilution. *Front Nutr* **2022**, *9*, 970255.
55. Cunha, N.; Andrade, V.; Ruivo, P.; Pinto, P. Effects of Insect Consumption on Human Health: A Systematic Review of Human Studies. *Nutrients* **2023**, *15*, 3076.
56. Zielińska, E.; Pankiewicz, U. The Potential for the Use of Edible Insects in the Production of Protein Supplements for Athletes. *Foods* **2023**, *12*, 3654.
57. Im, A.R.; Ji, K.Y.; Park, I.; Lee, J.Y.; Kim, K.M.; Na, M.; Chae, S. Anti-Photoaging Effects of Four Insect Extracts by Downregulating Matrix Metalloproteinase Expression via Mitogen-Activated Protein Kinase-Dependent Signaling. *Nutrients* **2019**, *11*, 1159.
58. Puteri, B.; Jahnke, B.; Zander, K. Booming the bugs: How can marketing help increase consumer acceptance of insect-based food in Western countries? *Appetite* **2023**, *187*, 106594.
59. ¡Consigue tus insectos comestibles favoritos en tu casa!. Disponible a: <https://www.jiminis.com/shop/lang/es/> (darrer accés 30 abril 2024).
60. Digital Summit pone en valor el potencial de València como espacio de innovación abierta. Disponible a: <https://valenciaplaza.com/digital-summit-pone-en-valor-el-potencial-valencia-como-espacio-innovacion-abierta> (darrer accés 30 abril 2024).
61. 3 sitios de Barcelona en los que comer bichos. Disponible a: <https://barcelonasecreta.com/comer-insectos-barcelona/> (darrer accés 30 abril 2024).
62. de Koning, W.; Dean, D.; Vriesekoop, F.; Aguiar, L.K.; Anderson, M.; Mongondry, P.; Oppong-Gyamfi, M.; Urbano, B.; Luciano, C.A.G.; Jiang, B.; Hao, W.; Eastwick, E.; Jiang, Z.V.; Boereboom, A. Drivers and Inhibitors in the Acceptance of Meat Alternatives: The Case of Plant and Insect-Based Proteins. *Foods* **2020**, *9*, 1292.
63. Mazurek, A.; Palka, A.; Skotnicka, M.; Kowalski, S. Consumer Attitudes and Acceptability of Wheat Pancakes with the Addition of Edible Insects: Mealworm (*Tenebrio molitor*), Buffalo Worm (*Alphitobius diaperinus*), and Cricket (*Acheta domesticus*). *Foods* **2022**, *12*, 1.
64. La mayoría de personas aceptarían consumir insectos en un futuro. Disponible a: <https://www.uoc.edu/es/news/2023/009-insectos-consumo-alimentacion> (darrer accés 30 abril 2024).
65. Elorinne, A.L.; Niva, M.; Vartiainen, O.; Väisänen, P. Insect Consumption Attitudes among Vegans, Non-Vegan Vegetarians, and Omnivores. *Nutrients* **2019**, *11*, 292.

66. Aidoo, O.F.; Osei-Owusu, J.; Asante, K.; Dofuor, A.K.; Boateng, B.O.; Debrah, S.K.; Ninsin, K.D.; Siddiqui, S.A.; Chia, S.Y. Insects as food and medicine: a sustainable solution for global health and environmental challenges. *Front Nutr* **2023**, *10*, 1113219.
67. Ros-Baró, M.; Casas-Agustench, P.; Díaz-Rizzolo, D.A.; Batlle-Bayer, L.; Adrià-Acosta, F.; Aguilar-Martínez, A.; Medina, F.X.; Pujolà, M.; Bach-Faig, A. Edible Insect Consumption for Human and Planetary Health: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health* **2022**, *19*, 11653.
68. van Huis, A.; Oonincx, D.G.A.B. The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. *Agron Sustain Dev* **2017**, *37*, 43.

12. ANNEX

RESULTATS RESUM DEL QÜESTIONARI PREVI AL CONSUM DE PRODUCTES ALIMENTARIS AMB INSECTES:

Qüestions prèvies a tastar els productes

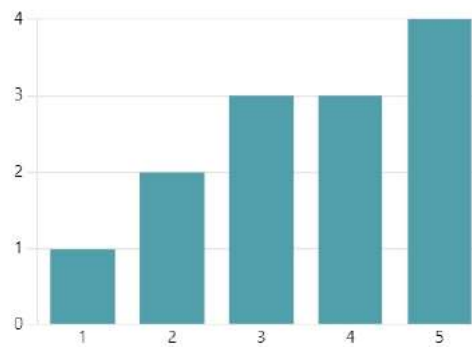
13 Respuestas

04:59 Tiempo medio para finalizar

Activo Estado

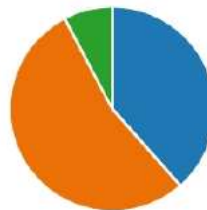
1. Com de disposat estàs a provar aliments que contenen insectes? (0 punto)

3.54
Clasificación promedio



2. Alguna vegada els has provat? Explica'm (0 punto)

Si	5
No	7
explica'm	1



3. explica'm (0 punto)

12
Respuestas

Respuestas más recientes

"No"

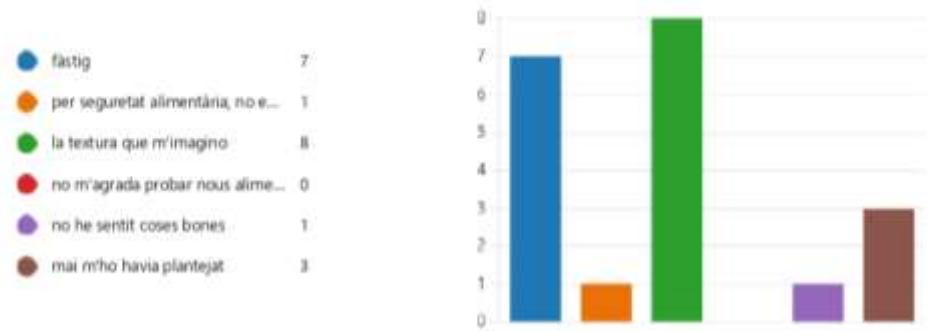
"Vaig provar una sopa molt molt bona a Tunisia, sense saber gaire bé de que..."

"probé una barrita a ciegas que contenían trazas de grillos"

3 encuestados (25%) respondieron **Vaig** para esta pregunta.

insectes bosses gaire bé patates psicológica
trazas fóssin **Vaig** grillos van
ciegas Miami sopa molt molt bona Els vaig Tunisia
México mucha forma profe oportunitat

4. Per què no ho faries? (0 punto)



●

la textura que m'imagino

8

●

no m'agrada provar nous alime...

0

●

no he sentit coses bones

1

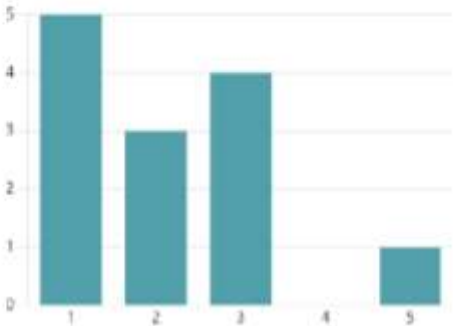
●

mai m'ho havia plantejat

3

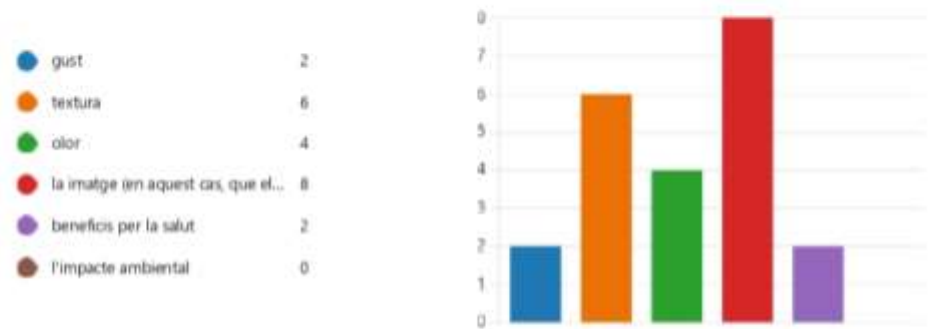
5. quin nivell de neofòbia tens (por a lo nou)? (0 punto)

2.15
Clasificación promedio



consi

6. quins factors consideres més importants a l'hora de decidir si proves un aliment o no (o bé saber si t'agradarà)?



7. quant t'importa el perfil nutricional i l'impacte en la teva salut a l'hora d'escollir els aliments? (0 punto)



8. creus que en un futur proper es menjaran insectes a Europa? (0 punto)

/nutrients

Totes les respostes a la pregunta 9:**9. Principals barreres/reptes del sector de granja i producció alimentària d'insectes****Estigma social**

La tradición. En países donde se ha comido hasta el momento insectos de modo habitual (al menos que yo sepa), entiendo que será difícil crear un mercado sin primero “lavar” la imagen del insecto (como algo sucio, feo, asqueroso, instintivamente ew)

people consider it not safe & disgusting

ni idea.

ni idea

La aceptación de la población

Amb lo que relacionen els insectes en la vida quotidiana (brutícia, malalties, fàstic)

No es comú

el asco

Desinformación

no interesa invertir en esto porque la sociedad no está preparada para consumir esto. van a perder mucho dinero

Acabar amb el tabú

La gente lo rechaza por asco

RESULTATS RESUM DEL QÜESTIONARI POSTERIOR AL CONSUM DE PRODUCTES ALIMENTARIS AMB INSECTES:

Qüestions després de tastar els productes

9 Respuestas

16:43 Tiempo medio para finalizar

Activo Estado

1. com descriuries l'aspecte de la pasta? (0 punto)

9

Respuestas

Respuestas más recientes

*"Normal"**"es veu com pasta normal, sembla integral"**"Normal, apetecible"*

2. com descriuries l'aspecte dels grills en xocolata? (0 punto)

9

Respuestas

Respuestas más recientes

*"No he volgut tastar-ho"**"és una mica impactant ja que es veu el grill sencer"**"No muy apetecible "*

3. com descriuries l'aspecte dels cucs tenebrio gust formatge comté? (0 punto)

9

Respuestas

Respuestas más recientes

*"Com ceba caramel·litzada"**"sembla menjar d'animal o un tipus de topping com ceba caramelitzada"**"Curioso (comida de animal)"*

4. com descriuries el gust de la barreta? (0 punto)

9

Respuestas

Respuestas más recientes

*"Té un gust a barreta normal sense sucre"**"es una barreta totalment normal, igual a la convencional"**"Exquisito "*

5. com descriuries la textura de la barreta? (0 punto)

9

Respuestas

Respuestas más recientes

*"Com una barreta normal de proteïnes"**"tova amb fruits secs i deshidratats cruïxents"**"Mas tierna que una normal"*

6. sabent que la barreta costa 2€, la compraries? (és una barreta proteica, i les disponibles al mercat tenen un preu similar) (0 punto)

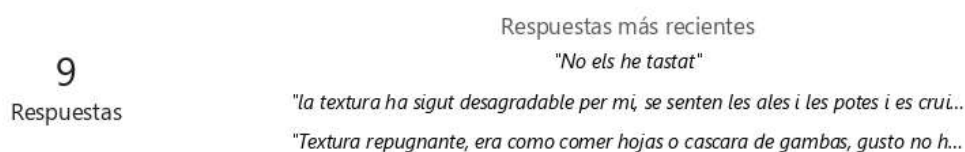
9

Respuestas

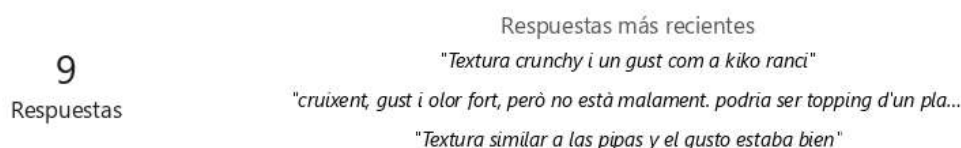
Respuestas más recientes

*"No, perquè encara que tinguin un preu similar el gust de l'alternativa és mil..."**"com a opció ràpida de proteïna, sí"**"Sí"*

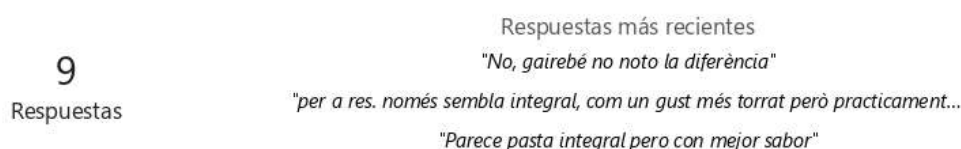
7. com descriuries la textura i el gust dels grills banyats en xocolata? (0 punto)



8. com descriuries la textura i el gust dels cucs tenebrio gust formatge comté? (0 punto)



9. consideres que la textura i el gust de la pasta es diferent a la pasta de blat? per què? (0 punto)



10. quin producte t'ha agradat menys? (0 punto)



11. quin producte t'ha agradat més? (0 punto)



12. ha canviat la teva percepció sobre el consum d'insectes després d'aquesta experiència? (0 punto)



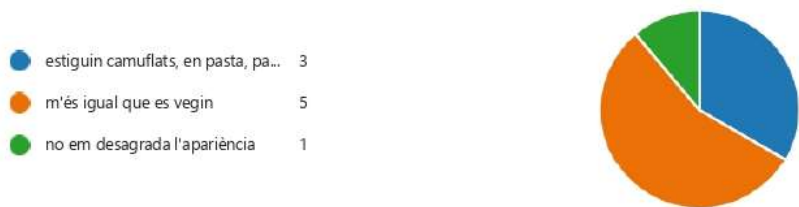
13. si aquests productes estiguessin al supermercat i a preu competitiu, els compraries? (0 punto)



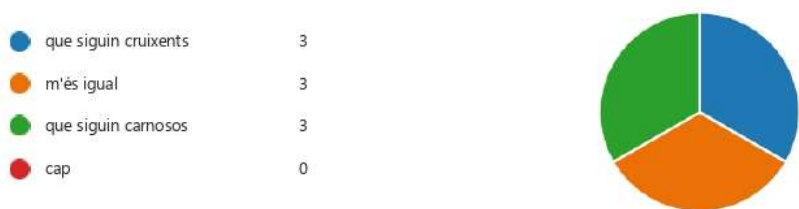
14. recomanaries aquests productes o alguns semblants? (0 punto)



15. a l'hora de consumir-ne, prefereixo que els insectes... (0 punto)



16. a l'hora de consumir-ne, prefereixo... (0 punto)



17. a l'hora de consumir-ne, prefereixo... (0 punto)



18. en quina classe de producte creus que et podria agradar? (productes tipus pa, galetes, barretes, snacks com crackers on estan dissimulats, salses, salsitxes, snacks visuals com els cucs, receptes exòtiques com els chapulines de Oaxaca...)

9

Respuestas

Respuestas más recientes

"En galetes i crackers, coses que estiguin torradetes i que per si ja estiguin cr..."

"en productes de fleca, salses i receptes exòtiques. no sé si les receptes m'agr..."

"Galletas y cereales"

Totes les respostes 1-9 i 18:**1.Com descriuries l'aspecte de la pasta?**

bastant regular, sembla pasta integral. sabe soso sense salsa

Normal

Delicioso

l'aspecte es de pasta normal i el sabor es com de pasta integral

Completament normal

as usual pasta but more grey

Normal, apetecible

es veu com pasta normal, sembla integral

Normal

2.Com descriuries l'aspecte dels grills en xocolata?

horrible, m'ha costat molt pensar en posarmels a la boca. i la textura es textura d'insecte, no es gens agradable.

es pot diferenciar la seva forma

Exótico

no els he volgut mirar abans de menjar-lo pero m'ha sorprès molt el sabor

Ha sigut l'aliment que de primeres m'ha produït més rebuig, per que es veien els insectes clarament

was surprised by their size and look like fried chicken

No muy apetecible

és una mica impactant ja que es veu el grill sencer

No he volgut tastar-ho

3.Com descriuries l'aspecte dels cucs tenebrio gust formatge comté?

també horrible pero no tant como els grills. podia imaginar-me que són falsos cucs.

similars als snacks

Exotico

a primera vista sembla menjar de conill

També eren molt explícits pero no impacta tant, i crec que es por assemblar a algún peix

very fragile and feels like picatostes or cheese

Curioso (comida de animal)

sembla menjar d'animal o un tipus de topping com ceba caramelitzada

Com ceba caramel·litzada

4.Com descriuries el gust de la barreta?

molt bé, m'ha agradat. té gust a barreta normal.

molt dolç

Delicioso

molt dolç i molt bo

Força bo, no l'hauria diferenciat de una barreta convencional

as usual protein bar

Exquisito

es una barreta totalment normal, igual a la convencional

Té un gust a barreta normal sense sucre

5. Com descriuries la textura de la barreta?

és toba amb coses crunchy.

normal

Crujiente

tova com un brownie

Convencional

very soft and a bit of jello bc of dried fruits

Mas tierna que una normal

tova amb fruits secs i deshidratats cruixents

Com una barreta normal de proteïnes

6. Sabent que la barreta costa 2€, la compraries? (és una barreta proteica, i les disponibles al mercat tenen un preu similar)

no, perquè hi ha alternatives més bones i més barates.

si

Si

si

Si necessités proteïnes extra sí

im not a fan of protein bar but i would definitely have one/two for occasions or to share

Si

com a opció ràpida de proteïna, sí

No, perquè encara que tinguin un preu similar el gust de l'alternativa és millor

7. Com descriuries la textura i el gust dels grills banyats en xocolata?

tenia exactament la textura que esperar de un insecte. era crunchy i no tenia gust a xocolata para nada.

la textura a miguetes i el gust no sabia com descriure'l

No me gusta tanto

seca pero amb bon sabor

La textura em tirava una mica cap enrere, i m'ha semblat l'opció amb menys gust

reminded me dry fish which is classic thing to eat, taste was a bit like chocolate but very little

Textura repugnante, era como comer hojas o cascara de gambas, gusto no he encontrado mucho

la textura ha sigut desagradable, se senten les ales i les potes i es cruixent pero sec, com si fos pela d'una gamba

No els he tastat

8. Com descriuries la textura i el gust dels cucs tenebrio gust formatge comté?

era millor que els grills, era més toba que crunchy. el sabor també era millor, sí recordava i olorava molt a formatge molt bons i textura cruixent

Exotico

seca i farinosa pero bon sabor

Molt molt bé, podria passar per un snack de bar sense CAP problema

taste of them was intense and good as addition to salad also bc of the texture which is very crispy and light

Textura similar a las pipas y el gusto estaba bien

cruixent, gust i olor fort, però no està malament. podria ser topping d'un plat

Textura crunchy i un gust com a kiko ranci

9. Consideres que la textura i el gust de la pasta es diferent a la pasta de blat? per què?

té més gust a pasta integral, el del color marró. tenia gromolls al mastegar.

si, em sembla pasta normal

Si, cremosa e hidratante

una mica, té un gust semblant a la pasta integral i una mica amb més densitat

No, no hauria sapigut que portava alguna classe d'insecte

not really, the only difference that in this pasta i felt more of protein in taste

Parece pasta integral pero con mejor sabor

per a res. només sembla integral, com un gust més torrat però practicamente igual

No, gairebé no noto la diferència

18. En quina classe de producte creus que et podria agradar? (productes tipus pa, galetes, barretes, snacks com crackers on estan dissimulats, salses, salsitxes, snacks visuals com els cucs, receptes exòtiques com els chapulines de Oaxaca...)

barretes, salses, salxitxes, potser el pa

pasta, amanides, snacks, salses, molt bons

Snacks

snaks dolços

Pa, snacks, salses, carn camuflada i receptes exòtiques

salads, pasta, rice... basically any food if tastes like all i tried except grills

Galletas y cereales

en productes de fleca, salses i receptes exòtiques. no sé si les receptes m'agradarien però tinc molta curiositat de tastar-ho

En galetes i crackers, coses que estiguin torradetes i que per si ja estiguin cruixents