

## Aspetti igienistici del settore dell'allevamento e della trasformazione degli insetti destinati all'alimentazione

### Introduzione

Gli insetti sono invertebrati strettamente affini a crostacei e aracnidi, con cui costituiscono il grande gruppo sistematico degli artropodi che comprende oltre l'80% delle specie animali finora descritte. Gli artropodi fanno parte della dieta umana e animale a livello globale, con differenze ascrivibili soprattutto a influenze di ordine culturale.

Per quanto riguarda in particolare gli insetti, essi sono oggetto di crescente attenzione come potenziali alimenti anche nei Paesi occidentali, nei quali l'entomofagia è ancora scarsamente accettata.

L'attenzione deriva dal fatto che questi invertebrati, presenti sul pianeta con più di un milione di specie descritte, costituiscono una valida e promettente fonte di proteine che può soddisfare la crescente richiesta a livello mondiale, rappresentando anche una risorsa sostenibile (Figura 1).

Si stima che circa 2100 differenti specie di insetti vengano utilizzate a scopo alimentare e costituiscono già parte della dieta di 2 miliardi di persone sul pianeta (Žuk-Gołaszewska *et al.*, 2022).

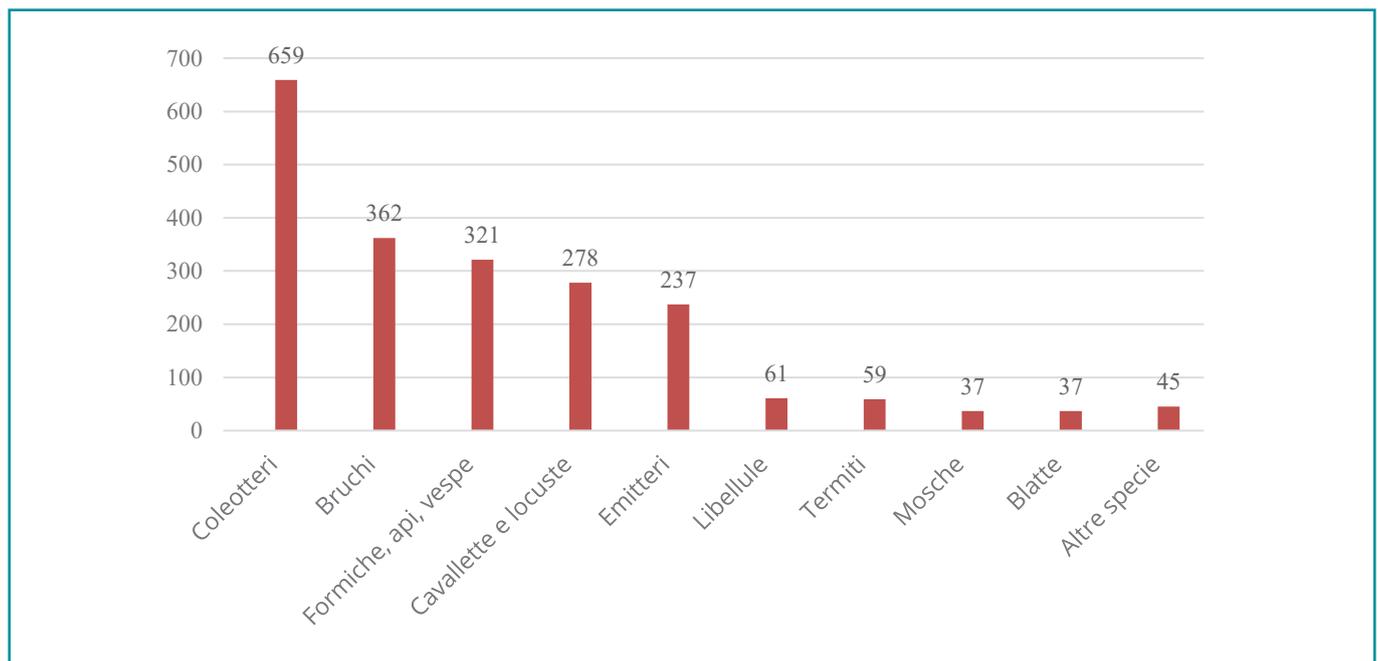


Figura 1: Numero di specie di insetti edibili nel mondo raggruppate per tipologia (Modificato da: Jongema, 2017 *List of edible insects of the world* <https://www.wur.nl/en/wageningen-university.htm>)

Gli insetti hanno un alto valore nutrizionale e altissimi tassi riproduttivi; inoltre necessitano di poco spazio, poco cibo e poca acqua per essere allevati, con pratiche che in alcuni casi seguono tradizioni molto antiche. In Cina, i prodotti residuali degli allevamenti di *Bombyx mori* per la produzione della seta, ovvero i corpi delle pupe (ultimi stadi larvali prima dello sviluppo degli insetti adulti) imbozzolate nel filo di seta, vengono utilizzati da secoli come cibo per uomini e animali (Bessa *et al.*, 2020).

Le aziende dedicate all'allevamento di insetti a scopo alimentare sono presenti soprattutto in Asia, mentre in Europa il consumo di cibi a base di insetti rimane per il momento limitato.

Va sottolineato che, come nel caso di tutte le altre risorse alimentari, anche l'allevamento degli insetti

presenta punti critici che vanno attentamente considerati allo scopo di assicurare elevati livelli qualitativi al cibo prodotto, che deve rispondere a requisiti di sicurezza e sostenibilità.

Tra questi si segnala l'alimentazione degli insetti stessi, che non deve contenere contaminanti microbiologici e inquinanti come i residui chimici e il rispetto di consolidati protocolli di igiene nelle fasi di trasformazione, conservazione e trasporto del prodotto finale (Grabowski *et al.*, 2022).

Va ricordato che in Italia gli insetti tradizionalmente oggetto di allevamento sono rappresentati quasi esclusivamente dalle specie utilizzate nell'ambito della lotta biologica e dalle api.

Dal punto di vista igienistico-industriale, il settore è di grande interesse non solo per la varietà dei cicli produttivi, che mutano tra le aziende a seconda di quali specie di insetti vengano allevate e/o trasformate, ma anche per la necessità di conoscere i rischi specifici cui sono esposti i lavoratori, ancora poco noti in considerazione del carattere innovativo di tale settore in Italia.

## **Allevamento di insetti**

Secondo la *Food and Agriculture Organization* (FAO, 2021), l'allevamento degli insetti presenta numerosi vantaggi rispetto ad altre forme tradizionali di allevamento:

- valore nutrizionale: gli insetti forniscono proteine di alta qualità e nutrienti paragonabili a quelli forniti dalla carne e dal pesce (il reale contenuto nutrizionale dipende dal loro stadio vitale, dall'habitat e dalla dieta); in particolare, molte specie di insetti contengono elevate quantità di acidi grassi e sono ricche in fibre e micronutrienti (rame, manganese, fosforo, selenio, zinco, ecc.);
- maggiore efficienza di conversione: gli insetti presentano un'elevata efficienza di conversione nutrizionale. In media, gli insetti possono convertire 2 kg di cibo in 1 kg di massa, laddove un bovino necessita invece di 8 kg di cibo per produrre 1 kg di peso corporeo; inoltre, si stima che fino all'80% del corpo di un grillo sia commestibile rispetto al 55% di un pollo e di un maiale e al 40% di una mucca;
- riduzione della produzione di gas serra: la produzione di gas serra da parte della maggioranza degli insetti è verosimilmente più bassa di quella del bestiame convenzionale; ad es. i suini producono 10-100 volte più gas serra per kg di peso di quello prodotto dai vermi della farina;
- economia circolare: gli insetti possono nutrirsi di scarti alimentari, residui agricoli e avanzi di cibo e possono trasformarli in proteine di alta qualità a loro volta utilizzabili per l'alimentazione animale, contribuendo significativamente alla realizzazione di un sistema di economia circolare;
- riduzione del consumo di acqua: gli insetti consumano meno acqua del bestiame ed alcune specie sono più resistenti dei bovini alla mancanza d'acqua;
- riduzione del consumo di suolo: l'allevamento di insetti è meno dipendente, rispetto al bestiame, dalla disponibilità di terreno; si stima che, per produrre un kg di proteine di insetti commestibili, occorra da due a dieci volte meno terreno agricolo rispetto a un kg di proteine di maiali o bovini.

La Consulenza tecnica per la salute e la sicurezza dell'Inail ha avviato uno studio finalizzato all'approfondimento del settore attraverso l'analisi della letteratura scientifica e della normativa nazionale ed europea per la conoscenza dei processi lavorativi connessi e dei conseguenti rischi professionali, con particolare attenzione a quelli di natura biologica. In Italia, al momento, non sono noti dati consolidati in merito al numero di allevamenti di insetti edibili; un numero limitato di aziende ha già avviato una produzione destinata al consumo umano ed animale e da quanto risulta sono sicuramente attive alcune biofabbriche ben strutturate, all'interno di enti o università.

Lo studio contempla anche, per quanto al momento possibile, l'analisi dei dati statistico-attuariali del settore. L'approfondimento prevede anche l'acquisizione di informazioni utili alla caratterizzazione dei contaminanti di natura biologica associati ai cicli produttivi e alle materie prime utilizzate, ai fini dell'attuazione di misure di prevenzione e protezione degli addetti ai cicli produttivi.

## **Normativa di settore**

La normativa del settore, tenendo conto dell'interesse sempre maggiore per l'uso di insetti anche vivi nell'alimentazione animale e dell'apertura del loro uso in alimentazione umana, è molto ampia e in continua evoluzione.

Lo scorso mese di settembre 2023, con una nota, il Ministero della Salute ha aggiornato, al fine di renderle più coerenti con la normativa in vigore e con il contesto produttivo attuale, le disposizioni relative all'uso di proteine animali trasformate (PAT) di insetto per l'alimentazione di animali da allevamento, nonché di insetti vivi o trattati per nutrire animali non produttori di alimenti.

In generale, gli insetti allevati con la finalità di diventare alimento, sono considerati come "animali da

allevamento”; rientrano nella stessa categoria anche tutti i prodotti ottenuti dagli insetti, come specificato dal Regolamento UE 1069/2009.

Di conseguenza, gli insetti devono essere alimentati solo con mangimi autorizzati, prodotti e commercializzati secondo Regolamenti specifici, e devono essere rispettate tutte le norme che riguardano gli allevamenti e l'alimentazione degli animali allevati. In particolare, sono riferimenti: la Direttiva 98/58/CE riguardante la protezione degli animali negli allevamenti e i Regolamenti UE 2016/429 e UE 1143/2014 che riguardano, rispettivamente, le norme legate alle malattie trasmissibili e le disposizioni volte a prevenire e gestire l'introduzione e la diffusione delle specie esotiche invasive.

Nell'allevamento di insetti per la produzione di mangimi, devono essere rispettate anche tutte le norme relative alla produzione di mangimi sicuri e i relativi divieti, nello specifico il cosiddetto *feed ban* sulle proteine di origine animale. Inoltre, i substrati sui quali vengono allevati gli insetti sono considerati anch'essi mangimi per animali da allevamento, pertanto, anch'essi devono rispettare tutti i requisiti igienico sanitari, di etichettatura e immissione in commercio applicabili a tali prodotti.

*Feed ban*: divieto di somministrazione di proteine animali trasformate ad alcune specie di animali di allevamento per la prevenzione, il controllo e l'eradicazione di alcune encefalopatie spongiformi trasmissibili (per il campo di applicazione e le deroghe, vd. Regolamento UE 999/2001 e Regolamento UE 1372/2021).

Presso il Ministero della Salute, autorità competente in Italia (Regolamento CE 183/2005), è istituito il sistema di identificazione degli operatori, degli stabilimenti e degli animali (I&R). Tale sistema prevede l'identificazione e la registrazione degli animali, degli stabilimenti e degli operatori che ne sono responsabili, consentendo la tracciabilità e la rintracciabilità degli animali delle diverse specie e categorie.

Esistono inoltre alcune indicazioni specifiche per gli impianti, i locali, le acque, la luce e tutti i componenti degli stabilimenti (allegato II del Regolamento 183/2005).

Per quanto riguarda l'allevamento di insetti destinati al consumo umano, va innanzitutto precisato che il Regolamento UE 2015/2283 ufficialmente riconosce gli "insetti interi e le loro parti" come «nuovi alimenti-*novel food*» e, in quanto tali, soggetti all'iter autorizzativo specificato dallo stesso Regolamento. In particolare, chiunque voglia richiedere l'autorizzazione alla produzione e commercializzazione di insetti destinati al consumo alimentare, deve produrre dei dossier con i dati necessari alla valutazione scientifica della sicurezza del prodotto proposto. Il Regolamento prevede anche che una lista dei dossier presentati sia pubblicata sul sito della Commissione Europea.

Tali dossier devono essere basati sulle linee guida prodotte dall'EFSA (Autorità europea per la sicurezza alimentare), incaricata della valutazione scientifica.

La procedura si conclude con una decisione della Commissione Europea e, se questa ha esito positivo, viene aggiornato il Regolamento UE 2017/2470, che istituisce l'elenco dell'Unione dei nuovi alimenti a norma del Regolamento UE 2015/2283.

Il primo insetto ad essere autorizzato per l'immissione sul mercato è stata la larva gialla della farina (coleottero *Tenebrio molitor*) congelata, essiccata e in polvere (Regolamento di esecuzione UE 2022/169).

Gli operatori devono anche rispettare i principi e gli standard generali per il settore della sicurezza degli alimenti e dei mangimi, quali la "legislazione alimentare generale" (Regolamento 178/2002) e il "pacchetto igiene" (ad esempio il Regolamento 852/2004 sull'igiene dei prodotti alimentari e il Regolamento 183/2005 che stabilisce i requisiti di igiene per i mangimi).

È anche opportuno citare il Regolamento UE 1925/2021: tale disposto normativo ha modificato il Regolamento UE 142/2011 che introduce la definizione di *frass*.

Il Regolamento UE 2021/1925 definisce il *frass* come "una miscela di escrementi derivati da insetti d'allevamento, substrato alimentare, parti di insetti d'allevamento e uova morte, con un contenuto di insetti d'allevamento morti non superiore al 5% in volume e non superiore al 3% in peso" e ne regola l'utilizzo come fertilizzante organico. Il *frass* viene utilizzato in agricoltura perché arricchisce il terreno di azoto, fosforo, potassio e microrganismi che agevolano l'assorbimento dei nutrienti da parte delle piante. Inoltre, il *frass* è ricco del polisaccaride chitina, che deriva dalle esuvie degli insetti morti e favorisce lo sviluppo di microrganismi che stimolano la pianta a rinforzare le proprie difese (Barragan-Fonseca *et al.*, 2022).

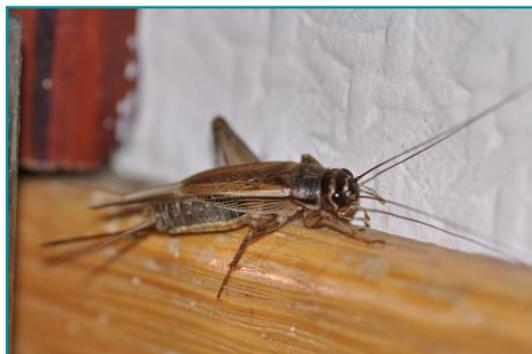
In Italia, a dicembre 2023, sono stati pubblicati i decreti ministeriali relativi al contenuto delle etichette per gli alimenti e i preparati destinati al consumo umano ottenuti mediante l'utilizzo:

- della polvere parzialmente sgrassata di *Acheta domestica* ovvero *Acheta domestica* congelato, essiccato o in polvere;
- della larva gialla della farina (larva di *Tenebrio molitor*) congelata, essiccata o in polvere;
- della *Locusta migratoria* congelata, essiccata o in polvere;
- delle larve di *Alphitobius diaperinus* (verme della farina minore) congelata, in pasta, essiccata o in polvere.

In particolare, le etichette devono indicare il contenuto e la provenienza dell'alimento ed evidenziare la possibilità di reazione allergiche nei consumatori con allergie note ai crostacei, ai molluschi e agli acari della polvere.



*Tenebrio molitor*\*



*Acheta domestica*\*\*

### Ordine di appartenenza degli insetti edibili autorizzati

*Hermetia illucens*: Ditteri

*Musca domestica*: Ditteri

*Tenebrio molitor*: Coleotteri tenebrionidi

*Alphitobius diaperinus*: Coleotteri tenebrionidi

*Acheta domestica*: Ortoteri

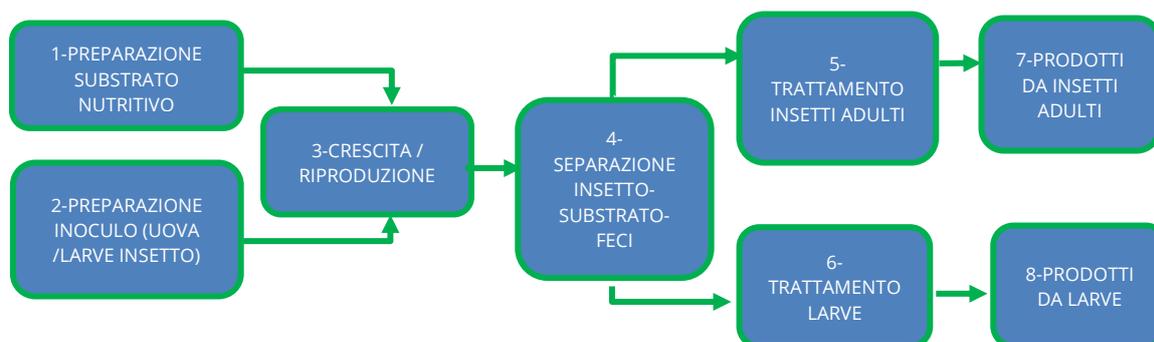
*Grylodes sigillatus*: Ortoteri

*Gryllus assimilis*: Ortoteri

*Bombyx mori*: Lepidotteri

### Ciclo produttivo

L'allevamento di insetti si svolge all'interno di apposite strutture, le "biofabbriche", in cui si realizzano le seguenti operazioni fondamentali (Figura 2):



**Figura 2: Operazioni svolte all'interno delle biofabbriche**

\* Autore: Raimond Spekking. Licenza: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.it>

\*\* Autore: Aiwok/ Wikimedia Commons. Licenza: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.it>

Ogni specie di insetto, per poter crescere e moltiplicarsi in maniera ottimale, necessita di uno specifico substrato (fase 1), in quanto alcune specie preferiscono substrati umidi mentre altre li preferiscono secchi, con uno specifico profilo nutrizionale (Cortes Ortiz *et al.*, 2016).

Il controllo delle condizioni di crescita/riproduzione (fase 3) è fondamentale per uno sviluppo ottimale e ed è necessario garantire temperatura, umidità, ventilazione, illuminazione e densità di popolazione definite:

- temperature più basse rispetto a quelle ideali comportano ritardi nello sviluppo, mentre temperature più elevate determinano stress ed entrambi gli estremi comportano un aumento della mortalità e quindi una minore produttività dell'impianto;
- un'umidità eccessiva fa aumentare la probabilità di sviluppo di malattie e di deterioramento degli alimenti, mentre un'umidità troppo bassa può creare alterazione dei processi fisiologici, e il mangime potrebbe seccarsi risultando non più assimilabile;
- gli insetti per effetto del loro metabolismo producono anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), che in un ambiente chiuso può accumularsi a livelli tossici. La CO<sub>2</sub>, insieme ad eventuali altri metaboliti gassosi emessi, deve essere rimossa mediante ventilazione e ricambio dell'aria ambiente;
- gli insetti da allevamento sono generalmente gregari, per cui possono riprodursi anche in condizioni di affollamento e contatto reciproco (anche se in particolari situazioni possono manifestarsi forme di cannibalismo, ovviamente da evitare), il che è sicuramente vantaggioso per le finalità produttive.

Una volta raggiunto il grado di sviluppo desiderato (tipicamente come larve o insetti adulti), si rende necessaria la loro separazione dal substrato (fase 4, ad es. tramite setacciatura, oppure sfruttando la reazione di naturale avvicinamento o allontanamento da sorgenti luminose, c.d. fototassia) e dalle feci (queste ultime possono essere utilizzate per la produzione di compost).

Nel caso delle larve (fase 6), si possono individuare due tipologie di processo, rispettivamente "a secco" e "a umido" (Sindermann *et al.*, 2021). Nel processo "a secco", le larve vengono prima essiccate (ad es. in forni rotativi, a letto fluido o a microonde). Successivamente si estraggono le frazioni lipidiche, pressando le larve tramite coclee; spesso il prodotto viene mantenuto a temperatura controllata prima del trattamento e inoltre in alcuni modelli di presse anche la temperatura operativa delle coclee può essere controllata. Pre-condizione necessaria per l'estrazione è che la temperatura del prodotto sia maggiore della temperatura di fusione del grasso. All'interno della pressa le larve sono sottoposte ad una pressione crescente:

- in una prima fase, le cellule delle larve vengono distrutte e l'aria interstiziale presente fuoriesce;
- successivamente avviene lo sgrassamento, con riduzione del volume della massa e rilascio dei lipidi.

La frazione lipidica ottenuta viene quindi avviata a processi di chiarificazione tramite filtrazione o centrifugazione, mentre il residuo pressato (ricco di proteine) può essere trasformato in pellet o scaglie a seconda delle esigenze.

Nel processo "a umido", le larve vengono prima sottoposte a un'operazione di riduzione dimensionale, ad es. tramite macinazione in trituratorini simili a quelli usati nell'industria della carne (una vite senza fine dotata di coltelli costringe il materiale a passare attraverso una piastra forata); alternativamente possono essere usate delle presse a bassa pressione che, in assenza delle forze di taglio presenti nei trituratorini predetti, costringono il materiale a passare attraverso dei setacci a maglia abbastanza fine: questa modalità di lavoro fa sì che il setaccio trattenga una frazione ricca di chitina, che può essere avviata alla produzione di chitosani. Sia la triturazione che la pressatura vanno ottimizzate per evitare di creare emulsioni che renderebbero più complessa la successiva fase di estrazione. L'estrazione delle frazioni di interesse avviene quindi in un decanter trifase, così chiamato perché separa tre distinte frazioni (due liquide e una pastosa): frazione lipidica, frazione acquosa e frazione ricca in proteine (quest'ultima da stabilizzare per essiccazione).

Il prodotto finale in uscita dall'allevamento/impianto può quindi presentarsi in forme diverse:

- larve/insetti interi essiccati o congelati/surgelati;
- larve/insetti in forma di polvere o pasta, ottenute per macinazione a freddo o per macinazione dopo essiccazione;
- estratti proteici/frazioni lipidiche, ottenuti da larve tramite processi di frazionamento/purificazione;
- chitina, ottenuta dal processamento di larve/insetti, che vengono confezionate e imballate per la successiva distribuzione.

## Fonti principali di rischio igienistico

I macchinari utilizzati all'interno delle biofabbriche, sia per allevare gli insetti che per processarli, possono essere fonte di rischi infortunistici (urto, inciampo, ecc.) o elettrici, al pari di altre attività produttive. I rischi per la salute dei lavoratori in questo settore sono correlati maggiormente al rischio biologico e al rischio chimico. Altri rischi per la salute, come la movimentazione manuale dei carichi o l'esposizione a rumore e vibrazioni, dipendono dall'utilizzo o meno di ausili di movimentazione e dalle caratteristiche tecniche dei macchinari utilizzati e degli impianti a servizio della produzione.

Potenziati rischi biologici sono rappresentati da batteri, virus e funghi ospiti degli insetti allevati, presenti principalmente a livello di microbiota intestinale, o derivanti dai substrati alimentari usati per allevarli. Gli insetti possono essere vettori anche di parassiti, quali protozoi e nematodi.

La valutazione del rischio biologico deve quindi tener conto delle specie di insetti allevate, ognuna caratterizzata da un microbiota intestinale diverso e che varia anche in base allo stadio di sviluppo, e da una popolazione microbica presente sulla superficie esterna dell'esoscheletro. I microrganismi patogeni per gli insetti sono invece considerati generalmente inoffensivi per l'uomo, data la distanza filogenetica tra artropodi e mammiferi.

La presenza di agenti biologici deve poi essere indagata nelle varie fasi di produzione successive all'allevamento e nelle fasi di stoccaggio e conservazione dei prodotti finiti, oltre che nella gestione dei rifiuti. In aggiunta alla presenza di microrganismi, gli insetti rappresentano una fonte di allergeni, principalmente di natura proteica ma anche polisaccaridica (ad es. la chitina dell'esoscheletro). Per gli operatori degli allevamenti di insetti edibili le reazioni allergiche possono insorgere in seguito a diverse modalità di esposizione: cutanea (contatto con cute integra o con cute lesionata da tagli o abrasioni, ad esempio causate dalle strutture rigide dell'esoscheletro), ingestione accidentale e inalazione.

A seguito di inalazione di particelle di insetti sono state riscontrate reazioni di sensibilizzazione allergica, specialmente a livello del tratto respiratorio superiore (Ganseman *et al.*, 2023) e casi di rinite e asma (Linares *et al.*, 2008). Si è anche evidenziato l'effetto "lavoratore sano" dovuto ad un precoce abbandono del lavoro anche a causa dell'insorgere dei sintomi allergici (c.d. "selezione in uscita").

Effetto "lavoratore sano" (*Healthy worker effect*, HWE): fenomeno della c.d. "selezione" in entrata o in uscita dei lavoratori presenti nei luoghi di lavoro. Il fenomeno è stato osservato negli studi di correlazione tra le malattie di origine professionale e le mansioni svolte. In particolare, la "selezione in entrata" si osserva nei lavoratori delle industrie più rischiose che, nonostante le esposizioni nocive, nei primi anni di lavoro mostrano condizioni di salute migliori rispetto alla popolazione generale. Il fenomeno è conseguente alla scelta, talvolta operata dal datore di lavoro, altre volte auto-decisa dal lavoratore stesso, di svolgere o meno un certo mestiere/lavoro sulla base delle proprie condizioni psico-fisiche. La "selezione in uscita" si osserva, ad esempio, per le malattie di natura allergica: per tali patologie, infatti, non sarebbe concepibile trovare lavoratori divenuti asmatici ancora presenti nelle aziende in cui hanno sviluppato l'allergia ai materiali di lavoro. L'effetto "lavoratore sano" può condizionare la lettura e la valutazione dei dati negli studi sulle patologie professionali (da: Flussi informativi Inail-Regione, giugno 2015).

I soggetti allergici agli acari della polvere o ai crostacei hanno manifestato effetti di sensibilizzazione agli allergeni degli insetti a causa di fenomeni di cross-reazione.

Il rischio chimico può essere rappresentato dall'esposizione alle sostanze utilizzate per la pulizia e la disinfezione degli allevamenti, dei macchinari e degli ambienti di lavoro. Inoltre, gli insetti possono produrre sostanze tossiche (ad es. alcoli, aldeidi, fenoli) a scopo difensivo. Ulteriori fonti di esposizione dei lavoratori ad agenti chimici possono dipendere da prodotti somministrati agli insetti (antibiotici, antifungini ecc.) e utilizzati per la disinfestazione dei locali, per evitare contatti con altre specie di insetti da parte di quelle allevate e allontanare altre specie infestanti (ad es. roditori).

## Misure di prevenzione e protezione

Le misure di prevenzione e protezione da adottare devono tener conto:

- delle specie di insetti allevate e dei loro stadi di sviluppo per individuare gli agenti biologici e chimici a cui gli addetti possono essere esposti;
- delle condizioni di allevamento e di alimentazione;
- dei processi produttivi.

L'analisi dei microrganismi nelle specie allevate permette sia l'identificazione di eventuali agenti patogeni rilevanti per la salute dei lavoratori, sia la valutazione dell'efficacia dei processi di decontaminazione adottati per ridurre la carica microbica esterna presente sull'esoscheletro degli insetti.

Di ogni specie allevata si devono raccogliere informazioni sulla presenza di sostanze allergeniche sia prodotte direttamente dagli insetti, sia derivanti dai processi produttivi a cui sono stati sottoposti per trasformarli in alimenti.

Come riportato nella nota del Ministero della Salute del settembre 2023, nel progettare uno stabilimento di allevamento di insetti, bisogna valutarne l'ubicazione, compresi i confini esterni (ad es. vicinanza a centri abitati, paludi, acquitrini, ecc.) per evitare una potenziale presenza/introduzione di infestanti e/o parassiti. Inoltre, a seconda delle dimensioni e del sistema di allevamento, devono essere previste aree separate di allevamento e di stoccaggio, individuate le zone di ingresso e di uscita dai locali e prevista un'adeguata separazione tra il percorso pulito e il percorso sporco per prevenire ed evitare cross-contaminazioni. L'operatore deve predisporre procedure documentali relative alla gestione dell'allevamento, contenenti, tra l'altro, le norme di biosicurezza e le buone pratiche (GMP). La pulizia, detersione e, se del caso, disinfezione, dei locali e delle strutture deve essere proceduralizzata e applicata per garantire le norme igieniche soprattutto tra un ciclo di produzione e l'altro. Il trasporto degli insetti vivi deve avvenire su veicoli e contenitori puliti e, ove necessario, disinfettati tra un trasporto e l'altro.

Sempre in base alla nota ministeriale, gli operatori e il personale addetto alle attività di allevamento di insetti devono possedere un'adeguata formazione in merito all'attività da svolgere, alla specie di insetto da allevare, ai principi di biosicurezza da adottare e ai principali agenti patogeni e parassiti che potrebbero contaminare lo stabilimento, nonché alle misure da adottare in caso di patologia. L'indicazione del personale e della sua formazione, nonché del medico veterinario di riferimento, deve essere riportata nella procedura documentale.

Tra i sistemi collettivi di protezione è importante prevedere impianti di aspirazione e ventilazione che riducano l'esposizione dei lavoratori a polveri aerodisperse.

I processi lavorativi devono essere progettati adottando, laddove possibile, sistemi chiusi e automatizzati o semiautomatizzati.

Gli operatori, nelle zone a rischio di esposizione ad agenti biologici aerodispersi, devono essere dotati di adeguati DPI per la protezione specifica, in particolare di semimaschere filtranti. Si ricorda che per l'utilizzo di DPI di categoria III è richiesto un addestramento specifico.

Il protocollo sanitario elaborato dal medico competente dovrebbe comprendere la disamina delle problematiche allergeniche. A supporto della valutazione anamnestica il medico potrebbe avvalersi di questionari somministrati ai lavoratori che contengano domande inerenti sintomi correlati a fenomeni di sensibilizzazione e possibili fonti extraprofessionali di esposizione a insetti o loro allergeni.

## PER ULTERIORI INFORMAZIONI

Contatti: [ctss@inail.it](mailto:ctss@inail.it)

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI E NORMATIVI

1. Barragan-Fonseca KY *et al.* Insect frass and exuviae to promote plant growth and health. *Trends Plant Sci.* 2022 Jul;27(7):646-654. doi: 10.1016/j.tplants.2022.01.007. Epub 2022 Mar 2. PMID: 35248491.
2. Bessa LW *et al.* Insects as human food; from farm to fork. *J Sci Food Agric.* 2020 Nov; 100(14):5017-5022. doi: 10.1002/jsfa.8860. Epub 2018 Feb 20. PMID: 29288490.
3. Cortes Ortiz JA *et al.* Insects as Sustainable Food Ingredients, Chapter 6 - Insect Mass Production Technologies, 2016 Elsevier Inc., 153-201.
4. FAO. 2021. Looking at edible insects from a food safety perspective. Challenges and opportunities for the sector. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb4094en>.
5. Ganseman E *et al.* Frequent Allergic Sensitization to Farmed Edible Insects in Exposed Employees. *J Allergy Clin Immunol Pract.* 2023 Dec;11(12):3732-3741.e10. doi: 10.1016/j.jaip.2023.07.039. Epub 2023 Aug 4. PMID: 37543086.
6. Grabowski NT *et al.* Review: Insects-A source of Safe and Sustainable Food? *Front.Sustain. Food* 2022 5:701797. doi 10.3389/fsufs.2021.701797.
7. Linares T *et al.* Occupational rhinitis and asthma due to crickets. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 2008 Jun;100(6):566-9. doi: 10.1016/S1081-1206(10)60050-6. PMID: 18592820.
8. Sindermann D *et al.* Industrial processing technologies for insect larvae. *Journal of Insects as Food and Feed.* 2021 7(5), 857-875. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0103>.
9. Żuk-Gołaszewska K *et al.* Edible Insect Farming in the Context of the EU Regulations and Marketing-An Overview. *Insects.* 2022 May 7;13(5):446. doi: 10.3390/insects13050446. PMID: 35621781; PMCID: PMC9147295.

## PAROLE CHIAVE

insetti; alimentazione; allevamento e trasformazione; ciclo produttivo; rischi professionali

## AUTORI

Maria Rosaria Fizzano, Claudio Kunkar, Raffaella Giovinazzo, Marina Mameli,  
Federica Venanzetti

©2024 Inail  
isbn 978-88-7484-862-1

Tipolitografia Inail - Milano, maggio 2024