

INDUSTRIE ALIMENTARI



QUALITY CONTROL AT ITS FINEST



+39 0575 4181 • qa-detectors@ceia-spa.com

www.ceia.net



I. BRAVO* - I. COLAMATTEO - L. CAPPELLI - P. PAPETTI

Laboratorio di Analisi Merceologiche e Territoriali - Dipartimento di Economia e Giurisprudenza - Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale - Via S. Angelo, loc. Folcara - 03043 Cassino (Fr)

*email: ilenia.bravo@libero.it

Alimenti a base di insetti: proprietà nutrizionali, produzione e prospettive di mercato

■ PAROLE CHIAVE

entomofagia, insetti commestibili, *novel food*, consumatori, fonti alimentari, fonti proteiche alternative

RIASSUNTO

Cambiamento climatico e aumento della popolazione, sono ad oggi le sfide in grado di influenzare le produzioni e le risorse alimentari, rendendo necessarie fonti nutrizionali alternative. L'utilizzo degli insetti commestibili come alimento proteico animale, ha suscitato negli ultimi anni, molta attenzione. L'entomofagia, è una pratica tradizionale, condivisa e diffusa da molte società, che hanno scoperto negli insetti fonte di sostentamento di alto valore nutritivo. Tuttavia, la maggior parte dei consumatori occidentali, associa al consumo di insetti, un potenziale veicolo di malattie infettive, descrivendo tale pratica primitiva e riprovevole. Numerosi studi sul comportamento dei consumatori, rivelano che la disponibilità a consumare questo tipo di preparazioni, aumenta se vengono fornite informazioni sugli effetti positivi derivati dal consumo di insetti, e se incorporati in alimenti familiari.

Il presente studio indaga gli attuali sviluppi del mercato degli insetti commestibili e l'attitudine al loro consumo; individuando nelle proprietà nutrizionali e nelle corrette pratiche produttive, il potenziale commerciale di tali prodotti.

Characteristics of insect based food and market development

■ KEYWORDS

entomophagy, edible insects, *novel food*, consumers, food sources, alternative protein sources.

SUMMARY

Climate change and population growth are currently the challenges that are compromising the food production and resources, making alternative nutritional sources necessary. The use of edible insects as alternative animal protein food has attracted a lot of attention in recent years. Entomophagy is a traditional practice, widespread by many societies, which have discovered insects as a source of sustenance with high nutritional value. However, most Western consumers associate the consumption of insects with a potential vehicle for infectious diseases, and describing this practice as primitive and reprehensible.

Numerous studies on consumer behavior reveal that the willingness to consume these preparations increases if they are incorporated into familiar foods, and if the information regarding the positive effects derived from their consumption is provided.

This study investigates the current developments of the edible insects market and the attitude towards their consumption; identifying their nutritional properties and in the correct production practices, as the potential commercial value of these products.



Introduzione

La ricerca di fonti alimentari sostenibili è diventata una priorità al raggiungimento degli Obiettivi dell'Agenda 2030, relativi a garantire fame zero, riduzione della povertà e benessere sociale; alimentazione funzionale e diversificazione della dieta, sembrano essere tra le soluzioni più sostenibili (Imathiu, 2020; Köhler *et al.*, 2019). In particolare l'introduzione nella dieta umana di nuove fonti alimentari, disponibili in natura, facili da produrre e con buone caratteristiche nutrizionali, sembrerebbe uno degli approcci più vantaggiosi dal punto di vista economico, ambientale e sociale. Gli insetti commestibili sembrano soddisfare tali requisiti, hanno il potenziale per fungere da alternative sane e salutari, e sono una fonte conveniente di proteine e micronutrienti di alta qualità.

L'entomofagia è praticata tradizionalmente da quasi 2 miliardi

di persone nel mondo, e per molti Paesi, come Thailandia, Ghana, Messico, Cina, Brasile, Australia e Giappone, gli insetti sono alla base della dieta alimentare (Tab. 1); nell'Africa sub-sahariana vengono ampiamente consumate oltre 500 specie di insetti. In Europa, i tipi di insetti più allevati per il consumo umano sono le tarme della farina (*Tenebrio molitor*) e i grilli (*Acheta domesticus*) (Imathiu, 2020).

Nelle zone rurali e in molti paesi in via di sviluppo, il consumo e il commercio di insetti commestibili rappresenta l'unica fonte di sostentamento e di redditività per le popolazioni locali.

Il lavoro di raccolta degli insetti selvatici viene solitamente svolto da donne e bambini e offre opportunità imprenditoriali per queste economie, contribuendo a migliorare le condizioni di vita. Rispetto all'allevamento del bestiame, la coltivazione di insetti anche dal punto di vista ambientale, offre diversi vantaggi, come ad esempio l'opportuni-

tà di crescere su terreni a base di rifiuti organici. Inoltre, rispetto ad una produzione animale convenzionale, è necessario solo un quarto del mangime per produrre un kg in massa di insetti (Maroušek *et al.* 2023; Nowakowski *et al.*, 2022; Mason *et al.* 2018). L'allevamento di insetti richiede limitato terreno agricolo e minore fabbisogno idrico, produce meno liquami e gas serra (metano e CO₂) rispetto all'allevamento di maiali e bovini, riducendo il potenziale effetto sul riscaldamento globale (Nowakowski *et al.*, 2022).

Gli insetti possono essere utilizzati nel settore della mangimistica a sostituzione degli attuali mangimi a base vegetale (es. cereali), e di quelli a base di farina di pesce utilizzati nella produzione ittica (Jannathulla *et al.*, 2022); vengono in particolare allevati tarme della farina e mosche (Van Huis 2022; Carcea 2020; Cheseto *et al.*, 2020). Tutti questi vantaggi sono alla base dell'aumento del mercato globale degli in-

Tabella 1 - Le specie più consumate ed allevate al mondo (Van Huis *et al.*, 2022).

Famiglia	Specie	Consumo
<i>Tenebrionidae</i> (Coleotteri)	<i>Tenebrio molitor</i> (tarma della farina)	31%
	<i>Alphitobius diaperinus</i>	
	<i>Zophobas morio</i>	
<i>Pyralidae</i> (Lepidotteri)	<i>Galleria mellonella</i> (tarma maggiore)	18%
	<i>Bombyx mori</i> (baco da seta)	
<i>Gryllidae</i> (Ortotteri)	<i>Acheta domesticus</i> (grillo domestico)	14%
	<i>Gryllus bimaculatus</i>	
<i>Accrididae</i> (Ortotteri)	<i>Locusta migratoria</i>	
<i>Formicidae</i> (Imenotteri)	<i>Camponotus ligniperda</i> (formica carpentiere)	13%
	<i>Vespa mandarinia</i> (calabrone giapponese)	
<i>Belostomatidae</i> (Rhynchota)	<i>Lethocerus</i> (cimice d'acqua gigante)	11%
	<i>Kerria lacca</i> (cocciniglia della lacca)	
<i>Stratiomyidae</i> (Ditteri)	<i>Hermetia illucens</i> (mosca soldato nera)	9%
	<i>Musca domestica</i> (mosca domestica)	
<i>Kalotermitidae</i> (Isotteri)	<i>Kalotermes flavicollis</i>	3%
<i>Rhinotermitidae</i> (Isotteri)	<i>Reticulitermes lucifugus</i>	

setti commestibili, che si prevede si svilupperà in modo esponenziale e raggiungerà un valore di 8 miliardi di dollari e un volume di 730.000 tonnellate entro il 2030 (Madau *et al.*, 2020). Nonostante l'aumento della presenza degli insetti nel mercato globale, vi sono numerose sfide e reticenze da superare, soprattutto in termini normativi e nell'accettabilità da parte del consumatore.

1. Commercializzazione e sviluppo di mercato

Sono oltre un centinaio le aziende che in Europa, Asia meridionale e Nord America, commercializzano prodotti a base di insetti, sottoforma di pane, pasta, barrette energetiche, biscotti e dolci, tortillas, hamburger e bevande. Tutti questi prodotti contengono tra l'1 e il 25% di farina di insetti, e il grillo è attualmente l'insetto più comunemente utilizzato, seguito dalle larve di mosca e dalle tarme della farina. Alcune delle aziende più conosciute hanno sede negli Stati Uniti (Exo Protein, Brooklyn Bugs, Entomo Farms), in Europa (Becrit in Spagna, Crunchy Critters nel Regno Unito, Entis Store in Finlandia e Jimini's in Francia) e in Messico (BeCrickets e SmartBites), anche se nuove realtà sono in corso di sviluppo anche in Argentina, Perù e Cile (Abril *et al.*, 2022; Ho *et al.*, 2022).

In Italia, complice un'ampia scelta di alimenti di qualità, una cultura rivolta al rispetto delle tradizioni ed una tendenza generale alla neofobia alimentare, la diffusione del consumo di insetti è molto bassa (Moruzzo *et al.*, 2021). Esistono però alcune famose eccezioni, ad esempio il formaggio sardo *Casu martzu*, pro-

dotto dalla colonizzazione delle larve della mosca casearia *Piophilidae casei*.

Ne deriva che i canali commerciali variano da paese a paese in funzione della vigente legislazione nazionale e delle preferenze e delle abitudini alimentari dei consumatori. Nei paesi asiatici e in quelli africani, il commercio si basa principalmente su filiere corte e vendita diretta, come l'acquisto all'ingrosso e nei mercati locali, nonché la vendita ambulante nei mercati urbani, nei supermercati e nei minimarket.

Il Regolamento (UE) 2015/2283 sui nuovi alimenti, in vigore dal 1° gennaio 2018, introduce gli insetti come alimento. Finlandia, Danimarca, Regno Unito, Belgio, Germania, Paesi Bassi e Repubblica Ceca, applicano la "misura transitoria per i nuovi alimenti", il cui ultimo aggiornamento risale al 2019, e consentono la commercializzazione degli alimenti a base di insetti. I regolamenti UE 2019/625, 2019/626 e UE 2019/1981 hanno stabilito che Canada, Corea del Sud e Svizzera, sono nell'elenco dei paesi terzi, autorizzati ad esportare insetti nell'UE.

I prezzi medi degli insetti commestibili e dei prodotti a base di insetti, variano sul mercato europeo a seconda della specie di insetti e della quantità contenuta in un determinato prodotto. Gli insetti interi sono i più costosi, con un prezzo compreso fra 37 e 55 €/100 g, mentre la farina di insetti è compresa tra 17 e 50 €/100 g (Pippinato *et al.*, 2020). Secondo Madau *et al.* (2020), ai prezzi più elevati viene associato il costo delle materie prime utilizzate per la loro alimentazione (ad esempio, 18 dol-

lari per 25 kg di mangime per l'allevamento dei grilli).

2. Composizione nutrizionale

Gli insetti sono un'eccellente fonte di energia, grassi, proteine e minerali; la loro composizione nutrizionale dipende dalla specie, dal genere, dallo stadio di sviluppo, dalla loro dieta e dal metodo di lavorazione utilizzato (Imathiu, 2020).

Contengono alti livelli di vitamina B12, antiossidanti, ferro, zinco, fibre, aminoacidi essenziali, acidi grassi omega-3 e omega-6. Cavallette, locuste, scarafaggi e grilli, sono particolarmente ricchi di acido folico. Gli studi hanno dimostrato che la maggior parte degli insetti, soddisfa o supera le quantità raccomandate di aminoacidi essenziali per l'uomo, tra cui istidina, isoleucina, leucina, lisina, treonina, triptofano e valina (Raheem *et al.*, 2019).

Inoltre, sono ricchi di proteine altamente digeribili dall'uomo, ad esempio, il peso secco di formiche e grilli può contenere tra il 9 e il 77%, a differenza della carne bovina che ne contiene tra il 25 e il 28% (Skotnicka *et al.*, 2022; Orkus, 2021). Le proteine animali contribuiscono a circa il 65% dell'apporto proteico nei paesi sviluppati, mentre, nei paesi sottosviluppati, solo il 15% della popolazione riesce ad assimilarle dalla carne. Pertanto, un aumento della loro assunzione attraverso l'entomofagia, può migliorare significativamente la qualità nutrizionale della dieta, soprattutto nei paesi a basso reddito (Lange e Nakamura, 2021).

La chitina, un carboidrato che costituisce gli esoscheletri

di molti insetti e rappresenta almeno il 10% degli insetti interi essiccati, è una buona fonte di fibre e può rafforzare il sistema immunitario. È stato associato al miglioramento della microbiologia intestinale umana e della salute gastrointestinale grazie al suo potenziale prebiotico.

Inoltre, chitina e chitosano hanno la capacità di fornire effetti benefici nella riduzione del colesterolo, nella guarigione delle ferite, nonché nella salute cardiovascolare e del colon. Gli insetti possiedono un profilo di acidi grassi prevalentemente polinsaturi proporzionato a quello del pesce e del pollame, fornendo alla dieta grassi più sani (Imathiu, 2020). La maggior parte degli insetti commestibili ha alti livelli di fosforo che soddisfano le esigenze nutrizionali degli adulti, inoltre, sono fonti di manganese, rame, selenio, zinco, ferro e calcio, rispetto a pollo, maiale e manzo. Kohler *et al.* (2019) hanno riferito che grilli, locuste e cavallette, in particolare, forniscono quantità significative di magnesio. Il contenuto di sodio negli insetti commestibili permette la loro incorporazione nelle diete iposodiche. Contengono, infine, una vasta gamma di vitamine tra cui riboflavina, biotina e acido pantotenico (Imathiu, 2020).

3. Allevamento e trasformazione

L'allevamento degli insetti è una pratica antica che risale a 7.000 anni fa, e da allora si sono utilizzati per diverse finalità, come la sericoltura (seta), l'apicoltura (miele), il controllo biologico dei parassiti e la produzione di medicinali.

Gli insetti possono essere consumati in tutte le fasi del

loro sviluppo, dallo stadio di uova, larve, ninfe e pupe, fino allo stadio adulto. Circa 2000 sono le specie di insetti commestibili, sia in forma cruda che lavorata (es. arrostiti, fritti, tostatati, estrusi, bolliti, ecc.). Possono essere raccolti e commercializzati tal quale, oppure processati ed esportati sottoforma di sciroppo, confezionati in scatolame ed amalgamati con salsa all'aglio o con cioccolato.

La lavorazione e la successiva trasformazione in paste, polveri e farine, hanno il compito di aumentarne la durata di conservazione e consentire il loro utilizzo come ingredienti per altre preparazioni, apportando modifiche desiderate dal punto di vista organolettico.

La raccolta degli insetti commestibili può avvenire attraverso tre metodi: raccolta selvatica, semi-addomesticamento e allevamento agricolo. Le attuali procedure prevedono che la raccolta selvatica rappresenta il 92% della fornitura mondiale totale, il semi-addomesticamento rappresenta il 6%, mentre solo il 2% degli insetti destinati al consumo umano è attualmente allevato (Madau *et al.*, 2020; Melgar-Lalanne *et al.*, 2019; Yen 2015).

Per quanto riguarda la disponibilità di substrato per l'allevamento, esistono diverse alternative a seconda della specie: substrati di cellulosa e lignina, economici, ma poveri di proteine; rifiuti e sottoprodotti agricoli, nonché rifiuti organici urbani. Recentemente l'attenzione è stata posta sulla capacità delle tarme della farina di decomporre la plastica e sulla capacità delle larve della mosca soldato nera, di bio-convertire i fanghi dell'industria del-

la carta (Norgren *et al.*, 2023; Varelle 2019).

Ci sono ancora diversi ostacoli che impediscono l'espansione dell'allevamento di insetti sia per il consumo animale che per quello umano, tra cui l'identificazione di una specie di insetto che possiede caratteristiche ideali, come: un'elevata produzione di uova, uno stadio larvale breve, un peso elevato nello stadio larvale, un'elevata produttività, bassi costi di alimentazione, bassa vulnerabilità alle malattie, capacità di vivere in alte densità e contenuto proteico di alta qualità.

Affinché la produzione di insetti possa essere considerata un micro-allevamento di massa, deve essere possibile produrla su larga scala utilizzando metodi sostenibili, sicuri e certificati, e soprattutto in condizioni controllate.

Rimangono sconosciute anche le condizioni ottimali per la crescita, come temperatura, luce, umidità, ventilazione, composizione e qualità del mangime. Gli attuali criteri utilizzati per selezionare una specie di insetto da allevare, si basano sui requisiti di automazione della produzione, sulla disponibilità di substrati economici, sulla capacità di evitare malattie e sul potenziale di mercato della specie scelta.

4. Accettazione del consumatore

L'accettazione da parte dei consumatori di alimenti a base di insetti, tende ad essere bassa nei paesi occidentali, che in generale mostrano una tendenza nefobica, ovvero un rifiuto verso alimenti considerati sconosciuti o contrari alle norme culturali, e una scarsa disponibilità a consumarli come sostituti della car-

ne (Verneau *et al.*, 2020; Lammers *et al.*, 2019; Siegrist e Hartmann, 2020). Inoltre, lo sviluppo dell'agricoltura, ha portato all'adomesticamento di un'ampia varietà di piante e animali che nel corso del tempo, sono diventati i principali fornitori di alimenti, oltre che di prodotti secondari come pelli, lana e cuoio. Questo a discapito dell'entomofagia, che non è mai stata adottata nelle culture alimentari europee e nordamericane, in quanto gli insetti, non erano in grado di offrire gli stessi benefici, rappresentavano fonti incerte per la loro stagionalità e possibile minaccia alla produzione agricola (Lange e Nakamura 2021).

Di conseguenza, l'accettazione da parte dei consumatori rimane uno dei maggiori ostacoli al consumo di alimenti a base di insetti, legato soprattutto alle preoccupazioni sulla sicurezza alimentare e alla considerazione di una pratica primitiva. Infatti, i paesi occidentali sono soliti associare l'entomofagia ai paesi più poveri, nonostante in alcuni paesi europei, come Austria, Belgio, Olanda e Francia, la raccolta degli insetti commestibili sia effettivamente tollerata (Kröger *et al.*, 2022).

Tuttavia, la concezione degli insetti come "cibo dei poveri" sta gradualmente cambiando, anche grazie all'incremento degli studi che sensibilizzano sui benefici derivanti dalla loro produzione e consumo (Modlinska *et al.*, 2021; Imathiu 2020). Gli esperti hanno identificato i principali fattori che influenzano l'accettazione da parte dei consumatori dei prodotti a base di insetti, tra cui praticità, ambiente, convinzioni e atteggiamenti individuali, preconcetti

di gusto, familiarità con la consistenza, esperienza sensoriale, origine del cibo, genere, nonché credenze e norme sociali (Martins 2022; Petersen *et al.*, 2020). Molti autori suggeriscono che utilizzando prodotti a base di insetti nelle ricette tradizionali, ad esempio pane, pasta, barrette e snack, più consumatori sarebbero disposti ad accettarli ed inserirli nella loro dieta.

L'aspetto sensoriale è fondamentale, poiché ogni insetto ha una consistenza diversa e la mancanza di familiarità per il consumatore può rappresentare un ostacolo al consumo di tali prodotti. Per questo motivo molti studi suggeriscono che gli insetti dovrebbero far parte degli ingredienti e non essere visibili agli occhi del consumatore. Inoltre, la percezione sensoriale può essere alterata considerando vari aspetti, come la presentazione visiva, la modalità di preparazione, il sapore, la temperatura, le condizioni del prodotto e l'odore (Martins 2022; Carcea 2020; Pippinato *et al.*, 2020). Lammers *et al.* (2019), hanno intervistato 516 consumatori tedeschi e hanno scoperto che solo il 15,9% degli intervistati era effettivamente disposto a consumare insetti non trasformati; la percentuale però aumenta se si considerano preparazioni a base di insetti.

Per promuovere l'entomofagia tra i consumatori, è necessario adattare strategie specifiche per aggiungere valore a tali prodotti rendendoli più attraenti e facilmente riconoscibili; l'incorporazione nei prodotti alimentari comuni, può aiutare a cambiare gli atteggiamenti e le percezioni dei consumatori. Tuttavia, questo compito dovrebbe essere as-

segnato ai produttori di alimenti e nel frattempo a campagne educative. Inoltre, i prodotti a base di insetti dovrebbero essere resi prontamente disponibili e accessibili a tutti, perché una scarsa disponibilità e una scarsa selezione possono portare al rifiuto passivo e a una diminuzione dell'interesse da parte dei consumatori (Halonen *et al.*, 2022; Szendrő *et al.*, 2020).

La diffusione di esperienze positive con questi alimenti potrebbe aumentare la disponibilità a consumarli; ciò è attualmente osservato in Danimarca e in Italia, dove si assiste ad un graduale cambiamento nella percezione dell'entomofagia, una maggiore familiarità con essa aumenta la predisposizione ad accettarla come pratica (Szczepanski *et al.*, 2022; Moruzzo *et al.*, 2021; Woolf *et al.* 2019).

5. Principali fonti di rischio

Gli insetti commestibili possono diventare potenziali fonti di pericolo per la salute umana, soprattutto quando vengono a coesistere diversi fattori; come affermato dall'Autorità Europea per la Sicurezza Alimentare (EFSA), la presenza di contaminanti nei prodotti a base di insetti dipende dal contenuto nutrizionale, dal metodo di produzione, dalle specie e dalla fase di raccolta, e dal tipo di substrato utilizzato durante il processo produttivo.

Ad esempio, la raccolta in natura e/o l'alto contenuto proteico, considerato affine a quello dei crostacei, possono essere causa di fenomeni legati all'insorgenza di tossicità e allergie in soggetti sensibili (**Tab. 2**).

Per ridurre l'insorgenza di possibili problemi legati alla si-

Tabella 2 - Possibili effetti collaterali.

Causa	Effetto
Fattori allergenici	Sono state rilevate potenziali allergie alimentari derivanti dal consumo di <i>A. domesticus</i> , <i>T. molitor</i> , <i>Bruchus lentis</i> , e <i>Clanis bilineata</i> .
Pesticidi	Bioaccumulo proveniente da raccolto in natura, non soggetto al controllo.
Micotossine	Metaboliti secondari prodotti da muffe fitopatogene, si sviluppano in condizioni non igieniche. Associate a disturbi gastrointestinali, renali e fenomeni di immunodeficienza. Agenti cancerogeni, collegati al rallentamento della crescita.
Aflatossine	
Fattori Anti-nutrizionali	Inibiscono l'assunzione, la digestione, l'assorbimento e l'utilizzo dei nutrienti, sono state rilevate in varie specie di insetti commestibili (cavallette, insetti della farina e termiti).
Metalli pesanti	Bioaccumulo e tossicità cellulare, associati a disordini neurocomportamentali e dello sviluppo.
Batteri e microrganismi patogeni	<i>Escherichia</i> , <i>Staphylococcus</i> e <i>Bacillus</i> , provocano epidemie di origine alimentare. <i>Dicrocoelium dendriticum</i> è trasmissibile all'uomo attraverso il consumo di formiche.

curezza alimentare, si dovrebbe prendere in considerazione la possibilità di allevamenti controllati, l'esecuzione di corrette pratiche igieniche, l'implementazione di substrati di qualità, nonché l'attuazione di controlli e di valutazioni periodiche del processo di produzione, in risposta ad una serie di standard qualitativi (Imathiu, 2020). Nel gennaio 2021, l'EFSA ha avviato tali procedure, pubblicando la prima valutazione completa di un prodotto proposto come alimento derivato da insetti (Hopkins *et al.*, 2022).

La ricerca attuale sui potenziali effetti derivanti dal consumo di insetti è limitata, ad esempio, per quanto concerne gli studi allergologici, essi si concentrano principalmente sull'inalazione e sulle allergie al loro veleno.

Sono necessarie ulteriori analisi per determinare i possibili rischi, sia essi di natura allergenica, microbica e chimica, affinché essi non rappresentino più un ostacolo nell'incoraggiarne la raccolta e il loro consumo (Lange e Nakamura, 2021; La Barbera *et al.*, 2021; Spognardi *et al.*, 2021). Infine, occorre definire e attuare strate-

gie efficaci, attraverso l'utilizzo di un'etichettatura di prodotto, che sia dettagliata sugli ingredienti, le origini e il processo di ottenimento, a tutela del consumatore.

Conclusione

L'entomofagia sembra essere una valida fonte proteica alternativa alle diete convenzionali, con ricadute positive dal punto di vista alimentare ed ambientale. L'allevamento degli insetti ha la capacità di riciclare qualsiasi tipo di substrato, compresi sottoprodotti e rifiuti organici, riducendo il consumo di acqua, suolo e risorse naturali, contribuendo a favorire la transizione verso un sistema economico circolare sostenibile.

L'aggiunta alla dieta umana di ingredienti a base di insetti commestibili, potrebbe offrire una serie di benefici nutrizionali, una migliore prevenzione e gestione di malattie croniche, come diabete, cancro e malattie cardiovascolari, così come una migliore funzione immunitaria.

Tuttavia, sono necessarie ulteriori ricerche sugli aspetti lega-

ti alla raccolta, alla lavorazione e alla sicurezza alimentare, al fine di promuovere il consumo di insetti commestibili, l'accettazione generale di questi prodotti e una maggiore accessibilità a prezzi di mercato.

In molti paesi occidentali, infatti, vi sono ancora molte avversità da parte dei consumatori nei confronti dell'entomofagia. Pertanto, aumentando la consapevolezza sulla qualità degli alimenti a base di insetti, resi visivamente accattivanti, ovvero attraverso preparazioni per cui l'insetto non è visibile, potrebbe condurre verso una maggiore accettazione.

L'applicazione di quadri normativi legislativi è necessaria per aumentare gli investimenti, la produzione e la commercializzazione di prodotti a base di insetti.

In conclusione, l'adozione di un approccio cooperativo tra ricercatori, agenzie governative, produttori e organizzazioni pubbliche, è fondamentale per facilitare la creazione di un modello di business innovativo per l'allevamento di insetti e per migliorare la sostenibilità e l'efficienza dei sistemi agroalimentari.

Riferimenti bibliografici

- Abril S., Pinzón M., Hernández-Carrión M., & Sánchez-Camargo A.D.P. (2022). Edible insects in latin america: a sustainable alternative for our food security. *Frontiers in Nutrition*, 9, 904812.
- Cheseto X., Baleba S.B., Tanga C.M., Kelemu S., & Torto B. (2020). Chemistry and sensory characterization of a bakery product prepared with oils from African edible insects. *Foods*, 9(6), 800.
- Carcea M. (2020). Quality and nutritional/textural properties of durum wheat pasta enriched with cricket powder. *Foods*, 9(9), 1298.
- Dagevos H. (2021). A literature review of consumer research on edible insects: recent evidence and new vistas from 2019 studies. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(3), 249-259.
- Elleby C., Jensen H. G., Domínguez I. P., Chatzopoulos T., & Charlebois P. (2021). Insects Reared on Food Waste: A Game Changer for Global Agricultural Feed Markets?. *EuroChoices*, 20(3), 56-62.
- Halonen V., Uusitalo V., Levänen J., Sillman J., Leppäkoski L., & Claudelin A. (2022). Recognizing potential pathways to increasing the consumption of edible insects from the perspective of consumer acceptance: Case study from finland. *Sustainability*, 14(3), 1439.
- Ho I., Peterson A., Madden J., Huang E., Amin S., & Lammert A. (2022). Will it cricket? Product development and evaluation of cricket (*Acheta domestica*) powder replacement in sausage, pasta, and brownies. *Foods*, 11(19), 3128.
- Hopkins I., Farahnaky A., Gill H., Newman L. P., & Danaher J. (2022). Australians' experience, barriers and willingness towards consuming edible insects as an emerging protein source. *Appetite*, 169, 105832.
- Imathiu S. (2020). Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *NFS Journal*, 18, 1-11.
- Jannathulla R., Rajaram V., Ambasankar K., Sravanthi O., Gopikrishna G., & Dayal J. S. (2022). Insect meals as emerging protein source in the aquafeed sector: Emphasis on complementary effects to fishmeal, digestibility, carcass characterisation and immunomodulation in aquatic species. *Indian Journal of Fisheries*, 69(1).
- Junges J. R., do Canto N. R., & de Barcellos M.D. (2021). Not as bad as I thought: consumers' positive attitudes toward innovative insect-based foods. *Frontiers in Nutrition*, 8, 631934.
- Kamenidou I., Mamalis S., Gkitsas S., Mylona I., & Stavrianea A. (2023). Is Generation Z Ready to Engage in Entomophagy? A Segmentation Analysis Study. *Nutrients*, 15(3), 525.
- Köhler R., Kariuki L., Lambert C., & Biesalski H. K. (2019). Protein, amino acid and mineral composition of some edible insects from Thailand. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 22(1), 372-378.
- Kröger T., Dupont J., Büsing L., & Fiebelkorn F. (2022). Acceptance of insect-based food products in western societies: a systematic review. *Frontiers in Nutrition*, 8, 759885.
- La Barbera F., Amato M., Fasanelli R., & Verneau F. (2021). Perceived Risk of Insect-Based Foods: An Assessment of the Entomophagy Attitude Questionnaire Predictive Validity. *Insects*, 12(5), 403.
- Lammers P., Ullmann L. M., & Fiebelkorn F. (2019). Acceptance of insects as food in Germany: Is it about sensation seeking, sustainability consciousness, or food disgust? *Food Quality and Preference*, 77, 78-88.
- Lange K.W., & Nakamura Y. (2021). Edible insects as future food: chances and challenges. *Journal of Future Foods*, 1(1), 38-46.
- Madau F. A., Arru B., Furesi R., & Pulina P. (2020). Insect farming for feed and food production from a circular business model perspective. *Sustainability*, 12(13), 5418.
- Maroušek J., Strunecký O., & Maroušková A. (2023). Insect rearing on biowaste represents a competitive advantage for fish farming. *Reviews in Aquaculture*, 15(3), 965-975.
- Martins O. M., Bucea-Manea-Țoniș R., Coelho A. S., & Simion V. E. (2022). Sensory Perception Nudge: Insect-Based Food Consumer Behavior. *Sustainability*, 14(18), 11541.
- Mason J. B., Black R., Booth S. L., Brentano A., Broadbent B., Connolly P., ... & Swietlik D. (2018). Fostering strategies to expand the consumption of edible insects: the value of a tripartite coalition between academia, industry, and government. *Current Developments in Nutrition*, 2(8), nzy056.
- Melgar-Lalanne G., Hernández-Álvarez A. J., & Salinas-Castro A. (2019). Edible insect processing: Traditional and innovative technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(4), 1166-1191.
- Modlinska K., Adamczyk D., Maison D., Goncikowska K., & Pisula W. (2021). Relationship between acceptance of insects as an alternative to meat and willingness to consume insect-based food—A study on a representative sample of the Polish population. *Foods*, 10(10), 2420.
- Moruzzo R., Mancini S., Boncinelli F., & Riccioli F. (2021). Exploring the acceptance of entomophagy: a survey of Italian consumers. *Insects*, 12(2), 123.
- Norgren R., Jonsson A., & Björkqvist O. (2023). fermented pulp and paper bio-sludge as feed for black soldier fly larvae. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13(7), 5625-5632.
- Nowakowski A.C., Miller A.C., Miller M.E., Xiao H., & Wu X. (2022). Potential health benefits of edible insects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(13), 3499-3508.
- Orkus A. (2021). Edible insects versus meat—Nutritional comparison: Knowledge of their composition is the key to good health. *Nutrients*, 13(4), 1207.
- Petersen M., Olson O., & Rao S. (2020). University student perspectives of entomophagy: positive attitudes lead to observability and education opportunities. *Journal of Insect Science*, 20(5), 30.
- Pippinato L., Gasco L., Di Vita G., & Mancuso T. (2020). Current scenario in the European edible-insect industry: a preliminary study. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(4), 371-381.
- Raheem D., Raposo A., Oluwole O. B., Nieuwland M., Saraiva A., & Carrascosa C. (2019). Entomophagy: Nutritional, ecological, safety and legislation aspects. *Food Research International*, 126, 108672.
- Siegrist M., & Hartmann C. (2020). Consumer acceptance of novel food technologies. *Nature Food*, 1(6), 343-350.
- Skotnicka M., Mazurek A., Karwowska K., & Folwarski M. (2022). Satiety of edible insect-based food products as a component of body weight control. *Nutrients*, 14(10), 2147.
- Spognardi S., Bravo I., Rea R., Cappelli L., & Papetti P. (2021). A perspective on the potential health risks from PCBs and heavy metals contamination of *M. merluccius* from Mediterranean Sea. *International Journal of Food Safety, Nutrition and Public Health*, 6(2), 85-103.
- Szczepanski L., Dupont J., Schade F., Hellberg H., Büscher M., & Fiebelkorn F. (2022). Effectiveness of a teaching unit on the willingness to consume insect-based food—An intervention study with adolescents from Germany. *Frontiers in Nutrition*, 9.
- Szendrői K., Tóth K., & Nagy M. Z. (2020). Opinions on insect consumption in Hungary. *Foods*, 9(12), 1829.
- Van Huis A. (2022). Edible insects: Challenges and prospects. *Entomological Research*, 52(4), 161-177.
- Varelas V. (2019). Food wastes as a potential new source for edible insect mass production for food and feed: A review. *Fermentation*, 5(3), 81.
- Verneau F., La Barbera F., Amato M., Rivero R., & Grunert K. G. (2020). Assessing the role of food related lifestyle in predicting intention towards edible insects. *Insects*, 11(10), 660.
- Woolf E., Zhu Y., Emory K., Zhao J., & Liu C. (2019). Willingness to consume insect-containing foods: A survey in the United States. *Lwt*, 102, 100-105.
- Yen A. L. (2015). Insects as food and feed in the Asia Pacific region: current perspectives and future directions. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(1), 33-55.