



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
DIPARTIMENTO SCIENZE DELLA VITA E DELL' AMBIENTE

Corso di Laurea
Scienze Biologiche

GLI INSETTI COME FONTE DI NUTRIENTI E COMPOSTI BIOATTIVI
INSECTS AS A SOURCE OF NUTRIENTS AND BIOACTIVE COMPOUNDS

Tesi di Laurea di:
Francesco Casturà

Docente referente:
Chiar.mo Prof. Cristina Truzzi

Sessione Autunnale
Anno Accademico 2020/2021

Introduzione

Nel mondo occidentale gli insetti sono spesso ritenuti inutili e disgustosi, a causa di pregiudizi culturali che non permettono ai più di valutarne oggettivamente le caratteristiche, le quali sono invece interessanti e potenzialmente molto utili.

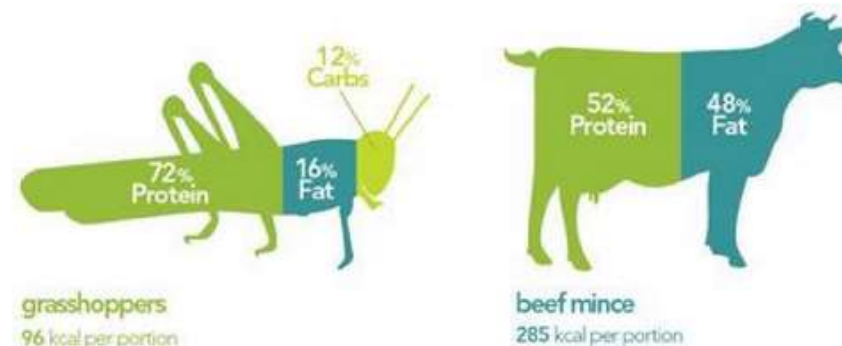
Ad esempio, da un punto di vista nutrizionale essi sono importanti fonti di proteine, lipidi, minerali, vitamine e fibre, perciò potrebbero essere sfruttati come alimenti, in quella che viene definita "entomofagia". Questo tipo di alimentazione è molto più diffusa in Asia, Africa ed America del Sud rispetto all'Europa ed al Nord America, dove prevalgono i pregiudizi sopra indicati. In realtà, ci sono reperti fossili che fanno presupporre come fosse già praticata dai primitivi ominidi, soprattutto prima che sviluppassero tecniche di caccia efficaci. Questi reperti sono i coproliti umani: feci fossilizzate nelle quali sono stati rinvenuti frammenti di varie specie di insetto. A questo, si affiancano prove storiche dell'utilizzo alimentare di insetti nell'antica Cina e anche nell'Impero romano, che nel complesso dimostrano come l'entomofagia sia una pratica non così estranea all'uomo. Attualmente si stima che centotredici paesi, per un totale di circa due miliardi di persone, siano interessati da questa attività, e le specie ufficialmente edibili sono poco più di duemila.

Inoltre, sono stati fatti degli studi che hanno dimostrato come sia possibile ottenere dagli insetti dei peptidi con delle proprietà antidiabetiche, antipertensive, antimicrobiche o antiossidanti che risultano utili all'uomo. Ancora, è stato dimostrato come questi animali possano essere sfruttati per rispondere alla domanda di proteine, contrastare la fame nei paesi più poveri ed affrontare i problemi ambientali legati alle attuali ed insostenibili modalità di approvvigionamento proteico che l'uomo usa.

In questo lavoro verranno affrontate tutte queste tematiche, con particolare attenzione all'importanza proteica degli insetti, alle applicazioni degli idrolizzati derivanti da essi ed anche ai rischi associati all'entomofagia.

Composizione degli insetti

- La principale componente nutrizionale è rappresentata dalle **proteine**, seguite dai lipidi.
- Il contenuto di minerali è spesso superiore a quello di altri animali, come nel caso di calcio, **ferro e zinco**.
- Gli insetti sono una **buona fonte di fibre**, grazie alla chitina dell'esoscheletro, che ha anche un **ruolo coadiuvante** nell'immunità adattativa.
- Negli insetti c'è un buon contenuto di vitamine.

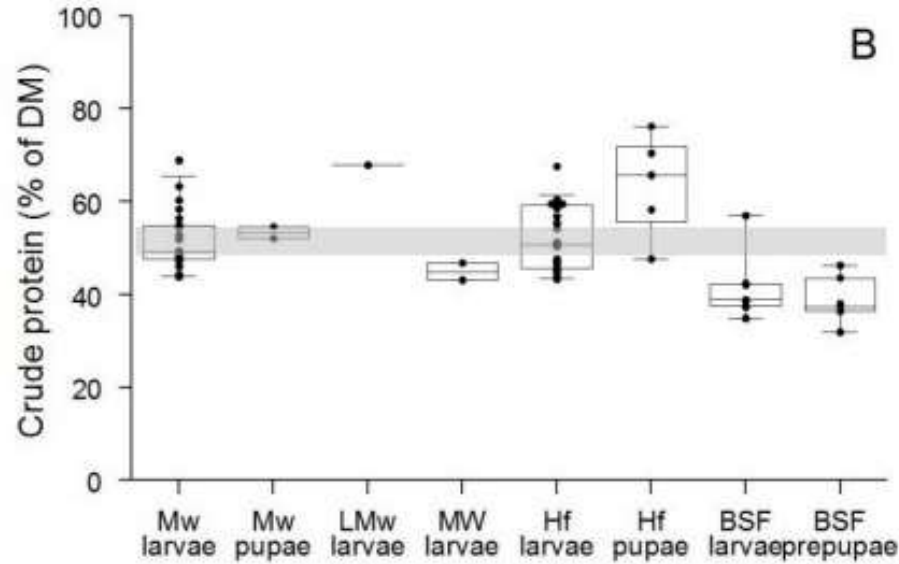


Da *Edible Insects: future prospects for food and feed security* – FAO – A. van Huis

	Acheta domesticus	Ruspolia differens	Tenebrio molitor	Rhynchophorus phoenicis
Proteine (%)	64.4–70.7	44.3	65.6	10.3–41.7
Acidi grassi (%)	18.5–22.8	46.2	28.2	19.5–69.8
Fibre (%)	–	4.9	3.0	2.8–25.1
Potassio (mg/100g)	1126.6	259.7	761.54	1025.0–2206.0
Sodio (mg/100g)	435.1	121.0	125.38	44.8–52.0
Magnesio (mg/100g)	80.0–1094.4	33.1	221.54	33.6–131.8
Calcio (mg/100g)	132.2–210.0	24.5	47.18	54.1–208.0
Ferro (mg/100g)	6.3–11.2	229.7	5.51	14.7–30.8
Acido ascorbico (mg/100g)	9.5	0.1	36.10	4.2

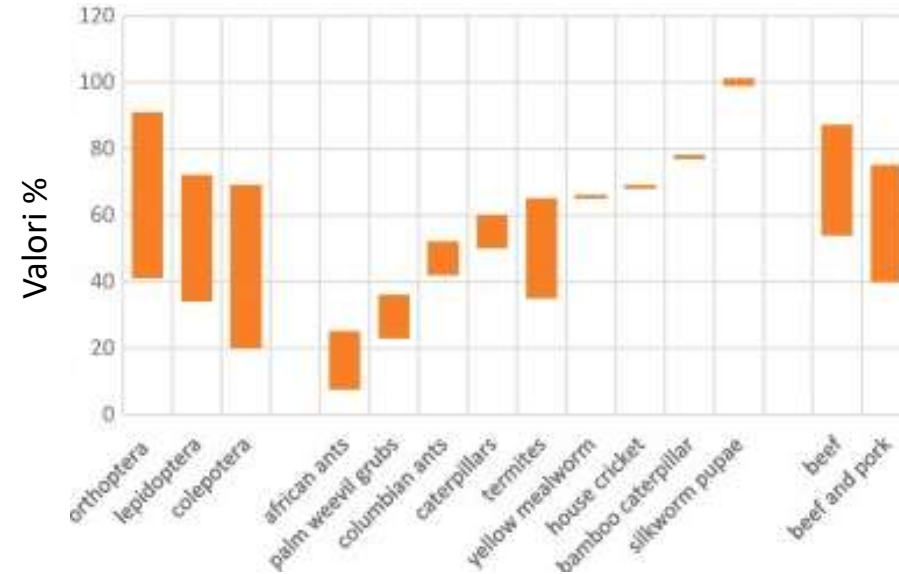
Il contenuto proteico varia in funzione della specie ma anche dei vari stadi vitali.

Differenze fra diversi stadi vitali di *T. molitor*, *M. domestica* e *H. illucens*

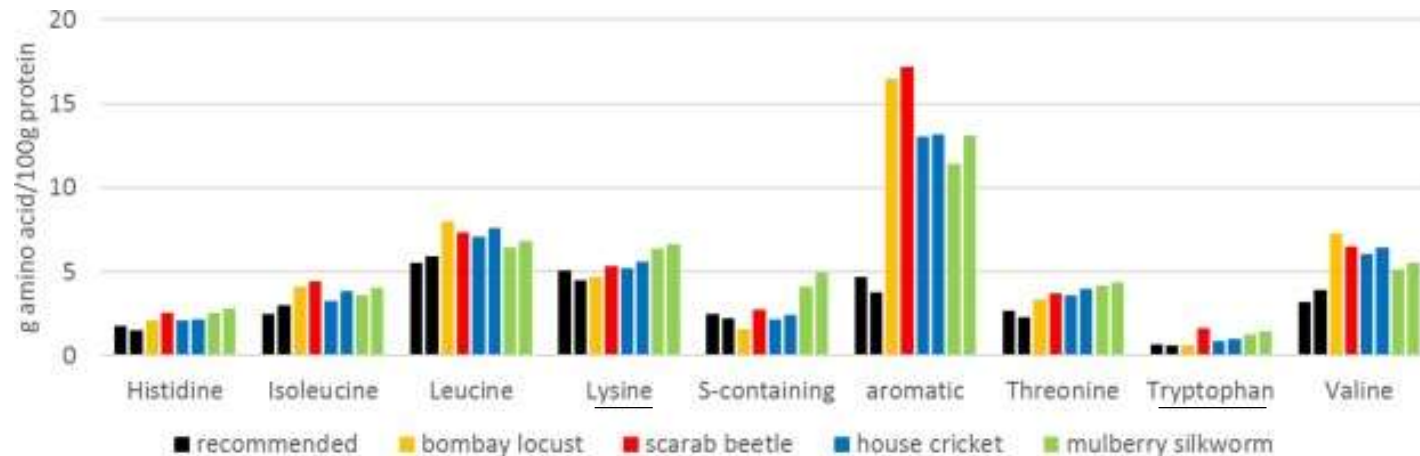


Da *Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets - a feasibility study* - T. Veldkamp

Contenuto proteico in % su peso secco



Da *Entomophagy: Nutritional, ecological, safety and legislation aspects* - Dele Raheem



Da *Entomophagy: Nutritional, ecological, safety and legislation aspects* - Dele Raheem

Insetti come fonte proteica

- Il contenuto proteico è elevato e spesso superiore che in altri animali.
- Il livello di aminoacidi essenziali è soddisfacente, ma **lisina e triptofano sono spesso limitanti**.
- L'idrolisi enzimatica permette di ottenere **peptidi bioattivi**.
- Idrolizzati valutati sulla base di solubilità, capacità schiumogena ed emulsionante.



Rhynchophorus bilineatus

Applicazioni degli idrolizzati proteici-1

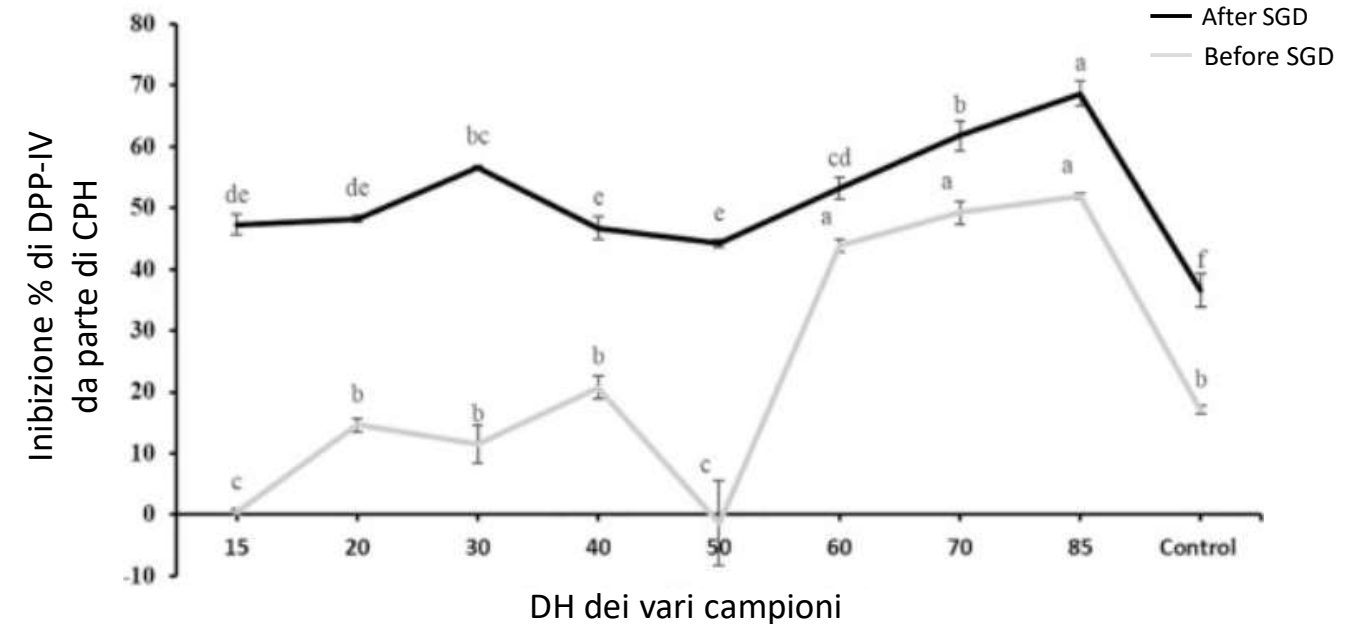
☐ Trattamento del diabete di tipo 2:

- le incretine GLP1 e GIP sono secrete dopo un pasto per stimolare il rilascio di insulina;
- la DPP-IV è un enzima che **scinde le incretine**, inibendo la risposta insulinica;
- alcuni idrolizzati di insetto riescono ad **interferire** con l'enzima, bloccandolo.

☐ Antipertensivi:

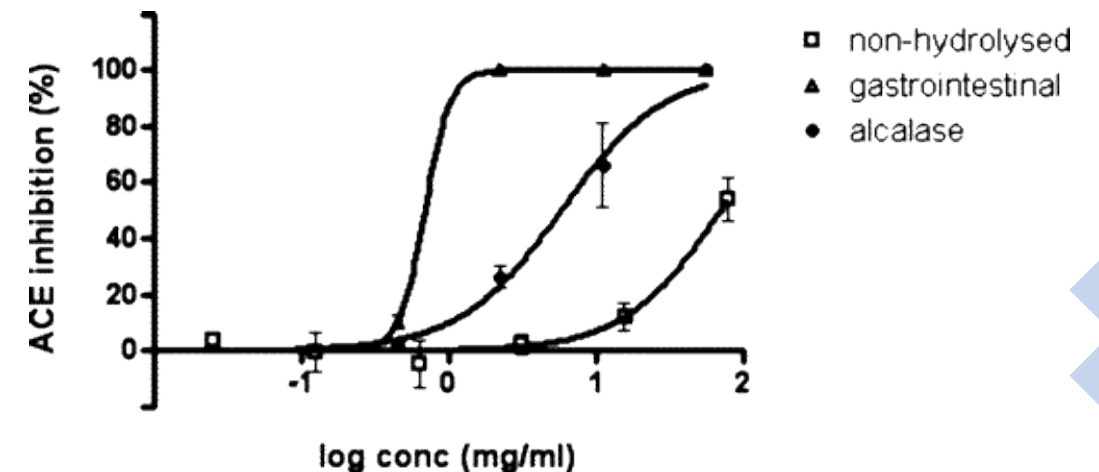
- ACE è un enzima che aumenta la pressione arteriosa, inattivando la bradichinina e producendo angiotensina 2;
- alcuni idrolizzati possono **inibire la sua azione** ed abbassare così la pressione;
- l'effetto maggiore si ha con peptidi a **basso peso molecolare** e con **residui idrofobici** al C-ter.

Inibizione di DPP-IV prima e dopo una digestione gastrointestinale simulata (SGD)



Da Effect of enzymatic hydrolysis on bioactive properties and allergenicity of cricket (*Gryllos sigillatus*) protein – F. Hall

Inibizione di ACE da parte di proteine di *B. mori*



Da ACE Inhibitory Activity in Enzymatic Hydrolysates of Insect Protein - L. Vercautysse

Applicazioni degli idrolizzati proteici-2

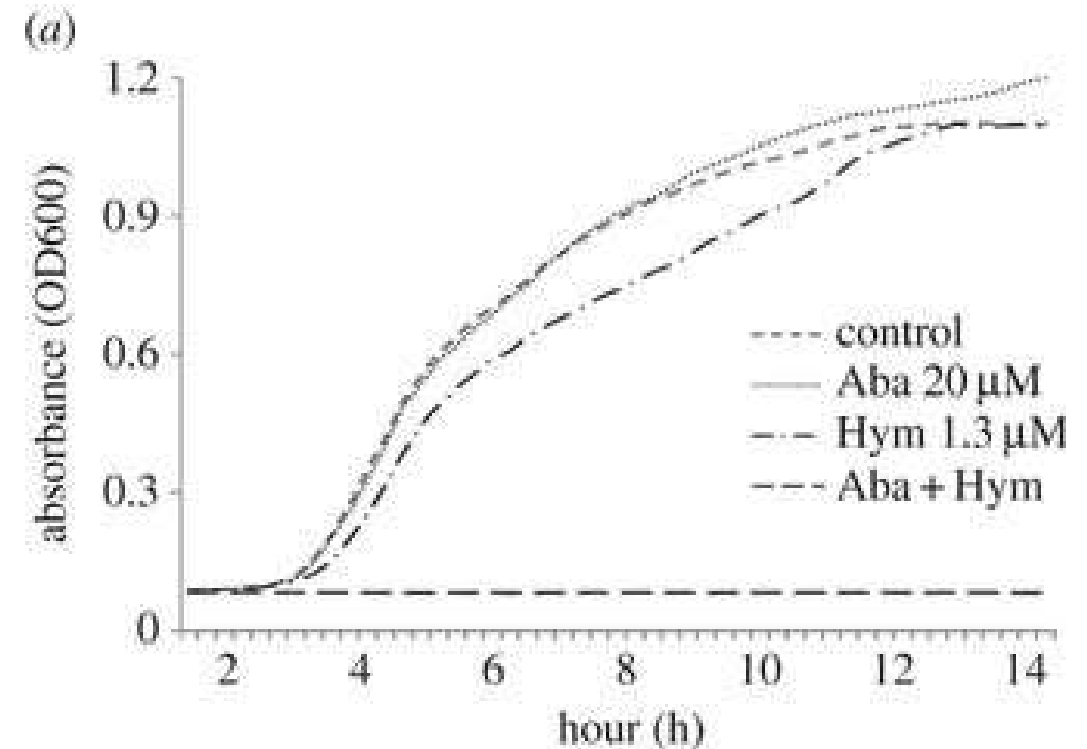
☐ Antimicrobici:

- sono **piccoli peptidi**, cationici, termostabili e privi di resistenza ai farmaci o effetti sulle cellule eucariotiche;
- sono divisi in quattro gruppi: α -elicoidali, ricchi in cisteina, ricchi in prolina, ricchi in glicina;
- alcune **modalità di azione**: rilascio di ROS, inibizione della sintesi proteica e modificazione del gradiente di membrana.

☐ Antiossidanti:

- l'attività antiossidante è valutata tramite l'analisi dell'eliminazione di radicali liberi, dell'abilità chelante e del potere riducente;
- i peptidi più piccoli e con amminoacidi idrofobici ed aromatici hanno **maggior potenziale antiossidante**.

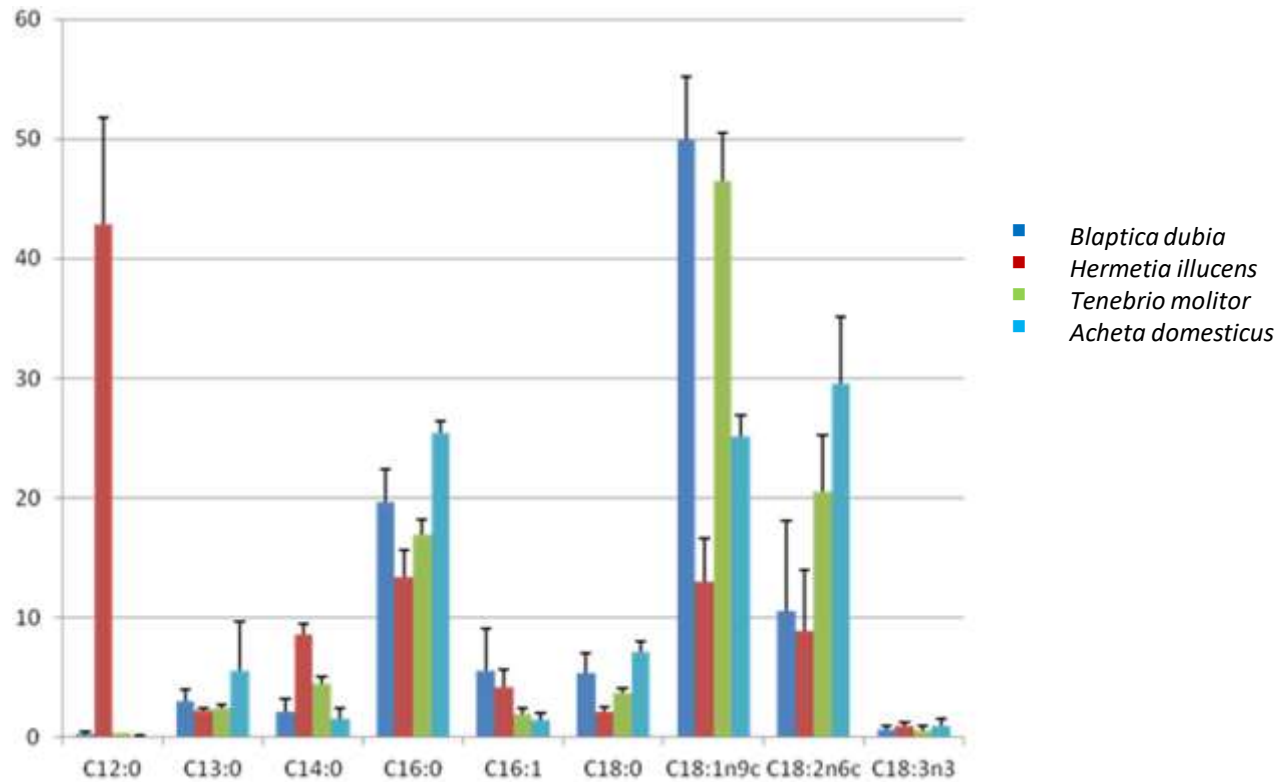
Effetto di abaecina ed imenoptaecina su *E. coli*



Da *Insect antimicrobial peptides show potentiating functional interactions against Gram-negative bacteria* – M. Rahnamaeian

Insetti come fonte lipidica

Composizione in acidi grassi di quattro diverse specie di insetto



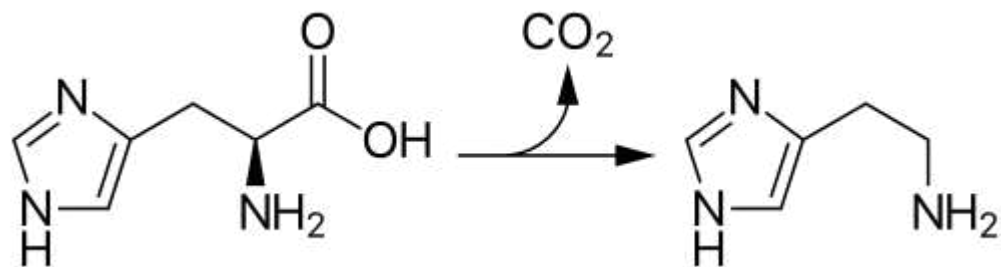
Da Feed Conversion, Survival and Development, and Composition of Four Insect Species on Diets Composed of Food By Products - D. Oonincx

- I lipidi sono più abbondanti nelle larve e nelle pupe, come acido palmitico ed oleico, mentre negli adulti ci sono soprattutto acido palmitico e linoleico.
- Principalmente si trovano sotto forma di triacilgliceroli, ed in minori quantità come fosfolipidi, colesterolo, gliceridi parziali ed esteri della cera.
- Ci sono buoni livelli di acidi grassi essenziali, ovvero il linoleico e α -linolenico, precursori di acidi grassi polinsaturi a lunga catena.

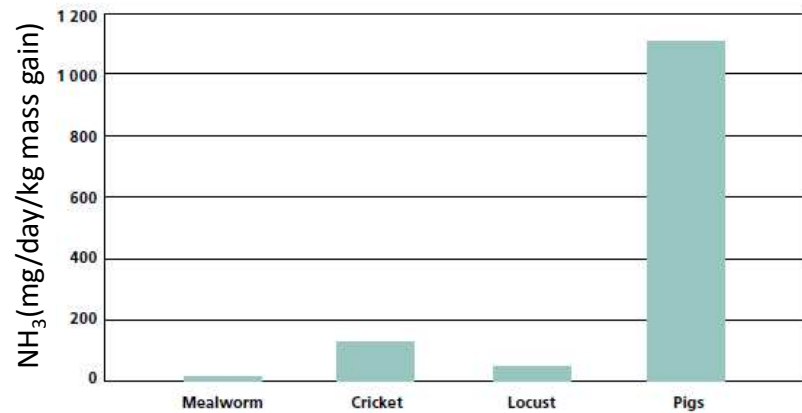
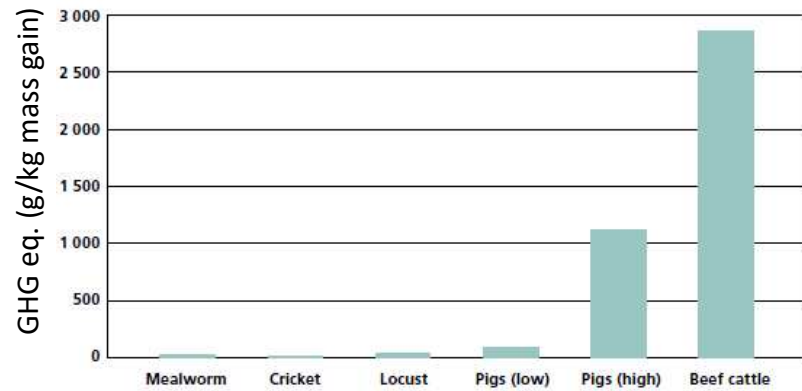
Specie	Sintomi	Allergeni
<i>Schistocerca americanus</i>	Anafilassi	Arginina chinasi
<i>Patanga Succinta</i>	Anafilassi	Arginina chinasi, Piruvato chinasi, Enolasi, Esamerina
<i>Tenebrio molitor</i>	Orticaria, diarrea	α -amilasi, Catena pesante della miosina muscolare, Tropomiosina
<i>Bombyx mori</i>	Anafilassi, orticaria, calore, ipotensione	Arginina chinasi, chitinasi, paramiosina

Rischi associati all'entomofagia

- I pan-allergeni, come tropomiosina ed arginina chinasi, sono molto diffusi negli artropodi e provocano **allergie crociate**.
- La contaminazione microbiologica o chimica è dovuta ad un consumo dell'animale nella fase di sviluppo inappropriata, o in seguito ad una lavorazione non ottimale.
- Eventuali tossine difensive, metalli pesanti, steroidi o glicosidi cianogenici possono **interferire con gli enzimi** metabolici umani.
- Gli **antinutrienti** sono un fattore di rischio soprattutto per individui con determinate carenze alimentari.

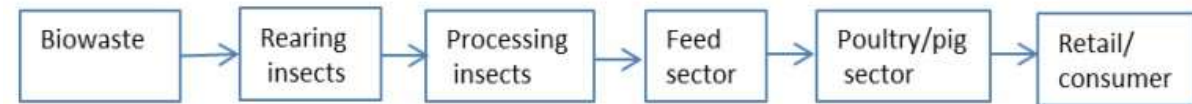


Yersinia



Da Edible Insects: future prospects for food and feed security – FAO – A. van Huis

Specie	GWP (kg CO ₂ -eq/kg edible protein)	Energia (MJ/kg edible protein)	Terreno (m ² /kg edible protein)	Acqua (L/kg live weight)
<i>T. molitor</i>	14	173	18	-
Manzo	77–175	177–273	142–254	9,700
Maiale	21–54	95–237	46–63	2,800
Pollo	19–37	80–152	41–51	1,500



Da Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets - a feasibility study - T. Veldkamp

Importanza ecologica e prospettive future

- L'allevamento di insetti è **molto efficiente**: fino all'80% di un grillo è commestibile rispetto al 55% di polli e maiali ed al 40% dei bovini.
- Produce anche **meno gas serra** e richiede **meno acqua e spazio** rispetto a quello di altri animali. Liberare i suoli dagli allevamenti intensivi porterebbe ad un vasto riassorbimento del carbonio.
- Gli insetti hanno anche potenziali applicazioni nella **produzione di mangimi**.

Conclusioni

- Gli insetti sono **un'ottima fonte alimentare**, in quanto ricchi di proteine, lipidi, minerali, fibre e vitamine, spesso in maggiori quantità rispetto agli animali di allevamento tradizionali. Inoltre, con l'idrolisi enzimatica si ottengono **peptidi bioattivi utili** come antiossidanti, antidiabetici, antipertensivi ed antimicrobici.
- L'entomofagia è una pratica nel complesso **sicura**, a patto che le condizioni di lavorazione, allevamento e consumo siano appropriate. La vera problematica riguarda le **allergie crociate** causate da pan-allergeni, ma anche la presenza di antinutrienti, specialmente per individui con delle carenze alimentari.
- Problemi come la fame, la deforestazione, le emissioni di gas serra, l'eccessivo sfruttamento dei suoli e delle acque potrebbero essere tutti mitigati grazie alla crescita di questo settore.
- Mancano ancora delle leggi che **regolamentino ed uniformino** le procedure di lavorazione, commercio e consumo di questi animali, il che permetterebbe un maggior sviluppo del settore. EFSA ha recentemente approvato il consumo di *T. molitor* e a breve potrebbe farlo anche per *L. migratoria* e *A. domesticus*, per i quali ha già fornito un parere positivo al loro uso come alimento.



Bibliografia

Edible insects: An alternative of nutritional, functional and bioactive compounds - A. J. da Silva Lucas, L. M. de Oliveira, M. da Rocha, C. Prentice.

Global status of insects as food and feed source: a review - S. Govorushko.

Entomophagy: Nutritional, ecological, safety and legislation aspects - D. Raheem, A. Raposo, O. B. Oluwole, M. Nieuwland, A. Saraiva, C. Carrascosa.

Extraction, characterization and functional properties of soluble proteins from edible grasshopper (*Schistocerca gregaria*) and honey bee (*Apis mellifera*) - M. Mishyna.

Recovery and techno-functionality of flours and proteins from two edible insect species: Meal worm (*Tenebrio molitor*) and black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae - S. Bubler.

Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets, a feasibility study - T. Veldkamp.

Edible Insects: future prospects for food and feed security - FAO - A. van Huis.

Insect (food) allergy and allergens - S. de Gier, K. Verhoeckx.

Feed Conversion, Survival and Development, and Composition of Four Insect Species on Diets Composed of Food By Products - D. Oonincx.

Insect antimicrobial peptides show potentiating functional interactions against Gram-negative bacteria - M. Rahnamaeian.

ACE Inhibitory Activity in Enzymatic Hydrolysates of Insect Protein - L. Vercruysse.

Effect of enzymatic hydrolysis on bioactive properties and allergenicity of cricket (*Gryllodes sigillatus*) protein - F. Hall.

Optimization of antioxidant peptide production in the hydrolysis of silkworm (*Bombyx mori* L.) pupa protein using response surface methodology - R. Yang.

Selected species of edible insects as a source of nutrient composition - E. Zielinska.

Cross-allergenicity of crustacean and the edible insect *Gryllus bimaculatus* in patients with shrimp allergy - N. Kamemura.

Entomophagy history - Allyouneedisbiology.worldpress.com.

Riassunto

Al giorno d'oggi alcune fra le tematiche più importanti che devono essere affrontate sono l'inquinamento ambientale e la crescente domanda alimentare globale. La risposta a questi problemi potrebbe risiedere in parte in organismi che, soprattutto nel mondo occidentale, sono spesso considerati inutili e disgustosi: gli insetti.

Dal punto di vista nutrizionale, essi sono ricchi di proteine, lipidi, minerali, ma anche vitamine e fibre. La frazione proteica è quella più grande, e spesso supera anche per qualità quella di altri animali di cui quotidianamente ci alimentiamo, come manzo e pollo. Inoltre, tramite un'idrolisi enzimatica si possono ottenere dei peptidi con funzioni importanti per l'uomo. In questo modo sono stati prodotti idrolizzati antidiabetici, utili per contrastare l'enzima DPP-IV e trattare il diabete di tipo 2, peptidi antipertensivi che agiscono contro l'enzima ACE per abbassare la pressione arteriosa, peptidi antimicrobici ed altri antiossidanti. Oltre a quella proteica, anche la componente lipidica è importante, in quanto ricca di acidi grassi insaturi ed essenziali, richiesti dall'organismo umano per il corretto funzionamento dei sistemi corporei, come quello nervoso.

All'entomofagia è associata una certa probabilità di rischio, specialmente per quanto riguarda le allergie, molto diffuse negli artropodi in generale. Nello specifico, i pan-allergeni meritano attenzione, poiché sono molecole che possono essere presenti in più organismi in forme strutturalmente simili, riconosciute quindi da uno stesso anticorpo se un individuo risulta allergico ad una di queste, e possono indurre delle sensibilizzazioni multiple. Fra i più importanti pan-allergeni troviamo tropomiosina ed arginina chinasi. Altri rischi, minori e dipendenti anche dalle condizioni di lavorazione e di consumo, sono correlati agli antinutrienti, ai contaminanti microbici, chimici ed ai metalli pesanti. Generalmente però, i livelli di questi fattori sono accettabili per la salute umana, ed inferiori a quelli di altri animali che mangiamo quotidianamente.

Gli insetti hanno un'importanza ecologica legata al fatto che il loro allevamento è molto più semplice, economico ed efficiente rispetto a quello di altri animali. Sfruttare questa fonte nutritiva ed integrarla nell'attuale catena alimentare occidentale consentirebbe quindi di abbattere lo sforzo agricolo, economico, e produttivo in generale, ma allo stesso tempo anche di venire incontro alla necessità di una svolta ambientale.

Tuttavia, un serio ostacolo allo sviluppo di questo settore ed alla diffusione dei suoi prodotti, è rappresentato dalla mancanza di una vera regolamentazione che standardizzi le procedure di lavorazione, vendita e consumo degli insetti. Solo quando verranno elaborate leggi più serie e condivise fra i paesi, questa industria potrà realmente svilupparsi, e i suoi prodotti potranno essere commercializzati nel mondo più facilmente ed anche con un livello di garanzia superiore, sia in termini di qualità che di sicurezza.