

NOVEL FOOD

Entomofagia: risorsa per il futuro o ritorno al passato?



©shutterstock.com

¹FRANCESCA BELLINI, ²ALESSIA LIVERINI, ³ALBERTO CAL, ⁴SARA ZACCHETTI

¹Dirigente veterinario Asl Roma1

²Dirigente veterinario Asl Roma4

³Medico veterinario libero professionista

⁴Chimica

La vita sociale dell'umanità si è costruita intorno al cibo, metafora ed espressione culturale e sensoriale che ha scandito i vari passaggi della storia, passando dalla necessità di soddisfare il bisogno di alimentarsi alla celebrazione della convivialità. Il cibo esprime idee, sensazioni, credenze, esperienze passate, stati d'animo, è condivisione. I tanti piatti proposti dai ristoranti multietnici, che riflettono un cambiamento culturale e di tendenza della nostra società, affondano le radici nelle tradizioni, nella protezione del territorio e si spingono verso orizzonti esotici, creando lo stile fusion, simbolo di apertura e conoscenza, proponendo un paradigma alimentare denso di simboli e significati. In questo scenario, in cui si incontrano

tradizioni diverse, espressione di radici e patrimoni culturali, si esplorano i nuovi orizzonti della comunicazione e si fanno strada i *Novel Food*, come definiti dal Regolamento UE 2015/2283. In un'ottica di integrazione e per soddisfare le necessità alimentari di una popolazione mondiale che, secondo le stime della FAO, nel 2050 raggiungerà i 9 miliardi di persone, si rivolge un interesse sempre crescente agli insetti, che sembrano la soluzione migliore in termini economici, di benefici nutritivi, di impatto ambientale e di sostenibilità [24]. D'altronde, l'entomofagia ha fatto parte della storia dell'uomo sin dall'epoca paleolitica, per lasciare il posto, nel neolitico, all'allevamento degli animali da reddito [5].

Entomofagia, passato e presente

Ci sono testimonianze del consumo di insetti nei banchetti degli antichi greci e romani; Aristotele in “*Historia animalum*” decanta l’ottimo sapore delle cavallette; Plinio il Vecchio, nel 30 d.C., descrive le larve di scarabeo come una prelibatezza. Nella Bibbia si parla di insetti come cibo nel libro del Levitico: “*Però fra tutti gli insetti alati che camminano su quattro piedi, potrete mangiare quelli che hanno due zampe sopra i piedi, per saltare sulla terra. Perciò potrete mangiare i seguenti: ogni specie di cavalletta, ogni specie di locusta, ogni specie di acridi e ogni specie di grillo*” [8]. Anche nei Vangeli è indicato il consumo di insetti riferendosi a Giovanni Battista: “*Si nutriva di locuste e miele selvatico*” (Mt 3,4 Mc 1,6). Lo studio dell’evoluzione della nostra specie mostra che l’uomo, nella preistoria, aveva una conformazione ossea e dentale non adatta al consumo di carne. Inoltre, l’espansione cerebrale in queste fasi dimostra la necessità di assumere alti quantitativi di acidi grassi insaturi, fondamentali per lo sviluppo del sistema nervoso centrale, di cui gli insetti sono ricchi [67]. In Asia, nel 4000 a.C., era già presente l’allevamento del baco da seta e alcuni autori ritengono che, verosimilmente, la scoperta della seta e l’inizio della sua produzione sia conseguente all’allevamento con finalità alimentari [52]. Molti Paesi dell’Asia, dell’America Centrale e dell’Africa utilizzano da secoli gli insetti come fonte di sostentamento nelle loro diete alimentari, consumandoli in tutti gli stadi di crescita (uova, larve, pupe e adulti) e la maggior parte di questi viene raccolta in natura [66].

In Madagascar, la popolazione assume le larve di lepidotteri quando si esauriscono le riserve di riso [71]. Nella Repubblica Democratica del Congo, si mangiano tali larve tutto l’anno, per sopperire alla carenza nutrizionale della dieta costituita soprattutto da cereali, poveri di lisina [69]. Nei Paesi industrializzati, invece, tra i pochi alimenti consumati che provengono dagli insetti si annoverano il miele e la pappa reale, in misura minore la propoli e il colorante derivato dalla cocciniglia presente in alcune bevande, nonostante le ricerche abbiano sottolineato il loro apporto di nutrienti, riconosciuto anche dall’Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS). Infatti, forniscono proteine, aminoacidi essenziali, ferro, zinco, vitamine, acidi grassi insaturi e polinsaturi omega-3 e omega-6 [5]. Tuttavia, nei Paesi occidentali, il consumo di insetti si scontra con lo scoglio del pregiudizio e, a un eventuale interesse iniziale, nella maggior parte delle persone, predomina la sensazione di disgusto, influenzata anche dalle opinioni dei conoscenti [65]. La vista dell’insetto intero da mangiare, provoca sentimenti di neofobia alimentare [9], che possono tuttavia essere mitigati utilizzando forme non riconoscibili di insetti edibili, come ad esempio farine o polveri [43].

Eppure, la FAO promuove gli insetti commestibili e i loro prodotti come valida alternativa alla produzione di carne ottenuta dagli animali da reddito, sia per il consumo umano

no sia per l’alimentazione animale, focalizzando il ruolo che svolgono nel mantenimento della natura e della biodiversità. Per realizzare questa opportunità, occorre superare gli ostacoli della cultura culinaria legati alle tradizioni e valutare le prospettive di allevamento su scala commerciale allo scopo di contribuire al sostentamento dei Paesi in via di sviluppo e di quelli già sviluppati [24].

Il progetto *Edible Insects* è nato con l’obiettivo di informare e formare i cittadini su questa fonte alternativa di proteine, che ha un impatto positivo sull’ambiente e riesce a fronteggiare una sempre maggiore richiesta alimentare, aprendo nuovi orizzonti all’agricoltura e all’imprenditoria [70].

La rivista *Food Quality and Preference* ha pubblicato i risultati di uno studio volto a valutare l’interesse e la curiosità a questi *Novel Food*, come definiti dal Reg. CE 258/1997, da parte di un campione di adulti tedeschi e di uno di adulti cinesi. È emerso che i tedeschi si sono dimostrati disponibili a consumare gli insetti trasformati, sotto forma di farine, presenti come ingredienti di alimenti, mentre per la popolazione cinese il loro consumo fa parte della loro cultura e delle loro tradizioni [37].

I vantaggi del consumo di insetti come alimenti

L’allevamento di insetti destinati al consumo umano e animale consente il riutilizzo di sottoprodotti organici alimentari, soprattutto di frutta e verdura, che rappresentano un substrato idoneo per la loro crescita e la loro riproduzione, con un impatto positivo sull’ambiente. Questo approccio promuove il riutilizzo efficiente dei rifiuti organici, contribuendo a ridurre la quantità di rifiuti alimentari. Sul piano ambientale, l’allevamento di insetti comporta benefici significativi. Riducendo la necessità di terreni coltivati per produrre mangimi per il bestiame tradizionale, si limita il ricorso a pratiche agricole intensive e il disboscamento per ottenere nuove aree di pascolo. Questo permette di risparmiare risorse preziose, come l’acqua, e di diminuire l’emissione di gas serra, come il diossido di carbonio (CO_2) e il metano. La riduzione della domanda di terreni agricoli per la coltivazione di vegetali destinati alla zootecnia libera ampi spazi che potrebbero essere utilizzati per il ripristino di foreste, la creazione di aree verdi o la coltivazione di piante destinate al consumo umano, contribuendo così a una gestione più sostenibile delle risorse terrestri.

Uno studio pubblicato su *Environmental Entomology* ha evidenziato che un substrato di allevamento a base di frutta porta allo sviluppo di larve con un livello di grassi saturi più elevato, mentre da un substrato ricco di verdura si ottengono insetti con acidi grassi essenziali omega-3 e, se le larve vengono alimentate con frutta e ortaggi, hanno un più alto contenuto di acidi grassi omega-6, proteine e ferro [40].

Nonostante sia ancora un argomento poco conosciuto, perché arrivato solo recentemente nella nostra vita quotidiana e non si hanno le prove sul campo di quello che può accadere

in futuro, specialmente a lungo termine, con un'alimentazione a base di insetti, la FAO ritiene che l'entomofagia possa rappresentare la fonte proteica dell'alimentazione mondiale del prossimo futuro. Infatti, secondo i suoi criteri, il fabbisogno di amminoacidi di un individuo adulto viene soddisfatto maggiormente dall'assunzione di insetti appartenenti agli ordini dei lepidotteri (ad esempio, farfalle) e dei ditteri (ad esempio, mosche), rispetto alle fonti proteiche tradizionali, soprattutto per integrare diete a base di cereali carenti di fonti amminoacidiche [14].

In Europa, la prima compagnia a mettere sul mercato prodotti contenenti insetti destinati sia alla grande distribuzione sia alla vendita al dettaglio è stata la belga Green Kow. In Belgio e nei Paesi Bassi, vengono già consumati insetti e alimenti a base di insetti, quali crocchette e hamburger di grillo [57]. In Francia, ci sono negozi virtuali come *"Insectes comestibles"* e *"La boutique insolite"* che offrono snack a base di insetti. Il Nord America detiene nel 2023 la quota di mercato più alta nel settore degli insetti commestibili, pari al 34%.

Negli ultimi anni, la percezione dei consumatori riguardo alle fonti proteiche alternative e sostenibili ha subito un cambiamento significativo. Gli insetti commestibili, grazie al loro elevato valore nutrizionale, al minore impatto ambientale e alla capacità di contribuire a garantire l'accesso a fonti alimentari sufficienti e sicure per tutti, sono diventati sempre più popolari. I produttori alimentari e i professionisti del settore della ristorazione hanno risposto a questa crescente domanda, introducendo nuovi prodotti e opzioni di menu a base di insetti, soddisfacendo così l'interesse dei consumatori per scelte alimentari più sostenibili e salutari [42].

Diverse startup stanno rivoluzionando il settore alimentare con l'introduzione di prodotti a base di insetti, come cioccolata e farine derivanti da grilli o altri insetti commestibili. Queste aziende, come Chapul ed Exo, tra le pioniere nel settore, hanno puntato sul valore nutrizionale elevato e sul ridotto impatto ambientale degli insetti, offrendo una fonte proteica sostenibile. La cioccolata arricchita con proteine di insetti e la farina di grilli, utilizzata per prodotti come barrette proteiche e snack, sono tra le opzioni più popolari [16].

Uno dei principali vantaggi di questo mercato è l'assenza di confini geografici grazie all'e-commerce. Gli alimenti a base di insetti possono essere facilmente acquistati online da vari siti specializzati, come Bugsolutely o Cricket Flours, superando le limitazioni di distribuzione fisica. Questo facilita l'accesso a tali prodotti per i consumatori interessati, soprattutto in nicchie di mercato attente alla sostenibilità, alla salute e all'innovazione alimentare.

Il principale ostacolo da superare nell'assunzione di tali proteine è essenzialmente di tipo culturale. Infatti, uno studio olandese ha messo in evidenza che il blocco psichico legato all'entomofagia è il disgusto, che frena le persone. Se la curiosità fosse superiore alle tradizioni culturali, allora il consumatore potrebbe essere spinto a provarne le farine e, quindi, a

considerare davvero gli insetti come l'alimento del futuro [1]. La FAO ritiene che, dal punto di vista ambientale, gli insetti presentino un'alta efficienza di conversione alimentare; quindi consumino meno e producono di più: a titolo esemplificativo, in media possono convertire circa 2 kg di cibo in 1 kg di massa, mentre un bovino necessita di 8 kg di cibo per produrre l'aumento di 1 kg di massa corporea [24, 69].

Il contenuto di proteine grezze varia dal 40 al 75%, superando quello delle proteine animali (dal 12% al 34,5%) e delle proteine vegetali (dal 7% al 50%). Gli insetti sono altamente commestibili, con circa l'80% del loro peso corporeo edibile, rispetto al 55% dei polli e dei maiali e al 40% dei bovini. Gli insetti possono essere allevati in grandi quantità, spesso definiti "minibestiame". Tuttavia, solo il 6% delle specie di insetti commestibili è stato allevato con successo, mentre il restante 94% viene ancora raccolto in natura. I rapporti di conversione del mangime per gli insetti sono notevolmente più efficienti rispetto al bestiame tradizionale. Ad esempio, i grilli necessitano di dodici volte meno mangime rispetto ai bovini, quattro volte meno delle pecore e due volte meno dei suini e dei polli da carne per produrre la stessa quantità di proteine. In termini di efficienza delle risorse, produrre 1 kg di carne bovina richiede una quantità significativamente maggiore di acqua (fino a 3.000 volte), mangime (12,5 volte) e superfici di allevamento rispetto a quanto necessario per ottenere 1 kg di grilli [56].

Gli insetti producono diversi tipi di rifiuti, come esuvie e feci, che possono essere utilizzati come fertilizzante naturale per migliorare la fertilità del suolo e aumentarne la resistenza alle malattie. Questo fertilizzante biologico offre un'alternativa sostenibile ai fertilizzanti chimici, evitando effetti ambientali negativi, come acidificazione del suolo, emissioni di protossido di azoto ed eutrofizzazione delle acque. I rifiuti di insetti, ricchi di azoto (N) e fosforo (P), riciclano questi nutrienti nel sistema agricolo, riducendo il loro accumulo nei sistemi naturali. Rispetto ai fertilizzanti organici commerciali, i rifiuti di insetti favoriscono una maggiore presenza di batteri e funghi nel suolo, oltre a un rilascio più efficiente di nutrienti come fosforo e magnesio [48].

Gli insetti più consumati

Il consumo di insetti nel mondo è molto diffuso, specialmente nelle realtà rurali. Sono tantissime le specie esistenti e non tutte sono state classificate tassonomicamente. Questo aspetto, unitamente alla diversa dieta nelle varie aree geografiche, alla disponibilità delle risorse utilizzate dall'insetto e alla stagionalità del suo ciclo biologico, rendono le ricerche strettamente legate al periodo dell'anno in cui vengono effettuate [19].

Gli insetti consumati maggiormente nel mondo sono:

- coleotteri (31%);
- lepidotteri (18%): bruchi;

- imenotteri (14%): api, vespe e formiche;
- ortotteri (13%): cavallette, locuste e grilli;
- emitteri (10%): cicale, cicaline, cocciniglie e cimici;
- isotteri (3%): termiti;
- odonati (3%): libellule;
- ditteri (2%): mosche;
- altri: diffusi in misura minore [25].

Nel mondo, soprattutto in alcuni Paesi, come ad esempio la Thailandia e l'Africa subsahariana, il consumo di insetti rientra nella normalità: sono componenti normali della ordinaria alimentazione umana. In Thailandia, uno dei più diffusi è il bruco del bambù (*Onphisa fuscidentales*): si tratta di larve che vivono all'interno delle canne di bambù, nutrendosene. In Africa subsahariana, viene consumata la larva del "verme della palma", *Rhynchophorus palmarum*. In Asia, viene anche molto apprezzato il punteruolo rosso della palma (*Rhynchophorus ferrugineus*, coleottero): si dice che abbia un sapore delizioso dovuto all'elevato contenuto di grassi [11]. Anche presso gli Iatmul, una popolazione indigena della Papua Nuova Guinea, le larve di *Rhynchophorus ferrugineus* rappresentano un importante alimento della dieta, che ricopre circa il 30% del fabbisogno proteico e costituisce la principale fonte di zinco e ferro [17]. Anche i Korowai, un popolo della Nuova Guinea Occidentale, consumano la larva di quest'insetto.

In Africa meridionale, Messico e sud-Est asiatico, si consumano le cimici dei letti (*Cimex lectularius*), considerate una vera e propria prelibatezza. Altro alimento diffusissimo nel mondo, sono le cavallette (in particolare, la *Ruspolia differens*), che rappresentano un alimento comune in molte parti dell'Africa meridionale. In Oceania, gli aborigeni consumano insetti come fonte di zucchero e grasso. Quelli maggiormente consumati sono: termiti, vermi del legno (*Anobium punctatum*, coleottero), oltre a insetti appartenenti agli ordini dei lepidotteri e dei coleotteri [61].

In Europa, la situazione è un po' diversa, in quanto per tradizione non si pratica l'entomofagia, tranne nel caso di prodotti tipici che prevedono la presenza di alcuni insetti, come ad esempio il formaggio Casu marzu, di origini sarde, colonizzato dalle larve della mosca casearia, *Piophila casei* [6]. Altro prodotto tipico è il Saltarello friulano, nella cui pasta, quando è ancora molle, la *Piophila casei* deposita le sue uova e le larve che vi nascono, la colonizzano, digeriscono la pasta modificandone la struttura, che assume l'aspetto di uno stracchino e ha un sapore forte e piccante [2]. Si tratta di prodotti di nicchia, tipici, perché la dieta mediterranea tradizionalmente non prevede insetti.

Tuttavia, molti consumatori ignorano che mangiano insetti ogni volta che assumono qualcosa di rosso: il colorante E 120 che si ritrova nello yogurt, nella frutta candita, nelle caramelle, nelle bevande utilizzate negli aperitivi, viene estratto dalla cocciniglia (Famiglia *Coccoidea*) e infatti si chiama proprio "rosso cocciniglia" [73]. Per produrre un

chilogrammo di colorante occorrono circa 80-100 mila insetti, che vengono macinati per ottenere la polvere; questa viene trattata con acqua calda per estrarre l'acido carminico, un glucoside antrachinonico dal colore rosso [22]. Successivamente, viene trattato con sali di alluminio al fine di ottenere una lacca dal colore più brillante. La lacca viene precipitata per aggiunta di etanolo, per ottenere una polvere solubile in acqua, utilizzata come colorante alimentare [54].

Raccolta e allevamento

Inoltre, la maggior parte degli insetti consumati in Asia, America Latina e Africa, viene raccolta in natura. Nel sud-est asiatico ci sono alcuni allevamenti, soprattutto di ortotteri, destinati al consumo umano, anche se la principale fonte di approvvigionamento di questi animali resta la natura. Di conseguenza la loro salubrità non viene controllata. Inoltre, la raccolta in natura degli insetti potrebbe vanificare il minor impatto ambientale che vantano, rispetto agli allevamenti intensivi degli animali da reddito. Infatti, se gli insetti prelevati in natura superano la capacità di rigenerazione della popolazione o se vengono prelevati in un momento in cui non si è ancora verificata l'ovodeposizione, quindi non si sono ancora riprodotti, il numero di insetti appartenenti a quella specie potrebbe ridursi notevolmente e quindi potrebbe esserci un intervento antropico che danneggia la popolazione stessa, determinando un danno ambientale [35].

Quando si desidera attivare un allevamento intensivo, occorre pensare alla specie da allevare; infatti, alcuni animali possono utilizzare come substrato i sottoprodotto organici di varie filiere produttive, consentendo di riciclare i prodotti di scarto di un'altra produzione, che vengono trasformati in proteine nobili. Da ciò si ottiene un doppio vantaggio: uno è la produzione di un alimento altamente nutriente (con proteine nobili e molecole organiche preziose) e l'altro è l'utilizzo di un substrato che altrimenti dovremmo smaltire come rifiuto e che, invece, diventa alimento.

Nell'ottica della sostenibilità e delle produzioni circolari, è un ottimo risultato. Ad esempio, le larve di *Hermetia*, dittero saprofago bioconvertitore, sono in grado di nutrirsi di diversi materiali organici in decomposizione, di origine animale e vegetale, come sottoprodotto della filiera agroalimentare e di altri substrati, tra cui il letame [41]. Ogni giorno consumano un quantitativo di cibo pari a due volte il loro peso. Inoltre, le larve di questi ditteri hanno anche un'altra caratteristica positiva, ossia riescono anche a ridurre la carica batterica del rifiuto che trasformano, in particolare di *Salmonella enterica*, che trovano nel substrato [38].

Nella scelta della specie da allevare, occorre considerare in primo luogo la provenienza geografica, perché uno dei rischi che si possono correre è quello di alterare l'ecologia di un sistema: si potrebbero introdurre accidentalmente nell'ambiente delle specie aliene, oppure si rischia di importare

delle specie che, per condizioni ambientali e climatiche, non troverebbero nel nostro Paese un habitat idoneo e, quindi, non sarebbero economicamente fruttuose [29].

Bisogna decidere se lo scopo dell'allevamento è la produzione di alimenti destinati agli animali o all'uomo e, in quest'ultimo caso, se si tratta di una materia prima, come le farine, o se può essere consumato direttamente. Inoltre, si deve pensare alla struttura sociale della popolazione di insetti che si intende allevare, poiché deve essere una specie gregaria, con un comportamento non competitivo e "generalista", ovvero deve apprezzare e accettare una dieta artificiale e una vita in cattività. Va altresì considerata l'efficienza di riproduzione con un alto tasso di ovodeposizione e un basso tasso di mortalità, soprattutto fra i giovani; in caso contrario, l'allevamento non è più redditizio. Gli insetti devono essere in grado di vivere in alta densità senza manifestare comportamenti di cannibalismo. Altrimenti, i conflitti all'interno delle colonie potrebbero portare alla morte di molti esemplari. Inoltre, devono essere resistenti a malattie e parassiti per garantire la salute della popolazione allevata [33]. Devono avere un elevato tasso di conversione del substrato alimentare in biomassa; diversamente, essendo gli insetti di piccole dimensioni, l'allevamento non è economicamente vantaggioso.

I potenziali rischi

Non ci sono studi sistematici sugli eventuali effetti negativi legati al consumo di insetti a breve e a lungo termine; tuttavia la valutazione del rischio è relativa, poiché ciò che è accettabile e consentito in alcuni Paesi non lo è in altri. Inoltre, la valutazione del rischio deve comprendere anche le abitudini alimentari. Infatti, se un popolo è solito consumare un determinato tipo di alimento, non significa che sia adatto a tutti: chi non lo assume regolarmente, quindi non è avvezzo a introdurre determinate sostanze nell'organismo, poiché non incluse nella sua dieta abituale, potrebbe avere controindicazioni. L'elevato consumo di insetti in Africa, America Latina, Asia e Australia, non è sufficiente a garantire la salubrità di tale pratica alimentare. Anche perché il rischio derivante dal consumo di questi alimenti è legato a una serie di fattori, tra cui il numero, ma anche lo stato immunitario, la flora microbica intestinale, le abitudini, l'esposizione e le modalità di preparazione [4]. Tuttavia, in queste regioni del mondo, il consumo di insetti è una pratica tradizionale e ben radicata.

Nei Paesi occidentali, questa idea incontra numerose resistenze, dovute principalmente a tabù culturali. L'accettazione varia anche in base al target dei consumatori. I giovani e coloro che vivono in aree urbane, così come le persone più inclini a sperimentare nuovi cibi, sembrano più propensi a provare prodotti a base di insetti. Questa apertura è spesso legata alla loro curiosità per l'innovazione alimentare e a

una maggiore sensibilità verso le questioni ambientali. Il modo in cui i prodotti a base di insetti vengono commercializzati è altrettanto importante. Strategie di marketing efficaci, quali il *rebranding* degli insetti come "superfood" o ingredienti innovativi, possono cambiare la percezione del prodotto. L'utilizzo di testimonial e influencer, insieme a una chiara informazione sui benefici ambientali e nutrizionali, può ridurne le barriere facilitando l'accettazione [15]. Infine, esperienze dirette come degustazioni o attività culinarie possono aiutare i consumatori a superare l'avversione iniziale, favorendo una maggiore apertura a questi nuovi alimenti. Sebbene l'accettazione di questi prodotti possa sembrare difficile a causa di tradizioni culturali consolidate, per alcune categorie di persone l'entomofagia potrebbe rappresentare una valida alternativa alimentare [1].

Le preparazioni proteiche, incluse quelle a base di insetti, stanno diventando sempre più popolari nel mondo occidentale, specialmente nelle diete senza glutine. Studi recenti [45], hanno dimostrato che l'aggiunta di polvere di grilli (*Gryllus assimilis*) ai prodotti da forno senza glutine non solo migliora il valore nutrizionale, ma ritarda anche il raffermamento. Tuttavia, è importante considerare la provenienza degli insetti [64]. Infatti, molti di questi, ad esempio *Tenebrio molitor* (il verme della farina), vengono allevati su substrati a base di cereali, come grano, orzo o segale, che naturalmente contengono glutine. Durante il processo di allevamento, gli insetti sono in continuo contatto con questi substrati, il che può portare all'assorbimento di glutine e a una sua migrazione nel loro organismo. Questo significa che, sebbene l'insetto possa sembrare privo di glutine, è possibile che tracce di questa sostanza si trovino nei prodotti finali derivati da questi insetti [50].

Anche lo sfarinato di grillo è considerato *gluten-free*, adatto per chi non può assumere glutine; tuttavia, tale argomento necessita ancora di approfondimenti. Inoltre, è idoneo a chi deve seguire una dieta povera di carboidrati, come ad esempio i diabetici: questi potrebbero sostituire la pasta classica con una preparata con lo sfarinato di grillo, che è proteico. Non si conoscono i limiti dei contaminanti che possono essere presenti nelle farine di insetti, qual è la flora microbica tipica e quale va considerata estranea. Le ricerche effettuate finora hanno utilizzato dei parametri molto eterogenei, per cui risulta difficile il confronto dei risultati ottenuti. Andrebbero attuati studi microbiologici in modo scientifico e sistematico, in modo da poter escludere o evidenziare la possibilità di trovare determinati patogeni all'interno di questo alimento. Le poche indagini, eseguite in modo saltuario, non possono essere prese come esempio. Lo stesso vale per le sostanze chimiche, che si accumulano nel substrato e, quindi, nell'insetto, arrivando direttamente sulla tavola del consumatore finale. Infatti, l'eventuale presenza di agenti chimici, quali ad esempio i pesticidi, usati per trattare i terreni agricoli, o altri contaminanti ambientali, possono

accumularsi nei substrati utilizzati per allevare gli insetti per poi trasferirsi agli insetti stessi, arrivando direttamente sulla tavola del consumatore finale [26].

Inoltre, il substrato da riciclare impatta sulla flora microbica degli insetti in modo molto marcato, da quando sono allo stadio larvale e, se si tratta di deiezioni animali (ad esempio, di bovini), queste non devono rappresentare un rischio [21]. Infatti, le deiezioni animali rappresentano un substrato ad alto rischio microbiologico, poiché possono contenere una vasta gamma di agenti patogeni, compresi batteri, virus e parassiti, che potrebbero rappresentare una minaccia per la salute umana se non vengono adeguatamente gestiti durante il processo di produzione degli insetti edibili. Pertanto, attualmente è prudente evitare l'utilizzo delle deiezioni animali come compost per produrre insetti commestibili, al fine di proteggere la salute pubblica e garantire la sicurezza alimentare.

Gli allevamenti di insetti sono altamente intensivi, perché la concentrazione degli individui nell'ambiente è elevatissima. Le piccole dimensioni permettono loro di occupare nicchie ecologiche circoscritte in popolazioni numerose [68].

Pertanto, dato che gli insetti devono produrre grandi quantità di alimento, se da un lato gli spazi piccoli riescono a coniugare logiche di profitto e di gestione, dall'altro il sovrappopolamento di soggetti in uno spazio ristretto rappresenta il *pabulum* perfetto per la diffusione delle malattie infettive. Andrebbero controllate e normate le condizioni ambientali e la biosicurezza, perché la densità, quindi i volumi di allevamento, sono enormi ed alcuni agenti patogeni specie-specifici sono in grado di annientare la popolazione di tutto l'allevamento.

Uno studio pubblicato su *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* pone il quesito delle possibili allergie dovute al consumo di insetti, in quanto le loro proteine contengono tropomiosina, arginina chinasi e la gliceraledeide 3-fosfato deidrogenasi, che sono molto simili a quelle presenti nei crostacei. Individui allergici ai crostacei, potrebbero avere delle reazioni anafilattiche dovute al consumo di insetti, perché filogeneticamente vicini [5].

La tropomiosina è considerata il principale componente allergenico responsabile della cross-reattività tra crostacei e insetti in grado di sensibilizzare per via inalatoria o per ingestione individui predisposti. Pertanto, le persone allergiche ai crostacei dovrebbero evitare di consumare insetti o cibi contenenti insetti [47]. Un'altra reazione allergica legata agli insetti e descritta in letteratura è dovuta al contatto. È stata evidenziata negli operatori che allevano, producono o manipolano insetti per produrre alimenti e si manifesta con dermatiti ed eczemi. Pertanto, chi viene a contatto con gli insetti dovrebbe indossare dispositivi di protezione individuale adeguati.

L'allergia può anche essere dovuta alle punture o ai morsi, con i quali l'insetto inocula il suo veleno. Ad esempio, quello

delle formiche è in grado di scatenare reazioni anafilattiche gravi. Le allergie più insidiose sono quelle inalatorie, in quanto sono dovute all'introduzione nell'apparato respiratorio di particelle che possono causare diverse patologie, che vanno dalla rinite fino all'asma. Interessano soprattutto gli operatori dell'allevamento [18].

Molti individui che sono allergici agli acari della polvere o ai loro escrementi sono anche allergici ad altri insetti, quali, ad esempio, lepidotteri o ditteri, poiché sono filogeneticamente vicini e, anche se non sono allergici al lepidottero in sé, quando inalano, introducono delle sostanze che scatenano delle reazioni allergiche analoghe a quelle che si manifestano a causa degli acari della polvere [59]. Infine, sono state descritte le allergie alimentari, dovute all'ingestione di insetti edibili che contengono dei veri e propri allergeni. Questo tipo di allergia è stato studiato particolarmente in Cina [49]. Sembra che gli insetti dotati di maggiore capacità allergizzante siano le cavallette e sembra che i casi di shock anafilattico per ingestione di cavallette siano notevolmente superiori rispetto ai casi shock anafilattico dovuti all'ingestione di altri tipi di insetti. L'esito di questo evento sulla salute umana dipende dalla tempestività di somministrazione di adrenalina. Quindi, l'utilizzo delle cavallette come alimento andrebbe valutato con attenzione [31]. Sono stati descritti diversi casi di shock anafilattico in seguito all'ingestione di cavallette, specialmente in Thailandia, dove se ne fa un largo consumo [12]. Nel 2012 è stato segnalato in Malesia un gravissimo caso di allergia alimentare dovuto all'ingestione di una ventina di larve caramellate e arrostite da parte di una turista, che è stata ricoverata d'urgenza in ospedale [3].

Un altro dato interessante riguarda l'assunzione del colorante rosso E120, estratto dalla cocciniglia e utilizzato nell'industria alimentare, che può causare shock anafilattico [75]. Le farine di insetti possono essere contaminate da acari che sono particolarmente allergizzanti, tanto che esiste una sindrome allergica denominata "anafilassi da pancake". "sindrome del pancake" o "anafilassi orale da acari", perché è scatenata dal consumo di farine contaminate da acari, utilizzate per produrre i pancake. Questa sindrome è stata descritta già nel 1982 da un gruppo di pazienti che aveva sviluppato sintomi allergici gravi subito dopo aver mangiato cibi contenenti farina di frumento contaminata da acari [60]. Non ci sono studi ed evidenze scientifiche riguardanti i pericoli microbiologici associati al consumo di insetti, perché normalmente questi vengono considerati come "vettori" di specifiche malattie infettive. Inoltre, possono ricoprire il ruolo di disturbatori e parassiti all'interno degli allevamenti degli insetti. Un esempio è la mosca domestica (*Musca domestica*) che può veicolare *Salmonella* e *Campylobacter* [13, 55].

Negli allevamenti degli animali da reddito viene normata la lotta alle mosche, agli insetti vettori, ai ratti, etc. e vengono

utilizzate sostanze che agiscono contro gli insetti nocivi, mentre sono indifferenti ai grossi animali. In un allevamento di insetti, invece, le sostanze utilizzate possono essere dannose anche per le specie allevate. Ad esempio, il piretro, oltre a danneggiare gli insetti nocivi, agisce contro quelli edibili e da questi si ritroverebbe anche nel piatto del consumatore. Inoltre, la flora microbica degli insetti è composta principalmente da stafilococchi, streptococchi, bacilli, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Escherichia coli*, che sono per lo più opportunisti; ma la flora microbica del substrato può essere diversa e contaminata da batteri patogeni per l'uomo [46]. Alcuni autori hanno evidenziato che, in condizioni sperimentali, *Campylobacter* può sopravvivere per un certo tempo all'interno degli insetti e che il verme della farina può albergare *Salmonella* [21]. Sembra che gli insetti mantengano la presenza di questo patogeno anche dopo la metamorfosi e che alcune specie di batteri patogeni, come appunto *Salmonella* e *Campylobacter*, vengano trasmesse addirittura per via transovarica anche alla progenie. Quindi, come tutti gli alimenti, gli insetti possono essere soggetti a contaminazione batterica durante i vari stadi vitali.

In Kenya è stata segnalata l'infezione da *Clostridium botulinum* in alcuni individui che avevano ingerito termiti contaminate da *Clostridium* e poi conservate. Stessa cosa è successa in Namibia, dove il botulino è stato considerato il responsabile della morte di tre persone che avevano consumato un pasto a base di bruchi [21].

Entomofagia e sicurezza alimentare

La normativa europea sulle tossinfezioni alimentari dovrebbe essere applicata anche agli insetti destinati al consumo. L'autorità competente per la sicurezza alimentare di Belgio e Olanda ha elaborato alcuni dati sulla valutazione del rischio relativo alla filiera produttiva degli insetti. Sembra che ci siano elevate cariche microbiche di *Enterobacteriaceae*, in particolare negli allevamenti di vermi della farina (*Tenebrio molitor*), ma esiste un vuoto legislativo riguardo ai limiti di accettabilità di questi batteri all'interno di tale alimento. Tuttavia, è emerso che il 93% dei campioni testati era positivo alle *Enterobacteriaceae*, ma con un numero contenuto di germi patogeni [53].

Dagli studi effettuati sugli insetti edibili, in particolare su *Tenebrio molitor*, *Acheta domesticus* (il grillo domestico o grillo del focolare) e *Brachytrupes* spp., è risultato che la cottura in acqua bollente per 5 minuti, è efficace per eliminare le *Enterobacteriaceae*, ma non elimina i batteri sporigeni. Una volta cotti, gli insetti devono essere conservati a temperatura di refrigerazione e sembra che mantengano stabili le loro caratteristiche organolettiche per circa due settimane, quindi molto di più di altri alimenti a base di carne [32]. Un altro studio ha dimostrato che l'ebollizione a 100 °C per 8 minuti è in grado di ridurre la carica microbica di

Enterobacteriaceae a valori inferiori a 10 cfu per grammo. Tuttavia, mentre con la pasteurizzazione è risaputo che gli alimenti, ad esempio il latte, conservino le proprie caratteristiche organolettiche, preservandone la salubrità, con il trattamento di lessatura degli insetti per 8 minuti a 100 °C non si sa se vengano mantenuti gli acidi grassi e le proteine nobili. Pertanto, sono necessari ulteriori indagini per evidenziare i migliori trattamenti di conservazione di questo alimento. L'arrosto, che è uno dei metodi più diffusi, soprattutto nei Paesi orientali, per cucinare gli insetti, non è in grado di eliminare in modo sufficiente le *Enterobacteriaceae*; quindi, si dovrebbe associare all'ebollizione per qualche minuto. Uno studio olandese condotto su 500 campioni, di cui 55 erano insetti liofilizzati, ha evidenziato alte cariche di *Enterobacteriaceae*; quindi, anche il trattamento di liofilizzazione permette la conservazione di batteri, che nel 65% dei casi era maggiore di 103 cfu. Nel 93% dei casi non sono stati evidenziati batteri come *Clostridium*, *Vibrio* e *Salmonella*. Uno dei metodi che invece sembra in grado di inattivare anche le *Enterobacteriaceae* in modo sufficiente è la fermentazione [27].

Gli insetti possono essere anche preda di parassiti e l'uomo può esserne un ospite. È noto il ruolo che rivestono alcuni insetti come vettori di infezioni protozoarie quali, ad esempio, la malattia di Chagas o tripanosomiasi americana, che viene trasmessa all'uomo dalle punture di insetti delle *Triatominae*, simili a cimici. Negli Stati Uniti è stato scoperto che la via di trasmissione di questa malattia è anche legata al consumo di alimenti contaminati da *Triatominae* infetti o dalle loro feci [72].

Gli insetti possono essere anche veicolo di alcuni patogeni di natura protozoaria, quali *Amoeba*, *Giardia*, *Toxoplasma* e *Sarcocystis* [34]. Un altro esempio di parassita trasmissibile dagli insetti all'uomo è *Dicrocoelium dendriticum* che ha come secondo ospite intermedio *Formica fusca*, anche se è un caso molto raro [39]. Più comune invece è il caso di infezione da *Gongylonema pulchrum*. Sono stati evidenziati e descritti casi di infezione umana dovuta al consumo di coleotteri infettati con questo nematode. Solitamente si localizza nel sottocute della cavità orale [74].

La mancanza di dati riguardanti la presenza di parassiti negli insetti allevati, fa presupporre che queste patologie siano state generate dal consumo di insetti raccolti in natura mentre, probabilmente, in un allevamento controllato e correttamente gestito, verrebbero a mancare gli elementi per completare il ciclo vitale dei parassiti, evitando così la contaminazione da parte di batteri e virus. Inoltre, congelamento e cottura potrebbero danneggiare i parassiti, i virus e i batteri. Tuttavia, l'assenza di piani di profilassi, controllo ed eradicazione e di studi anche retrospettivi rende difficile normare questa o tipo attività dal punto di vista sanitario. Gli insetti sono anche sensibili ai funghi detti entomopatogeni, che producono tossine letali. Quindi vengono utilizzati

nella lotta biologica contro gli insetti parassiti. Tuttavia, non essendo conosciuti gli effetti di questi funghi sull'uomo e sugli animali, non sono considerati sicuri. Inoltre, si è visto che i soggetti immunocompromessi che assumono insetti possono manifestare patologie dovute alla presenza di questi funghi.

Alcuni insetti, come *Tenebrio molitor* (larva della farina) e *Locusta migratoria*, possono essere portatori di funghi patogeni, potenzialmente dannosi sia per l'uomo sia per gli animali. Inoltre, questi insetti vengono spesso consumati in vari modi: freschi, cotti, liofilizzati (processo in cui vengono disidratati per rimuovere l'acqua a basse temperature) o essiccati. Tuttavia, il problema sorge quando, durante il consumo, i funghi patogeni presenti su di essi non vengono eliminati adeguatamente. Se l'insetto non viene trattato correttamente (ad esempio, non viene cotto a sufficienza), questi funghi potrebbero rappresentare un rischio per la salute [30]. Una ricerca svolta in Botswana su alcuni lotti commerciali di bruchi mopane (*Gonimbrasia belina*) [61], ha evidenziato la presenza di alcuni funghi (*Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*), anche in grado di produrre micotossine [62]. Il rischio di contaminazione da funghi può essere evitato, o quantomeno ridotto, garantendo delle corrette procedure igieniche durante la catena di produzione.

Oltre agli aspetti biologici, il consumo di insetti presenta anche potenziali rischi chimici, rendendo cruciale una gestione attenta dell'allevamento. La presenza di sostanze come pesticidi, inquinanti ambientali, residui di farmaci o metalli pesanti può infatti rappresentare una minaccia per la sicurezza alimentare [51]. Un altro fattore critico è la qualità del substrato usato per nutrire gli insetti, che potrebbe contenere contaminanti chimici o agenti patogeni. Questi elementi possono accumularsi negli insetti e, successivamente, essere trasferiti al consumatore. Pertanto, è essenziale monitorare anche i contaminanti presenti nel substrato per valutare il loro possibile accumulo negli insetti allevati [10].

L'EFSA ha stabilito e permesso il ricorso ad antibiotici, fungicidi e farmaci antiprotozoari negli allevamenti di insetti. Considerato che il turnover nella riproduzione degli insetti è elevatissimo, l'utilizzo di antibiotici per ogni generazione potrebbe essere notevole e si potrebbe sviluppare il fenomeno dell'antibiotico-resistenza. Inoltre, la somministrazione potrebbe avvenire con il mangime, l'acqua e/o per nebulizzazione nell'allevamento e da questo, però, le molecole si disperderebbero anche nell'ambiente. Infine, non si hanno a disposizione dati per valutare le dosi massime dei farmaci, dei tempi di trattamento, i livelli massimi dei residui e i tempi di sospensione.

L'EFSA ha preso in considerazione anche il rischio dei prioni e sono state ipotizzate possibili vie di contaminazione. Sembra che, anche se gli insetti non siano in grado di replicare i prioni dei mammiferi e, quindi, non possano essere considerati vettori biologici, li potrebbero veicolare quando

i prioni contaminano il substrato. Quindi, se il substrato è contaminato, l'insetto che vive nel substrato veicola in modo meccanico i prioni e, di conseguenza, può trasmetterli all'uomo e dagli animali [21].

Gli studi riferiscono che i prioni sono molto stabili nell'ambiente e che sono in grado di mantenere la propria infettività a lungo nel terreno e nell'acqua. L'utilizzo di substrati di origine non umana e non animale e il controllo della qualità del substrato potrebbero essere elementi sufficienti a garantire l'assenza di prioni negli insetti edibili [44].

La domanda di autorizzazione con *data protection* al commercio di prodotti contenenti larve essicate di *Tenebrio molitor*, unitamente al necessario dossier scientifico previsto dalla Normativa EU 2015/2283, è stata presentata dal produttore francese di insetti SAS EAP Group Agronutris il 13 febbraio 2018. A seguito dell'opinione favorevole dell'EFSA, il 3 maggio 2021 l'Europa ha autorizzato la commercializzazione di tali larve nelle forme essicate, come insetto intero, sotto forma di snack e come ingrediente alimentare non soltanto nel territorio francese, ma nell'intero mercato comunitario, in conformità al meccanismo di protezione dei dati previsto per i *Novel Food*.

Ai sensi del Regolamento UE 2015/2283, si può richiedere che i dati inclusi nella domanda di autorizzazione non siano utilizzati da altre aziende per un periodo di cinque anni. Pertanto, quando una domanda con *data protection* è autorizzata, il richiedente ha il diritto esclusivo di commercializzare l'alimento autorizzato per cinque anni.

La società vietnamita Cricket One, il 24 luglio 2019, ha presentato una domanda di autorizzazione per immettere nel mercato dell'UE, per cinque anni, polvere parzialmente sgrassata di *Acheta domesticus* (grillo domestico). Tale ditta ha più sedi nel mondo (una anche in Italia) e inizialmente commerciava alimenti destinati agli animali [20]. L'autorizzazione alla commercializzazione dei grilli domestici (*Acheta domesticus*) come nuovo alimento nell'UE era stata approvata dagli Stati membri l'8 dicembre 2021, a seguito di una rigorosa valutazione dell'Agenzia Europea per la Sicurezza Alimentare, che ha concluso che il consumo di questo insetto è sicuro per gli usi presentati dalla società richiedente. I prodotti contenenti questo nuovo alimento saranno etichettati in modo appropriato per segnalare eventuali potenziali reazioni allergiche [23]. La vendita di insetti sarà possibile solo dopo presentazione di un approfondito dossier contenente studi scientifici affidabili che dimostrino la loro sicurezza e autorizzazione da parte di EFSA e dei Paesi membri dell'Unione Europea [7].

Conclusioni

La frase detta 400 anni a.C. da Ippocrate, padre della medicina: "Fa che il cibo sia la tua medicina e che la medicina sia il tuo cibo" ci invita ad essere responsabili, a conoscere

e a informarci su cosa mangiare. Si sposa con quanto ha detto il filosofo Feuerbach nel XVIII secolo: “*Mensch ist, was er isst*” ovvero “*L'uomo è ciò che mangia*” per indicare che il cibo non aiuta soltanto il benessere del corpo, ma anche della mente [28].

Nella società moderna, all'insegna delle mode e del consumismo, la frase di Feuerbach torna alla ribalta, più attuale che mai, spingendoci a riflettere sul rapporto che abbiamo col cibo. Ciò trascende il nutrirsi e il gustare gli alimenti, per incarnare nuovi spazi simbolici di desiderio e di condivisione, spingendosi nel mondo dei *Novel Food* [58].

L'antropologo entomologo Vane-Wright ritiene che le tantissime specie esistenti di insetti possano rappresentare la nostra opportunità per il futuro. Il buono da pensare e quindi il buono da mangiare, è legato alla cultura e all'accettazione dei nuovi alimenti [36].

Come per ogni nuovo “ingrediente” proposto, che non appartiene alla nostra tradizione culinaria, si deve lasciare il tempo necessario per metabolizzarlo ed eventualmente accettarlo. Ciò vale anche per l'entomofagia: la comunicazione e l'informazione possono aiutare ad abbattere ogni tabù e pregiudizio concernente questo nuovo, ma anche antico, alimento [63]. Infatti, l'utilizzo di insetti nella nostra dieta non è da considerarsi una *nouvelle cuisine*, ma piuttosto la riscoperta di sapori remoti ed esotici o, meglio ancora, la globalizzazione di abitudini territoriali.

Bibliografia

1. Alhajaili A., Nocella G., Macready A. Insects as food: consumers' acceptance and marketing. *Foods*, 2023, 12(4). doi: 10.3390/foods12040886.
2. Ballarini G. Il formaggio proibito. *Ruminantia*, 2020. <https://www.ruminantia.it/il-formaggio-proibito/> (accessed Feb. 15, 2024).
3. Barre A., Caze-Subra S., Gironde C., Bienvenu F., Bienvenu J., Rougé P. Entomophagie et risque allergique. *Revue Française d'Allergologie*, 2014, 54(4): 315–321. doi: 10.1016/j.reval.2014.02.181.
4. Belluco S. Il consumo di insetti dal punto di vista della sicurezza alimentare: inquadramento normativo e valutazione dei rischi. 2015, 21-28.
5. Belluco S., Losasso C., Maggioletti M., Alonzi C.C., Paoletti M.G., Ricci A. Edible insects in a food safety and nutritional perspective: A critical review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 12(3), 296-313, 2013, doi: 10.1111/1541-4337.12014.
6. Brescia G. Casu marzu, un formaggio pericoloso... in attesa del marchio Dop. 2019.
7. Bresson J. et al. Guidance on the preparation and submission of the notification and application for authorisation of traditional foods from third countries in the context of Regulation (EU) 2015/2283 (Revision 1). *EFSA J.*, 2021, 19, doi: 10.2903/j.efsa.2021.6557.
8. C.E.I.C.E. Italiana. *La Sacra Bibbia CEI* 2008. Edimedia (Firenze), 2015.
9. Caparros Megido R. et al. Consumer acceptance of insect-based alternative meat products in Western countries. *Food Qual. Prefer.*, 2016, 52, 237-243, doi: 10.1016/j.foodqual.2016.05.004.
10. Cappellozza S., Saviane A. Allevamento su larga scala d'insetti e filiere produttive.
11. Ceriani M. Si fa presto a dire insetto. *Storia del cibo del futuro. Sulle nostre tavole qualcosa di nuovo seppur antico.* goWare, 2017.
12. Chomchai S., Chomchai C. Histamine poisoning from insect consumption: an outbreak investigation from Thailand. *Clin. Toxicol.*, 2018, 56(2):126-131, doi: 10.1080/15563650.2017.1349320.
13. Choo L.C., Saleha A.A., Wai S.S., Fauziah N. Isolation of *Campylobacter* and *Salmonella* from houseflies (*Musca domestica*) in a university campus and a poultry farm in Selangor, Malaysia. *Trop. Biomed.*, 2011, 28(1):16-20.
14. Churchward-Venne T.A., Pinckaers P.J.M., van Loon J.J.A., van Loon L.J.C. Consideration of insects as a source of dietary protein for human consumption. *Nutr. Rev.*, 2017, 75(12):1035–1045, doi: 10.1093/nutrit/nux057.
15. Cicatiello C., De Rosa B., Franco S., Lacetera N. Consumer approach to insects as food: barriers and potential for consumption in Italy. *Br. Food J.*, 2016, 118(9):2271–2286, doi: 10.1108/BFJ-01-2016-0015.
16. Crawford E. EXO cricket protein co. receives \$4m, plans move beyond bars. *FoodNavigator-USA*. <https://www.foodnavigator-usa.com/Article/2016/03/07/EXO-cricket-protein-co-receives-4m-plans-move-beyond-bars>
17. De Foliart G.R. The human use of insects as a food resource: a bibliographic account in progress. University of Wisconsin, 2002.
18. De Marchi L., Wangorsch A., Zoccatelli G. Allergens from edible insects: cross-reactivity and effects of processing. *current allergy and asthma reports*, 2021, 21(5). doi: 10.1007/s11882-021-01012-z.
19. DeFoliart G.R. Overview of role of edible insects in preserving biodiversity. *Ecol. Implic. minilivestock potential insects, rodents, frogs snails*, 2005, 36:123-140.
20. Del Bianco L. Farina di grillo e insetti, ambiguità targata Europa. 2023. <https://www.ilmonocolo.com/post/farina-di-grillo-e-insetti-ambiguità-targata-europa> (accessed Mar. 23, 2024).
21. EFSA. Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA J.*, 2015, 13(10). doi: 10.2903/j.efsa.2015.4257.
22. Esalat Nejad H., Esalat Nejad A. Cochineal (*Dactylopius coccus*) as one of the most important insects in industrial dyeing. *Int. J. Adv. Biol. Biomed. Res.*, 2013, 1(11):1302–1308.

23. European Commission. Commission implementing regulation (EU) 2023/5 of 3 January 2023 authorising the placing on the market of *Acheta domesticus* (house cricket) partially defatted powder as a novel food. Off. J. Eur. Union, 2023, L2:48–119.
24. FAO-Food and Agriculture Organization of United Nations, Insetti commestibili. Prospettive future relative alla disponibilità di alimenti e mangimi. 2017.
25. FAO. Insects for food and feed. Which insects?. 2015. <https://www.fao.org/edible-insects/84627/en/> (accessed Mar. 18, 2024).
26. FAO. Looking at edible insects from a food safety perspective. Challenges and opportunities for the sector. 2021.
27. Federal Agency for the Safety of the Food Chain (FASFC). Food safety aspects of insects intended for human consumption. Common advice of the Belgian Scientific Committee of the Federal Agency for the Safety of the Food Chain (FASFC) and of the Superior Health Council (SHC). 2014. <https://www.health.belgium.be/en/food-safety-aspects-insects-intended-human-consumption-shc-9160-fasfc-sci-com-201404#anchor-21254>
28. Feuerbach L., Tomasoni F. L'uomo è ciò che mangia. Morcelliana, 2015.
29. Finnish Food Safety Authority Evira. Insects as food. 2018. https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/tietoa-mieista/asiointi/oppaat-ja-lomakkeet/yritykset/elintarvikeala/alkutuotanto/eviran_ohje_10588_2_uk.pdf
30. Gałecki R., Bakuła T., Gołaszewski J. Foodborne diseases in the edible insect industry in europe - New challenges and old problems. Foods, 2023, 12(4). doi: 10.3390/foods12040770.
31. Ganseman E., Gouwy M., Bullens D.M.A., Breynaert C., Schrijvers R., Proost P. Reported cases and diagnostics of occupational insect allergy: a systematic review. International Journal of Molecular Sciences, 2023, 24(1). doi: 10.3390/ijms24010086.
32. 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 Research International, 2019, 125. doi: 10.1016/j.foodres.2019.108527.
33. Gon S.M., Price E.O. Invertebrate domestication: behavioral considerations. bioscience, 1984, 34(9):575–579, doi: 10.2307/1309600.
34. Graczyk T.K., Knight R., Tamang L. Mechanical transmission of human protozoan parasites by insects. Clinical Microbiology Reviews, 2005, 18(1):128–132. doi: 10.1128/CMR.18.1.128-132.2005.
35. Gürses A., Açıkyıldız M., Güneş K., Şahin E. Natural dyes and pigments in food and beverages. in Renewable Dyes and Pigments, S. Ul Islam, Ed. Elsevier, 2024, 49-76.
36. Harris M., Arlorio P. Buono da mangiare. Enigmi del gusto e consuetudini alimentari. Einaudi, 1990.
37. Hartmann C., Shi J., Giusto A., Siegrist M. The psychology of eating insects: A cross-cultural comparison between Germany and China. Food Qual. Prefer., 2015, 44:148–156. doi: 10.1016/j.foodqual.2015.04.013.
38. Hou L., Shi Y., Zhai P., Le G. Inhibition of foodborne pathogens by Hf-1, a novel antibacterial peptide from the larvae of the housefly (*Musca domestica*) in medium and orange juice. Food Control, 2007, 18(11):1350–1357. doi: 10.1016/j.foodcont.2006.03.007.
39. Jeandron A. et al. Human infections with *Dicrocoelium dendriticum* in kyrgyzstan: The tip of the iceberg?. J. Parasitol., 2011, 97(6):1170–1172. doi: 10.1645/GE-2828.1.
40. Jucker C., Erba D., Leonardi M.G., Lupi D., Savoldelli S. Assessment of vegetable and fruit substrates as potential rearing media for *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) larvae. Environ. Entomol., 2017, 46(6):1415–1423. doi: 10.1093/ee/nvx154.
41. Jucker C., Lupi D., Moore C.D., Leonardi M.G., Savoldelli S. Nutrient recapture from insect farm waste: Bioconversion with *hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae). Sustain., 2020, 12(1). doi: 10.3390/su12010362.
42. Kakroo V. Edible insects market size, share, and trends 2024 to 2034. <https://www.precedenceresearch.com/edible-insects-market>
43. Kim H.W., Setyabrata D., Lee Y.J., Jones O.G., Kim Y.H.B. Pre-treated mealworm larvae and silkworm pupae as a novel protein ingredient in emulsion sausages. Innov. Food Sci. Emerg. Technol., 2016, 38:116–123. doi: 10.1016/j.ifset.2016.09.023.
44. Kooh P., Ververis E., Tesson V., Boué G., Federighi M. Entomophagy and public health: a review of microbiological hazards. Health (Irvine, Calif.), 2019, 11(10):1272–1290. doi: 10.4236/health.2019.1110098.
45. Kowalczewski P.Ł. et al. Nutritional value and biological activity of gluten-free bread enriched with cricket powder. Molecules, 2021, 26(4). doi: 10.3390/molecules26041184.
46. Kusia E., Borgemeister C., Subramanian S. A review of edible saturniidae (Lepidoptera) caterpillars in Africa. CABI Agric. Biosci., 2023, 4. doi: 10.1186/s43170-023-00186-y.
47. La Grutta S., Calvani M., Bergamini M., Pucci N., Aserto R. Allergia alla Tropomiosina: dalla diagnosi molecolare alla pratica clinica. Riv. di Immunol. e Allergol. Pediatr., 2011, 2:20–38.
48. Li M. et al. Edible insects: a new sustainable nutritional resource worth promoting. Foods, 2023, 12(22). doi: 10.3390/foods12224073.
49. Lin X. et al. A review on edible insects in China: Nutritional supply, environmental benefits, and potential applications. 2023, Curr. Res. food Sci., 7. doi: 10.1016/j.crfs.2023.100596.
50. Mancini S., Fratini F., Tuccinardi T., Degl'Innocenti C., Paci G. *Tenebrio molitor* reared on different substrates: is

- it gluten free?. *Food Control*, 2020, 110. doi: 10.1016/j.foodcont.2019.107014.
51. Mann R.M., Vijver M.G., Peijnenburg W.J.G.M. Metals and metalloids in terrestrial systems: bioaccumulation, biomagnification and subsequent adverse effects. in ecological impacts of toxic chemicals. 2011, 43-62.
52. Meyer-Rochow V.B. Traditional food insects and spiders in several ethnic groups of Northeast India, Papua New Guinea, Australia, and New Zealand, in Ecological implications of minilivestock. 2020, 403-428.
53. N. Food, C.P.S. Authority. Advisory report on the risks associated with the consumption of mass-reared insects. Zenodo, 2017. doi: 10.5281/zenodo.439001.
54. Natural and artificial flavoring agents and food dyes. 2018.
55. Nayduch D., Neupane S., Pickens V., Purvis T., Olds C. House flies are underappreciated yet important reservoirs and vectors of microbial threats to animal and human health. *Microorganisms*, 2023, 11(3). doi: 10.3390/microorganisms11030583.
56. Omuse E.R. et al. The global atlas of edible insects: analysis of diversity and commonality contributing to food systems and sustainability. 2024, *Sci. Rep.*, 14(1). doi: 10.1038/s41598-024-55603-7.
57. Poma G., Cuyx M., Amato E., Calaprice C., Focant J.F., Covaci A. Evaluation of hazardous chemicals in edible insects and insect-based food intended for human consumption. *Food Chem. Toxicol.*, 2017, 100:70–79. doi: 10.1016/j.fct.2016.12.006.
58. Randisi D. In che senso siamo ciò che mangiamo.filosofemme.it, 2021. <https://www.filosofemme.it/2021/06/09/siamo-cio-che-mangiamo/> (accessed Mar. 23, 2024).
59. Ribeiro, J.C. Sousa-Pinto B., Fonseca J., Fonseca S.C., Cunha L.M. Edible insects and food safety: allergy. *J. Insects as Food Feed*, 2021, 7(5):833-847. doi: 10.3920/JIFF2020.0065.
60. Sánchez-Borges M., Suárez-Chacon R., Capriles-Hulett A., Caballero-Fonseca F., Iraola V., Fernández-Caldas E. Pancake syndrome (oral mite anaphylaxis). *World Allergy Organ. J.*, 2009, 2(5):91-96. doi: 10.1097/wox.0b013e-3181a0db50.
61. Schabel H.G. Forest insects as food: a global review. in *Forest insects as food: humans bite back*, 2010, 37-64.
62. Simpanya M.F., Allotey J., Mpuchane S.F. A mycological investigation of phane, an edible caterpillar of an emperor moth, Imbrasia belina. *J. Food Prot.*, 2000, 63(1):137-140. doi: 10.4315/0362-028X-63.1.137.
63. Sirchia D. Entomofagia. Una desuetudine alimentare. istitutoeuroarabo.it, 2018. <https://www.istitutoeuroarabo.it/DM/entomofagia-una-desuetudine-alimentare/#:~:text=Una%20desuetudine%20alimentare,-Pubblicato%20il%201%20&text=%E2%80%9CSar%C3%A0%20per%20voi%20in%20abominio,%20piedi%2C%20per%20saltare%20sulla%20terra> (accessed Mar. 20, 2023).
64. Skotnicka M., Karwowska K., Kłobukowski F., Borowska A., Pieszko M. Possibilities of the development of edible insect-based foods in europe. *Foods*, 2021, 10(4). doi: 10.3390/foods10040766.
65. Sogari G. Entomophagy and Italian consumers: An exploratory analysis. *Prog. Nutr.*, 2015, 17(4):311–316.
66. Sogari G., Toncelli A., Mora C., Menozzi D. L'entomofagia: tra curiosità e sostenibilità. *Agriregioneuropa*, 2016, 12:107-110.
67. Tommaseo-Ponzetta M., Paoletti M.G. Lessons from traditional foraging patterns in West Papua (Indonesia). in Ecological implications of minilivestock, 2020, 455-472.
68. Turillazzi S., Giordana B. Gli insetti: una risorsa sostenibile per l'alimentazione - Introduzione alla tavola rotonda. 2015, https://www.accademiaentomologia.it/wp-content/uploads/2020/03/Monografia_XXVI.pdf
69. Van Huis A. Edible insects are the future? in *Proceedings of the Nutrition Society*, 2016, 75(3):294-305. doi: 10.1017/S0029665116000069.
70. Van Huis A. et al. Edible insects: future prospects for food and feed security(171. Food and agriculture organization of the United Nations, 2013.
71. Van Huis A. Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology*, 2013, 58:563-583. doi: 10.1146/annurev-ento-120811-153704.
72. Velásquez-Ortiz N., Ramírez J.D. Understanding the oral transmission of Trypanosoma cruzi as a veterinary and medical foodborne zoonosis. *Research in Veterinary Science*, 2020, 132:448-461. doi: 10.1016/j.rvsc.2020.07.024.
73. Verkerk M.C., Tramper J., van Trijp J.C.M., Martens D.E. Insect cells for human food. *Biotechnology Advances*, 2007, 25(2):198-202. doi: 10.1016/j.biotechadv.2006.11.004.
74. Wilson M.E., Lorente C.A., Allen J.E., Eberhard M.L. Gongylonema infection of the mouth in a resident of Cambridge, Massachusetts. *Clin. Infect. Dis.*, 2001, 32(9):1378-1380. doi: 10.1086/319991.
75. Wüthrich B., Kägi M.K., Stücker W. Anaphylactic reactions to ingested carmine (E120). *Allergy Eur. J. Allergy Clin. Immunol.*, 1997, 52(11):1133-1137. doi: 10.1111/j.1398-9995.1997.tb00189.x.