



Università degli studi di Padova

Facoltà di Medicina Veterinaria

Corso di Laurea specialistica a ciclo unico in
Medicina Veterinaria

Tesi di laurea

INSETTI PER USO ALIMENTARE
UMANO: ASPETTI NUTRIZIONALI E
IGIENICO-SANITARI.

Relatore: Ch.mo Prof. VALERIO GIACCONE

Correlatore: Ch.mo Prof. MAURIZIO G. PAOLETTI

Laureando: SIMONE BELLUCO

Anno accademico 2008-2009

Simone Belluco: *INSETTI PER USO ALIMENTARE UMANO: ASPETTI NUTRIZIONALI E IGIENICO-SANITARI.*, Corso di Laurea specialistica a ciclo unico in Medicina Veterinaria, © Anno accademico 2008-2009

*Because in the Amazon,
by day we ate bugs; by night, they ate us.*

— Peter Menzel

He was a bold man that first eat an oyster.

— Jonathan Swift, 1738

ABSTRACT

The need of new food sources in relation to the continuous increase in human population, especially in developing countries, bring us to consider insects as an alternative protein source. Entomophagy is not a novelty but it exists all along in human habits and is a popular practice among several populations.

Classic livestock (especially beef) is not ecologically produced and represent an environmental hazard. Our study goal, matched with literature evaluation, had the purpose to answer the question about hazards and benefits of eating insects. This kind of food is not so different from other common animal products.

Analysis on living insects demonstrate good microbiologic features, considered the origins of the samples. In the samples we have analysed we never isolated *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* and enterotoxigenic strains of *Staphylococcus aureus*. The Total Viable Count and the charges of total and faecal coliforms were quite high in raw matter, but it should be considered that insects would be never consumed as raw food, but instead as pasteurised food. Tests made on products sold for human consumption proved their suitability from the hygienical point of view.

On the other hand, from the nutritional point of view, studying the chemical composition of some important species of edible insects, we can confirm that they should be seen as a very precious source of noble proteins; at the same time, insects, despite their high content of fat, are rich in unsaturated fatty acids and poor of saturated fatty acids.

The inconstant parameters, however, are linked to some variables like age, preparations, species...

Insects use for human consumption is an interesting possibility to be considered and studied in relation to developing countries food programs and common diets implementation.

INDICE

1	INTRODUZIONE	1
	I RASSEGNA BIBLIOGRAFICA	3
2	STORIA DELL'ENTOMOFAGIA	5
	2.1 Preistoria	5
	2.2 Storia antica	7
	2.3 Il medioevo	10
	2.4 Storia moderna	10
3	IL MONDO DEGLI INSETTI	15
	3.1 Classificazione	15
	3.2 Morfologia	15
	3.2.1 Addome	17
	3.3 Anatomia	17
	3.3.1 Sistema muscolare	17
	3.3.2 Apparato digerente	18
	3.3.3 Apparato respiratorio	19
	3.3.4 Apparato circolatorio	19
	3.3.5 Sistema nervoso	20
	3.3.6 Apparato escretore	20
	3.3.7 Apparato secretore	21
	3.3.8 Apparato riproduttore	21
	3.4 Ciclo Biologico	22
	3.4.1 Riproduzione	22
	3.4.2 Sviluppo embrionale	23
	3.4.3 Sviluppo post-embrionale; metamorfosi	23
	3.4.4 Diapausa	25
4	IL CONSUMO DI INSETTI AI GIORNI NOSTRI	31
	4.1 Africa	32
	4.2 Sud America	34
	4.3 America Centrale e Settentrionale	34
	4.4 Oceania	35
	4.5 Asia	36
	4.6 Europa	38
5	ASPETTI NUTRIZIONALI	41
	5.1 Energia	42
	5.2 Proteine	42
	5.3 Lipidi	46
	5.4 Fibra	46
	5.5 Microelementi	48
	5.6 Variabili che influenzano il valore nutritivo	48
	5.7 Proprietà nutraceutiche	49
6	ENTOMOFAGIA E SANITÀ	53
	6.1 Allergie	53

6.2	Rischi microbiologici	55
6.3	Rischi parassitari	57
6.4	Tossicità	59
7	ECOLOGIA ED ENTOMOFAGIA	63
8	LEGISLAZIONE	67
II PARTE SPERIMENTALE		
9	CENNI MICROBIOLOGICI	73
9.1	LAB	73
9.2	Enterobacteriaceae	74
9.2.1	Coliformi	75
9.2.2	Salmonella	75
9.3	Bacillus spp.	76
9.3.1	Bacillus cereus	76
9.3.2	Paenibacillus	77
9.4	Listeria	77
9.5	Altri batteri ricercati	78
10	MATERIALI E METODI	79
10.1	Materiali	79
10.2	Metodi per esame microbiologico	80
10.2.1	Metodica per la determinazione del profilo microbiologico quantitativo.	80
10.2.2	Colorazione di Gram	80
10.2.3	Prove biochimiche	81
10.2.4	Ricerca di <i>Salmonella</i> spp.	85
10.2.5	Ricerca di <i>Listeria monocytogenes</i>	85
10.2.6	Ricerca di <i>Paenibacillus larvae</i>	86
10.2.7	Ricerca di <i>Burkholderia cenocepacia</i>	86
10.3	Metodi di analisi nutrizionale	86
11	RISULTATI	91
11.1	Risultati esame microbiologico	91
11.2	Risultati esame chimico	91
12	DISCUSSIONE	101
12.1	Profilo microbiologico	101
12.2	Composizione centesimale	103
13	CONCLUSIONI	107
BIBLIOGRAFIA 109		

ELENCO DELLE FIGURE

Figura 1	Bambino con <i>Sago grubs</i>	2
Figura 2	Bassorilievo Ninive	14
Figura 3	Scimpanzè e termiti	14
Figura 4	Anatomia: sistemi assili	18
Figura 5	Ciclo biologico di <i>Bombyx Mori</i>	30
Figura 6	Ciclo biologico di un <i>Orthoptera</i>	30
Figura 7	Ciclo biologico di un <i>Coleoptera</i>	30
Figura 8	Degustazione di insetti	40
Figura 9	Mealworm spaghetti	40
Figura 10	Spiedini di grillo	40
Figura 11	Distribuzione shock anafilattici	58
Figura 12	Alcuni campioni analizzati	88
Figura 13	Metodologia d'analisi	89
Figura 14	Contenuto energetico <i>Bombyx mori</i>	98
Figura 15	Contenuto proteico <i>Bombyx mori</i>	98
Figura 16	Contenuto lipidico <i>Bombyx mori</i>	98
Figura 17	Contenuto di carboidrati <i>Bombyx mori</i>	99
Figura 18	Composizione centesimale a confronto	99
Figura 19	Composizione centesimale crisalide <i>Bombyx mori</i>	99

ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1	Consumo di insetti nel mondo	32
Tabella 2	Nutrienti in specie reperibili in Italia	43
Tabella 3	Contenuto energetico nei diversi ordini	43
Tabella 4	Variabilità contenuto proteico	45
Tabella 5	Insetti e <i>amino acid score</i>	45
Tabella 6	Contenuto lipidico insetti	47
Tabella 7	Lipidi in specie reperibili in Italia	47
Tabella 8	Insetti e fibra	47
Tabella 9	Microelementi nei diversi ordini	50
Tabella 10	Composizione e alimentazione	50
Tabella 11	Composizione e stadio di sviluppo	51
Tabella 12	Composizione pupa <i>Bombyx mori</i>	51
Tabella 13	Composizione e metodo di cottura	51
Tabella 14	Shock anafilattici e insetti	58
Tabella 15	Flora microbica <i>Alphitobius diaperinus</i>	58

Tabella 16	Proteine e lipidi in baco, feci e gelso	63
Tabella 17	Confronto tra ECI	64
Tabella 18	Classificazione insetti usati per analisi	82
Tabella 19	Provenienza dei campioni	82
Tabella 20	Campioni per analisi microbiologiche	83
Tabella 21	Campioni per analisi nutrizionali	84
Tabella 22	T ⁰ e tempo di incubazione terreni.	84
Tabella 23	Identificazione batteri su terreno	84
Tabella 24	Carica totale e Coliformi	92
Tabella 25	Carica totale e Coliformi in campioni trattati	92
Tabella 26	<i>Micrococcus</i> spp. e <i>Staphylococcus</i> spp. campioni vivi	93
Tabella 27	<i>Micrococcus</i> spp. e <i>Staphylococcus</i> spp. in campioni trattati	93
Tabella 28	<i>Aeromonas</i> spp. e <i>Pseudomonas</i> spp. in campioni vivi	94
Tabella 29	<i>Aeromonas</i> spp. e <i>Pseudomonas</i> spp. in campioni trattati	94
Tabella 30	<i>Bacillus cereus</i> spp. e <i>Paenibacillus</i> spp. in campioni vivi	95
Tabella 31	<i>Bacillus</i> spp. e <i>Paenibacillus</i> spp. in campioni trattati	95
Tabella 32	Profilo nutrizionale	96
Tabella 33	Profilo nutrizionale crisalide	96
Tabella 34	Profilo degli acidi grassi della crisalide	97
Tabella 35	Confronto tra stadi di <i>Bombyx mori</i>	97

INTRODUZIONE

Il titolo: *Insetti per uso alimentare umano* lascia di certo interdetti. Pochi, soprattutto nel mondo occidentale e, oserei dire, soprattutto in Italia accettano di considerare questi come potenziale componente della loro dieta. Eppure le ragioni che porterebbero a farlo sono numerose. Innanzitutto stiamo parlando di un alimento presente in notevoli quantità, specialmente nelle aree povere del nostro pianeta.

Recentemente la FAO ha stimato che il numero di persone denutrite, nel mondo, supera il miliardo di individui e questo rappresenta una conseguenza della crisi economica mondiale che, riducendo l'occupazione, ha privato molti delle risorse necessarie per l'accesso al cibo. La stessa FAO sostiene che l'aumento di 100 milioni nel numero delle persone che soffrono la fame possa minacciare la pace e la sicurezza mondiale e auspica interventi per favorire lo sviluppo locale dell'agricoltura, dimostrando forse una visione limitata delle risorse che il pianeta offre.

Inoltre le dinamiche di crescita della popolazione mondiale studiate dalle UN (United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division) evidenziano un incremento demografico enorme dagli attuali 6.5 miliardi ai 7,8 previsti per il 2050. Tutto l'incremento, inoltre, risulterà a carico delle nazioni meno sviluppate dove la maggior fertilità, la minor età di primo parto e una concezione differente della società portano a crescite notevoli, a differenza dei paesi industrializzati dove il numero resterà, escludendo l'apporto dell'immigrazione, pressochè invariato.

Se Malthus sostiene che: *"...per quella legge della nostra natura che fa dipendere la vita dal cibo, la popolazione non può moltiplicarsi più di quanto permetta il più limitato nutrimento capace di sostenerla, così s'incontra sempre un forte ostacolo al suo incremento nella difficoltà di nutrirsi"*, è lecito domandarsi fino a che punto stiamo sfruttando le risorse che abbiamo a disposizione e quanto un rifiuto ideologico possa valere su questioni strettamente umanitarie.

Un altro interessante settore dove misurare questa possibile fonte di cibo di origine animale è quello dell'impatto ambientale dell'allevamento, un problema di certo molto sentito. La FAO afferma, infatti, che la produzione zootecnica è la maggior minaccia che l'ambiente deve fronteggiare. La produzione di carne contribuisce per il 14-22% alle emissioni annuali di gas con effetto serra, più di industria e trasporti insieme. Una bistecca di 220 g costa, in termini di emissioni di gas serra, quanto fare circa 16 km con un'auto da 11 km/l, mentre gli stessi quantitativi di patata, mela, pollo e maiale costano rispettivamente 280 m, 320 m, 1,2 km e 4 km (Fiala, 2009)[12].

Per non parlare dei quantitativi d'acqua necessari alla produzione di carne e dell'immissione di nitrati conseguente allo spandimento dei reflui zootecnici, problema che ha spinto l'UE ad emanare una direttiva (91/676/CEE) per limitare i problemi di inquinamento derivanti da tale pratica.

L'argomento, insomma, merita sicuramente di essere approfondito. Scopo della presente ricerca sperimentale è dunque quello di valutare se gli insetti possano presentarsi come alternativa valida alle attuali fonti proteiche in relazione a rischi sanitari e valori nutrizionali, considerato il loro consumo storicamente diffuso ed ancora oggi presente in molte aree, la loro validità dal punto di vista ecologico e la legislazione esistente.



Figura 1: Irian Jaya, Indonesia. Bambino che mangia uno spiedino di *Sago grubs* (Peter Menzel, *Man eating Bugs* 1998).

Parte I

RASSEGNA BIBLIOGRAFICA

La storia dell'alimentazione é sicuramente una parte importante della Storia propriamente detta per l'importanza che il cibo ha nella sopravvivenza dell'uomo. I macro periodi in cui é suddiviso questo capitolo fanno riferimento soprattutto agli avvenimenti dell'Europa. I dati storici relativi a continenti extraeuropei, quindi, sono stati inseriti in queste delimitazioni temporali a loro estranee che vogliono tuttavia servire esclusivamente da finestre cronologiche.

La difficoltà nel reperire informazioni é dovuta allo scarso interesse che l'argomento presenta per gli storici dell'alimentazione e al fatto che la diffusione sia avvenuta soprattutto in aree da cui abbiamo poche testimonianze se non quelle degli esploratori europei per i quali, tuttavia, é difficile porre attenzione ad una pratica a loro sconosciuta e vista con disgusto (Meyer-Rochow, 2005)[36].

Nei documenti degli esploratori, infatti, si parla di *fetore nauseante* e si accosta l'entomofagia ad una condizione di particolare povertà piuttosto che ad una reale scelta alimentare. Il giudizio occidentale porta le popolazioni entomofagiche a tenere nascosta la loro abitudine con risposte vaghe, del tipo "alcuni vicini mangiano insetti", o assenti se interrogate sull'argomento (Paoletti e Dreon, 2005)[43].

Per quanto riguarda le culture non europee l'entomofagia¹ é da considerarsi una pratica esistente da sempre di cui le testimonianze scritte non rappresentano che saltuarie osservazioni.

2.1 PREISTORIA

Metodologie di studio

Parlare di entomofagia in relazione alla storia dell'alimentazione mondiale non é sicuramente facile, soprattutto riguardo il periodo preistorico². In questa fase alcuni sostengono non sia nemmeno possibile parlare di una vera e propria tipologia di alimentazione a causa dall'enorme diversificazione, per scelta e necessità, che ci si trova di fronte. Sicuramente é da sottolineare il passaggio da un approvvigionamento basato essenzialmente su caccia e raccolta, nel periodo paleolitico, ad uno fondato su allevamento e agricoltura che, con la rivoluzione neolitica, modifica profondamente le abitudini di vita degli uomini primitivi omogeneizzando in qualche modo anche la loro dieta (Perlès, 2006)[46]. La diffusione dell'agricoltura, notevole soprattutto in certe aree dell'emisfero boreale, può aver portato

¹ Dal greco *entomos*=insetto e *fagia*=nutrirsi di

² La preistoria é convenzionalmente indicata come il periodo della storia umana che precede l'invenzione della scrittura.

l'uomo a considerare gli insetti più come parassiti che come fonte di nutrimento accrescendo i pregiudizi psicologici relativi al loro consumo che oggi caratterizzano il pensiero occidentale (Tommaseo-Ponzetta e Paoletti, 2005)[58].

L'archeologia, che sfrutta i reperti per ricostruire almeno in parte la storia delle popolazioni dell'antichità, può portare alla luce strumenti utilizzati per la preparazione degli alimenti ma questi difficilmente sono specifici per gli insetti. Inoltre possiamo trovare scheletri di grossi mammiferi in relazione a resti di insediamenti umani e ipotizzare un loro utilizzo, mentre per gli insetti, come per altri alimenti, la situazione è complicata dal fatto che questi non lasciano residui. Solo nella preistoria più recente, con l'introduzione dell'uso della cottura, è possibile trovare tracce di insetti arrostiti nelle ceneri.

Anche i coproliti³ dimostrano questa abitudine, particolarmente nell'America meridionale e settentrionale. In tali resti si possono rilevare consistenti residui di chitina indigeriti riferibili agli insetti nella forma adulta. Le larve, invece, lasciano meno tracce ed è impossibile distinguere quelle ingerite da quelle coprofaghe che infestano le feci dopo l'espulsione (Mila Tommaseo-Ponzetta, 2005)[58].

L'iconografia può rendere un'utile seppur limitata testimonianza poiché si dimostra poco utilizzata in relazione al consumo umano di piccoli animali. Gli insetti rappresentati sono generalmente decorativi o simbolici, come nel caso di api e scarabei per gli Egizi. Troviamo tuttavia testimonianza nella grotta *Les trois frères* in Ariège, scoperta da Kuhn nel 1952 risalente a più di 10.000 anni fa che mostra disegni di cavallette (Meyer Rochow, 2005)[36].

La scrittura consente di avere alcune informazioni ma esclude dal suo campo la preistoria che per sua connotazione ne è priva (Lanfranchi, 2005)[31].

Anche lo studio di primati non umani, definito primatologia, viene utilizzato per poter costruire dei modelli interpretativi che consentano di risalire ai meccanismi che hanno portato all'evoluzione dell'uomo sfruttandone la prossimità filogenetica. È stato osservato che gli scimpanzé complementano la loro dieta vegetariana con varie specie di insetti soprattutto termiti e formiche (vedi figura 3), in relazione alla disponibilità presente. In particolare gli scimpanzé passano un terzo del loro tempo a raccogliere insetti guadagnando solo un 4% del fabbisogno giornaliero. L'importanza è costituita dal fatto che gli insetti forniscono una supplementazione dietetica e aminoacidica fondamentale. I soggetti di sesso femminile, inoltre, rappresentano i consumatori maggiori.

Questo evento, legato alla facilità di raccolta e alla necessità di non competere alimentariamente con i maschi, è facilmente assimilabile alle abitudini degli uomini preistorici in cui la raccolta era compito di donne e bambini (Tommaseo-Ponzetta, 2005)[58].

³ Il termine coprolite deriva dal greco *kopros*, sterco e *lithos*, pietra ed è normalmente riferito a tutti gli escrementi fossili.

L'etnografia dimostra che l'entomofagia ad oggi é ancora praticata in larga parte del mondo e si può supporre che l'abitudine possa essere stata trasmessa di generazione in generazione (De Foliart, 1999)[9]. Rimandiamo ad un capitolo apposito la trattazione di questo aspetto. Lo studio dell'evoluzione mostra una conformazione ossea e dentale non preimpostata per il consumo di carne, inoltre l'espansione cerebrale in queste fasi dimostra la necessità di cibi qualitativamente ricchi in grado di fornire quegli acidi grassi insaturi fondamentali per lo sviluppo cerebrale, e gli insetti ne rappresentano sicuramente una fonte importante (Mila Tommaseo-Ponzetta, 2005)[58].

2.2 STORIA ANTICA

Per dimostrare il consumo di insetti nel periodo della storia antica⁴ dobbiamo fare riferimento ai documenti scritti che tuttavia hanno il limite di informarci solo riguardo alle abitudini alimentari di una certa classe sociale (di solito riguardano la famiglia reale) e che quindi non ci forniscono un quadro completo della dieta di quel periodo. Questo ci lascia supporre che tra le classi meno abbienti una risorsa nutrizionalmente ricca e abbondante, come quella rappresentata dagli insetti, non fosse di certo trascurata.

La Bibbia tratta dell'argomento nel Levitico soprattutto in riferimento a proibizioni alimentari ma la necessità di una proibizione, peraltro non estesa a tutti gli insetti, mostra come questo fosse già allora un argomento di interesse. Tra i vari divieti c'è quello di mangiare animali acquatici privi di squame e pinne che include anche gli insetti acquatici consumati ancora oggi in molti paesi del mondo.

“9 Fra tutti gli animali acquatici voi potrete mangiare questi. Mangerete tutto ciò che ha pinne e squame nelle acque, tanto nei mari quanto nei fiumi. 10 Ma tutto ciò che non ha nè pinne nè squame, sia nei mari sia nei fiumi, fra tutto ciò che si muove nelle acque e tutto ciò che vive nelle acque, lo considererete abominevole. 11 Li considererete abominevoli; non mangerete la loro carne, e avrete in abominio i loro corpi morti. 12 Considererete abominevole tutto ciò che non ha nè pinne nè squame nelle acque”.(Lev. 11,9-10)

Inoltre alcuni versetti del sacro testo sono proprio dedicati agli insetti con precisi indicazioni sul loro riconoscimento. Si ricorda che tutte queste indicazioni sono ancor oggi valide per gli Ebrei e consentono la distinzione degli alimenti KOSHER da quelli inadatti. Risulta evidente quindi che non tutti gli insetti sono proibiti.

“20 Avrete in abominio pure ogni insetto alato che cammina su quattro piedi.

⁴ La storia antica é quel periodo storico, successivo alla preistoria, che va dall'introduzione della scrittura, databile tra il V ed il III millennio a.C., alla caduta dell'Impero Romano in Europa (V secolo d.C.), alla Dinastia Qin in Cina (II secolo a.C.), l'Impero Chola in India (IX secolo d.C.) e ad alcuni punti temporali meno definiti nel resto del mondo (ad esempio nelle regioni australiane e nelle Americhe).

21 *Però, fra tutti gli insetti alati che camminano su quattro piedi, mangerete quelli che hanno zampe sopra i piedi adatte a saltare sulla terra.* 22 *Di questi potrete mangiare: ogni specie di cavallette, ogni specie di locuste, gli acridi e i grilli.* 23 *Ogni altro insetto alato che ha quattro piedi vi sarà in abominio.* 24 *Questi animali vi renderanno impuri; chiunque toccherà il loro corpo morto sarà impuro fino alla sera.* 25 *Chiunque porterà i loro corpi morti si laverà le vesti e sarà impuro fino alla sera". (Lev 11, 20-25)*

Nei moderni manuali di KASHERUT si afferma che *"nella maggior parte dei paesi e in tutti quelli europei, gli ebrei si astengono dal cibarsi di cavallette nelle loro differenti qualità"*. Tuttavia numerose testimonianze e libri di ritualistica affermano che questo consumo era praticato in numerose comunità ebraiche del Maghreb (Algeria, Tunisia, Marocco), della Spagna meridionale, dell'Egitto, della Libia, della Palestina, della Turchia. Gli ebrei dello Yemen inoltre consumano locuste ancora oggi (Toaff, 2006)[57].

Le popolazioni dell'Asia del 4000 a.C praticavano già l'allevamento del baco da seta e alcuni autori sostengono si possa ragionevolmente supporre che la scoperta della seta e l'inizio della produzione di questa sia stata un evento conseguente l'allevamento del baco da seta a fini alimentari (Meyer Rochow, 2005)[36].

Le cavallette rappresentavano un piatto ricercato nella Siria del II millennio a.C. , non erano solo commestibili ma probabilmente tanto gustose che un sovrano siriano, il re di Mari⁵, se le faceva procurare a 200 chilometri di distanza. La situazione è descritta da un servitore:

"Dì al mio signore: così parla Iskur-sagga , il tuo servo. Il cuoco che si trova a Sagaratum non ha più cavallette-sarsar. Ora mi hanno detto 'Il mio signore ha fatto prendere delle cavallette-sarsar a Subat-Enlil'. Ecco dunque ho inviato il cuoco del mio signore perchè gli diano delle cavallette sarsar per le sue cucine" (Milano, 2006)[37].

Esistono varie testimonianze dello stesso periodo che mostrano come fosse vivo l'interesse attorno a questa specie. Numerose lettere a sovrani assiri e siriani certificano il problema dell'invasione di cavallette, dannoso per le coltivazioni. Le strategie in risposta alla necessità di preservare i raccolti prevedono in genere la cattura, ove possibile, o l'uccisione delle cavallette. Da sottolineare che la cattura precedeva la spedizione di queste al palazzo reale, gli insetti dovevano arrivare vivi facendo di certo propendere per un loro utilizzo culinario.

"Riguardo le cavallette-erhizzu delle quali il mio padrone scrisse. Qui, dove le cavallette-ergilatun possono essere catturate, non ci sono cavallette-erhizzu. Io mandai sette nomadi ed essi raccolsero cavallette-erhizzu a Musilanum (città) del distretto di Talhayum. La distanza era molta e queste cavallette-erhizzu morirono nelle loro gabbie di canne. Io ho con la presente posto 38 cavallette-erhizzu sotto il mio stesso sigillo e le ho condotte al mio signore..."

⁵ Mari è stata una città mesopotamica, nata intorno alla fine del IV millennio a.C. sul medio corso del fiume Eufrate nell'odierna Siria.

(Milano, 2006)[37].

Anche dall'antica Babilonia ci sono giunte lettere in cui risulta evidente l'utilizzo culinario delle cavallette. Il cosiddetto *dream book* assiro parla di una zuppa di cavallette. Goetze ci illustra di come esse siano un elemento indispensabile per la preparazione di un piatto chiamato SIQQU. Erodoto (IV,17,2) narra che le popolazioni libiche usavano seccare e mescolare le locuste con il latte (Lanfranchi, 2005)[31].

L'iconografia del palazzo di Ninive⁶ ci riporta al banchetto organizzato per l'inaugurazione dello stesso. Le pareti di un lungo corridoio cerimoniale sono decorate da bassorilievi rappresentanti la lunga processione di servitori che trasportavano le portate. In una di queste figure si possono apprezzare le cavallette infilzate lungo uno spiedo (vedi figura 2) e in condizioni di integrità perfette e quindi: o cotte in un modo molto delicato o uccise e pronte da cuocere direttamente a tavola (Lanfranchi, 2005)[31].

L'apporto della raccolta é da considerarsi anche nel Mediterraneo greco e romano, sia per quanto riguarda specie animali quali chioccioline, insetti (cicale e locuste) e molluschi marini, sia in particolare modo per il miele (Longo, 2006)[33].

Plinio nel suo *Naturalis Historia* ci descrive il consumo del *Cossus* diffuso tra gli epicuri⁷ romani. Il *Cossus* era rappresentato da larve di *Lucanus Cervinus* o *Prionus Corioranus* che venivano ingrassate in farina e vino proprio per essere mangiate. Queste passavano i primi stadi di sviluppo all'interno del legno di quercia e infatti sono definite tarli del legno (Holst, 1885)[25].

Nel mondo mussulmano occidentale, le cavallette, consumate grigliate, sono a volte l'unico cibo che resta dopo che le stesse hanno devastato i raccolti (Rosenberger, 2006)[50].

Anche i Vangeli testimoniano il consumo di insetti riferendosi a Giovanni Battista: "Si nutriva di locuste e miele selvatico" (Mt 2,4 Mc 1,6).

Risale probabilmente al II secolo a.C (dinastia Qin) la prima monografia conosciuta riguardo l'uso terapeutico degli insetti: il *Shennong Bencaojing*⁸.

Questo libro suddivide gli insetti in tre categorie a seconda del rischio cui si va incontro nell'ingerirli. La classificazione non ha alcuna base scientifica ma deriva da osservazioni sulla tossicità percepita dagli esseri umani e ne testimonia quindi l'utilizzo (Zimian *et al.*, 2005)[67].

6 Definito Palazzo senza eguali per la sua ricchezza e maestosità, fu costruito da Sennacherib (704-681 a.C.)

7 Seguaci dell'epicureismo, filosofia basata sulla ricerca della felicità; considerata tuttavia riduttivamente come sinonimo di filosofia atea e libertina.

8 Libro trasmesso di generazione in generazione di autore e data sconosciuti rivisitato di recente da Cao Yuanyu 1987.

2.3 IL MEDIOEVO

Il Medioevo⁹ é un periodo storico caratterizzato da una particolare chiusura nei confronti del mondo esterno e nella storiografia europea non si fanno accenni a tale pratica.

In tale periodo, invece, il consumo di insetti in Cina é da considerarsi una pratica comune con differenze tuttavia tra le varie parti di questo enorme territorio. Risulta possibile passare in rassegna le varie dinastie e valutare come l'entomofagia fosse presente.

Durante la dinastia Tang (618-907 d.C) i capi tribù del GuangXi offrivano ai loro ospiti una marmellata di formiche. Il periodo della dinastia Han (907-960 d.C) vede l'aggiunta di mosche, larve di Ephemeraidae e larve di Scarabaeidae. Nel corso della dinastia Song (960-1279) il consumo di formiche nel GuangXi era ancora testimoniato. Libellule e bachi da seta furono aggiunti negli anni degli Yuan (1271-1368) e dei Ming (1368-1662) (Luo Zhi-Yi, 2005)[65].

2.4 STORIA MODERNA

Alla corte dell'imperatore Azteco Montezuma (che regnò dal 1502 al 1520) e dei suoi predecessori l'AHUAHUTLE¹⁰ era preparato specialmente alla cerimonia dedicata alla divinità Xiuhtecutli e comprato a Tenochtitlan dai corrieri nativi di Texcoco affinché l'imperatore potesse averne a disposizione di fresco per colazione (De Foliart, 1999)[9]. Questo popolo si alimentava con 91 specie di insetti preparati in modi diversi: fritti, in salsa, come condimento ed essiccati per la conservazione (Costa-Neto, 2003)[8].

Nell'America latina del XVII secolo si definisce meticciato una situazione di mescolanza di usi e costumi dei popoli originari con le novità introdotte dai colonizzatori, situazione che rende impossibile ricondurre tutto ad un unico modello. Tuttavia si ritiene che l'alimentazione amerinda debba essere considerata una dieta prevalentemente vegetariana nella quale l'apporto proteico veniva fornito da pesci, insetti e uccelli di ogni genere (Fournier, 2006)[13].

In Cina larve di Sphingidae, Tenebrionidae e Cerambycidae come alimento sono descritte durante la dinastia Qing (1644-1911) (Luo Zhi-Yi, 2005)[65].

Nello stesso periodo in Africa gli insetti erano una fonte fondamentale di nutrimento vista l'assenza di altri prodotti di origine animale. La carne era reperita e utilizzata in modo occasionale, in relazione alla caccia, per ovvi problemi di conservazione. Il sale infatti era un prodotto raro nelle regioni non costiere. Rettili, gasteropodi e insetti costituiscono fonti proteiche meno difficili da stanare.

Inoltre gli insetti in particolare non si presentano solo come alimento

⁹ Inteso come periodo storico che comincia con la caduta dell'impero romano in Europa.

¹⁰ Il famoso caviale messicano composto da uova di varie specie di Emitteri acquatici.

necessario, ma persino prelibato. Due proverbi dello Zaire tramandati di generazione in generazione giustificano tale pratica: “Il bruco e la carne svolgono lo stesso ruolo nel corpo dell’uomo” e “nell’alimentazione, i bruchi sono gli ospiti consueti del villaggio, la carne di selvaggina è una straniera”. E non solo bruchi ma anche lumache, cavallette, cicale, termiti, vermi da seta, scarabei, maggiolini, grilli e larve varie, solo per citarne alcuni. Questi prodotti avevano il vantaggio di poter essere consumati subito o qualche mese più tardi, crudi, arrostiti, essiccati, lessi, pestati, fritti al burro di KARITÉ¹¹, in frittella dentro una foglia di manioca o incorporati in una zuppa o in una salsa come nel caso della salsa MWAMBA¹². Quest’ultima è un’antica ricetta che sembra avere il suo corrispettivo odierno nei bruchi Minsien secchi alle verdure e testimonia come quest’abitudine antica abbia caratterizzato l’alimentazione del continente e continui a farlo (Logette, 2006)[32]. William Dampier nel suo “*New voyage round the world*” del 1687 descrive un piatto che i nativi gli offrirono durante il suo viaggio:

“They had another dish made of a sort of locust, whose bodies were about an inch and half long, and has thick as the top of one’s little finger, with large thin wings, and long and small legs. At this time of the year, these creatures came in great swarms to devour their potato-leaves, and other herbs; and the natives would go out with small nets, and take a quart at one sweep. When they had enough, they would carry them home, and parch them over the fire in a earthen pan, and then their wings and legs would fall off, and their heads and backs would turn red like boiled shrimp, before being brownish. Their bodies being full, would eat very moist, their heads would crackle in one’s teeth. I did eat once of this dish, and liked it well enough but their other dish my stomach would not take” (Gordon, 1998)[19].

Labat (1732) riporta che l’italiano Cavazzi scoprì che le termiti rappresentavano un piatto prelibato per le popolazioni dei regni di Congo, Matamba¹³ e Angola (Malaisse 2005)[34].

Smeathman (1781) afferma che il bruco della palma (*Rhynchophorus palmarum*) veniva servito a tutti i lussuosi banchetti degli epicuri indiani, in particolare francesi, come la più grande leccornia nel mondo occidentale. Sparrman (1786) testimonia che in Sud Africa gli Otentotti dopo l’inizio del consumo di locuste e termiti alate crescevano visibilmente più grassi e in condizioni migliori di prima (De Foliart, 1999)[9].

Nel convento di Puebla, Messico, gli insetti venivano dati come castigo ai novizi (Costa-Neto, 2003); questo mostra come la mentalità occidentale cercasse di imporsi anche in luoghi dove l’entomofagia era storicamente presente e diffusa.

¹¹ Pianta appartenente alla famiglia delle saponacee da cui si ricava un grasso molto utilizzato. Detta albero del burro.

¹² Bruchi e verdure bolliti con noci di palma.

¹³ Il regno di Matamba era uno stato dell’Africa pre-coloniale localizzato nella moderna Angola nella regione Baixa de Cassange.

Erasmus Darwin nel suo *Phytologia*¹⁴ (1800) sottolinea il consumo di insetti:

"I have observed the house sparrow destroy the May-Chafer, eating out the central part of it, and am told that turkeys and rooks do the same; wick i thence conclude might be grateful food, if properly cooked, as the locust or termites of the east. And probably the large grub, or larva of it, wick the rooks pick up in following the plough, is as delicious as the grub called Grugru, and a large caterpillar wick feeds on the palm, both of wick are roasted and eaten in the West Indies".

Livingstone¹⁵ nel suo *Missionary Travels and Researches in South Africa* pubblicato nel 1857 descrive la pratica dell'entomofagia tra le popolazioni locali:

"The Bayeiye chief Palani visiting us while eating, I gave him a piece of bread and preserved apricots; and as he seemed to relish it much, I asked him if he had any food equal to that in his country. 'Ah!' said he, 'did you ever taste white ants?' As I never had, he replied, 'Well, if you had, you never could have desired to eat any thing better.'"

E ancora:

"In travelling we sometimes suffered considerably from scarcity of meat, though not from absolute want of food. This was felt more especially by my children; and the natives, to show their sympathy, often gave them a large kind of caterpillar, which they seemed to relish; these insects could not be unwholesome, for the natives devoured them in large quantities themselves".

Nel 1885 Vincent M. Holst scrive una sorta di pamphlet dal titolo *Why not eat insects?* in cui si domanda perchè la società occidentale si ostini a non considerare insetti, lumache e altre specie che oggi includiamo nella definizione di minilivestock come alimenti. L'autore argomenta in modo assolutamente logico il suo punto di vista tentando di demolire i pregiudizi contro questo tipo di alimento. Partendo dal ricordare che gli insetti sono costituiti delle stesse sostanze della carne normalmente consumata, egli introduce il concetto di *clean-feeder*, esteso alle sole specie che si nutrono interamente di vegetali, e che quindi non hanno ragioni per disgustare eventuali consumatori. Holst quindi paragona questo alimento ad altri, non solo diffusi ma anche apprezzati e pagati a caro prezzo, come l'anguilla (definita lo spazzino del mare), il polipo, le seppie, le ostriche, senza tralasciare nemmeno lo sporco maiale chiedendosi quali siano le basi del disgusto provocato dagli insetti. Afferma quindi che questi animali, considerati dannosi per l'agricoltura, potrebbero essere consumati per risolvere parte dei problemi di sottonutrizione del mondo contadino. Ricorda che gli insetti sono già consumati in una tipologia di formaggio e accidentalmente in vari alimenti soprattutto vegetali.

¹⁴ Titolo completo: *Phytologia o filosofia dell'agricoltura e del giardinaggio*.

¹⁵ Missionario ed esploratore britannico (1813-1873) dell'era vittoriana.

Inoltre sostiene che questa repulsione dei suoi contemporanei sia stata implementata dall'abbandono, da parte della medicina, di rimedi e farmaci a base di insetti che in qualche modo riducevano il divario tra uomini e artropodi. Holst continua sostenendo che un modo per poter diffondere il consumo di minilivestock possa essere quello di renderli un alimento alla moda, in quanto sostiene che la moda sia la più potente motivazione in questo mondo. Dopo un veloce *excursus* storico l'autore si domanda perchè l'occidente moderno apprezzi tutto della cultura greca e romana trascurando parte della cucina dell'epoca, e perchè se imita le nazioni "selvagge" nell'uso di droghe, spezie e condimenti non si possa spingere oltre.

L'autore, poi, descrive nel dettaglio le tipologie di insetti adatte al consumo umano abbracciando numerosi ordini: *Orthoptera*, *Coleoptera*, *Hymenoptera* e *Lepidoptera*. In particolare ricorda come molte di queste specie siano normalmente parassiti delle coltivazioni e di come la loro cattura, benchè faticosa, sia un doppio vantaggio. Egli invoca anche un particolare piacere nel mangiare e quindi punire qualcosa che ci infastidisce in una sorta di logica da *lex talionis*. Se inoltre le vespe rappresentano l'eccezione in quanto saltuariamente carnivore e non appartenenti a pieno diritto alla categoria dei *clean-feeder*, chi invece vi appartiene senza dubbio sono i bruchi. In particolare si afferma la necessità di distinguere quelli sicuri da quelli che si nutrono su piante nocive e potenzialmente lo diventano. Problematica che si risolve con un pò di pratica, non dissimile da quella di cui necessitano i raccoglitori di funghi, e che non tocca chi si limita ai bruchi degli ortaggi (Holst, 1885)[25].

In conclusione abbiamo visto come questa pratica abbia accompagnato la storia del genere umano e vedremo come ne faccia ancora parte. L'allontanamento dell'occidente da questa preziosa fonte di cibo può senza dubbio essere data dall'importanza riservata all'agricoltura e dalla scomparsa di insetti di grossa taglia, i primi a cedere di fronte a profonde modificazione territoriali.

L'utilizzo di insetti nella cucina occidentale quindi non si configurerebbe di certo come *nouvelle cuisine* ma piuttosto come riscoperta di sapori antichi ed esotici o come globalizzazione di abitudini territoriali.



Figura 2: Particolare dal corridoio LI nella parte sud-est del palazzo di Sennacherib, Ninive (A.A. Layard, 1853).

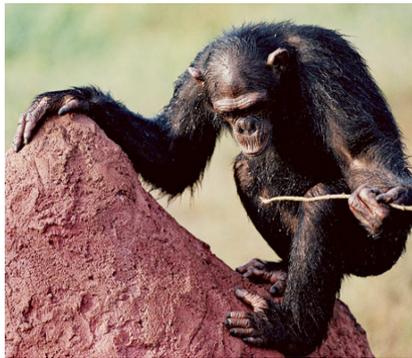


Figura 3: Scimpanzè: caccia e degustazione di termiti.

IL MONDO DEGLI INSETTI

PER LA STESURA DI QUESTO CAPITOLO SONO STATE UTILIZZATE ESSENZIALMENTE TRE FONTI: I LIBRI *Lineamenti di entomologia*[23], *A textbook of entomology*[51] E L'ENCICLOPEDIA ONLINE WIKIPEDIA[27]

3.1 CLASSIFICAZIONE

REGNO	<i>Animalia</i>
SOTTOREGNO	<i>Eumetazoa</i>
PHYLUM	<i>Arthropoda</i>
SUBPHYLUM	<i>Tracheata</i>
SUPERCLASSE	<i>Hexapoda</i>
CLASSE	<i>Insecta</i>

Gli insetti rappresentano il culmine dell'evoluzione tra gli artropodi. In particolare la direzione intrapresa é stata quella di sviluppare un alto numero di piccoli individui piuttosto che pochi individui di dimensioni maggiori. Questo ha consentito lo sfruttamento di nicchie ecologiche di dimensioni ridotte presenti in quantità maggiori nell'ambiente, di cibi scarsamente rappresentati e ha portato ad una maggior capacità di nascondersi per eludere i nemici.

La loro grande capacità di adattamento e sopravvivenza é dovuta alla loro plasticità genetica che consente di sviluppare caratteri efficaci, in relazioni a variazioni ambientali, in tempi brevi. Questo di certo li rende adatti ad un eventuale miglioramento genetico in relazione ad un loro possibile allevamento industriale a fini alimentari umani.

Tra gli svantaggi ricordiamo il notevole rapporto tra superficie e volume che aumenta la dispersione termica al punto da rendere impossibile la vita a questi animali se fossero privi di un esoscheletro per controllare l'evaporazione.

3.2 MORFOLOGIA

Gli insetti devono il loro nome alla struttura metamerica del corpo¹. Evolutivamente derivano da una creatura vermiforme analoga agli *Anellidae* da cui poi hanno sviluppato regioni e appendici distinte e specializzate. La metameria degli insetti infatti é di tipo eteronomo:

¹ Insetto deriva dal latino *In secta*, Entomo dal greco *én toma*. In entrambi i casi l'etimologia fa riferimento alla segmentazione del corpo.

il corpo é suddiviso in tre regioni morfologiche distinte, denominate CAPO, TORACE e ADDOME alle quali sono associate appendici quali le antenne, le zampe e le ali. Le regioni morfologiche sono dette genericamente tagmi.

Esoscheletro

L'intero corpo é racchiuso in un esoscheletro, formato da sostanze organiche che gli conferiscono una specifica robustezza. Tra queste sicuramente domina la chitina; un biopolimero strutturalmente simile alla cellulosa. Sono presenti tratti di discontinuità in cui il tegumento da rigido diventa membranoso, questo al fine di consentire il movimento. L'esoscheletro rappresenta l'unica controparte allo scheletro dei vertebrati e garantisce la possibilità di inserzione dei muscoli. In generale, a causa di questa struttura rigida, possiamo dire che il movimento risulta consentito dalla flessibilità e non dall'elasticità. I punti di passaggio tra membrana ed esoscheletro rappresentano i *loci minoris resistentiae* che garantiscono la possibilità di svolgimento della muta. La rigidità dell'involucro esterno infatti impedisce di fatto una crescita dell'individuo.

La superficie dell'esoscheletro é spesso disseminata di peli, setole, scaglie e sculture, talvolta essenziali ai fini tassonomici.

Capo

Il capo é la regione composta dai primi sei somiti che si fondono in una struttura in cui si perde l'originaria metameria.

Le strutture cefaliche esterne hanno due funzioni prevalenti: la percezione di stimoli sensoriali e la prima fase dell'alimentazione (presa, elaborazione e ingestione dell'alimento). Tali strutture comprendono in genere un paio di antenne, i due occhi composti, 2 o 3 ocelli e, infine, le appendici dell'apparato boccale o gnatiti.

L'apparato boccale tipico é quello masticatore anche se molti gruppi sistematici presentano modificazioni anatomiche, morfologiche e funzionali che lo adattano ad altre funzioni. Si parla allora di apparato pungente-succhiante, succhiante, lambente-succhiante. Il passaggio delle strutture dalla testa al torace é garantito dal forame occipitale.

Torace

Il torace deriva dall'accostamento di tre somiti ed é principalmente sede degli organi motori. é distinto in pro-, meso- e metatorace.

Nella generalità degli insetti é presente una coppia di zampe per ogni segmento toracico, che secondariamente possono ridursi o scomparire. La presenza di tre coppie di zampe toraciche si rileva in genere anche nelle forme giovanili. In alcune larve sono presenti anche organi di locomozione addominali (pseudozampe), in altre possono invece essere atrofiche o mancare del tutto. Sono appendici libere e pluriarticolate formate da coxa (o anca), trocantere, femore,

tarso, pretarso e unghie. La funzione primaria delle zampe é quella locomotoria; in tal caso le zampe sono dette cursorie oppure ambulatorie. Adattamenti morfologici e anatomici sono spesso finalizzati a funzioni come il nuoto, la predazione, lo scavo e il salto.

Le ali sono presenti, nello stadio adulto e come carattere primario, in molti insetti. Sono portate dal mesotorace e dal metatorace. Morfologicamente sono espansioni laterali dell'esoscheletro del torace. Le ali degli insetti sono prive di muscoli intrinseci e il movimento si deve all'azione di muscoli dislocati nel torace. L'ala é percorsa da condotti, detti nervature o vene, in cui passano l'emolinfa, nervi e trachee. Il decorso delle nervature é un importante elemento di determinazione tassonomica in alcuni ordini.

3.2.1 *Addome*

L'addome é la regione morfologica in cui hanno sede gli organi della riproduzione. Di consistenza piú delicata rispetto al torace, é composto da un massimo di 11 segmenti, detti uriti.

Gli uriti sono articolati tra loro dalla membrana intersegmentale, una struttura elastica e flessibile, che permette la dilatazione della regione e una certa mobilità.

Le appendici addominali sono in genere poco evidenti in confronto a quelle toraciche e cefaliche. Nella maggior parte degli insetti sono presenti gli organi genitali esterni (gonapofisi o armature genitali): nei maschi é presente l'organo copulatore. L'ovopositore può raggiungere anche un notevole sviluppo in alcuni gruppi sistematici; talora si trasforma in aculeo e diventa uno strumento di offesa e difesa; in altri può essere del tutto assente e la funzione viene svolta da altre strutture che prendono la denominazione di ovopositore di sostituzione.

3.3 ANATOMIA

3.3.1 *Sistema muscolare*

I muscoli degli insetti sono quasi tutti del tipo striato; si attaccano alla cuticola dell'esoscheletro o dell'endoscheletro per mezzo di fibrille non contrattili (tonofibrille), assimilabili ai tendini dei Vertebrati. Il loro numero é elevato, nell'ordine di migliaia. Si distinguono in scheletrici e viscerali: i primi, generalmente pari e simmetrici, sono responsabili dei movimenti delle appendici e delle regioni morfologiche del corpo perciò sono detti anche somatici. La muscolatura viscerale é associata agli organi interni ed é solo in parte costituita da fibre muscolari lisce.

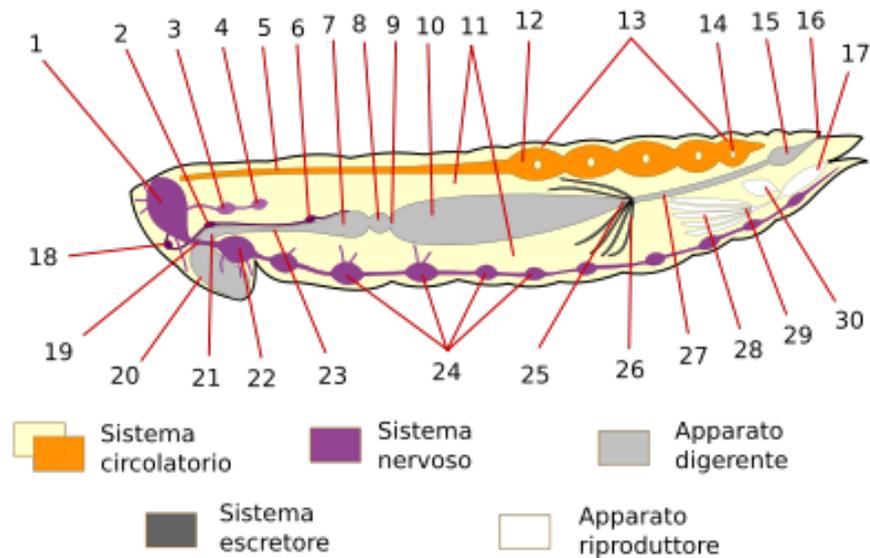


Figura 4: Rispetto ai Vertebrati, insetti e Artropodi invertono la dislocazione dei sistemi assili: l'apparato circolatorio e il sistema nervoso periferico assumono rispettivamente una posizione dorsale e ventrale, mentre l'apparato digerente si disloca in posizione centrale. Pur mantenendo alcune analogie, la struttura anatomica differisce marcatamente da quella dei Vertebrati anche se spesso si tende a mutuare, per attinenza, la terminologia specifica di organi e apparati.

3.3.2 Apparato digerente

L'apparato digerente è un canale suddiviso in tre distinte sezioni: lo stomodeo, il mesentero e il proctodeo, detti rispettivamente intestino anteriore, medio e posteriore. Il percorso può essere più o meno tortuoso secondo la complessità anatomo-fisiologica della specie.

1. Lo **STOMODEO** svolge le funzioni di ingestione, prima elaborazione e (in alcuni insetti) temporaneo immagazzinamento dell'alimento. Comincia con l'apertura boccale e termina in corrispondenza della valvola cardiaca dove confluisce nel mesentero. Procedendo in senso cefalo-caudale, si divide nelle seguenti sezioni: cavità orale, faringe, esofago, ventriglio, quest'ultimo sviluppato soprattutto negli insetti ad apparato boccale masticatore. Lo stomodeo presenta a volte un diverticolo, l'ingluvie, che può raggiungere dimensioni tali da occupare anche parte dell'addome. Le funzioni dell'ingluvie hanno specificità tali da giustificare particolari denominazioni (es. borsa melaria nelle Api, stomaco sociale nelle Formiche, borsa del sangue nelle Zanzare).
2. Il **MESENTERO** è la sede in cui si svolge la digestione vera e propria, con la demolizione enzimatica delle macromolecole e

l'assorbimento dei principi nutritivi.

3. Il PROCTODEO é la parte posteriore ed é deputato primariamente al riassorbimento dell'acqua e all'eliminazione delle parti non digerite e dei cataboliti. Nel tratto iniziale é in relazione con l'apparato escretore in quanto vi confluiscono i tubi malpighiani. In senso antero-posteriore il proctodeo si suddivide in tratti che hanno denominazioni mutate dall'apparato digerente dei Vertebrati; nell'ordine si distinguono ileo, colon e retto.

3.3.3 *Apparato respiratorio*

Il trasporto dell'ossigeno fino alle cellule non é affidato alla circolazione sanguigna, pertanto gli apparati circolatorio e respiratorio presentano marcate differenze rispetto a quelli dei Vertebrati.

L'apparato respiratorio degli insetti riprende in parte la struttura metamerica del corpo, ma all'interno si risolve in una complessa e fitta rete di condotti che trasportano l'ossigeno fino alle cellule. Formano l'apparato: gli stigmi, le trachee e le tracheole. Gli stigmi o spiracoli tracheali sono aperture, in numero di 1-10 paia, situate ai lati di uno o piú segmenti toracici e addominali. Le trachee sono tubuli derivati da un invaginamento del tegumento, di cui mantengono la stessa struttura. Da ogni stigma partono tre rami tracheali, collegati fra loro e con quelli dei segmenti adiacenti, formando nel complesso una rete anastomizzata. Le trachee si ramificano a loro volta in tracheole, di calibro inferiore, che formano una rete capillare di trasporto. Le tracheole piú piccole hanno diametro dell'ordine di alcuni *micron*.

In molti insetti le trachee possono dilatarsi formando sacchi aerei la cui funzione é quella di costituire riserve d'aria o fungere da organi idrostatici o aerostatici.

3.3.4 *Apparato circolatorio*

L'apparato circolatorio é di tipo aperto; questo sta ad indicare che la circolazione umorale non si svolge all'interno di vasi ma in una cavità, detta emocele, a contatto con organi e tessuti di tutte le regioni del corpo comprese le nervature delle ali. Il liquido contenuto si definisce emolinfa in quanto svolge contemporaneamente le funzioni della linfa e del sangue dei Vertebrati ad eccezione del trasporto di ossigeno. Risulta costituita da una parte liquida (plasma) ed una cellulare (emociti); eventuali pigmenti non hanno funzione respiratoria. La circolazione si svolge solo in parte all'interno di un vaso che ha funzione analoga al cuore e pompa il sangue dalla porzione posteriore del corpo a quella anteriore.

L'emocele é suddiviso da due diaframmi longitudinali in tre cavità intercomunicanti. Questi, formati da tessuto connettivo e muscolare, hanno un movimento peristaltico che favorisce la circolazione verso

la zona caudale e l'ingresso nella parte posteriore del vaso dorsale pulsante. Il vaso dorsale si differenzia in due parti, una posteriore (cuore) e una anteriore (aorta). Il cuore é suddiviso in camere intercomunicanti (ventricoli), ciascuna provvista di due aperture (ostioli) che garantiscono l'ingresso del sangue poi pompato attraverso l'aorta verso la testa. Il sistema muscolare associato al vaso dorsale imprime le pulsazioni che spingono il sangue verso la regione cefalica.

3.3.5 *Sistema nervoso*

In analogia con il sistema nervoso dei Vertebrati, negli insetti si distinguono: un sistema centrale, uno periferico e uno viscerale; quest'ultimo con funzioni neurovegetative.

I neuroni sono di tre tipi: sensoriali, motori e associativi. La trasmissione dei segnali segue gli stessi meccanismi dei Vertebrati: lungo gli assoni sotto forma di impulso elettrico, per alterazione del potenziale di membrana, e nelle sinapsi con l'emissione di un mediatore chimico, l'acetilcolina. Molti insetticidi, agendo come inibitori dell'acetilcolinesterasi, hanno effetto neurotossico anche sui Vertebrati.

Il sistema nervoso centrale ha un'organizzazione metamERICA: é costituito da una doppia catena di gangli, dislocata in posizione ventrale sotto il canale digerente, con una coppia di gangli per ogni segmento. I gangli sono collegati fra loro da fibre nervose trasversali e longitudinali che scompaiono con l'eventuale fusione. La struttura metamERICA scompare in corrispondenza del capo, con la fusione dei gangli cefalici in due masse. La prima, detta cerebro (cervello o ganglio sopraesofageo) é situata sopra lo stomodeo. La seconda, detta gnatocerebro (o ganglio sottoesofageo) é posizionata sotto lo stomodeo.

Il sistema nervoso viscerale costituisce il complesso dell'apparato neurovegetativo e mantiene una propria autonomia rispetto al centrale, pur essendovi collegato. Ad esso compete l'innervazione di organi interni.

Il sistema nervoso periferico comprende gli assoni dei neuroni motori che innervano la muscolatura striata e i neuroni sensoriali associati ai recettori, si sviluppa in tutte le parti del corpo ed é associato ai gangli del sistema nervoso centrale.

3.3.6 *Apparato escretore*

L'apparato escretore provvede all'eliminazione delle sostanze di rifiuto (cataboliti) ed é composto da organi localizzati (tubi malpighiani) e diffusi (nefriti o nefrociti). A questi si aggiungono tessuti e altri organi che svolgono anche funzioni escretorie secondarie.

I tubi malpighiani sono reni costituiti da tubuli sottili, a fondo cieco, che confluiscono nel proctodeo, subito dopo la valvola pilorica.

La funzione é quella di filtrare i prodotti del metabolismo proteico

(ammoniaca, urea, acido urico) e regolare gli equilibri salini, sottraendo le sostanze di rifiuto dall'emolinfa. Secondariamente possono ospitare microrganismi simbiotici, produrre seta, sostanze collanti, ecc.

I nefriti sono gruppi sparsi di cellule, a volte isolate, associati allo stomodeo, alle ghiandole salivari e al vaso dorsale. La loro funzione è quella di regolare il pH dell'emolinfa e agire come organi escretori intermedi, trasformando i cataboliti in forme che saranno poi eliminate dai tubi malpighiani.

3.3.7 *Apparato secretore*

Gli insetti dispongono di un apparato ghiandolare complesso distinto in un sistema esocrino e in uno endocrino.

Il sistema endocrino è formato da cellule e organi in relazione con il sistema nervoso. Una particolarità che differenzia gli insetti dai Vertebrati consiste nell'assenza di funzioni di secrezione endocrina nell'apparato riproduttore. Le ghiandole endocrine d'importanza basilare compongono quattro strutture: il sistema endocrino cerebrale, i corpi cardiaci e allati e le ghiandole protoraciche. La funzione primaria svolta da queste ghiandole è la regolazione dello sviluppo postembrionale, ma singolarmente queste strutture controllano anche altri processi biologici.

Il sistema esocrino è composto da ghiandole uni- o pluricellulari; queste ultime sono a loro volta semplici o composte. Le prime hanno un unico dotto escretore comune a tutte le cellule, le seconde un dotto escretore per ogni cellula confluyente un serbatoio comune. Altre classificazioni possono riguardare la posizione, la distribuzione nel corpo e la natura del secreto. In quest'ultima vi è una notevole varietà di ghiandole molte delle quali sono tuttavia specifiche di uno o più gruppi sistematici.

3.3.8 *Apparato riproduttore*

Negli insetti l'ermafroditismo è stato accertato solo in *Icerya purchasi* e in alcuni Ditteri, perciò l'apparato riproduttore si differenzia in due sessi distinti a partire da strutture embrionali omologhe.

Le gonadi, di origine mesodermica, sono la sede di svolgimento della gametogenesi. Si differenziano nei testicoli (maschio) e negli ovari (femmina) e sono composte da elementi tubulari confluenti nei gonodotti pari. Il gonodotto comune, nel maschio, è detto dotto eiaculatore e mantiene la fisionomia di un condotto escretore che comunica con l'organo copulatore. Nella femmina si differenzia nella vagina e comunica in genere con l'ovopositore, in alcuni gruppi sistematici può presentare un diverticolo dotato di apertura indipendente, la borsa copulatrice, usata per la copula. Un altro organo differenziato nella femmina è la spermoteca, una vescicola a fondo cieco collegata

alla vagina, in cui vengono mantenuti gli spermatozoi nell'intervallo di tempo che intercorre fra l'accoppiamento e la fecondazione.

In entrambi i sessi, l'apparato dispone di ghiandole accessorie, che riversano i secreti nel tratto prossimale del gonodotto comune. I secreti hanno funzioni diverse, secondo i sessi e le specie, e possono coesistere differenti tipi ghiandolari nello stesso individuo.

Gli organi genitali esterni si differenziano in genere come processi degli urosterni costituendo l'armatura genitale, importante elemento di determinazione tassonomica. Nel maschio forma l'organo copulatore o edeago, impiegato per l'accoppiamento. Nella femmina, l'armatura genitale, detta ovopositore, è utilizzato come organo per la deposizione delle uova e può anche perforare tessuti vegetali o animali. In diversi insetti, l'ovopositore può mancare del tutto oppure è sostituito funzionalmente da adattamenti degli ultimi uriti, che prendono il nome di ovopositore di sostituzione oppure ancora può assumere funzioni di difesa e offesa (aculeo o pungiglione).

3.4 CICLO BIOLOGICO

Il ciclo biologico di un insetto è rappresentato dalla catena di eventi che si susseguono dall'ovodeposizione alla maturità. Può durare, secondo la specie, da pochi giorni a diversi anni e, spesso, il suo svolgimento è in stretta relazione con fattori ambientali di natura climatica (in particolare la temperatura) e nutrizionali. Ciò fa sì che gli insetti possano adattarsi a svariati ambienti, comprese le regioni più fredde della Terra, ricorrendo ad accorgimenti biologici quali lo svernamento in stato di diapausa e la migrazione stagionale.

Il ciclo biologico si dice monovoltino o univoltino se compie una sola generazione l'anno e polivoltino se compie più generazioni. Il numero delle generazioni non è correlato alla lunghezza del ciclo, in quanto in una popolazione possono coesistere differenti stadi di sviluppo con sovrapposizione di più generazioni (es. Afidi). Condizioni di elevata specificità possono sincronizzare il ciclo con quello di una specie vegetale o animale da cui l'insetto dipende per la sua nutrizione.

3.4.1 Riproduzione

La riproduzione avviene in genere per via sessuale (ANFIGONIA), con l'accoppiamento fra sessi distinti e la fecondazione delle uova da parte degli spermatozoi. I meccanismi che regolano l'anfigonia variano da specie a specie e, talvolta, hanno livelli di complessità tali da condizionare la dinamica di un'intera comunità (insetti sociali). All'anfigonia si accompagnano altre forme di riproduzione non sessuale, che spesso si riflettono sulla dinamica di popolazione e, in qualche specie, prevalgono sulla riproduzione sessuale. In questi casi ricorre spesso la PARTENOGENESI, riscontrata in quasi tutti gli ordini in varie forme. La determinazione del sesso non segue un unico

schema. Nella generalità delle specie, il sesso é determinato dalla presenza di un cromosoma sessuale X in doppia dose in un sesso e in singola dose, o abbinato ad un cromosoma Y, nel sesso opposto. Il sesso eterogametico é quello maschile, ad eccezione dei Lepidotteri e dei Tricotteri. In alcuni ordini il sesso é invece determinato dal rapporto fra anfigonia e partenogenesi aploide: dalla fecondazione si originano le femmine, dalla partenogenesi i maschi.

La maggior parte degli insetti é ovipara, ma si riscontrano anche la viviparità e l'ovoviviparità. Questi differenti comportamenti possono coesistere anche nell'ambito di una stessa specie o, addirittura, di uno stesso individuo.

3.4.2 *Sviluppo embrionale*

Lo sviluppo dell'organismo all'interno dell'uovo é suddiviso in varie fasi:

1. Divisione precoce; comincia a partire dall'attivazione ed é determinata dalla fecondazione o da altri segnali come l'ingresso di ossigeno con conseguente deformazione dell'uovo negli insetti partenogenetici.
2. Crescita dell'embrione; caratterizzata da moltiplicazione e differenziazione cellulare.
3. Segmentazione e formazione di appendici: con sviluppo in senso cranio caudale.
4. Schiusa; la rottura del guscio é un'operazione svolta attivamente dall'individuo. Nei soggetti ametaboli ed emimetaboli il soggetto può essere riconosciuto come protoninfa. Negli altri casi come ninfa o larva.

3.4.3 *Sviluppo post-embrionale; metamorfosi*

Lo sviluppo postembrionale degli insetti si fonda sulla metamorfosi, sequenza discontinua di trasformazioni fisiche che, a partire dall'uovo, porta alla formazione dell'insetto adulto.

L'accrescimento degli insetti é da considerarsi discontinuo in quanto l'aumento di dimensioni avviene solo negli intervalli temporali che seguono una muta. La muta é la fase del ciclo vitale di un insetto in cui la vecchia cuticola (*Exuvia*) si lacera consentendo l'uscita del soggetto. Esso avrà a disposizione un limitato periodo di tempo per accrescersi sfruttando l'elasticità della sua cuticola non ancora sclerificata. Il periodo che intercorre tra due mute é definito stadio ed é caratterizzato da un aumento di peso ma non di dimensioni.

L'accrescimento può essere indeterminato, se gli insetti continuano a subire mute per tutta la loro vita, o determinato, se esiste una muta

definitiva che precede lo stadio adulto.

Alla muta può accompagnarsi anche la metamorfosi ossia una trasformazione morfologica che non si limiti solo all'aumento delle dimensioni. Accrescimento e metamorfosi sono regolati da meccanismi neurormonali che si riassumono nell'interazione tra due ormoni, l'eccidione e la neotenina. L'eccidione stimola la genesi della nuova cuticola perciò è il segnale biologico che avvia una nuova muta. La neotenina (ormone giovanile), invece, inibisce la comparsa dei caratteri dell'adulto che restano latenti sotto forma di abbozzi. L'eccidione stimola la muta e la metamorfosi ma in presenza di neotenina la metamorfosi viene inibita. Ad una prima analisi si distinguono due tipi fondamentali di metamorfosi indicati con i termini di metamorfosi completa e incompleta, anche se in realtà la classificazione è molto più complessa e particolareggiata.

Va ricordato che il meccanismo della metamorfosi con la coesistenza in una stessa specie di soggetti morfologicamente molto diversi ha un importante obiettivo; quello di ridurre la competizione alimentare tra larve e adulti in quanto essi sfruttano nicchie ecologiche differenti.

1. **METAMORFOSI COMPLETA O OLOMETABOLIA.** Lo stadio giovanile è detto larva e differisce notevolmente dall'adulto (detto anche imago). Le larve possono essere di vari tipi e sono definite, a seconda del numero di zampe, **APODI** (molti ordini tranne Lepidotteri, Ditteri, Mecotteri, Sifonatteri, Strepistteri), **OLIGOPODI** (Sifonatteri, Ditteri, vari Coleotteri, Imenotteri), **POLIPODI** (Lepidotteri, Imenotteri, Mecotteri).

La differenza larva-adulto è alla base di profonde modificazioni, che si attuano durante la ninfa, nello stadio di pupa. La muta che precede questo stadio è definita impupamento. L'insetto subisce una drastica ricostruzione della sua struttura morfologica e anatomica, ad eccezione del sistema nervoso e dell'apparato circolatorio. L'entità delle modifiche è tale da richiedere, in questa fase, lo stato di immobilità dell'insetto. Gli abbozzi alari sono interni e compaiono solo nello stadio di pupa.

Questo tipo di metamorfosi è proprio degli insetti più evoluti. Nelle forme più primitive di metamorfosi completa la pupa è mobile. In realtà la pupa mobile è un adulto in fase *farata*, stadio di transizione, successivo all'ultima muta, durante il quale l'adulto, pur essendo completamente formato, non ha ancora abbandonato l'*exuvia*. Le pupe che si presentano prive di protezione sono definite *exarate*.

L'olometabolia è tipica di: farfalle, mosche, zanzare, maggiolini.

2. **METAMORFOSI INCOMPLETA O EMIMETABOLIA,** è propria degli insetti alati, o secondariamente atteri, meno evoluti, appartenenti alla coorte degli Esopterigoti. Lo stadio giovanile è detto **NEANIDE** e differisce dall'adulto solo per le minori dimensioni, l'assenza dei caratteri sessuali e, nelle forme alate, l'assenza

delle ali. Il passaggio dallo stadio giovanile a quello adulto si svolge in uno o più stadi di ninfa durante i quali si verifica la comparsa degli abbozzi alari esterni. Le ali si differenziano gradualmente durante lo sviluppo. La ninfa é mobile.

Tipica di: scarafaggi, cavallette, cimici ecc...

3. L'assenza di metamorfosi si definisce invece AMETABOLIA. L'ametabolia si verifica negli insetti primitivamente atteri (Tisanuri): in questo caso gli stadi giovanili non presentano alcuna differenza morfologica rispetto agli adulti, se non nelle dimensioni, e lo sviluppo si attua con mute senza alcuna metamorfosi.

3.4.4 *Diapausa*

Periodo di dormienza che interrompe lo sviluppo in un qualsiasi momento tra l'uovo e l'adulto. Può durare giorni, mesi o anni. Si verifica a causa di avverse condizioni ambientali (Diapausa facoltativa) o perché caratteristica di una fase del ciclo biologico (Diapausa obbligatoria). Può avvenire in estate (ESTIVAZIONE) o in inverno (SVERNAMENTO). La quiescenza si verifica invece quando lo sviluppo rallenta.

COLEOPTERA (Maggiolino, Coccinella)

L'ordine dei *Coleoptera*² rappresenta il più numeroso di tutti gli insetti; comprende soggetti olometaboli, con metamorfosi completa.

Le uova sono minuscole ma possono essere vivacemente colorate. Vengono deposte in ammassi, in numero variabile da alcune dozzine ad alcune migliaia per femmina. Le larve che emergono dall'uovo vivono all'aperto, entro materie organiche (legno, erbe, escrementi) o sottoterra. Il periodo larvale in alcune specie dura parecchi anni.

Al termine del periodo larvale, le larve si impupano e dopo qualche giorno dalla pupa emerge l'adulto, la cui vita può durare poche settimane o diversi anni secondo le specie (vedi figura 7).

Gli adulti possono essere predatori e uccidere altri insetti (o più raramente altre categorie di animali); fitofagi (si nutrono di piante), saprofagi (si nutrono di materiale vegetale in decomposizione), coprofagi (si nutrono di escrementi) etc. Alcune specie hanno grande impatto sull'economia umana, perché danneggiano le colture (ad esempio il maggiolino, la cetonia, la dorifora), i manufatti (ad esempio i tarli) o gli alimenti. Di particolare rilevanza sono i danni causati dai coleotteri xilofagi alle piante d'interesse forestale, appartenenti a diversi raggruppamenti (Scolitidi, Cerambicidi, Buprestidi, ecc.). La maggior parte dei danni sono causati dalle larve. Esistono però anche coleotteri utili, come la maggior parte dei Coccinellidi, sfruttati nella lotta biologica.

² Da *Coleos* fodero e *pteron* ala, sono insetti le cui ali anteriori hanno la funzione di proteggere le posteriori e l'addome.

LEPIDOPTERA (Farfalle)

Quest'ordine é uno dei piú numerosi nel mondo degli insetti, secondo solamente ai coleotteri. Durante la propria vita, i lepidotteri³ cambiano radicalmente la struttura del corpo e le abitudini alimentari (metamorfosi). Il loro ciclo vitale é caratterizzato da 4 stadi: uovo, larva (o bruco), pupa (o crisalide) ed infine la forma adulta (o imago). La femmina depone le uova su un vegetale adatto e dopo un certo tempo le uova schiudono e nasce una larva priva di ali e incapace di volare, che si muove grazie a tre paia di zampe toraciche e alle pseudozampe addominali. Il bruco é privo di occhi composti e di spirotromba ma possiede un apparato boccale masticatore con delle robuste mandibole, grazie alle quali si nutre principalmente di parti vegetali, soprattutto foglie.

Il rivestimento della larva non si accresce e quindi deve essere cambiato periodicamente per 3-5 volte (mute). Dopo aver subito varie mute cuticolari e aver raggiunto il suo massimo sviluppo, la larva matura smette di nutrirsi e cerca un luogo adatto dove trasformarsi in pupa, sotto una foglia, su un ramo o a terra. Con la seta la larva si costruisce supporti con cui attaccarsi al substrato.

Quando la sua cuticola si lacera fuoriesce la crisalide o pupa (vedi figura 5).

I lepidotteri sono quasi tutti fitofagi sia allo stadio larvale che da adulti.

Le farfalle dei sottordini piú primitivi, con apparato boccale masticatore, si nutrono di polline, quelle provviste di spirotromba (sottordine Glossata) di nettare. Alcune specie si nutrono di frutta, a volte anche perforandone il tegumento integro con la spirotromba. Altre succhiano urine, escrementi, carogne in decomposizione, alcune specie tropicali di Pyraloidea, Geometridae, Notodontidae e Noctuidae si nutrono del liquido lacrimale di grossi mammiferi, uomo compreso. La specie orientale *Calpe eustrigata* (Noctuidae) é ematofaga.

La specie *Bombyx Mori* riveste un'importanza particolare all'interno di quest'ordine in quanto rappresenta l'unica fonte di seta naturale.

ORTHOPTERA (Grilli, Cavallette, Locuste)

La riproduzione é normalmente anfigonica, ma sono anche presenti rari casi di partenogenesi. Dopo l'accoppiamento, le femmine depongono le uova prodotte in quantità limitate dentro i vegetali o riunite entro particolari involucri, detti ooteche, formati dal secreto di apposite ghiandole.

Dall'uovo fuoriesce una preneanide che subito muta e si trasforma in una vera neanide. Lo sviluppo dal primo stadio larvale alla forma adulta avviene attraverso una metamorfosi di tipo incompleto (eterometaboli): questo significa che le forme giovanili, appena uscite dall'uovo, hanno già l'aspetto dell'insetto adulto salvo che per le dimensioni ridotte e per l'assenza di ali (vedi figura 6).

³ Lepidoptera dal latino ali con scaglie; le scaglie conferiscono le tipiche colorazioni

Gli ortotteri sono noti per emettere caratteristici suoni mediante un apparato stridulante: i suoni vengono prodotti dallo sfregamento tra le nervature delle ali o per sfregamento delle ali contro i femori posteriori. La stridulazione é generalmente una caratteristica maschile, ma in alcune specie può essere presente anche nelle femmine. Uno dei fenomeni più interessanti e piuttosto diffuso di quest'ordine di insetti, é quello del gregarismo che porta alla formazione di orde migratrici costituite da un numero sterminato di individui. Queste hanno un'enorme importanza dal punto di vista agrario in quanto possono attaccare e distruggere intere coltivazioni, ma altrettanta importanza come fonte straordinaria di proteine alimentari per alcune popolazioni.

Ricordiamo che nella terminologia comune si fa spesso confusione tra cavallette, locuste e cicale. Locusta é un termine che indica la cavalletta nella sua fase migratoria, mentre le cicale appartengono a tutt'altro ordine; quello degli *Homoptera*.

DIPTERA (Mosche, zanzare)

I ditteri si riproducono generalmente per anfigonia e sono ovipari, con casi meno frequenti se non rari, di riproduzione per partenogenesi o pedogenesi. Può ricorrere anche la viviparità e l'ovoviviparità. Lo sviluppo postembrionale é di tipo olometabolico. Caratteristica ricorrente fra i ditteri é la notevole brevità del ciclo di sviluppo, aspetto di particolare problematicità nel caso di ditteri dannosi o nocivi, in quanto ne rende difficile il controllo in caso di avvicendamento di numerose generazioni.

Le larve, tipicamente cieche, vivono nei più disparati ambienti: nel terreno, nell'acqua, nei materiali in decomposizione, nei nidi di insetti sociali e, infine, all'interno di altri organismi; meno frequente é invece la vita libera all'aperto. Fra gli organismi prevalentemente attaccati si annoverano in particolare funghi, animali e plantae e il rapporto trofico con l'ospite si configura, secondo i casi, con la predazione (funghi, piante), con il parassitismo (mammiferi), con il parassitoidismo⁴ (altri insetti).

Gli adulti sono generalmente ottimi volatori: grazie alla complessa struttura anatomica e morfologica dell'apparato di volo (muscolatura diretta e indiretta, articolazione degli scleriti alari, bilancieri, sacchi aerei) la loro ala é in grado di compiere movimenti complessi che conferiscono a questi insetti una notevole agilità e velocità. Nel complesso i ditteri rappresentano, insieme agli imenotteri, la più alta espressione evolutiva della funzionalità del volo negli insetti, al punto che gli adulti di diverse specie trascorrono una parte considerevole della loro vita librati in volo. Non meno sofisticata é la funzionalità dei pretarsi, i cui annessi consentono lo stazionamento e la locomozione su superfici di varia natura, comprese quelle estremamente

⁴ Il parassitoidismo si differenzia dal parassitismo per alcune peculiarità che lo avvicinano al rapporto di predazione.

lisce come il vetro, anche su posizione capovolta.

I regimi alimentari degli adulti, in generale, sono riconducibili ad una dieta liquida. L'assunzione avviene per aspirazione nei ditteri ad apparato boccale succhiante o perforante-succhiante oppure per risalita capillare in quelli ad apparato boccale lambente-succhiante. Fra i Ditteri ricorrono frequentemente adulti a regime dietetico ematofago, rappresentati sia fra i Nematoceri (es. Culicidi), sia fra i Brachiceri (es. Tabanidi, Ippoboscidi, Glossinidi, Muscidi Stomoxidini). Più largamente rappresentato è tuttavia il regime dietetico glicifago. In questo caso la fonte alimentare è rappresentata dal nettare dei fiori, dalla melata dei Rincoti, dai succhi vegetali emessi da eventuali ferite, da fluidi e sostanze zuccherine di varia natura. La specificità della dieta glicifaga richiede l'integrazione alimentare con fonti azotate, che frequentemente sono rappresentate da escrementi o materiali organici in decomposizione. Questo aspetto è di particolare importanza igienico-sanitaria per i ditteri commensali dell'Uomo, come ad esempio la comune mosca domestica. Questo insetto, nutrendosi contemporaneamente su substrati malsani e su alimenti destinati all'Uomo, è un possibile vettore di agenti patogeni trasmessi all'uomo attraverso gli alimenti. L'interesse medico, in ambito sia umano sia veterinario, coinvolge direttamente i ditteri ematofagi e più in generale gli zooparassiti dei Vertebrati.

IMENOPTERA (Ape, formica, vespa)

Gli imenotteri sono insetti olometaboli le cui larve sono riconducibili a due tipi.

→ Larve dotate di vita autonoma. Rientrano in questo tipo le larve ERUCIFORMI, apparentemente simili ai bruchi dei lepidotteri. Queste larve hanno un esoscheletro robusto, capo ben differenziato con apparato boccale masticatore ben sviluppato, si muovono per mezzo di tre paia di zampe toraciche e di 6-8 paia di pseudozampe addominali presenti a partire dal II urite.

→ Larve non dotate di vita autonoma. Rientrano in questo tipo le larve che svolgono il loro sviluppo all'interno di un nido oppure come endoparassite all'interno di un ospite. Hanno una marcata semplificazione morfologica con esoscheletro molle, capo poco distinto o per nulla differenziato, apparato boccale semplificato, assenza di organi visivi e di organi di deambulazione. Esiste una marcata eterogeneità morfologica del primo stadio larvale, fino a distinguere una quindicina di differenti forme.

Negli imenotteri sono rappresentati svariati regimi alimentari.

HEMIPTERA Insetti che popolano vari tipi di ambienti terrestri e di acqua dolce. L'ordine comprende molte specie e 4 sottordini tra cui gli *heteroptera* (cimici) e *homoptera* (cicale). Possiedono due paia di ali e un apparato succhiatore. Anoverano praticamente tutti i regimi alimentari.

Nell'ordine si annoverano forme ovipare, ovovivipare e vivipare, queste ultime frequenti fra gli Omotteri.

In genere sono insetti paurometaboli o, nelle forme attere, pseudoammetaboli e più raramente emimetaboli. Lo sviluppo postembrionale passa perciò attraverso lo stadio di neanide, a cui segue, nelle forme alate, quello di ninfa, con occupazione delle stesse nicchie ecologiche da parte di stadi giovanili e adulti.

BLATTODEA La riproduzione avviene ordinariamente per anfigonia mentre la partenogenesi interessa pochissime specie e in contesti particolari. La generalità dell'ordine è rappresentata da specie ovipare ma si riscontrano anche casi di ovoviviparità o di oviparità. Le femmine depongono le uova in numero variabile secondo la specie, nell'ordine di diverse decine, all'interno di ooteche.

I Blattoidei sono insetti eterometaboli. Il ciclo di sviluppo è piuttosto lento e si svolge in un intervallo di alcuni mesi o addirittura di alcuni anni, secondo la specie e le condizioni ambientali. Nel corso dello sviluppo i Blattodei subiscono in genere 5-6 mute ma talvolta si possono avere anche più di 10 mute. Lo sviluppo passa attraverso gli stadi di neanide e successivamente, nel caso dei paurometaboli, di ninfa. I giovani nascono in uno stadio immaturo, detto preneanide, hanno un colore biancastro e diventano scuri dopo poche ore. Nelle prime fasi di vita, le neanidi vivono vicino alla madre e, talvolta, si riscontrano anche casi di cure parentali.

Il regime dietetico della maggior parte dei Blattoidei è fitofago con una spiccata tendenza, in molte specie, all'onnivoria e alla saprofagia. Le blatte colonizzano svariati ambienti ma in generale prediligono i luoghi umidi e poco illuminati. Vivono all'aperto nelle foreste e nelle campagne riparandosi nelle lettiere, sotto i sassi, in anfratti vari oppure all'interno di edifici. Pur essendo una ristretta minoranza, le specie domestiche sono vere e proprie commensali dell'Uomo e riscuotono il maggior interesse.

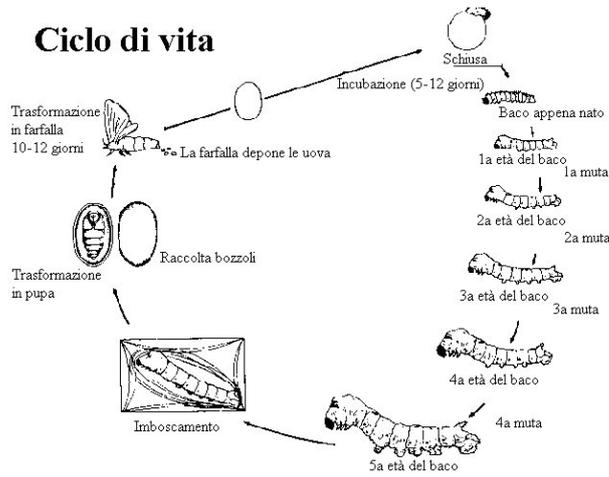


Figura 5: Ciclo biologico di *Bombyx Mori* (*Lepidoptera*)(clt.unical.it).

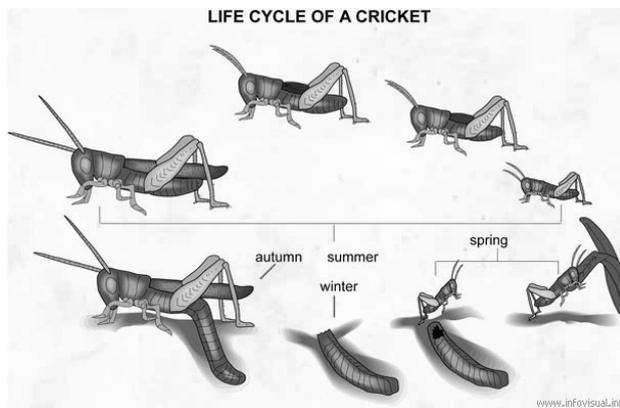


Figura 6: Ciclo biologico di un *Orthoptera* (www.infovisual.info).

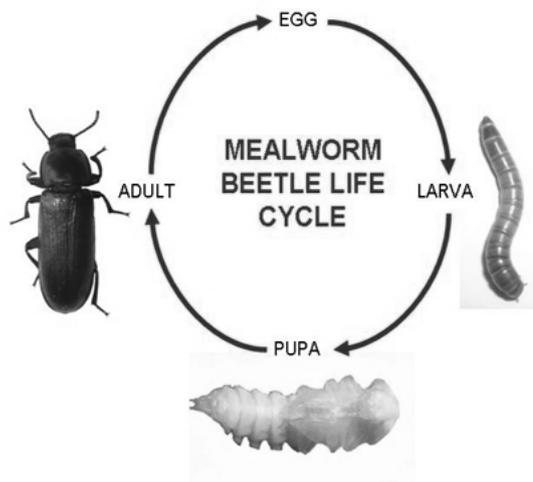


Figura 7: Ciclo biologico di un *Coleoptera* (www.nyworms.com).

Il consumo di insetti ai giorni nostri é tutt'altro che scomparso. Numerose popolazioni, nei paesi in via di sviluppo e non solo, riconoscono nella loro dieta varie specie. Quest'abitudine si riscontra maggiormente all'interno della realtà rurale, ma in alcuni stati anche come pratica di élite (Ramos-Elorduy, 2005)[48]. Gli ordini maggiormente coinvolti in questa pratica sono: *Lepidoptera*, *Coleoptera*, *Orthoptera* e *Imenoptera* (Malaisse 2005)[34]. La varietà di insetti usati come alimenti negli stati tropicali é anche da associare ad una presenza numerosa e diversificata degli stessi nel territorio e alla necessità di soddisfare fabbisogni energetici, proteici e vitaminici.

La difficoltà di stimare il numero di specie consumate é data sia dalla disomogeneità della dieta all'interno delle varie zone, sia dall'impossibilità, spesso, di inquadrare tassonomicamente gli insetti considerando i milioni di specie esistenti non ancora classificati e le differenti denominazioni che essi assumono. Questi problemi causano discordanze tra i vari autori relativamente al numero di specie consumate in una determinata area geografica. Tutti i dati quindi vanno considerati come stime con possibilità d'errore (vedi tabella 1). I metodi di raccolta dei dati si basano su osservazioni, interviste e colloqui informali e sono quindi passibili di omissioni.

La diffusione di determinate specie sul territorio é inoltre legata a quella delle piante su cui queste si nutrono o comunque alla disponibilità di risorse utili al soggetto. Questo fattore più un'eventuale stagionalità nel ciclo biologico rendono i vari studi dipendenti dal periodo dell'anno in cui vengono effettuati o comunque li obbligano ad ampliare intervalli di tempo e aree di studio.

L'equilibrio tra la pratica entomofagica e l'ecologia é sottile, in molte zone la ricercatezza di determinati insetti tende a ridurre la loro densità in natura nonostante la biomassa sia notevole. I numeri mostrano come già oggi la raccolta e il consumo siano notevoli. Le cavallette sono consumate in quantitativi superiori alle dieci tonnellate/anno in Algeria, Thailandia e Messico, le termiti nel solo Zaire arrivano a 1.3 tonnellate/mese, bruchi e farfalle vanno dai 50 Kg/anno del Sud Africa alle 3 tonnellate/anno del Messico e ai 140 kg/anno per persona dello Zambia (Elorduy, 2005)[48].

Questo porta alla necessità di contemplare una modalità di sfruttamento eco-compatibile qualora la diffusione di tale dieta dovesse estendersi e rende un approvvigionamento di tipo industriale necessario a limitare i danni.

PAESE	ORDINI	SPECIE
<i>Asia</i>		
Cina	10	17
India	7	24
Indonesia	8	25
Giappone	11	27
Filippine	6	21
Thailandia	10	80
Vietnam	8	24
<i>Oceania</i>		
Australia	7	49
Papua N.Guinea	11	34
<i>Africa</i>		
Congo	7	30
Madagascar	7	22
Sudafrica	7	36
Zaire	5	62
Zimbabwe	7	32
<i>America</i>		
Brasile	7	23
Colombia	8	48
Messico	10	136

Tabella 1: Numero di specie consumate in alcuni paesi, nel caso dell'Australia consideriamo le popolazioni indigene. Nel caso del Messico il numero è sottostimato (DeFoliart, 2005)[10].

4.1 AFRICA

L'Africa storicamente risulta un continente caratterizzato dal consumo alimentare di insetti tanto che in alcune aree, come l'Africa centrale, essi soddisfano più del 50% del fabbisogno di proteine animali (Paoletti e Dreon, 2005)[43]. In Congo, nel distretto di Brazzaville, vengono consumati fino a 40 g (peso secco) di bruchi affumicati per giorno (Malaisse, 2005)[34]. La specie dominante in questo territorio è *Cirina Forda* (DeFoliart, 1999)[9].

In Angola la termite *Macrotermes subhyalinus* e la larva *Rhynchophorus phoenicis* sono particolarmente energetiche (613 e 561 Kcal/100g). Quest'ultima insieme al bruco *Usta terpsichore* rappresenta una valida fonte di zinco, tiamina e riboflavina (DeFoliart, 1999)[9].

In Nigeria *Anaphe Venata*, ricca in grasso, è diffusa e consumata al punto che esiste una forma di atassia stagionale legata alla sua ingestione. *Cirina Forda* rappresenta un insetto molto venduto il cui

prezzo é doppio rispetto quello del manzo mentre grilli e cavallette sono prediletti dai bambini.

Lo Zambia riconosce il consumo di più di 60 specie di insetti e l'entomofagia rappresenta la salvezza nei cosiddetti "mesi della fame" (Novembre-Gennaio) in cui si trovano solo funghi e frutta (DeFoliart, 1999)[9].

Malaisse descrive la campeofagia¹, la termitofagia, la acridofagia e la mirimecofagia² in una percentuale di gruppi etnici africani variabile tra il 2% (mirmecofagia) e il 17% (termitofagia) in Africa con un interesse crescente soprattutto nell'ultima decade dove si contano 51 pubblicazioni sull'argomento. I vari insetti possono essere consumati in stadi di sviluppo differenti con modalità di cattura specifiche, per le termiti, ad esempio, si usano metodi a volte simili a quelli utilizzati dagli scimpanzè, altre volte più "tecnologici" (Malaisse, 2005)[34].

Nel sud-est dell'Africa le regine della formica (*Carebara Vidua*) sono considerate una delicatezza culinaria e vengono catturate in gran quantità durante il volo nuziale e mangiate crude o fritte mentre le uova sono apprezzate dai bambini.

Le api rappresentano un'altra ricercata fonte di cibo, in particolare quelle del genere *Trigona*³, preferite alle *Apis* spp.

Tra i *Diptera*, soprattutto in Malawi, si riscontra il consumo di *Choroborus edulis*⁴. Queste vengono catturate quando in nubi si dirigono verso il lago in relazione con i cicli lunari e sono utilizzate per la preparazione della torta KUNGU (Van Huis, 2005)[26]. Nello stesso stato esistono programmi di raccolta di bruchi anche all'interno dei parchi nazionali in quanto le coltivazioni estensive di tabacco, mais e altro hanno annullato la loro presenza nel resto del territorio. Le specie coinvolte sono *Gynanisa maia* e *Gonimbrasia belina* nota come MOPANE WORM. Quest'ultima, diffusa anche in Sudafrica, é gradita per il suo contenuto proteico ma rappresenta una specie a rischio di estinzione a causa del suo sfruttamento e dell'assenza di regolamentazione da parte delle autorità (DeFoliart, 1999)[9].

Gli *Heteroptera* sono rappresentati invece da *Natalicola delegorguei* mangiata in Zimbabwe, essa tuttavia secerne un fluido urticante che può causare dolore e, al contatto con gli occhi, cecità. Dopo la cattura infatti la testa viene rimossa e l'insetto spremuto per eliminare il liquido. A questo punto viene consumato crudo o dopo cottura (Van Huis, 2005)[26].

1 Consumo di bruchi.

2 Consumo di formiche.

3 Genere di ape produttrice di miele priva di pungiglione.

4 Dittero nematocero simile ala zanzara. *Edulis* é infatti un termine latini che significa commestibile.

4.2 SUD AMERICA

Gli indiani dell'Amazzonia consumano insetti in gran quantità come pratica tradizionale, di 39 gruppi studiati (22% del totale presunto) solo uno nega l'utilizzo di tali animali, mentre per gli altri costituiscono una fonte nutrizionale gradita al punto che si riconoscono più di 200 specie edibili. Tale pratica porta alcuni gruppi ad avere una classificazione propria molto più avanzata di quella occidentale (Paoletti, 2005)[43].

In Ecuador l'entomofagia è una vera e propria tradizione che sopravvive soprattutto nelle aree meno urbanizzate delle Ande e dell'Amazzonia. La distinzione più importante nell'ordine *Coleoptera* in termini di linguaggio viene fatta tra lo stadio larvale denominato *cuzo* e lo stadio adulto *CATSO*. Tra questi la specie più importante è *Rhynchophorus palmarum* che cresce sulla palma ed è il più conosciuto tra gli insetti commestibili. Molte altre specie consumate sono appartenenti anche ad ordini come: *Hymenoptera*, *Lepidoptera*, *Odonata*, *Omoptera* e *Orthoptera* (Onore, 2005)[41].

In Venezuela il cosiddetto "verme della palma" *Rhynchophorus palmarum* è consumato in grandi quantità e catturato in seguito all'abbattimento dell'albero su cui vive (Cerda, 2005)[6].

Studi compiuti in Brasile, Colombia, Paraguay e Perù ci informano che l'approvvigionamento di insetti è compito di donne e bambini tranne per quanto riguarda quelli che richiedono un lavoro pesante come abbattere alberi per ottenere miele o larve di api e vespe, o rompere i ceppi per raccogliere vermi della palma.

Le formiche del genere *Atta*⁵ vengono allevate anche su funghi appositamente coltivati e si sono molto diffuse. In Colombia sono ritenute una vera e propria prelibatezza se tostate (DeFoliart, 1999)[9].

In Perù il menu contiene una grande varietà di bruchi tra cui il *Chiro worm* della famiglia *Cerambycidae* che arriva a misurare 10-15 cm ed è consumato fritto (Menzel, 1998)[35].

4.3 AMERICA CENTRALE E SETTENTRIONALE

Il Messico detiene il primato tra i paesi a vocazione entomofagica con centinaia di specie consumate. La diffusione interessa le aree rurali ma anche le grandi città, come la capitale, dove rappresentano un prodotto diffuso e apprezzato tra persone di ogni ceto, servito anche nei ristoranti più lussuosi.

Gli insetti, secondo alcuni studiosi della realtà locale, si prestano ad un allevamento di massa in ragione dei loro cicli biologici brevi e della loro grande adattabilità; il sistema industriale potrebbe quindi stabilizzare questa realtà economica nel paese.

Le *ESCAMOLES*, stadi immaturi della formica *Liometopum apiculatum*,

5 Formiche dette "tagliafoglie" che si cibano esclusivamente di un fungo da esse coltivato e nutrito appunto con le foglie spezzettate.

sono venduti a caro prezzo dai ristoranti a causa del duro lavoro necessario alla loro raccolta che avviene in nidi di proprietà privata due o tre volte l'anno.

Api dei generi *Melipona*, *Scaptotrigona*, *Trigona* sono coltivate in piccoli alveari a ridosso delle case; formiche del miele (*Myrmecocystus*) e del genere *Atta* non hanno un commercio ufficiale ma sono vendute nei mercati (DeFoliart, 1999)[9].

Peculiare poi la produzione dell'AHUAHUTLE, il caviale messicano, costituito dalle uova di *Hemiptera* acquatici. L'allevamento avviene su foglie appositamente immerse nei laghi alcalini che costituiscono l'habitat tipico di questi animali, dopo la deposizione delle uova le foglie vengono recuperate, lasciate essiccare e scosse per ottenere il prodotto.

La larva della farfalla gigante (*Aegiale hesperiaris*) conosciuta come verme bianco dell'Agave vive sulle piante dell'Agave e oltre ad essere molto richiesta dai messicani viene anche inscatolata ed esportata in U.S.A, Canada, Francia e Giappone. Il verme rosso dell'Agave (*Comadia redtenbachi*), invece, è venduto nei mercati ed utilizzato per la preparazione del MEZCAL⁶ (DeFoliart, 1999)[9].

Le cavallette sono mangiate ovunque nel Paese dove vengono anche inserite nelle ricette di alcune TACOS.

Negli Stati Uniti il consumo di insetti era diffuso tra i nativi del deserto meridionale e del gran bacino (attuale Utah). Al giorno d'oggi l'interesse è limitato dall'enorme disponibilità di beni alimentari di tutti i tipi che non rendono necessaria l'esplorazione di nuove risorse. L'entomofagia però, in una federazione multi-etnica come questa, non trova resistenze marcate come in Europa.

La commercializzazione di insetti esiste e segue schemi industriali, la HotLix candy company produce lecca-lecca con all'interno un grillo. Altri prodotti in vendita sono: scorpioni e grilli ricoperti di cioccolato e mele candite rivestite di tarme della farina (*Tenebrio molitor*)(Menzel, 1998)[35].

4.4 OCEANIA

In Australia l'aridità del territorio, l'imprevedibilità dei fenomeni piovosi e l'esistenza di aree molto lontane dall'acqua hanno favorito il mantenimento di abitudini antiche tra gli aborigeni. Gli uomini erano e sono dediti alla caccia, mentre la raccolta, anche di insetti, è un compito femminile. La stagionalità delle varie pratiche va rilevata e numerose sono le specie consumate.

Ricordiamo le termiti e le gocce di ambrosia utilizzate come fonte

⁶ Il Mezcal, conosciuto anche come Mescal, è un distillato messicano ottenuto dalla pianta dell'agave e spesso aromatizzato con larve di insetto. La loro funzione è quella di garantire l'autenticità del prodotto e testimoniare la sua gradazione alcolica in quanto il corpo dell'insetto non si conserva bene a gradazioni inferiori a quelle del prodotto originale (Menzel, 1998)[35].

di zucchero e prodotte da una larva dei *Psyllidae*, Emitteri molto piccoli che si nutrono su Eucalipto e Acacia. Cavallette e Grilli sono descritti come alimento saltuario in particolari periodi e condizioni. Diffuse invece varie specie di Lepidotteri tra cui i famosi WITCHETTY GRUBS⁷, categoria all'interno della quale riconosciamo varie larve appartenenti a quest'ordine ma anche a quello dei Coleotteri, e la BOGONG MOTH (*Agrotis Infusa*). Tra gli Imenotteri importanti sono varie specie denominate HONEYPOT ANT (*Melophorus bagoti* e altre specie del genere *Camponotus*), cioè formiche che si nutrono di linfa e producono miele che conservano, durante la fase di replezione, all'interno del loro corpo e SUGAR BAG, cioè api del genere *Trigona* conosciute per la loro dolcezza (Yen, 2005)[62].

In Papua Nuova Guinea la dieta conta numerosissimi insetti tra cui ricordiamo la SAGO GRUB⁸ larva di Coleottero appartenente al genere *Rhynchophorus*. Questo animale invade gli alberi caduti proliferando con rapidità al punto che gli uomini li abbattano appositamente per creare dei siti di riproduzione dove poi raccogliere il prodotto (Meyer-Rochow, 2005)[36].

Tra i Maori della Nuova Zelanda l'unico insetto ancora consumato regolarmente è l'HUHU GRUB, denominazione all'interno della quale rientrano larva, pupa e adulto di *Prionoplus reticularis*, un Coleottero appartenente ai Cerambicidi (Meyer-Rochow, 2005)[36].

4.5 ASIA

In Giappone si consuma un buon numero di insetti che storicamente rappresentavano un'importante fonte proteica per quelle persone che, vivendo lontane dalle coste, non potevano approfittare del pesce e della carne.

INAGO è una specie di cavalletta (*Oxya yezoensis*) molto apprezzata catturata nei campi di riso dove vive e provoca danni. Viene consumata previa cottura dopo averla sottoposta ad un periodo di digiuno. ZAZA-MUSHI è un nome generico che identifica gli insetti che vivono sui fondali dei fiumi, tra questi un tempo predominavano le ninfe di *Plecoptera* che recentemente sono state soppiantate dalle larve di *Trichoptera*. L'attività di pesca di questi insetti, che consiste nel posizionare delle reti e quindi muovere i sassi del fondale a monte (vedi figura 8), si era talmente diffusa che il governo ha dovuto regolamentarla con delle licenze valide solo per i mesi invernali. La produzione annua è di 4.000 kg in parte inscatolati ed esportati anche negli U.S.A. HACHINOKO è un piatto costituito da vespe (*Vespula lewisi*) a vari stadi di sviluppo. Questi insetti sono carnivori e prediligono la carne di

7 Categoria di insetti vari che vivono per la maggior parte su tronchi, radici o biforcazioni degli alberi.

8 Il termine anglosassone *grub* assume vari significati, a seconda del contesto, tra cui "bruco", più specificamente tradotto in *caterpillar*, "larva" o molto genericamente "cibo".

rana con la quale vengono fatte delle esche utili per attrarre alcuni individui che vengono poi seguiti per trovare il nido. *Apis Mellifera* è stata utilizzata per lo stesso fine ma poi abbandonata perchè considerata di gusto scadente.

KAIKO identifica il baco (*Bombyx mori*) consumato allo stadio di adulto dopo la deposizione delle uova o allo stadio di pupa. Quest'insetto è ritenuto avere le più svariate attività curative in accordo con l'HONZOKOMOKU⁹. Infine ricordiamo le larve di TEPPU-MUSHI, *Coleoptera* che vivono nei tronchi degli alberi (Mitsuhashi, 2006)[38].

La Cina rappresenta un territorio molto esteso per il quale è difficile fare considerazioni generali. Il consumo di insetti, tuttavia, sembra meno importante di quanto si possa immaginare anche se la realtà rurale potrebbe differire molto da quella urbana.

Probabilmente la formica *Polyrhachis vicina* è l'insetto più diffuso come alimento: essiccato, in polvere o fermentato per produrre vino. Tra le api ricordiamo *Apis mellifera* e *Apis cerana* il cui consumo è secondario rispetto a quello del miele per il quale la Cina occupa il vertice tra i produttori mondiali. Altri cibi come il baco da seta, sottoprodotto della sericoltura, sono molto apprezzati in alcune aree ma non considerati in altre (Zhi-Yi, 2005)[65]. Anche larve di *Diptera* come la *Musca domestica vicina* sono prodotti in gran quantità (De Foliart, 1999)[9].

Caratteristico di alcune località montane è un the preparato per infusione con feci di bruco (*Hydrillodes morosa* e *Aglossa dimidita*). Si ritiene che questa bevanda possa aiutare la digestione, alleviare la diarrea e curare gli emorroidi probabilmente grazie a i principi attivi della pianta su cui l'insetto si nutre che non vengono modificati dal processo digestivo dello stesso (Menzel, 1998)[35].

Nel nord-est dell'India sono consumate varie specie di *Orthoptera*, *Coleoptera*, *Isoptera*, *Hemiptera*, *Lepidoptera* e *Hymenoptera* tra cui ricordiamo *Ochrophora montana* utilizzata anche per l'estrazione di olio (Meyer-Rochow, 2005)[36]. Tra le varie specie di bachi utilizzate come alimento *Samia ricini* risulta apprezzata al punto che la seta ne rappresenta un sottoprodotto (DeFoliart, 1999)[9].

Le popolazioni del sud-est asiatico sono tradizionalmente riconosciute come entomofaghe, si stima che la dieta locale annoveri oltre 140 specie. La ricchezza faunistica di tale area favorisce questa pratica che deve considerarsi come fonte di cibo alternativa in aree dove sono facilmente reperibili pesci, rane e altri animali, mentre deve considerarsi essenziale in aree più povere.

L'importanza economica di questo commercio non va trascurato poichè, essendo una vera e propria industria alimentare, è fonte di notevoli guadagni. Tradizionalmente vengono apprezzati uova e larve di formica, scarabei, cicale, bruchi, libellule, falene, maggiolini, api, grilli, calabroni. Si riconoscono inoltre insetti che vivono in acqua pura utilizzando alghe e piccoli organismi come cibo (Cimice d'acqua),

9 Un antico e famoso testo di farmacologia cinese.

e altri che risiedono in acque più ricche di sostanza organica. Tutti vengono generalmente pescati con reti. Gli insetti terrestri invece hanno abitudini specifiche che devono essere conosciute per la loro cattura (Yhoung-Aree e Viwatpanich, 2005)[63].

In Thailandia gli insetti si possono comunemente trovare anche nei mercati pubblici e questo cibo è accettato dalle persone di ogni estrazione sociale. Alcune specie in particolare sono servite nei ristoranti più prestigiosi.

In Corea del Sud, con la diminuzione dell'uso di pesticidi, si è diffuso il consumo delle cavallette dei campi di riso. Anche i bachi in scatola sono diffusi, apprezzati ed esportati (DeFoliart, 1999)[9].

In Indonesia la diffusione del pollo ha ridotto notevolmente l'entomofagia, soprattutto nelle città. Le libellule erano molto apprezzate anche se impegnative da catturare. Viaggiando nei villaggi più "selvaggi", tuttavia, si scopre che il consumo di insetti non è scomparso. Nel territorio di Irian Jaya la cattura di SAGO GRUB è un'importante occupazione. Le palme vengono abbattute dagli uomini per l'estrazione della polpa da cui si ricava una farina molto importante per l'alimentazione locale. I tronchi abbandonati vengono rapidamente invasi e le donne raccolgono e arrostitiscono le larve. Queste tuttavia richiamano sul posto i maiali selvatici con cui si apre una competizione per il prezioso cibo. Certo essi potrebbero essere cacciati e mangiati, ma l'insetto viene prediletto perché più povero in grassi e più ricco di Calcio e Riboflavina.

Le cimici inoltre sono molto apprezzate come snack pomeridiano dai bambini che le mangiano crude o dopo averle arrostitite (Menzel, 1998)[35].

4.6 EUROPA

In Europa pochi sono gli insetti consumati tradizionalmente anche se in alcuni stati (soprattutto al nord) si trovano ristoranti che cominciano ad offrirli. Conosciuto è il formaggio con le larve (*Piophilae Casei*) tipico di Francia, Sardegna e altre regioni (Paoletti e Dreon, 2005)[43], mentre pochi sanno che alcuni estratti di insetto (come il rosso cocciniglia: E 120) sono usati per colorare cibi (es. Smarties, yoghurt) e bevande (es. Campari) (Verkerk, 2007)[60].

Tuttavia è sbagliato escludere a priori l'Italia dai paesi che consumano insetti, infatti un recente studio ha mostrato come in una realtà locale del Friuli Venezia Giulia esista l'utilizzo tradizionale di un insetto come leccornia. Parliamo di specie del genere *Zygaena* e *Syntomis*. Questi Lepidotteri sono molto numerosi e facili da catturare all'inizio dell'estate, al punto che si calcola i bambini ne possano prendere un numero di circa 15-20 al giorno. L'insetto non è consumato intero ma ne viene asportata l'ingluvie che contiene sostanze zuccherine, mentre il resto del corpo è scartato. Esso contiene glicosidi cianogenetici potenzialmente tossici e l'abitudine di mangiare solo l'ingluvie si

presenta ottimale per ridurre l'ingestione di questi composti (Paoletti *et al.*, 2008)[64].



Figura 8: Degustazione insetti, museo di Bergamo "E.Caffi" (2009).



Figura 9: Mealworm (*Tenebrio molitor*) spaghetti (Menzel, *Man eating bugs* 1998).



Figura 10: Spiedini di grillo venduti in un mercato del nord-est asiatico.

Gli aspetti nutrizionali ci permettono di considerare seriamente gli insetti come valide alternative per la dieta umana. In Africa rappresentano una fonte proteica fondamentale per molte persone e, considerando il loro potenziale, in occidente potrebbero proporsi sia come componenti aggiuntivi della dieta, sia come sostitutivi di altri prodotti di origine animale la cui produzione, come abbiamo visto, non è sostenibile, e la cui biomassa potrebbe non essere sufficiente per le richieste conseguenti allo sviluppo demografico dell'umanità. La limitazione alla scelta di una dieta vegetariana è spesso la mancanza in essa di proteine, queste possono essere fornite proprio dagli insetti che se non possono essere considerati veramente un alimento vegetariano, potrebbero incontrare il favore di chi rifiuta la carne in quanto alimento poco ecologico.

Prendiamo in considerazione alcune caratteristiche nutrizionali di questa tipologia di alimento premettendo che risulta impossibile parlare in generale di un gruppo così esteso di animali. Le differenze esistono tra i vari ordini ma anche tra le varie specie e quindi ci limiteremo a fare una panoramica magari approfondendo le caratteristiche di alcuni.

Innanzitutto ci concentriamo su alcuni insetti di facile reperibilità in Italia in quanto sfruttati per la pesca o l'alimentazione di pet, vedi tabella 2.

DIGERIBILITÀ Un importante punto di partenza per poter considerare l'uso di insetti nell'alimentazione umana è la loro digeribilità. Questo problema interessa le forme adulte in quanto incluse in uno spesso esoscheletro di chitina. Altri membri del Phylum Artropoda, come i crostacei, hanno la stessa caratteristica che viene affrontata in campo culinario con la rimozione meccanica prima del consumo. Tuttavia da tempo ci si chiede se l'uomo sia o meno in grado di digerire questo materiale: un bpolimero simile alla cellulosa.

Il gene che codifica per un enzima con attività chitinolitica è conservato in popolazioni sub-sahariane, mentre è soggetto a polimorfismi inattivi nelle popolazioni caucasiche. Tuttavia sembra poter essere prodotto dai macrofagi come sostanza immunitaria contro parassiti, e dall'epitelio bronchiale dove sarebbe la causa di talune forme di asma allergica. Uno studio svolto su 25 pazienti del policlinico di Padova ha mostrato, tuttavia, che l'enzima è presente, con attività estremamente variabili, su 20 di questi 25 soggetti e che la sua presenza non è correlata a stati di gastrite, infezioni da *Helicobacter pylori* o situazioni di reflusso. Questo interessante reperto tuttavia non è

sufficiente per dimostrare l'esistenza di un'attività digestiva valida da parte dell'uomo in quanto mancano informazioni sui livelli enzimatici necessari (Paoletti *et al.*, 2007)[44].

5.1 ENERGIA

Molti insetti rappresentano un cibo con notevoli apporti calorici. I grassi ne apportano il quantitativo maggiore e sono ben rappresentati in questi animali specialmente nelle forme larvali. Le proteine stesse non potrebbero essere efficientemente assimilate se non ci fosse energia sufficiente.

Praticamente tutte le specie di insetti hanno valori superiori a quelli dei cibi più comuni, solo la carne di maiale ne possiede un quantitativo maggiore a causa dell'alto tenore lipidico come illustrato in tabella 3.

5.2 PROTEINE

Le proteine sono composti organici formati da aminoacidi. Se escludiamo l'acqua, metà del peso di una persona è dato da proteine che hanno le più svariate funzioni: strutturali, enzimatiche, energetiche. Le proteine delle piante devono essere combinate con quelle provenienti da altre fonti per raggiungere una proporzione corretta di aminoacidi tale da soddisfare le esigenze dell'organismo animale.

La FAO stima un fabbisogno proteico minimo giornaliero di 35 g per un uomo di 70 kg (Tchibozo, 2005)[55].

La necessità di introdurre nel mercato alimentare sempre nuove fonti proteiche si è resa evidente con Tropina, Pruteen e micoproteina. Queste erano sintetizzate rispettivamente da lieviti, batteri e funghi e dovevano proporsi come additivi atti a rispondere ad una crescente domanda di fonti proteiche. I numerosi studi effettuati su queste avevano dato esiti positivi ma stentavano a convincere il consumatore della propria salubrità. La produzione fu fermata in seguito all'aumento dei costi delle materie prime (Verkerk *et al.*, 2007)[60].

Risulta tuttavia poco comprensibile questo tentativo industriale di sintesi proteica quando le fonti presenti sul nostro pianeta sono ancora notevoli e lontane dall'esaurimento, soprattutto se sfruttate con intelligenza sin dall'inizio. Osservando le percentuali proteiche presenti nel mondo degli insetti e confrontandole con alimenti nobili universalmente riconosciuti come apportatori di proteina, ci si accorge che questo è sicuramente un argomento da approfondire.

Pochi studi sono stati fatti sulla digeribilità dei composti polipeptidici derivanti dalla fonte di nostro interesse. Si riporta per il bruco del Mopane (*Gonimbrasia Belina*, molto apprezzato e diffuso in Africa meridionale) una digeribilità proteica del 85,8%, un assimilabilità del 78,8% ed un utilizzo netto del 67,8%; inferiore a quello delle uova (93,5%) e simile a quello della soia (61%).

	Z. MORIO	G.MELLONELLA	T.MOLITOR	A.DOMESTICUS
Umidità	57.8	60		34.7
Proteina	44	40	57	69
Lipidi	45	54	30	21
Ceneri	2.6	3.4	5.9	8
Fibra	4.7	3.4	5.9	8

Tabella 2: Composizione centesimale di alcune specie di facile reperimento in Italia. Umidità sul tal quale. Proteine, lipidi, ceneri, fibra in % sulla sostanza secca (Giaccone, 2005)[15].

ORDINE	KCAL/100G	DIFFERENZA
Odonata	431-520	89
Ephemeroptera	354-355	1
Orthoptera	336-438	102
Isoptera	347-508	162
Hemiptera	329-629	300
Homoptera	394-469	75
Lepidoptera	293-777	484
Coleoptera	283-653	370
Diptera	217-499	282
Hymenoptera	380-561	181
PRODOTTI CONVENZIONALI		
Cereali	330-370	40
Vegetali	308-352	44
Legumi	388-421	33
Carne	165-705	540

Tabella 3: Quantitativi energetici di diversi ordini di insetti in Messico (Ramos-Elorduy, 2005)[48].

La digeribilità della proteina, in vitro, per molte specie, è stata stimata tra il 77,9% e il 98,9% (Bukkens, 2005)[5].

I vari studi esposti in tabella 4 vanno in ogni caso interpretati con prudenza visto l'enorme numero di specie che ciascun ordine annovera e la diffusione diversa all'interno dei paesi presi in considerazione.

La tabella mostra tenori particolarmente elevati anche se estremamente variabili. Questo è dovuto ad analisi eseguite su specie differenti tra loro, in stadi diversi del loro ciclo biologico. I numerosi fattori che intervengono nella modificazione di detti parametri verranno presi in considerazione successivamente.

Parlando di proteine non si può certo trascurare la composizione aminoacidica delle stesse. L'uomo ha bisogno degli otto¹ aminoacidi essenziali (Fenilalanina, Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina, Treonina, Triptofano, Valina), che non è in grado di sintetizzare autonomamente, per far fronte alla sue necessità anaboliche.

Per valutare la qualità della proteina contenuta in un alimento si possono sfruttare vari parametri: l'utilizzo proteico netto che essa consente (di cui si è già discusso), il valore biologico e il punteggio aminoacidico.

Il valore nutrizionale o biologico delle proteine alimentari è determinato da quegli aminoacidi essenziali eventualmente presenti a livelli inferiori a quelli richiesti che vengono denominati aminoacidi limitanti. Durante la sintesi proteica il reale utilizzo ponderale degli aminoacidi è funzione del rapporto con cui si trovano nei confronti dell'aminoacido essenziale presente in minore quantità, anche detto limitante. L'utilizzo degli aminoacidi diversi da quello limitante sarà perciò inferiore a quello teorico.

Il punteggio aminoacidico (*amino acid score*) è stato adottato da FAO/-WHO come il metodo migliore per valutare il valore di una proteina nell'alimentazione umana. Il metodo, basato sul rapporto tra la concentrazione del primo aminoacido limitante nella proteina in esame con un pattern di referenza, è utilizzato in tabella 5. Quest'ultimo è calcolato sugli aminoacidi essenziali richiesti dai soggetti in età pre-scolare (Schaafsma, 2000)[52].

L'aminoacido limitante varia molto secondo la specie. Nell'uomo, considerando la situazione alimentare mondiale, in genere la Lisina rappresenta il primo aminoacido limitante a causa della sua scarsa presenza nei cereali più diffusi. In Messico dove il mais è diffuso il primato passa al Triptofano; questo dimostra come la situazione possa variare in base alla dieta e alla disponibilità di cibo. L'importanza quantomeno di un'integrazione dietetica a base di insetti in molti paesi è dovuta al fatto che questi possono fornire importanti contributi aminoacidici in grado di sostenerne o almeno complementarne il fabbisogno (Bukkens, 2005)[5].

Se è corretto quindi affermare che gli insetti costituiscono un'ottima

¹ In realtà non tutti gli autori concordano sul numero, per alcuni anche Istidina e Arginina possono essere considerati tali.

AUTORI	ORT.	COL.	LEP.	DIP.	IME.
Elorduy	75	42-47	30-71	54-61	58
Verkerk	61-77	21-54	15-60		1-81
Omotoso			55		
Pereira			51		
Malaisse	40		51-70		
Cerda		19-38			
Bukkens	13.7-64.2	25.8	13.2-69	48.6-67	8.9-48.1

Tabella 4: Contenuto di proteina g/100 g di sostanza secca secondo alcuni autori. Per facilitare operazioni di confronto ricordiamo che l'uovo ha un tenore proteico del 50% circa (Ramos-Elorduy, 1998)[11].

ORDINE	AA LIMITANTE	PUNTEGGIO AA
Lepidoptera	Ile-Leu-Trp-Lys	0->100
Coleoptera	Trp	46-74
Orthoptera	Trp-Lys	55-90
Hymenoptera	Trp	55-73
Isoptera	Thr-Lys-Trp	61-81
Hemiptera	Lys-Trp	9-74
Diptera	Trp-Leu	0->100

Tabella 5: Aminoacido limitante e punteggio aminoacidico dei principali ordini di insetti (Bukkens, 2005)[5].

fonte proteica alternativa é necessario, tuttavia, considerare la loro composizione in relazione ai particolari fabbisogni di popolazioni con diete poco varie, per ottimizzare il contributo che questi possono dare nel ridurre carenze importanti.

5.3 LIPIDI

I lipidi rappresentano una fonte di energia molto concentrata e svolgono inoltre un ruolo importante nel mantenimento del calore corporeo, nella formazione di ormoni, e nel trasporto di vitamine (A, D, E, K). Tra i grassi alimentari, tuttavia, é necessaria un'importante distinzione: esistono grassi saturi, che aumentano il rischi di patologie coronarie, e grassi insaturi che hanno catene di varia lunghezza, un numero di doppi legami variabile e proprietà dipendenti dalle loro caratteristiche chimiche. Gli insetti rappresentano un alimento piuttosto ricco di grassi, con percentuali variabili in relazione alla specie (vedi tabelle 6 e 7), che sembrano influenzate molto dal tipo di alimentazione.

Tutti gli alimenti a base di insetti analizzati sono fonti significative di a.linoleico (C₁₈:2,n-3) e a.linolenico (C₁₈:3,n-3). Non sembrano invece essere fonti importanti di a.arachidonico (C₂₀:4,n-6) e a.docosaenoico (C₂₂:6,n-3).

L'importanza degli acidi grassi polinsaturi é da sottolineare soprattutto per la soddisfazione dei fabbisogni cerebrali. Alcune popolazioni, per esempio in Papua Nuova Guinea, cercavano di ricavare queste componenti della loro dieta con abitudini insalubri e macabre, come quella di mangiare il cervello di umani e primati, che sono imputate della comparsa di encefalopatie spongiformi trasmissibili come il *Kuru* (Morbo di Creutzfeldt-Jacob). In questa situazione una fonte lipidica alternativa di acidi insaturi, come quella rappresentata dagli insetti, si può presentare come alternativa in grado di sostituire alimenti pericolosi (Paoletti e Dreon, 2005).

Per quanto riguarda il colesterolo gli insetti presentano una caratteristica importante: non sono in grado di sintetizzare steroli. Questo fa sì che l'approvvigionamento di questa sostanza, necessaria per stabilizzare le membrane cellulari e per la formazione di alcuni ormoni, debba avvenire attraverso la dieta e possa essere dettato totalmente dalla sua composizione (Ritter, 1990)[49].

5.4 FIBRA

L'esoscheletro degli insetti é parzialmente composto di chitina, un polisaccaride strutturale contenente azoto, biochimicamente simile alla cellulosa. I dati relativi al contenuto in fibra degli insetti sono scarsi ma mostrano come questo sia maggiore di quello degli altri alimenti di origine animale, che possono esserne considerati privi, e simile al grano (vedi tabella 8).

ORDINE	ACIDI GRASSI	SFA	MUFA	PUFA
Lepidoptera	8-38	32-46	6-67	0-44
Coleoptera	3-55	36-44	48	6.5
Orthoptera	3-22			
Hymenoptera	1-34			
Isoptera	2-61	37-46	14-51	10-38
Diptera	4-10			
ALTRO				
Manzo	21			
Uova	10			
Salmone al forno	25			

Tabella 6: Alimenti a base di insetti: grassi totali % sul tal quale; SFA=saturated fatty acid, MUFA=mono unsaturated fatty acid e PUFA=poly unsaturated fatty acid in % sui lipidi totali (Bukkens, 2005)[5].

ORDINE	% LIPIDICA	SFA	MUFA	PUFA
Zohopobas Morio	45	39.5	39.7	16.5
Galleria mellonella	54	30.2	48.6	19.6
Tenebrio molitor	30	28.8	39.7	28.8
Acheta domesticus	21	33.8	25.8	35.2

Tabella 7: Tipologia di acidi grassi in % sui lipidi totali (Giaccone, 2005)[15].

FIBRA	TERMITI	CAVALLETTE	GRILLI	GRANO
	4,9	6,4	12,1	9,6

Tabella 8: Contenuto in fibra: g/100 g di sostanza secca (Bukkens, 2005).

5.5 MICROELEMENTI

Non esistono molti dati circa il contenuto di minerali e vitamine degli insetti. Il Fe é presente in ottime quantità tuttavia é da valutare quanto sia quello realmente accessibile. Il contenuto di Ca é maggiore rispetto le carni convenzionali ma minore rispetto al latte intero. L'importanza del contenuto di minerali si fa particolarmente sentire in aree dove la dieta risulta carente; in Africa le donne incinte, per soddisfare i loro fabbisogni, non consumano solo insetti ma anche i loro nidi in quantità che arrivano ai 140 g/giorno. Tale pratica, definita Geofagia, é rivolta a termitai e vespai.

Il contenuto di Fe, particolarmente alto nella maggior parte degli insetti, é fondamentale in Africa dove il 50% dei bambini soffre di anemia (Van Huis, 2005)[26].

Gli insetti edibili possono essere considerati generalmente poveri in Sodio e talvolta Calcio ma ricchi in Zinco, Ferro, Potassio e Magnesio (Ramos-Elorduy, 2005).[48] Per informazioni più dettagliate consultare tabella 9.

Le vitamine del gruppo B sono ben rappresentate al punto che gli indiani vegetariani ottengono la dose di vit. B₁₂ a loro necessaria attraverso l'ingestione involontaria di batteri e insetti (Costa Neto 2003)[8].

In Benin le larve di api, molto ricche in vitamina D, sono un mezzo per combattere il rachitismo, patologia che compromette la crescita di molti bambini (Tchibozo *et al.*, 2005)[55].

Alcune larve come *Rhynchophorus palmarum* si dimostrano ricche in vit. A ed E al punto da soddisfare, per quest'ultima, i livelli giornalieri raccomandati: 100 g per un adulto e 20 g per un bambino di un anno (Cerdea *et al.*, 2005)[6].

5.6 VARIABILI CHE INFLUENZANO IL VALORE NUTRITIVO

Gli aspetti nutrizionali degli alimenti a base di insetti devono essere valutati con prudenza vista l'elevata variabilità dei dati riportati. Ci sono molte condizioni che influenzano la composizione centesimale del prodotto.

La dieta che viene fornita é molto importante e potenzialmente modulabile in fase di allevamento. Studi condotti su *Rhynchophorus palmarum* in Venezuela, illustrati in tabella 10, mostrano come il contenuto proteico possa variare tra il 19% e il 38% a seconda del tipo di palma su cui crescono in relazione proprio alle caratteristiche del vegetale (3,4% contro 6,2%). Lo stesso vale per altri valori come micro e macro elementi (Cerdea *et al.*, 2005)[6].

Lo stadio di sviluppo, vista l'esistenza di mute e metamorfosi, é molto importante in questi termini come la tabella 11 evidenzia.

L'esempio del baco esalta queste variazioni e ci obbliga a sottolineare un altro fattore importante. La produzione primaria del baco, infatti,

é la seta e quindi l'unico stadio che risulta veramente a costo zero é quello di pupa che tuttavia mostra una composizione centesimale interessante (vedi tabella 12).

Non solo ma la tabella 13 mostra che, come per tutti gli alimenti, anche i processi tecnologici di cottura o altro cui sono sottoposti possono variare le proporzioni.

5.7 PROPRIETÀ NUTRACEUTICHE

Vari studi dimostrano come i cibi a base di insetti abbiano anche proprietà nutraceutiche².

La chitina e più in particolare il derivato della sua parziale deacetilazione, il chitosano, sembra avere la capacità di ridurre il colesterolo sierico, tuttavia mangiare insetti crudi non aiuta in questo perché i quantitativi di tale composto risultano insufficienti (Goodman, 1989)[17].

L'ipertensione é una delle condizioni croniche più frequenti nel mondo occidentale. L'enzima che gioca un ruolo chiave nella regolazione della pressione ematica é l'ACE (*Angiotensin Converting Enzyme*). Negli alimenti, sia vegetali che animali, sono presenti peptidi che possono inibire questo enzima riducendo l'ipertensione. Questo tipo di attività é stata ricercata anche in alcuni insetti: *Spodoptera littoralis* e *Bombyx Mori* (*Lepidoptera*), *Schistocerca Gregaria* (*Orthoptera*), *Bombus Terrestris* (*Hymenoptera*). Le misurazioni sono state fatte con due metodi differenti in seguito ad idrolisi delle proteine operata da vari enzimi. L'attività ACE inibitrice é stata dimostrata con efficacia maggiore dopo idrolisi operata da enzimi gastrointestinali. Tuttavia le differenze riscontrate nei risultati ottenuti con i due metodi impongono di standardizzare la metodica (Vercruysse, 2005)[59].

Se ad oggi gli insetti sono quindi considerati privi di interesse nell'alimentazione umana, un giorno, potrebbero invece acquisire importanza. Uno studio sull'evoluzione dell'alimentazione occidentale negli ultimi 100 anni ha valutato come l'indirizzo intrapreso sia quello di orientarsi verso cibi che consentano un invecchiamento in salute (HEALTHY AGEING) e come, in proiezione, la possibilità sia quella di una estensione di abitudini salutari territoriali (Heinrich, 2008)[24].

Viste quindi le potenzialità nutrizionali e le proprietà nutraceutiche degli insetti é lecito pensare ad una loro futura introduzione probabilmente quando la ragione prevarrà sull'illogico disgusto.

² Nutraceutica é un *portmanteau* da nutrizione e farmaceutica e si riferisce allo studio di alimenti che hanno una funzione benefica sulla salute umana. Il termine é stato coniato dal Dr. Stephen DeFelice nel 1989. Gli alimenti nutraceutici vengono più correttamente definiti alimenti funzionali. Un nutraceutico é un alimento-farmaco ovvero un alimento salutare che associa a componenti nutrizionali selezionati per caratteristiche quali l'alta digeribilità e l'ipoallergenicità, le proprietà curative di principi attivi naturali estratti da piante, di comprovata e riconosciuta efficacia.

ORDINE	CENERI	CA	P	FE
Lepidoptera	1-14	40-488	450-871	2-76
Coleoptera	1-2	18-208	96-488	8-14
Orthoptera	1-4	75-303	424-866	3-54
Hymenoptera	1-9	14-252	366-936	6-109
Isoptera 1-10	40-144	70-793	7-53	
Diptera	4-11	166-296	1.220	1.442
ALTRO				
Manzo		10	169	2,5
Uova		50	178	1,4
Salmone al forno		15	228	1

Tabella 9: Alimenti a base di insetti: ceneri % sul tal quale; minerali mg/100g di sostanza secca (Bukkens, 2005) [5](Ramos-Elorduy, 1998)[48].

	LARVA SU <i>moriche</i>	LARVA SU <i>seje</i>	<i>moriche</i>	<i>seje</i>
g/100g				
Proteina	38	19	6,2	3,7
Ceneri	3,1	1	5,5	1,6
Umidità	5,8	3,4	3,2	8,8
mg/100g				
Ca	100	30	280	100
P	480	200	100	30
Mg	310	70	180	50
Fe	3,4	6,4	29	21
Cu	2,6	3,1	4,6	2,5

Tabella 10: Variazioni nutrizionali legate al differente tipo di dieta in relazione ai valori della stessa. Seje e Moriche sono due tipologie di palma (Cerda, 2005)[6].

STADIO	PG	LIPIDI	CHO	FIBRA	CENERI
Uova	58	18	11	6	5,2
Larve I età	56	13	5,6	12	7,2
Larve I muta	51	13	6,6	3,9	9,8
Larve II età	59	8,5	4,3	5,4	10,4
Larve II muta	51	10	8,1	4	10
Larve III età	57	7	4,9	5	10
Larve III muta	53	11	8,2	4,2	10
Larve IV età	60	7,7	3,1	6	10
Larve IV muta	52	10	5,1	5	10
Larve V età	64	15	8,1	3,3	4,6

Tabella 11: Variazioni centesimali, durante le varie fasi del ciclo biologico, della composizione chimica di *Bombyx Mori* nell'allevamento primaverile (Ozaki, 1941)[42].

	UMIDITÀ	CENERI	PROTEINE	LIPIDI
B.Mori	2,71-5,58	3,47-3,93	49,1-53,5	33,3-35,7

Tabella 12: Composizione chimica della crisalide di *Bombyx Mori* tostata. (Pereira, 2003)[45].

	UM.	ERG.	PG	LIPIDI	CENERI	FIBRA
Crude	44	356	20	28	2,9	2,7
Seccate	1,7	656	36	54	4,8	
Affumicate	7,8	579	36	44	5,4	3,4
Fritte	15	542	32	43	5,1	5,2

Tabella 13: Composizione centesimale sul tal quale di termiti con differenti modalità di cottura (Bukkens, 2005)[5].

ENTOMOFAGIA E SANITÀ

Discutere dei rischi che un'alimentazione a base di insetti può dare non è sicuramente facile. I motivi della difficoltà di ottenere informazioni al riguardo sono molteplici.

Innanzitutto questo tipo di dieta appartiene a paesi in cui la ricerca medica e scientifica non è avanzata come in Europa e Stati Uniti, quindi non esistono molte pubblicazioni al riguardo e ci si deve basare sul *Weight of evidence* o su sporadici *case report*. Inoltre l'interesse sull'argomento è presente tra i biologi ma meno in chi si occupa di alimentazione umana o nel mondo veterinario. In letteratura si reperiscono informazioni perché, magari nell'ambito di studi con obiettivi diversi dai nostri, si pone attenzione agli insetti come vettori di patologie o si sono studiati rischi per la salute degli operatori in allevamenti con altre finalità (come la produzione di esche o di cibo per pets).

Sottolineiamo che negli U.S.A la *Food and Drug Administration*, nel 1995, ha creato un documento (*The Food Defect Action Levels*), successivamente rivisitato, che ha lo scopo di stabilire il livello massimo di presenza, nel cibo, di difetti naturali o inevitabili che non causi rischi per la salute. Per ogni alimento viene stabilito il momento della produzione in cui la contaminazione può avvenire e il tipo di problema che essa comporta. Nel caso degli insetti la proibizione ha significato estetico. Alcuni, inoltre, suggeriscono di utilizzare negli alimenti esclusivamente cellule di insetto, cresciute in bioreattori, in sostituzione dell'animale intero, con l'obiettivo di minimizzare i potenziali rischi sanitari che possono sorgere dall'allevamento. Tuttavia l'insetto così, come le sue cellule prese singolarmente, non consente la crescita di virus o l'espressione di oncogeni pericolosi per l'uomo (Verkerk *et al.*, 2007)[60].

6.1 ALLERGIE

Un capitolo interessante riguardo i rischi per la salute derivanti dall'entomofagia è rappresentato dalle allergie. Innanzitutto bisogna chiarire che la sensibilizzazione, necessaria per scatenare questo tipo di reazione, può avvenire anche con l'ingestione accidentale.

I tipi di allergia possibili sono:

1. Allergia per contatto: studiata negli operatori di allevamenti che producono insetti. Può dare dermatite o Eczema.
2. Allergia da puntura: molto conosciuta, riguarda il veleno iniettato da api, vespe e formiche che contiene allergeni in grado di

scatenare reazioni molto pericolose.

3. Allergia inalatoria: dovuta all'ingresso di particelle nell'apparato respiratorio; causa rinite, congestione, asma e può interessare gli operatori di allevamenti. Da ricordare che molte allergie, come quella "alla polvere", in realtà sono dovute ad acari o loro escrementi, e che questi sono parenti filogeneticamente vicini agli *Insecta*. Questo tipo di allergia è stato osservato per *Lepidoptera*, *Orthoptera*, *Coleoptera*, *Diptera*, *Ephemeroptera* e *Trichoptera* (Phillips e Burkholder, 1995)[47].

4. Allergia alimentare: fenomeno scatenato dall'ingestione volontaria o meno di insetti o alimenti che li contengono. Molto studiata in Cina.

Un esperimento del 1967 utilizzò estratti dializzati di sette tipologie di insetti per valutare l'eventuale risposta allergica in seguito ad uno *skin test* in persone con e senza altre allergie conosciute. Il 29,6% dei 230 pazienti allergici risultò positivo al test mentre dei 194 non allergici risultò positivo il 25,8%. Il risultato, oltre a mostrare poche differenze tra soggetti allergici e non, ci mette nelle condizioni di porci delle domande: come avviene la sensibilizzazione a questi allergeni? E' possibile che si manifesti una reazione positiva post-ingestione anche se il primo contatto è avvenuto per via inalatoria o cutanea? La domanda non trova una risposta certa, tuttavia è più probabile che ci sia stata un'ingestione accidentale di questi allergeni considerato il fatto che gli insetti testati sono frequenti contaminanti del cibo (Phillips e Burkholder, 1995)[47].

Un recente studio ha cercato di spiegare il significato della diffusa reazione di ipersensibilità di I tipo nei confronti delle lenticchie che compare in giovane età. In realtà si è visto che la reazione, spesso, non è diretta contro antigeni presenti nelle lenticchie stesse¹, ma contro antigeni di *Bruchus Lentis* (*Coleoptera*) presente nel 30% circa di questi legumi. I soggetti allergici sono stati sottoposti, con estratti dell'insetto, a test cutanei e bronchiali (alcuni anche a test orali) e la positività era spesso presente. Per soggetti sensibilizzati, quindi, esiste il rischio di asma o anafilassi dopo ingestione di lenticchie contaminate o dopo inalazione dei vapori liberati dalle stesse durante l'ebollizione.

Per concludere quindi anche se in taluni casi il trattamento termico ha inattivato gli allergeni è opportuno che soggetti con allergia alimentare a cibi associati ad Artropodi siano particolarmente prudenti nel consumo di insetti (Armentia *et al.*, 2006)[1].

¹ La lavorazione delle lenticchie dopo il raccolto prevedeva la selezione delle non infestate attraverso una prova di galleggiamento. Al giorno d'oggi invece il legume viene trattato con un gas che uccide il parassita ma non consente più il precedente tipo di selezione garantendo la presenza del *Brucus* nel prodotto finale.

La comprensione di quelli che possono essere i rischi allergici e anafilattici del consumo di insetti é supportata da un recentissimo articolo che passa in rassegna tutti i casi, presenti in letteratura, di shock anafilattico dovuto all'ingestione di alimenti (vedi figura 11) da parte di soggetti allergici dal 1980 al 2007 in Cina. Esso evidenzia come gli insetti possano avere un ruolo importante che li pone tra gli alimenti nei confronti dei quali é necessaria un'attenzione particolare insieme ad anacardi, ananas, granchi, latte, mele e tartarughe. Tra gli insetti le cavallette occupano certamente una posizione di rilievo come fonte di allergeni pericolosi come mostra la tabella 14. La letalità di questo tipo di shock dipende dalla tempestività dell'intervento con adrenalina e può quindi essere notevolmente limitata. Tra i 358 casi considerati, il numero di morti é stato di sei (due per ingestione di noccioline, due per quella di anacardi, uno per ananas e uno per assunzione di latte) e nessuno di questi ha avuto a disposizione il farmaco in tempi utili (Ji *et al*, 2009)[28].

6.2 RISCHI MICROBIOLOGICI

Studi specifici sui batteri componenti la normale flora microbica degli insetti scarseggiano. Le analisi esistenti riconoscono elevate cariche microbiche totali (10^5 - 10^6 ufc/g) e di batteri Gram negativi in particolare Coliformi totali e fecali, gli insetti in questione provenivano da un allevamento a ciclo chiuso. La flora gram positiva risulta prevalentemente composta da *Micrococcus* spp. e *Lactobacillus* spp. in quantitativi anche superiori 10^5 ufc/g, mentre *Staphylococcus* spp. non supera valori di 10^3 ufc/g. *Salmonella* spp. e *L. monocytogenes* non sono state identificate nei campioni testati anche se il ritrovamento di Salmonelle é descritto sulla superficie di mosche e nel contenuto intestinale di alcuni insetti africani (Giaccone, 2005)[15].

Altre informazioni si possono ottenere dall'uso degli insetti come modelli per valutare la virulenza di patogeni umani; un campo di ricerca in via di sviluppo. Questo grazie alle similarità morfologiche e funzionali tra il sistema immunitario aspecifico dell'uomo e quello degli insetti.

Questa considerazione é molto importante perchè dimostra come gli insetti possano albergare patogeni comuni e, se da una parte potrebbero essere fonte di infezione per l'uomo (con necessità di stabilire delle prevalenze per poter valutare l'effettivo rischio), dall'altra non potrebbero rappresentare portatori sani in grado di diffonderla.

Con questo tipo di indagine si é valutata la virulenza di ceppi mutanti di *A. fumigatus*; un fungo che si trasmette per via aerea in grado di dare polmoniti, malattie sistemiche e meningoencefaliti. *Galleria mellonella* é stata infatti inoculata con conidi del patogeno e sono stati valutati: lo sviluppo di questi, la capacità di suscitare una reazione immunitaria e la mortalità.

La camola del miele, quindi, risente dell'infezione ma la sua risposta dipende dallo stadio germinativo del patogeno al momento dell'ingresso nell'ospite. Anche la patogenicità di *C. neoformans* è stata così determinata (Renwick *et al*, 2006). Ai fini del nostro studio la possibilità di trasmissione insetto-uomo di infezioni aerogene può essere un rischio da tenere in considerazione soprattutto per eventuali operatori del settore.

Infine *Galleria mellonella* è stata utilizzata per valutare la patogenicità di *Burkholderia pseudomallei* e *Burkholderia mallei* due batteri agenti rispettivamente di Melioidosi e Morva; zoonosi che causano un'alta mortalità nell'uomo. La larva è risultata molto sensibile al patogeno. La possibilità di trasmissione dunque esiste per via inalatoria o attraverso la contaminazione di ferite, tuttavia, vista la notevole sensibilità, questo insetto non si presta a svolgere un ruolo epidemiologicamente rilevante (Schell *et al*, 2008)[53].

Un interessante studio ha cercato di indagare la capacità degli scarafaggi (*Alphitobius diaperinus*) di trasmettere *Campylobacter* spp. ai polli nell'allevamento intensivo e quindi più in generale di fungere da *reservoir* per un batterio che rappresenta la prima causa di zoonosi in UE (EFSA report 2007). I risultati hanno dimostrato come larve e adulti di questa specie si infettino a causa del contatto con feci di pollo e come quindi l'infezione del pollo debba precedere quella dell'insetto. A questo punto doveva essere valutata la capacità dello scarafaggio di albergare e quindi trasmettere *Campylobacter* tra un ciclo di allevamento e il successivo. La sopravvivenza massima del batterio nell'ospite (72 h) sottolinea l'importanza della pratica del vuoto sanitario (Templeton *et al*, 2006)[56] e dimostra come la persistenza dell'infezione in un allevamento di scarafaggi non sarebbe possibile.

La comprensione dei meccanismi di trasmissione della *Campylobacteriosi* è di notevole interesse soprattutto in Australia e Nuova Zelanda dove il pollo sembra provvedere al 40% delle infezioni umane. I meccanismi esatti sono ancora in fase di studio. Il ruolo degli insetti è stato preso in considerazione e se lo scarafaggio non sembra poter essere importante a tale fine la mosca è sicuramente un importante vettore meccanico, di scarso interesse tuttavia come alimento per le sue insane abitudini alimentari che la escludono dal menù della maggioranza delle popolazioni entomofagiche. Anche il ruolo di abitudini come quella di mangiare il pollo con le mani è stato preso in considerazione e sembra correlato all'alto tasso di infezione derivante da questo alimento suggerendoci una certa precauzione nel valutare le fonti di batteri causa di patologia (Nelson e Harris, 2006)[39].

Alphitobius diaperinus risulta al centro dell'attenzione in uno studio del 1996 che lo giudica in grado di trasmettere i microorganismi riscontrati al suo interno con cariche variabili e illustrati in tabella 15. Le implicazioni maggiori sono a carico di realtà produttive che possono essere a contatto con un notevole numero di esemplari di

questo insetto (Goodwin e Waltman, 1996)[18].

Batteri appartenenti al genere *Bacillus* sono comuni rappresentanti della flora batterica intestinale di insetti e mammiferi. In particolare *Bacillus cereus* é in grado di causare nell'uomo sintomatologia gastroenterica con due possibili sindromi, una enterica ed una emetica. La sua capacità di sporulare lo rende resistente al calore e ad altri stress fisici garantendone la sopravvivenza in molti alimenti contaminati. Non é un batterio molto competitivo, tuttavia i meccanismi comunemente usati nell'industria alimentare per abbassare la carica microbica dei prodotti possono favorirlo in quanto non lo colpiscono e riducono il numero di competitori. La carica infettante é di 10 alla quinta dieci alla ottava con un periodo di incubazione che non supera le 24 h. La sua incidenza é probabilmente sottostimata perchè fortunatamente la sintomatologia non é grave e si esaurisce in poco tempo (Stenfors Arnesen *et al*, 2008)[54].

Importante resta comunque l'approfondimento dello studio degli insetti in relazione alla loro capacità di ospitare batteri protozoi potenzialmente patogeni per l'uomo. Si é visto infatti che la flora intestinale degli insetti, molto variegata ed eccedente in numero le cellule che compongono l'insetto stesso, risulta in grado di selezionare i patogeni che possono permanere nell'ospite da quelli che non possono farlo. Popolazioni di cavallette (*Schistocerca Gregaria*) *germ free*, per esempio, erano soggette ad infezioni cui normalmente resistono a causa dell'assenza del meccanismo di difesa dell'esclusione competitiva. Soggetti dell'analisi erano soprattutto insetti vettori nei quali sono state riscontrate popolazioni in prevalenza di gram negativi (*Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Enterobacter* spp. e altri. Non si sa ancora quale possano essere provenienza e dinamica di persistenza di questi batteri, tuttavia é sicuramente da sottolineare l'importanza della loro modulazione (Azambuja, 2005)[2].

6.3 RISCHI PARASSITARI

Poichè non esistono studi completi sul rischio di infestazione parassitaria attraverso l'ingestione di insetti, possiamo riportare un *case report* che ci illustra un possibile ma poco rilevante rischio nell'ingestione di insetti crudi. Il parassita in questione é *Gongylonema pulchrum* un nematode che ha come ospiti intermedi gli insetti, in particolare scarafaggi e scarabei. Nell'uomo si localizza nel sottocute della cavità orale e causa una sindrome da *larva migrans* facilmente diagnosticabile come struttura filiforme di circa 25 mm che si muove di 2-3 centimetri al giorno. La terapia prevede il trattamento chirurgico seguito da somministrazione di Albendazolo. Il caso discusso coinvolgeva una signora di 38 anni, residente in Massachussets, reduce da un viaggio in Messico dove aveva ingerito un insetto crudo, in cui non era presente altra sintomatologia. Questo era l'undicesimo caso statunitense, mentre nel mondo il numero é di circa cinquanta

INSETTI	CASI	ALLERGIE PRECEDENTI
Cavallette	54	3 sì; 18 No; 33 Unk
Pupa di baco da seta	5	5 Unk
Pupa di cicala	1	sì
Pupa di ape	1	sì
Larva di ape	1	Unk
<i>Clanis bilineata</i> (Sphingidae)	1	No

Tabella 14: Shock anafilattici causati dal consumo di insetti, nella letteratura cinese, dal 1980 al 2007 (Ji *et al*, 2009)[28].

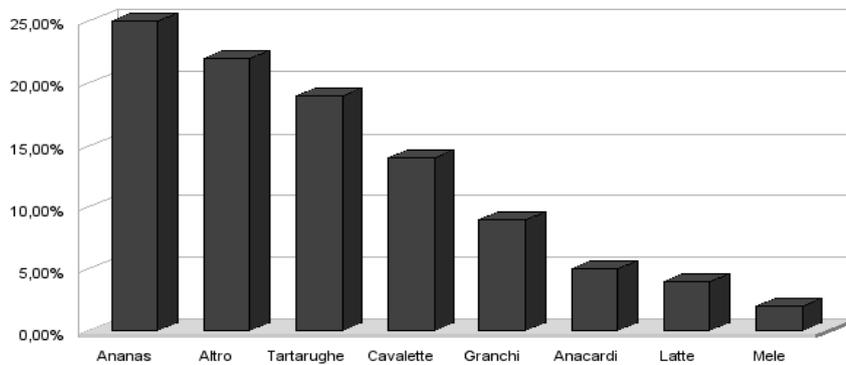


Figura 11: Distribuzione di shock anafilattici causati da allergie nella letteratura cinese dal 1980 al 2007 (Ji *et al*, 2009)[28].

BATTERI	1	2	3	4	5	6	7
Aerobi	1.2×10^6	2.6×10^6	3.3×10^6	4.5×10^7	3.6×10^6	3.6×10^6	1.4×10^7
Coliformi	4×10^4	1.2×10^3	9×10^3	5×10^4	2×10^4	20	6.2×10^4
Gram-	4.5×10^4	1.2×10^3	1.8×10^4	3.3×10^5	4×10^4	800	1.4×10^7
<i>St.Aureus</i>	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
<i>Streptococcus</i>	6×10^5	2.8×10^5	1.3×10^6	< 10^6	1.9×10^6	8.9×10^5	< 10^6
Miceti	< 10^4	400	20	< 10^4	160	20	40
Lieviti	400	600	<20	400	<20	<20	4.8×10^3
<i>E.coli</i>	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
<i>Clostridium</i>	<200	<200	>200	>200	<200	>200	>200
<i>Salmonella</i>	ass.						

Tabella 15: Presenza di batteri, funghi e lieviti in un omogenato di *Alphitobius diaperinus*, i numeri corrispondono a diversi pool di insetti testati (Goodwin e Waltman, 1996)[18].

(Wilson *et al*, 2001)[61].

Per quanto riguarda i protozoi *Eimeria* spp. è stata isolata da *Alphitobius diaperinus* in sei dei sette allevamenti di polli testati in una sperimentazione volta a studiare il ruolo dello scarafaggio come vettore (Goodwin e Waltman, 1996)[18]. Scarafaggi e mosche di varie specie possono essere vettori meccanici di molti protozoi causa di patologia nell'uomo tra cui: *Toxoplasma gondii*, *Entamoeba histolytica* e *Cryptosporidium* (Graczyk *et al*, 2005)[20]. Questo ruolo tuttavia è dovuto all'abitudine di questi insetti di nutrirsi su feci umane e di altri animali, quindi la contaminazione con tali protozoi potrebbe essere prevenuta da metodiche di allevamento idonee.

6.4 TOSSICITÀ

Come già Holst indicava nel 1885 bisogna stare attenti nel distinguere gli insetti che possono essere mangiati senza rischi. Molti hanno al loro interno sostanze potenzialmente nocive contro la predazione e avvertono i loro nemici con colorazioni particolari. Altri, invece, tentano di ingannarli mimando colorazioni di insetti nocivi per sfuggire al loro desiderio (Mimetismo Batesiano). L'autore dava una regola generale per poter evitare questi rischi: insetti che si nutrono su piante commestibili per l'uomo sono anch'essi edibili, mentre per quanto riguarda gli altri è necessario saperli riconoscere come per il mondo dei funghi.

L'accumulo di tossine derivanti dal substrato alimentare da parte di un insetto è una strategia di sopravvivenza alla predazione a basso costo. Alcune di queste, fortunatamente, possono perdere la loro pericolosità in seguito a particolari procedure di cottura o lavorazione ma resta necessario conoscerle (Berenbaum, 1993)[3]. Entrando più nel dettaglio dobbiamo suddividere gli insetti velenosi in due categorie:

1. Criptotossici: hanno sostanze potenzialmente velenose non destinate all'escrezione al loro interno. Dette sostanze possono essere localizzate in strutture precise o diffuse in tutto il corpo. Questa tipologia di insetti risulta pericolosa perchè può scatenare reazioni a livello gastrointestinale o essere causa dell'introduzione di composti tossici nell'organismo. Se la sostanza, come nel caso di quelle urticanti, è presente anche all'esterno rappresenta un valido avvertimento per gli avventori.
2. Fanerotossici: hanno organi per la sintesi, l'immagazzinamento e l'inoculazione del composto velenoso; è il caso di api, formiche ecc. In questo caso i veleni sono generalmente inattivati a livello gastroenterico e attivi solo per inoculazione. Potenziali rischi potrebbero esserci durante il transito attraverso cavità orale ed esofago. Alcune ammine biogene presenti nel veleno possono essere pericolose se determinano il raggiungimento di alte concentrazioni nel predatore.

Tra le sostanze riscontrate nel mondo degli insetti "appetibili" ricordiamo gli steroidi anabolizzanti (anche testosterone e diidrotosterone) dei coleotteri (famiglia Dytiscidae) che, se assunti con frequenza, possono causare disturbi allo sviluppo di soggetti in crescita, ipofertilità, mascolinizzazione in soggetti di sesso femminile, edema, ittero e carcinomi epatici. Anche altri steroidi pericolosi, come il cortisone, possono essere riscontrati. Alcune sostanze cianogenetiche sono composti presenti nella classe degli *Insecta*, negli ordini *Coleoptera* e *Lepidoptera*. Queste causano l'inibizione di alcuni enzimi vitali (es. succinato deidrogenasi e anidrasi carbonica) e il blocco di processi come la fosforilazione ossidativa a causa dell'alta affinità per il Fe della citocromo ossidasi. In virtù di ciò alcune pratiche locali si prestano ad essere analizzate (Blum, 1994)[4].

In Friuli Venezia Giulia il consumo di coleotteri del genere *Zygaena* e *Syntomis*, insetti dal colore particolarmente sgargiante, potrebbe essere pericoloso. L'accumulo di glicosidi cianogenetici nel loro corpo avviene per assunzione da piante o produzione propria. Tali composti possono essere detossificati, in quantità limitata, da un enzima (rodanasi) se in presenza di gruppi solfuro. Questo innalza il rischio dei consumatori che hanno carenze nutrizionali (Paoletti *et al.*, 2008)[64]. Altre sostanze pericolose sono il toluene²; un depressante del Snc, tossico per encefalo, reni e fegato e contenuto in Coleotteri del genere *Stenocentrus* e *Syllitus*. Alcaloidi citotossici sono presenti nel veleno di alcune formiche e possono resistere all'inattivazione gastrica. Il coleottero *Lytta vesicatoria* ha della cantaridina a livello di ovaie e uova, questa sostanza urticante irrita vescica e uretra, è causa di priapismo e se entra nel circolo può essere letale (Blum, 1994)[4]. In Ecuador sono descritti casi di sordità parziale in seguito a consumo di vespe probabilmente perchè queste, in determinati periodi dell'anno, visitano fiori tossici (Onore, 2005)[41].

Un approvvigionamento di tipo industriale tuttavia, come quello di nostro interesse, ha anche la funzione di selezionare le specie commestibili. Una particolare attenzione va posta a sostanze che possono avere un'azione di depauperamento nei confronti di elementi nutrizionali anche se questa considerazione perde importanza in popolazioni con una dieta ricca e varia che non si affida ad un unico alimento come fonte di vitamine o altro.

E' stato osservato che la larva di *Anaphe venata*, affine ai più conosciuti bachi da seta, è in grado di scatenare una sindrome atassica. Questa è dovuta alla carenza di tiamina che consegue alla presenza di tiaminasi. Tale sostanza risulta quantitativamente tre volte superiore a quella contenuta nel suo parente *Bombyx mori*. Lo studio ha dimostrato che alcuni nigeriani soffrivano di questo problema nelle stagioni dell'anno caratterizzate dalla presenza di *Anaphe* nella loro dieta associato anche a condizioni dietetiche predisponenti. Un'adeguata cottura

² Sostanza contenuta nella colla sniffata da alcune persone per non sentire i morsi della fame.

tuttavia minimizza o annulla la concentrazione di questa tiaminasi (Nishimune, 2000)[40].

Il ministero della salute cinese, recentemente, ha messo le pupe del baco da seta nella lista delle nuove fonti di cibo gestite come cibi comuni stimolando moderni studi sull'argomento. In realtà questo cibo era consumato già da tempo come sottoprodotto ad alto contenuto proteico della produzione di seta e ultimamente, dopo un periodo di declino, sta riguadagnando spazio. In virtù di questo sono stati condotti test tossicologici al fine di valutare la sicurezza della PsP (proteina). I risultati hanno dimostrato che essa, utilizzata in purezza nel topo, ha una dose massima tollerata superiore a 15 g/kg, non dimostra genotossicità, non causa significativi aumenti di anomalie spermatiche e non altera il quadro clinico del paziente monitorato con esami emocromocitometrici e biochimici del sangue e con studi anatomopatologici dopo un'assunzione di 30 giorni (Zhou e Han, 2006)[66].

In Australia è stata dimostrata la capacità di *Agrotis infusa* (Lepidoptera) di accumulare arsenico, un elemento nocivo che deriva dalla dieta e sembra originare in parte da fonti naturali, in questo caso *Agrotis* fungerebbe da bioaccumulatore, ma soprattutto dall'inquinamento antropico con pesticidi ed altri prodotti chimici.

La capacità di quest'insetto di diffondere l'Arsenico a distanza, a causa di migrazioni che raggiungono i mille km, è stata accertata (Green, 2001)[21].

Da tenere sotto controllo tuttavia la possibilità che gli insetti siano contaminati con pesticidi di uso comune che rendono la raccolta un'operazione sicuramente a rischio. In Thailandia infatti nel 1986 ci furono campagne di disinfestazione in cui gli insetti morti furono messi sul mercato causando problemi a più persone (DeFoliart, 2005)[10].

Per concludere possiamo citare un intervento fatto al congresso della WHO (*World Health Organization*) che, prendendo in considerazione la situazione alimentare dei paesi più poveri, sostiene l'uso di insetti, anche in piccole quantità, come importante fonte di proteine e nutrienti nelle diete complementari e in quelle di bambini denutriti, inclusi i soggetti HIV positivi che necessitano di un elevato apporto nutrizionale.

Lo sviluppo di modelli alimentari che includano gli insetti nella dieta umana non ha solo valore folkloristico. Gli insetti hanno il vantaggio di convertire biomasse non edibili o di scarso valore in un alimento nutrizionalmente molto valido.

Inoltre l'allevamento di insetti, in molti casi, non compete per spazio o altre risorse con le coltivazioni vegetali, piuttosto le complementa. In genere gli insetti che si cibano di piante sfruttano parti di esse non edibili, come ad esempio la foglia del gelso mangiata dal baco da seta (*Bombyx mori*). Laddove invece ingeriscano parti potenzialmente adatte al consumo da parte dell'uomo, come nel caso della larva della falena (*Agrius convolvuli*), generano comunque un alimento di maggior valore nutrizionale.

Il loro contributo non si ferma solo all'alimentazione umana in quanto, allevati in massa, possono anche servire da cibo per polli, bovini e pesci. Quest'ultimi inoltre possono essere alimentati anche con la massa fecale nella sua forma grezza o utilizzata per allevare plancton.

	PROTEINA	LIPIDI
Pupa <i>Bombyx Mori</i>	14.8	8.2
Feci <i>Bombyx Mori</i>	4.1	0.8
Foglia <i>Morus Alba</i>	6.0	1.0

Tabella 16: Contenuto di proteine e lipidi g/100g di alimento.

Biologicamente questi animali sono molto simili a gamberi, aragoste e granchi con cui condividono anche gusto e consistenza. La grande differenza è data dalla co-evoluzione tra insetti e piante che ha portato a degli scambi reciproci. Gli insetti sono fondamentali per l'impollinazione e quindi la sopravvivenza di molte specie vegetali. Alcune specie dell'ordine *Coleoptera* e le termiti, grazie alla loro flora microbica, sono in grado di sfruttare la cellulosa a fini energetici e di fissare l'azoto (Katayama *et al*, 2007)[29].

L'efficacia nella conversione alimentare è dimostrata da numerosi studi che conferiscono agli insetti un *Efficiency Conversion Index* pari o superiore a quello di animali normalmente allevati, probabilmente grazie al mancato dispendio di energia metabolica per il mantenimento della temperatura corporea (Yhoung-Aree e Viwatpanich, 2005). Il grillo, ad esempio, è considerato venti volte più efficace del manzo (Mignon, 2002). Altri insetti commestibili hanno indici che compe-

tono con il pollo e si accrescono a velocità cinque volte superiore rispetto al manzo (Costa-Neto, 2003). Dobbiamo inoltre considerare che l'efficienza dell'allevamento e la sua produttività sono figli di anni di progresso genetico mentre gli insetti che consideriamo sono nella loro forma naturale.

Inoltre la loro massa finale è completamente utilizzabile garantendo rese vicine al 100%, questo dato è ancora più rilevante se si pensa che il pesce, mediamente, ha uno scarto del 40% (Ramos-Elorduy, 1998)[11].

$$ECI = 100 \times \frac{\text{biomassa} - \text{ottenuta}}{\text{cibo} - \text{consumato}} \quad (7.1)$$

SPECIE	AUTORI E ANNO	ECI
Acheta domesticus	Nakagaki and De Foliart 1984	92
	Collavo	59
Pollo	Meyer and Nelson 1963	35
	Lovell 1979	48
Suino	Meyer and Nelson 1963	28
	Lovell 1979	31
Bovino	Meyer and Nelson 1963	16
	Lovell 1979	13

Tabella 17: ECI presenti in letteratura; confronto tra autori (Collavo *et al*, 2005)[7].

Dedicare aree all'allevamento degli insetti risulta meno dannoso rispetto ad altri animali come i bovini le cui necessità non possono coesistere con territori a vocazione forestale. Inoltre la raccolta di insetti dannosi per l'agricoltura può ridurre l'uso di pesticidi (Costa Neto, 2003)[8].

Un interessante studio ha cercato di identificare gli alimenti potenzialmente utilizzabili per una dieta ad impatto zero. L'obiettivo era quello di concepire una produzione in grado di soddisfare totalmente i fabbisogni alimentari dell'uomo per una eventuale missione di lunga durata su Marte. I risultati sono sicuramente applicabili ad uno sviluppo eco-sostenibile anche sulla Terra. I componenti della dieta sono stati scelti sulla base di considerazioni nutrizionali (fabbisogni energetici, lipidici, aminoacidici) e di considerazioni ecologiche (possibilità di sviluppare una sorta di ciclo chiuso per ridurre al minimo gli scarti e massimizzare lo sfruttamento di tutte le risorse prodotte primariamente e secondariamente). Tra gli alimenti scelti figurano come prodotti di origine animale insetti (Bachi da seta) e pesce che presentano degli ottimi valori nutrizionali e scarti ridotti o comunque

altamente utilizzabili (Katayama *et al*, 2008)[30].

I grilli della specie *Acheta domesticus* sono stati oggetto di una ricerca che ha cercato di identificare la loro dieta ideale valutando accrescimento e tasso di sopravvivenza. Le diete comparate erano: una dieta arborea, una dieta per bovini in lattazione con e senza lievito, ed una composta da scarti dell'alimentazione umana. Il risultato mostra che la dieta migliore è proprio quest'ultima ed evidenzia come possa essere presa in esame nell'allevamento degli insetti un'alimentazione non solo a costo zero, ma anche in grado di proporsi come via di riutilizzo di rifiuti organici.

Il valore nutritivo degli insetti, variabile quindi a seconda dell'alimentazione fornita, è valido anche se vengono alimentati con substrati di scarto, essi infatti, con una dieta bilanciata, possono convertire il 92-95% di questi in tessuto animale (Ramos-Elorduy, 2005)[48].

DeFoliart inoltre insiste sul fatto che gli insetti possono convertire prodotti di scarto in un alimento proteico di alta qualità. Si è dimostrato infatti che la pollina può essere elaborata dalle larve di *Musca Domestica* le quali, poi, vanno a rappresentare un cibo ad elevato contenuto proteico utilizzabile per esempio in zootecnia. Le loro feci inoltre hanno un'umidità minore, sono inodori e seccate possono essere utilizzate per la concimazione del suolo. Anche *Hermetia illucens* ha le stesse capacità nei confronti della pollina con riduzioni di massa che arrivano al 50%. Procedimenti simili sono applicabili anche in suinicoltura dove i problemi derivanti dai liquami sono enormi (DeFoliart, 2005)[10].

Per concludere possiamo sottolineare che, se gli aspetti nutrizionali sono condizione necessaria e sufficiente per poter cominciare a guardare agli insetti da un punto di vista nuovo, il loro ottimo impatto ambientale non può che aggiungersi ai tanti vantaggi che una loro adozione in campo alimentare comporterebbe.

LEGISLAZIONE

La legislazione europea non permette né vieta il consumo alimentare di insetti, esiste quindi una carenza legislativa sull'argomento specifico. Possiamo considerare tuttavia alcune parti del pacchetto igiene relative all'argomento.

All'articolo 2 del regolamento 178/2002¹ si trova la definizione di alimento che esclude categoricamente solo tabacco e sostanze stupefacenti.

Gli insetti dunque non rientrano tra le sostanze escluse purchè, rientrando nel novero degli animali, non siano vivi e se tali non preparati per il consumo. Si potrebbe discutere invece di quel "si prevede ragionevolmente possa essere ingerito da esseri umani"; se la ragione è quella dell'occidente impressionabile, infatti, gli insetti potrebbero ivi essere inclusi.

Un altro punto interessante è il reg 179/2002 che all'art. 7² impone il principio di precauzione. A questo punto, tuttavia, risulta difficile valutare se esso possa essere applicato agli insetti. È ragionevole

¹ Il regolamento 178/2002 definisce all'art. 2 come "alimento" (o "prodotto alimentare", o "derrata alimentare") qualsiasi sostanza o prodotto trasformato, parzialmente trasformato o non trasformato, destinato ad essere ingerito, o di cui si prevede ragionevolmente che possa essere ingerito, da esseri umani. Sono comprese le bevande, le gomme da masticare e qualsiasi sostanza, compresa l'acqua, intenzionalmente incorporata negli alimenti nel corso della loro produzione, preparazione o trattamento [...].

Non sono compresi:

- a) i mangimi
- b) gli animali vivi, a meno che siano preparati per l'immissione sul mercato ai fini del consumo umano
- c) i vegetali prima della raccolta
- d) i medicinali ai sensi delle direttive del Consiglio 65/65/CEE (1) e 92/73/CEE (2)
- e) i cosmetici ai sensi della direttiva 76/768/CEE del Consiglio (3)
- f) il tabacco e i prodotti del tabacco ai sensi della direttiva 89/622/CEE del Consiglio (4)
- g) le sostanze stupefacenti o psicotrope ai sensi della convenzione unica delle Nazioni Unite sugli stupefacenti del 1961 e della convenzione delle Nazioni Unite sulle sostanze psicotrope del 1971
- h) residui e contaminanti.

² 1. Qualora, in circostanze specifiche a seguito di una valutazione delle informazioni disponibili, venga individuata la possibilità di effetti dannosi per la salute ma permanga una situazione d'incertezza sul piano scientifico, possono essere adottate le misure provvisorie di gestione del rischio necessarie per garantire il livello elevato di tutela della salute che la Comunità persegue, in attesa di ulteriori informazioni scientifiche per una valutazione più esauriente del rischio.

2. Le misure adottate sulla base del paragrafo 1 sono proporzionate e prevedono le sole restrizioni al commercio che siano necessarie per raggiungere il livello elevato di tutela della salute perseguito nella Comunità, tenendo conto della realizzabilità tecnica ed economica e di altri aspetti, se pertinenti. Tali misure sono riesaminate entro un periodo di tempo ragionevole a seconda della natura del rischio per la vita o per la salute individuato e del tipo di informazioni scientifiche necessarie per risolvere la situazione di incertezza scientifica e per realizzare una valutazione del rischio più esauriente.

pensare che il consumo di tale alimento, fatto da sempre in varie parti del mondo, possa servire come dimostrazione della loro commestibilità. Inoltre potrebbero essere associati filogeneticamente e morfologicamente con altri membri del phylum *Artropoda* (aragoste, astici, granchi ecc.) già ampiamente diffusi sulle tavole di tutto il mondo.

Per approfondire, la sezione 4 (Requisiti generali della legislazione alimentare) del Reg.178/2002 all'art.14 (Requisiti di sicurezza degli alimenti)³ chiarisce cosa si intenda per alimenti a rischio sottolineando la necessità di prendere in considerazione le condizioni d'uso. Importante dunque non solo una valutazione dei rischi per il consumatore finale ma anche per gli operatori del settore di raccolta e trasformazione.

Qui entra in gioco quindi anche la conoscenza del prodotto in termini di deperibilità e utilizzo consapevole.

Inoltre si fa appello alla legislazione degli stati membri che, nel nostro caso, non tratta di insetti ad uso alimentare.

- 3 *1. Gli alimenti a rischio non possono essere immessi sul mercato. 2. Gli alimenti sono considerati a rischio nei casi seguenti:*
- a) se sono dannosi per la salute*
 - b) se sono inadatti al consumo umano.*
- 3. Per determinare se un alimento sia a rischio occorre prendere in considerazione quanto segue:*
- a) le condizioni d'uso normali dell'alimento da parte del consumatore in ciascuna fase della produzione, della trasformazione e della distribuzione.*
 - b) le informazioni messe a disposizione del consumatore, comprese le informazioni riportate sull'etichetta o altre informazioni generalmente accessibili al consumatore sul modo di evitare specifici effetti nocivi per la salute provocati da un alimento o categoria di alimenti.*
- 4. Per determinare se un alimento sia dannoso per la salute occorre prendere in considerazione quanto segue:*
- a) non soltanto i probabili effetti immediati e/o a breve termine, e/o a lungo termine dell'alimento sulla salute di una persona che lo consuma, ma anche su quella dei discendenti*
 - b) i probabili effetti tossici cumulativi di un alimento*
 - c) la particolare sensibilità, sotto il profilo della salute, di una specifica categoria di consumatori, nel caso in cui l'alimento sia destinato ad essa.*
- 5. Per determinare se un alimento sia inadatto al consumo umano, occorre prendere in considerazione se l'alimento sia inaccettabile per il consumo umano secondo l'uso previsto, in seguito a contaminazione dovuta a materiale estraneo o ad altri motivi, o in seguito a putrefazione, deterioramento o decomposizione.*
- 6. Se un alimento a rischio fa parte di una partita, lotto o consegna di alimenti della stessa classe o descrizione, si presume che tutti gli alimenti contenuti in quella partita, lotto o consegna siano a rischio a meno che, a seguito di una valutazione approfondita, risulti infondato ritenere che il resto della partita, lotto o consegna sia a rischio.*
- 7. Gli alimenti conformi a specifiche disposizioni comunitarie riguardanti la sicurezza alimentare sono considerati sicuri in relazione agli aspetti disciplinati dalle medesime.*
- 8. Il fatto che un alimento sia conforme alle specifiche disposizioni ad esso applicabili non impedisce alle autorità competenti di adottare provvedimenti appropriati per imporre restrizioni alla sua immissione sul mercato o per disporre il ritiro dal mercato qualora vi siano motivi di sospettare che, nonostante detta conformità, l'alimento è a rischio.*
- 9. In assenza di specifiche disposizioni comunitarie, un alimento è considerato sicuro se è conforme alle specifiche disposizioni della legislazione alimentare nazionale dello Stato membro sul cui territorio è immesso sul mercato, purchè tali disposizioni siano formulate e applicate nel rispetto del trattato, in particolare degli articoli 28 e 30 del medesimo.*

In ogni caso essi, qualora siano prodotti e venduti industrialmente, devono sottostare alle norme del regolamento 853/2004⁴.

L'allegato I⁵ del medesimo regolamento tuttavia fornisce un dettagliato elenco di ciò che può essere considerato carne e risulta evidente che gli insetti non sono contemplati, tuttavia assieme ad essi rimangono esclusi i prodotti della pesca, rane e lumache trattati in apposite

4 Ambito d'applicazione

1. Il presente regolamento stabilisce norme specifiche in materia di igiene per gli alimenti di origine animale, destinate agli operatori del settore alimentare. Dette norme integrano quelle previste dal regolamento (CE) n. 853/2004. Esse si applicano ai prodotti di origine animale trasformati e non.

2. Salvo espressa indicazione contraria, il presente regolamento non si applica agli alimenti che contengono prodotti di origine vegetale e prodotti trasformati di origine animale. Tuttavia, i prodotti trasformati di origine animale utilizzati per preparare detti prodotti sono ottenuti e manipolati conformemente ai requisiti fissati dal presente regolamento.

3. Il presente regolamento non si applica:

a) alla produzione primaria per uso domestico privato;

b) alla preparazione, alla manipolazione e alla conservazione domestica di alimenti destinati al consumo domestico privato;

c) alla fornitura diretta di piccoli quantitativi di prodotti primari dal produttore al consumatore finale o ai laboratori annessi agli esercizi di commercio al dettaglio o di somministrazione a livello locale che riforniscono direttamente il consumatore finale;

d) alla fornitura diretta di piccoli quantitativi di carni provenienti da pollame e lagomorfi macellati nell'azienda agricola dal produttore al consumatore finale o ai laboratori annessi agli esercizi di commercio al dettaglio o di somministrazione a livello locale che forniscono direttamente al consumatore finale siffatte carni come carni fresche;

e) ai cacciatori che forniscono piccoli quantitativi di selvaggina selvatica o di carne di selvaggina selvatica direttamente al consumatore finale o ai laboratori annessi agli esercizi di commercio al dettaglio o di somministrazione a livello locale che riforniscono il consumatore finale.

4. Gli Stati membri stabiliscono, nell'ambito della legislazione nazionale, norme che disciplinano le attività e che si applicano alle persone di cui al paragrafo 3, lettere c), d) e e). Tali norme nazionali garantiscono il conseguimento degli obiettivi del presente regolamento.

5. a) Salvo espressa indicazione contraria, il presente regolamento non si applica al commercio al dettaglio.

b) Il presente regolamento si applica tuttavia al commercio al dettaglio quando le operazioni sono effettuate allo scopo di fornire alimenti di origine animale ad altri stabilimenti [...].

c) Gli Stati membri possono adottare misure nazionali per l'applicazione dei requisiti fissati dal presente regolamento ai laboratori annessi agli esercizi di commercio al dettaglio situati nel loro territorio, ai quali esso non si applicherebbe ai sensi delle lettere a) o b).

6. Il presente regolamento si applica fermi restando:

a) le pertinenti norme di polizia sanitaria e di sanità pubblica e le norme più rigorose adottate per la prevenzione, la lotta e l'eradicazione di talune encefalopatie spongiformi trasmissibili;

b) i requisiti relativi al benessere degli animali;

c) i requisiti concernenti l'identificazione degli animali e la rintracciabilità dei prodotti di origine animale.

5 1. CARNI 1.1. "carne": tutte le parti commestibili degli animali di cui ai punti da 1.2 a 1.8, compreso il sangue;

1.2. "ungulati domestici": carni di animali domestici delle specie bovina (comprese le specie *Bubalus* e *Bison*), suina, ovina e caprina e di solipedi domestici;

1.3. "pollame": carni di volatili d'allevamento, compresi i volatili che non sono considerati domestici ma che vengono allevati come animali domestici, ad eccezione dei ratiti;

1.4. "lagomorfi": carni di conigli e lepri, nonché carni di roditori;

1.5. "selvaggina selvatica":

-ungulati e lagomorfi selvatici, nonché altri mammiferi terrestri oggetto di attività venatorie ai fini del consumo umano considerati selvaggina selvatica ai sensi della legislazione vigente

sezioni.

La SEZIONE XI (COSCE DI RANA E LUMACHE) é specifica e benchè interessante, perchè regola comunque la produzione di alimenti non convenzionali, non si applica agli insetti.

I prodotti della pesca, invece, sono definiti alla sezione VIII come: *tutti gli animali marini o di acqua dolce (ad eccezione dei molluschi bivalvi vivi, echinodermi vivi, tunicati vivi e gasteropodi marini vivi e di tutti i mammiferi, rettili e rane), selvatici o di allevamento, e tutte le forme, parti e prodotti commestibili di tali animali.*

Questo é molto interessante perchè insetti acquatici quali HEMIPTERA E COLEOPTERA che alcune popolazioni utilizzano e che vengono pescati sono tacitamente inclusi in tale definizione. Manca tuttavia la possibilità di includere nel medesimo settore la maggior parte degli insetti che risultano essere di terra.

negli Stati membri interessati, compresi i mammiferi che vivono in territori chiusi in condizioni simili a quelle della selvaggina allo stato libero;

-selvaggina di penna oggetto di attività venatoria ai fini del consumo umano.

1.6. "selvaggina d'allevamento": ratiti e mammiferi terrestri d'allevamento diversi da quelli di cui al punto 1.2;

1.7. "selvaggina selvatica piccola": selvaggina di penna e lagomorfi che vivono in libertà;

1.8. "selvaggina selvatica grossa": mammiferi terrestri selvatici che vivono in libertà i quali non appartengono alla categoria della selvaggina selvatica piccola.

Parte II

PARTE SPERIMENTALE

CENNI MICROBIOLOGICI

La Microbiologia degli alimenti può essere definita come quella disciplina che studia i microrganismi presenti sulla superficie o all'interno degli alimenti e i problemi che la loro proliferazione può comportare, sia come pericolo per la salute pubblica sia come causa di alterazione del prodotto alimentare.

Definito ciò possiamo suddividere questi microrganismi in tre categorie:

1. **PROBABILI PATOGENI:** microrganismi che in condizioni favorevoli possono concretamente dare origine ad episodi di malattia; tendono a non modificare l'alimento e sono rappresentati in larga parte da batteri, ma anche da virus, muffe e protozoi. Le malattie alimentari si dividono in tre tipologie:
 - infezioni: sono indipendenti dalla carica batterica e hanno caratteristiche variabili a seconda delle condizioni immunitarie del soggetto e della patogenicità dell'agente eziologico;
 - intossicazioni: si sviluppano se il batterio raggiunge densità sufficienti nell'alimento;
 - tossinfezioni: richiedono cariche elevate e produzione di tossine da parte del batterio.
2. **IMPROBABILI PATOGENI:** batteri che non sono mai stati riconosciuti come agenti di patologia ma che potrebbero divenirlo se si realizza una lunga serie di fattori predisponenti. Tra questi annoveriamo anche i microrganismi alteranti.
3. **TENDENZIALMENTE UTILI O NEUTRI:** microrganismi che con i loro processi metabolici intervengono sulla matrice alimentare modificandola favorevolmente. Sono batteri ma anche lieviti e muffe. Inoltre in questo gruppo possiamo annoverare anche batteri spesso Gram positivi che non sono patogeni, non alterano l'alimento e nemmeno lo modificano, come alcune specie di: *Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Corynebacterium*, *Bacillus*, ecc. (Giaccone, 2006)[16].

9.1 LAB

La denominazione batteri lattici o LAB (*Lactic Acid Bacteria*) definisce un gruppo piuttosto eterogeneo di microrganismi che comprende anche alcuni lieviti e muffe.

Le cariche raggiunte nei prodotti alimentari "inquinati" sono anche molto alte (10^6 - 10^7 ufc/g) e le modificazioni del substrato da essi

favorite numerose.

Questi batteri sono acidofili, alotolleranti e tendenzialmente anaerobi e vengono sfruttati per ottenere modificazioni fondamentali per il corretto svolgimento del processo tecnologico nella preparazione di alcuni alimenti come salumi, formaggi ecc. Si possono suddividere in *omofermentanti* ed *eterofermentanti*. I primi metabolizzano gli zuccheri in acido lattico; i secondi, invece, producono una serie più numerosa di composti chimici (acidi organici, etanolo, anidride carbonica, aldeidi, chetoni) spesso ad azione aromatica.

In questo gruppo sono comprese numerosi generi batterici: *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Pediococcus* ecc. oltre ad alcuni lieviti come *Saccharomyces* e ad alcune muffe (Giaccone, 2006)[16]. *Micrococcus* è un batterio lattico, saprofito, può essere considerato un patogeno opportunista solamente in soggetti fortemente debilitati (es. HIV+).

Il genere *Staphylococcus* è costituito da batteri anaerobi facoltativi immobili, le cellule tendono ad aggregarsi in ammassi che ricordano grappoli d'uva. Diffusissimi in natura, alcuni fanno parte della normale flora presente in intestino, cute e mucose di uomo e animali. Sono i più resistenti tra i batteri asporigeni. Il serbatoio è rappresentato dal contenuto intestinale.

Comprende più di 30 specie alcune interessanti sotto il profilo tecnologico (LAB) ed una patogena causa di intossicazione alimentare: *Staphylococcus aureus*. Quest'ultimo è un batterio tipicamente mesofilo, alotollerante (5-7% di sale) che duplica fino a valori di $a_w > 0,870$. Molto diffuso anche nel cavo rinofaringeo di uomo e mammiferi da cui può contaminare gli alimenti. La presenza del batterio in alcune forme di mastite rende il latte un alimento a rischio, tuttavia esso viene inattivato con processi che superino i 72° C per 15-20 sec. Per risultare pericoloso inoltre deve raggiungere cariche di almeno 10⁵ ufc/g. La tossina emetica prodotta è termostabile e quindi può sopravvivere ai trattamenti termici. L'incubazione è breve: da 1 ora a 1 giorno, la forma clinica è apiretica con crampi, nausea, sudorazione e vomito incoercibile.

Sono a rischio un po' tutti gli alimenti, ma specialmente quelli a base di latte crudo o mal pastorizzato, panna, formaggi freschi e tutti gli alimenti molto manipolati dall'uomo, come i prodotti di gastronomia (Giaccone, 2006)[16].

9.2 ENTEROBACTERIACEAE

Famiglia costituita da bacilli Gram negativi, anaerobi facoltativi, asporigeni, in genere mesofili e quasi sempre mobili. Sono batteri ubiquitari presenti nel suolo, nelle acque, sulle piante e nell'intestino dell'uomo e di numerosissimi animali (dagli insetti ai primati); per quest'ultima caratteristica sono anche detti batteri enterici.

9.2.1 Coliformi

I *coliformi* sono un gruppo di batteri appartenenti alla famiglia delle Enterobacteriaceae che presentano alcune caratteristiche comuni, sia morfologiche che biochimiche, utilizzate anche per la loro identificazione. Fermentano il lattosio con produzione di gas e acidi.

Essi vengono suddivisi in 2 gruppi:

-coliformi totali se fermentano lattosio per produrre CO₂ fino a 37⁰ C;

-coliformi fecali se agiscono anche fino a 44⁰ C. Tra questi alcune specie dei generi *Escherichia*, in particolare *Escherichia coli*, *Enterobacter*, *Citrobacter* e *Klebsiella*.

A causa della loro presenza nel materiale fecale sono considerati indicatori di inquinamento di acque e alimenti. Una carica >10³ ufc/g é da considerarsi conseguenza di scarsa igiene nella manipolazione del prodotto, ma non necessariamente indice di potenziale pericolosità dello stesso. In virtù di ciò, probabilmente, sarebbe meglio considerare come indice di inquinamento solo *E. coli*, un batterio tipicamente termotrofo che non sviluppa sotto 7⁰C e sopra i 45⁰C ed é inattivato in 15 secondi sopra i 70⁰C. Questa specie comprende un migliaio di sierotipi, in genere improbabili patogeni ad eccezione di ceppi enteropatogeni (EPEC), enterotossigeni (ETEC), enteroinvasivi (EIEC), verocitotossici (VTEC). Quest'ultimi sono i più importanti nell'igiene degli alimenti, e tra questi il più noto é sicuramente il ceppo O157:H7. L'enterotossina da essi prodotta é causa di colite emorragica (HC), di sindrome uremico-emolitica (HUS) e di porpora trombocitopenica trombotica. Frequentemente la malattia é causata da consumo di latte crudo o mal pastorizzato o di carni rosse macinate (hamburger) crude o poco cotte (Giaccone, 2006)[16].

9.2.2 Salmonella

Batterio mesofilo, in grado di moltiplicare anche in condizioni di acidità <4.5, non cresce a valori di aw <0.930. L'inattivazione richiede 70⁰C per 30" (pastorizzazione).

Batterio presente nel contenuto intestinale di tutti gli animali a sangue caldo e a sangue freddo. Il genere *Salmonella* conta 2 specie: *S. enterica* (suddivisa in 6 sottospecie: *enterica*, *arizonae*, *diarizonae*, *indica*, *salamae*, *houtenae*) e *S. bongori*.

Quasi tutte sono causa di enterocolite (salmonellosi minori) e solo *Salmonella typhi* e *paratyphi* sono causa del tifo petecchiale (salmonellosi maggiore), quasi mai trasmessa da alimenti.

La patogenicità dipende da:

-virulenza del ceppo, anche 100.000 volte superiore in taluni;

-fattori dell'ospite come lo *status* immunitario (l'ipocloridria gastrica, ad esempio, é un fattore predisponente);

-caratteristiche dell'alimento, cibi ricchi di grasso e stomaco vuoto

facilitano il transito verso l'intestino.

La carica infettante sperimentalmente determinata è di 10^4 ufc/g nonostante siano riportati casi con cariche minori. Il periodo di incubazione varia da meno di 24 h a più di 9 giorni.

Salmonella è spesso la prima causa di patologia alimentare, talvolta divide il primato con *Campylobacter*.

Le fonti più comuni sono le carni avicole di pollo e tacchino (manipolate impropriamente e contaminate con il contenuto intestinale), il terreno concimato e le acque superficiali, gli animali da reddito e da compagnia, vegetali e frutta, uova in guscio, superfici di lavoro (contaminazioni crociate) e il personale lavorante (come veicolo o soggetto portatore asintomatico) (Giaccone, 2006)[16].

9.3 BACILLUS SPP.

Bacilli Gram positivi con caratteristica formazione di spore ovali o rotonde, generalmente in posizione centrale o terminale, che possono deformare la struttura batterica.

Questi batteri hanno una diffusione ubiquitaria, alcune specie fanno parte della normale flora microbica e intestinale di uomo e animali.

9.3.1 *Bacillus cereus*

Bacillus cereus è un microrganismo anaerobio facoltativo, mesofilo (anche se esistono ceppi in grado di proliferare sotto i 4° C) ubiquitario nell'ambiente che produce spore relativamente resistenti a freddo, calore, disidratazione e altri stress fisici.

La sua scarsa competitività è compensata dalla particolare resistenza ai processi tecnologici che gli consente di proliferare in prodotti dove la flora antagonista è stata abbattuta. È caratteristico infatti in alimenti quali: latte e prodotti lattiero-caseari, carni e prodotti a base di carni e altri. Un'altra caratteristica importante per la sua presenza negli alimenti è la particolare adesività delle spore (Stenfors-Arnesen *et al*, 2008)[54].

È ritenuto essenzialmente un patogeno opportunista in quanto può causare infezioni locali o sistemiche se ha accesso a tessuti dell'ospite. Per via alimentare nell'uomo causa intossicazioni di media gravità che si esauriscono nell'arco di due giorni e sfugge per questo agli studi epidemiologici. L'intossicazione può essere di tipo diarroico o emetico, nell'Europa continentale tende a prevalere la prima mentre la seconda è più diffusa in paesi quali Giappone e Gran Bretagna.

La dose infettante varia da 10^5 - 10^6 per la forma emetica, con un periodo di incubazione di 0.30-6 h, a 10^6 - 10^7 per la forma diarroica che ha un periodo di incubazione di 8-16h e si manifesta con diarrea acquosa non ematica e crampi addominali, ma senza febbre (Giaccone, 2006)[16].

9.3.2 *Paenibacillus*

Paenibacillus larvae é il batterio sporigeno causa della peste americana delle api. Questa patologia colpisce le larve della specie *Apis mellifera* causando notevoli perdite nel comparto dell'apicoltura italiana. La diagnosi di positività dell'alveare viene fatta valutando la covata che nei casi infetti si presenta degenerata in una sostanza collosa color crema o marrone scuro che può essere estratta con un fiammifero cui si attacca formando un filo.

Il batterio non é patogeno per l'uomo, tuttavia la sua presenza massiva in questo campo produttivo porta all'uso di antibiotici i cui residui persistono poi nel prodotto finito. L'antibiotico non risolve il problema della contaminazione in quanto non colpisce le spore, tuttavia elimina la forma vegetativa dei batteri riducendo le perdite; gli alveari infetti dovrebbero infatti essere distrutti per incenerimento (Griselli e Carpana, 1997)[22].

Il ritrovamento di detto batterio in altre specie di insetti potrebbe svelare meccanismi di diffusione tra alveari nonché rappresentare un problema per il loro allevamento se patogeno per esse.

9.4 LISTERIA

Microrganismi di forma bastoncellare, Gram positivi, asporigeni ampiamente distribuiti nell'ambiente, tendenzialmente anaerobi, altotolleranti (5-7% di sale) e psicrotrofi. Il genere *Listeria* comprende 5 specie *L. monocytogenes*, *L. ivanovii*, *L. innocua*, *L. seeligeri*, *L. welshimeri* di cui solo la prima é sicuramente patogena per l'uomo.

Serbatoi di diffusione sono l'ambiente e il contenuto intestinale di uomo e animali. Gli alimenti considerati più a rischio sono: carni crude (pollo e tacchino), prodotti a base di carne (paté), maionese, tramezzini e analoghi, latte crudo e formaggi molli, vegetali di vario genere e prodotti della pesca (salmone). Sono, invece, di rado fonte di listeriosi gli alimenti cotti consumati subito, il latte pastorizzato, i formaggi stagionati, cioccolato, marmellate, dolci secchi, carote, mele e pomodori crudi.

Se gli alimenti causano il 95% dei casi di listeriosi, la gravità della forma clinica dipende dalle condizioni del soggetto e può passare da una lieve gastroenterite ad una forma sistemica episodi anche gravi di artrite, epatite, placentite e aborto, meningite e meningoencefalite. Nel secondo caso il batterio colonizza il fegato attendendo condizioni favorevoli per diffondersi e l'incubazione può arrivare anche a 3 mesi. La letalità, in genere, é bassa nei soggetti immunocompetenti ma può salire fino al 30-40% negli immunodepressi. Altro fattore da tenere in considerazione é la carica infettante che oscilla tra 10^2 e 10^8 ufc/g (Giaccone, 2006)[16].

9.5 ALTRI BATTERI RICERCATI

Il genere *Aeromonas* contiene bacilli anaerobi facoltativi, Gram negativi, dritti o incurvati, mobili, psicrotrofi, fermentanti il glucosio della famiglia delle Vibrionaceae. Sono presenti nel suolo e nelle acque con cariche che aumentano proporzionalmente alla sostanza organica presente. Gli animali possono esserne portatori nell'intestino.

Tra questi, di interesse in campo alimentare, riconosciamo *Aeromonas hydrophyla* responsabile di un ampio numero di infezioni umane anche di natura diversa; è stato infatti associato oltre che a forme gastroenteriche generalmente con esito benigno ad infezioni extraintestinali ben più gravi, a carico per lo più di soggetti debilitati, anziani e bambini.

Questo batterio produce numerose tossine il cui esatto ruolo negli alimenti non è ancora completamente chiaro. Da sottolineare la sua resistenza alle basse temperature che gli consente di replicare anche in fase di refrigerazione (Franzetti e Galli, 1998)[14].

Pseudomonas è un batterio alterante che può svilupparsi negli alimenti causando alterazioni di colore degli stessi.

Burkholderia cepacia è un batterio aerobio obbligato, Gram negativo, acapsulato resiste bene sia in ambienti secchi che umidi, riscontrato in suolo, acqua e piante. La sua caratteristica principale è quella di poter essere: patogeno per le piante, patogeno per l'uomo e agente di biocontrollo. Causa forme enteriche piuttosto lievi in soggetti immunocompetenti.

MATERIALI E METODI

10.1 MATERIALI

I campioni per l'esame microbiologico erano costituiti in parte da insetti vivi (19), in parte da insetti sott'olio (2) e in parte da insetti cotti e confezionati (8). L'identificazione della specie é avvenuta su indicazione dei fornitori per quanto riguarda i campioni vivi e sott'olio, mentre per i campioni confezionati, dove possibile, ci si é basati sull'osservazione e sulla conoscenza delle abitudini alimentari dei paesi di origine (vedi tabella 18).

Le quantità ottimali erano:

- 20 g per il profilo microbiologico;
- 25 g per la ricerca di *Salmonella* spp.;
- 25 g per la ricerca di *Listeria monocytogenes*;

I quantitativi realmente utilizzati per il microbiologico sono elencati in tabella 20. La ricerca di *Salmonella* e *Listeria*, invece, é stata fatta a partire dai quantitativi corretti per tutti i campioni vivi, mentre a partire dalla soluzione madre per quanto riguarda gli altri.

Gli insetti vivi erano di provenienza varia: negozi di caccia e pesca, allevamenti di insetti e, per quanto riguarda i bachi, istituti di ricerca; nella fattispecie CRA-ISZA-Sezione specializzata per la bachicoltura di Padova. I campioni confezionati erano invece provenienti da un negozio di caccia e pesca inglese, *Edible Unique*, con sede nel Devon (Inghilterra). I dettagli in tabella 19.

L'esame nutrizionale é stato fatto su pool di campioni della stessa specie, la numerazione quindi non é piú quella originaria (vedi tabella 21). I campioni per l'esame nutrizionale erano costituiti dalle rimanenze di insetti vivi, congelati a -40° , e da vari lotti di bachi in fasi diverse del loro ciclo biologico, congelati allo stesso modo e forniti dall'istituto sopra citato.

10.2 METODI PER ESAME MICROBIOLOGICO

10.2.1 *Metodica per la determinazione del profilo microbiologico quantitativo.*

- Manipolazione e pesatura dei campioni in condizione di sterilità.
- Diluizione 1:10 con soluzione fisiologica sterile precedentemente preparata.
- Omogeneizzazione in Stomacher Colworth 400 per 30 sec.
- Passaggio del prodotto così ottenuto (=soluzione madre) in barattolo sterile sotto cappa.
- Diluizioni seriali in boccette sterili per raggiungere concentrazioni microbiche tali da poter essere contate su piastra dopo la semina.
- Semina eseguita per spatolamento di 0,1 ml di prodotto dalle differenti boccette in idoneo terreno, precedentemente preparato su piastre Petri, a seconda dei batteri che si volevano ricercare come indicato in tabella 23.

Per quanto riguarda il terreno PCA la semina è avvenuta per inclusione di 1 ml di ciascuna diluizione in terreno liquido sulle medesime piastre, dopo il raffreddamento è stato aggiunto un secondo strato per poter differenziare l'inquinamento secondario dovuto dalla manipolazione da quello proprio del prodotto.

La preparazione del terreno è avvenuta secondo istruzioni della ditta produttrice. Il conteggio è stato effettuato solo su piastre con meno di 300 colonie dopo periodi e temperature di incubazione indicate in tabella 22

L'identificazione delle varie specie avviene in relazione al terreno su indicazione della ditta produttrice, vedi tabella 23.

10.2.2 *Colorazione di Gram*

La colorazione di *Gram* è una metodica di laboratorio atta a suddividere i batteri in due macrogruppi in relazione alla colorazione che assumono.

Essa mette in evidenza le proprietà fondamentali della membrana batterica.

- STESURA ESSICCAMENTO E FISSAZIONE: prelevare il materiale da una colonia batterica ben isolata, stemperarlo in una goccia di acqua precedentemente posta sul vetrino, quindi lasciarlo essiccare.
- PRIMO PASSAGGIO: colorare con cristalvioletto il vetrino lasciando agire il colorante per 1-2 minuti.

Lavare con acqua distillata.

- SECONDO PASSAGGIO: trattare con liquido di Lugol per 2 minuti.

Lavare con acqua distillata.

- TERZO PASSAGGIO: Decolorare con alcool-acetone (4:1) per 15-20 secondi.

Lavare con acqua distillata.

→ QUARTO PASSAGGIO: colorare con fucsina per 2 minuti.

Lavare con acqua distillata.

A questo punto lasciare asciugare e osservarlo poi al microscopio ottico con olio di immersione a 100x.

I batteri *Gram positivi* hanno una parete costituita da più strati sovrapposti di peptidoglicano che formano uno stretto intreccio di fibrille in grado di trattenere tra le maglie una piccola percentuale di sostanze di natura non mucopeptidica. In questo caso il primo colorante, cristalvioletto, permea la cellula attraverso i pori presenti sulla parete colorandola, quindi forma un composto insolubile in acqua ma solubile in alcool con lo iodio presente nel liquido di Lugol, e infine rimane bloccato all'interno a causa della coartazione dei pori indotta dal passaggio con alcool-acetone rendendo la cellula viola. Il colorante applicato successivamente non penetra nella stessa.

I batteri *Gram negativi* si comportano come i precedenti fino al secondo passaggio ma vengono decolorati dall'alcool-acetone. Infatti queste cellule hanno un solo strato di peptidoglicano, insufficiente a coartarsi per mantenere il colorante all'interno. A questo punto con il quarto passaggio, fucsina, si colorano di rosa differenziandosi dai precedenti. Il lavaggio con acqua tra un passaggio e l'altro ha l'obiettivo di lavare il colorante in eccesso presente sul vetrino per migliorare la fase successiva di osservazione al microscopio.

10.2.3 Prove biochimiche

I microrganismi si differenziano tra loro per la diversa capacità di demolire alcune sostanze producendone altre. Per un'identificazione più precisa della specie è possibile ricorrere al sistema *API* che consiste in una serie di cellette plastiche, contenenti vari substrati, su cui si inocula un preparato con le colonie batteriche di partenza. Il risultato viene valutato in base alle diverse capacità dei batteri di metabolizzare le diverse sostanze che vengono sottolineate da variazioni di colore.

Il numero e il contenuto della celletta, nonché la preparazione del materiale di inoculo, variano a seconda del batterio che si sta ricercando.

ORDINE	FAMIGLIA	SPECIE	NOME COMUNE
<i>Orthoptera</i>	Gryllidae	<i>Acheta assimilis</i>	Grillo nero
		<i>Acheta domesticus</i>	Grillo domestico
			Grillo gigante
	Acrididae		Cavalletta
<i>Diptera</i>	Muscidae	<i>Musca Domestica</i>	Bigattino
<i>Lepidoptera</i>	Bombycidae	<i>Bombyx Mori</i>	Baco da seta
	Pyralidae	<i>Galleria Mellonella</i>	Camola del miele
<i>Coleoptera</i>	Tenebrionidae	<i>Tenebrio Molitor</i>	Tarma della farina
		<i>Zophobas Morio</i>	Kaimano
	Scarabaeidae	<i>Onitis spp.</i>	scarabeo Buffalo
<i>Hymenoptera</i>			Formiche
<i>Hemiptera</i>	Belostomatidae	<i>Lethocerus grandis</i>	Cimice d'acqua gigante

Tabella 18: Classificazione delle specie di insetti usate nelle analisi di laboratorio.

SIGLA	INFO
Mv	Allevamento Microvita (BO)
CeP R	Caccia e Pesca Rosin. Via G.Rossa 39. Ponte San Nicolò (PD).
CeP M	Caccia e Pesca Marcellan. Via G.Reni 71. Padova
CeP G	Caccia e Pesca Il Gabbiano. Via Piovese 203. Padova
CeP V	Caccia e Pesca Vincastri. Via Bezzecca 8. Padova
CeP MP	Caccia e Pesca Mapi. Via Toaldo 1. Padova
ISZA	Sezione Specializzata per la Bachicoltura di Padova. Via dei Colli, 28. Padova
EU	Edible Unique Devon (UK). www.edibleunique.com

Tabella 19: Siti di provenienza degli insetti utilizzati per le analisi; per l'origine specifica di ciascun campione vedi tabella 20.

N LAB	SPECIE	TIPO	STADIO	PESO	PRO
1529	<i>Tenebrio molitor</i>	vivo	l	20 g	Mv
1530	<i>Acheta assimilis</i>	vivo	a	20 g	Mv
1531	<i>Galleria mellonella</i>	vivo	l	20 g	Mv
1532	<i>Zophobas morio</i>	vivo	l	20 g	Mv
1533	Larva memè	vivo	l	20 g	Mv
497	<i>Galleria mellonella</i>	vivo	l	20 g	CeP R
498	<i>Galleria mellonella</i>	vivo	l	20 g	CeP M
499	<i>Galleria mellonella</i>	vivo	l	20 g	CeP G
500	<i>Tenebrio molitor</i>	vivo	l	20 g	CeP G
501	<i>Tenebrio molitor</i>	vivo	l	20 g	CeP M
502	<i>Musca domestica</i>	vivo	l	20 g	CeP R
503	<i>Musca domestica</i>	vivo	l	20 g	CeP M
504	<i>Musca domestica</i>	vivo	l	20 g	CeP G
899	<i>Galleria Mellonella</i>	sott'olio	l	20 g	CeP M
900	Giant cricket	cotti	a	3,5 g	EU
901	Grasshopper	cotti	a	1,8 g	EU
902	Giant water bug	cotti	a	3,5 g	EU
917	<i>Galleria mellonella</i>	vivi	l	20 g	CeP V
918	<i>Zophobas morio</i>	sott'olio	l	20 g	CeP M
1056	<i>Bombyx mori</i>	vivo su dieta	l	20 g	ISZA
1057	<i>Bombyx mori</i>	vivo su foglia	l	20 g	ISZA
1058	<i>Bombyx mori</i>	cotto	p	2,5g	EU
1059	<i>Bombyx mori</i>	vivo su foglia	l	20 g	ISZA
1237	<i>Galleria mellonella</i>	vivo	l	20 g	CeP MP
1238	<i>Tenebrio molitor</i>	vivo	l	20 g	CeP MP
1239	<i>Musca domestica</i>	vivo	l	20 g	CeP MP
1240	Mole cricket	cotto	a	3 g	EU
1242	Weevil ants	cotto	a	1,6 g	EU
1243	Buffalo dung beetle	cotto	a	2 g	EU

Tabella 20: Campioni sottoposti ad analisi microbiologiche. Lo stadio dell'insetto al momento dell'analisi è identificato con a=adulto, l=larva, p=pupa. Il luogo di provenienza (=pro) è indicato con una sigla (vedi tabella 19).

N	STADIO	QUANTITÀ
1	Larve I età foglia	37 g
2	Larve II età foglia	45 g
3	Larve III età foglia	88 g
4	Larve IV età foglia	>100 g
5	Larve V età foglia	>100 g
6	Larve I età dieta	47 g
7	Larve II età dieta	32 g
8	Larve III età dieta	55 g
9	Larve IV età dieta	>100 g
10	Larve V età dieta	>100 g
11	<i>Tenebrio molitor</i> - larva	>100 g
12	<i>Zohopobas morio</i> - larva	>100 g
13	<i>Galleria mellonella</i> - larva	>100 g
14	<i>Musca domestica</i> - larva	>100 g
15	<i>Acheta assimilis</i> - adulto	>100 g

Tabella 21: Campioni sottoposti ad analisi nutrizionali, i primi dieci campioni si riferiscono a *Bombyx mori*.

TERRENO	T	TEMPO
McC	37 ⁰ -42 ⁰	24 h
BC	31 ⁰	24 h
BP	37 ⁰	48 h
PCA	31 ⁰	48 h
GSP	20 ⁰	72 h

Tabella 22: T⁰ e tempo di incubazione terreni.

BATTERI	TERRENO	COLONIE
Carica microbica totale	PCA	Bianche di 1 mm, incluse nel terreno.
Coliformi totali	McC	Rosse circondate da un alone di precipitato di sali biliari. Dimensioni variabili.
Coliformi fecali	McC	Rosse circondate da un alone di precipitato di sali biliari. Dimensioni variabili.
<i>Aeromonas</i> spp.	GSP	Gialle lucide. Dimensioni 3-5 mm.
<i>Pseudomonas</i> spp.	GSP	Rosa lucide. Dimensioni 3-5 mm.
<i>Staphylococcus</i> spp.	BP	Nere lucide.
<i>Micrococcus</i> spp.	BP	Marroni.
<i>Bacillus</i> spp.	BC	Blu 3-5 mm.

Tabella 23: Identificazione batteri su terreno.

10.2.4 Metodica per la ricerca di *Salmonella* spp.

Il metodo di analisi si basa su 3 passaggi:

1. Prelievo per ogni campione una quantità pari a 25 g. Diluizione (1:10) del campione in 225 ml di acqua peptonata. Omogeneizzazione del preparato in Stomacher Colworth 400. Pongo ad incubare i barattoli così ottenuti in termostato a 37°C per 24 ore.
2. Trascorse le 24 ore diluire ulteriormente trasferendo 0,1 ml del mio campione in 10 ml di RV e porre ad incubare in termostato a 42°C per 24 ore.
3. Se il campione é positivo si ottiene un viraggio del brodo originariamente azzurro al trasparente. In tal caso con l'utilizzo di una ansa sterile da 10 µl per ogni campione, seminare per striscio su XLT₄ e porre ad incubare a 37°C per 24 ore.
Al termine del periodo valutare la presenza di colonie tipiche di *Salmonella* (H₂S positive) nere.
Se la procedura da esito positivo si procede ad identificazione biochimica con gallerie API_{20E} BIOMÈRIEUX.

10.2.5 Metodica per la ricerca di *Listeria monocytogenes*

Il metodo di analisi si basa su 3 passaggi:

1. Prelievo per ogni campione una quantità pari a 25 g. Diluizione (1:10) del campione in 225 ml di UVM. Omogeneizzazione del preparato in Stomacher Colworth 400. Porre ad incubare i barattoli così ottenuti in termostato a 37°C per 24 ore.
2. Trascorse le 24 ore effettuare un'ulteriore diluizione trasferendo 0,1 ml del campione in 10 ml di Fraser e porre ad incubare in termostato a 37°C per 24 ore.
3. Se il campione é positivo si ottiene un viraggio del brodo originariamente giallo paglierino ad un colore marrone scuro (ebano, caffè). In tal caso con l'utilizzo di una ansa sterile da 10 µl per ogni campione, effettuare semina per striscio e porre ad incubare a 37°C per 24 ore.
Al termine del periodo valutare la presenza di colonie tipiche di *Listeria monocytogenes*: nere a pedina di dama. PALCAM Agar é un terreno altamente selettivo, ma talvolta é possibile osservare la comparsa di colonie di stafilococco o enterococco (che fermentano il mannitolo e formano colonie gialle con un alone giallo, quindi facilmente distinguibili da *Listeria*).
Se il risultato é positivo si procede a identificazione biochimica con gallerie API *Listeria* BIOMÈRIEUX.

10.2.6 Metodica per la ricerca di *Paenibacillus larvae*

Seminare il campione dalla soluzione madre in piastre di terreno MYPGP per spatolamento.

Sul terreno MYPGP: le colonie di *P. larvae* si presentano un diametro di 1-5 mm, sono biancastre, opache o traslucide, appiattite a contorni leggermente irregolari con superficie leggermente rugosa. (da "Tecniche di laboratorio per la diagnosi delle principali malattie parassitarie delle api")

Per la conferma effettuare eventualmente:

→ Colorazione di Gram (*P. larvae*: Gram positivi, lunghi 1,5 mm, sottili 0,5-0,6 mm, spesso disposti in lunghi filamenti).

→ Test della catalasi (*P. larvae*: catalasi negativi).

→ Identificazione biochimica con gallerie API 50CHB/E (la lettura potrebbe portare a risultati diversi, ci sono schede apposite che consentono un'identificazione più corretta del batterio).

10.2.7 Metodica per la ricerca di *Burkholderia cenocepacia*

Il metodo di analisi si basa su 3 passaggi:

1. Prelievo per ogni campione una quantità pari a 20 g. Diluizione (1:10) del campione in 180 ml di soluzione fisiologica. Omogeneizzazione del preparato in Stomaker. Porre ad incubare i barattoli così ottenuti in termostato a 37°C per 24 ore.

Lavorando sempre sotto cappa trasferire 1 ml del preparato in 100 ml di acqua peptonata alcalina precedentemente preparata. Porre ad incubare in termostato a 37°C per 24 ore.

2. Trascorse le 24 ore effettuare un'ulteriore diluizione trasferendo 1 ml del campione in 10 ml di acqua peptonata alcalina e porre ad incubare in termostato a 37°C per 24 ore.

3. Con l'utilizzo di una ansa sterile da 10 µl per ogni campione, effettuare semina per striscio e porre ad incubare a 37°C per 24 ore. Quindi togliere dal termostato e lasciare a temperatura ambiente per 5 giorni.

Al termine del periodo avrei dovuto osservare la crescita di colonie circolari color verde salvia e un viraggio del terreno dal giallo paglierino al rosa brillante.

Le prove biochimiche vanno eventualmente effettuate utilizzando prove in micrometodo con gallerie API20NE BIOMÈRIEUX.

10.3 METODI DI ANALISI NUTRIZIONALE

I campioni, dopo essere stati scongelati, sono stati sminuzzati con l'ausilio di un pestello e un mortaio fino ad ottenere una poltiglia omogenea da cui sono state prelevate aliquote per le diverse analisi.

Le misurazioni sono state poi condotte secondo i procedimenti dei Rapporti ISTISAN 96/34 *“Metodi di analisi utilizzati per il controllo chimico degli alimenti”* applicabili agli alimenti destinati al consumo umano e animale.

PROVA	METODO DI PROVA
Umidità	Rapporti ISTISAN 1996/34 Pag 7
Proteine	Rapporti ISTISAN 1996/34 Pag 13
Carboidrati	Calcolati per differenza (100-Umidità-Proteina-Lipidi-Ceneri)
Grassi	Rapporti ISTISAN 1996/34 Pag 41
Ceneri	Rapporti ISTISAN 1996/34 Pag 77

La determinazione dell'energia é stata fatta applicando ai quantitativi di nutrienti riscontrati i coefficienti di conversione previsti dal DLgs n⁰ 77 16/02/1993 GU n⁰ 69 24/03/1993.

- carboidrati, ad esclusione dei polialcoli 4 kcal/g - 17 kJ/g;
- proteine 4 kcal/g - 17 kJ/g;
- grassi 9 kcal/g - 37 kJ/g.



(a) Bachi: *Bombyx mori* vivi.



(b) Bachi: *Bombyx mori* vivi su dieta.



(c) *Tenebrio molitor* vivi.



(d) *Galleria mellonella* e *Zophobas morio* sottolio.



(e) Formiche arrostite.



(f) Scarabeo Buffalo cotto gusto curry.



(g) *Lethoceus grandis* cotto e salato.



(h) Grilli cotti gusto curry.



(i) Cavallette cotte con sale, gusto barbecue.



(j) Pupe di *Bombyx mori* tostate e salate.

Figura 12: Alcuni campioni di insetti sottoposti ad analisi.



(a) Selezione camole vive.



(b) Pesa campione.



(c) Diluizione 1:10 con acqua.



(d) Omogeneizzazione con Stomacher.



(e) Campione omogeneizzato.



(f) Cappa pronta per analisi.



(g) Colonie di *Pseudomonas* in GSP.



(h) Colonie da identificare.

Figura 13: Metodiche d'analisi dei campioni di insetti.

RISULTATI

11.1 RISULTATI ESAME MICROBIOLOGICO

Qui di seguito sono elencate le tabelle riassuntive dei dati ottenuti attraverso l'esame microbiologico per la determinazione quantitativa della presenza di batteri indice d'inquinamento.

Sono state fatte più tabelle per poter confrontare i vari campioni in relazione alla loro carica batterica, sempre espressa in UFC/g. La presenza per alcuni campioni di valori maggiori di o minori di è dovuta all'impossibilità di fare conte precise a causa dell'alta oscillazione delle cariche.

Le cause di queste variazioni possono essere legate a inquinamento durante la manipolazione del campione ma, con maggior probabilità, sono dovute ai differenti metodi di conservazione e allevamento degli insetti nei negozi.

Valori inferiori a 10^2 sono considerati indice di assenza del batterio in cariche potenzialmente patogene.

Salmonella, *Listeria* e *Burkholderia* sono state valutate con metodiche qualitative atte a rilevarne la presenza e non a stabilirne il numero.

11.2 RISULTATI ESAME CHIMICO

I risultati dell'esame chimico sono stati valutati in percentuale sull'alimento tal quale, questo consente di avere un'informazione oggettiva sui nutrienti realmente presenti nel prodotto. In virtù di questo possiamo considerare le percentuali di proteine, carboidrati e grassi come effettive e paragonare i vari insetti senza dover tener conto delle variazioni percentuali dovute al differente contenuto di umidità.

N LAB	SPECIE	CMT	COL.T	COL.F
1531	<i>Galleria mellonella</i>	70×10^6	30×10^4	30×10^6
497		$> 300 \times 10^7$	51×10^4	2×10^4
498		$> 300 \times 10^7$	$< 10^4$	$< 10^4$
499		100×10^6	$< 10^4$	$< 10^4$
917		$> 300 \times 10^8$	7×10^4	5×10^4
1237		$> 300 \times 10^8$	220×10^6	200×10^6
1529	<i>Tenebrio molitor</i>	100×10^6	$10^4 \times 10^4$	71×10^4
500		$> 300 \times 10^7$	7×10^6	44×10^6
501		25×10^5	12×10^5	$< 10^4$
1238		120×10^8	22×10^6	10×10^6
1533	<i>Mosca memè</i>	$> 300 \times 10^6$	25×10^6	50×10^6
502	<i>Musca domestica</i>	$> 300 \times 10^7$	50×10^5	$< 10^5$
503		$> 300 \times 10^7$	$< 10^5$	$< 10^5$
504		$> 300 \times 10^7$	30×10^6	150×10^6
1239		23×10^8	5×10^6	$< 10^4$
1056	<i>Bombyx mori</i> su dieta	$> 300 \times 10^6$	$< 10^3$	$< 10^3$
1057	<i>Bombyx mori</i> su foglia	$< 10^3$	$< 10^3$	$< 10^3$
1059		11×10^3	$< 10^3$	$< 10^3$
1609		n.d	1×10^2	$< 10^2$
1530	<i>Acheta assimilis</i>	240×10^6	200×10^5	150×10^5
1532	<i>Zophobas morio</i>	$> 300 \times 10^6$	40×10^6	22×10^6

Tabella 24: Determinazione su campioni vivi di: CMT=carica microbica totale, Col.T=coliformi totali e Col.F=coliformi fecali.

N LAB	SPECIE	CMT	COL.T	COL.F
899	<i>Galleria mellonella</i>	58×10^4	$< 10^2$	$< 10^2$
918	<i>Zophobas morio</i>	58×10^4	$< 10^2$	$< 10^2$
900	Giant cricket	10×10^3	1×10^3	33×10^2
901	Grasshopper	$> 300 \times 10^4$	70×10^3	40×10^3
902	Giant water bug	9×10^4	$< 10^2$	$< 10^2$
1058	<i>Bombyx mori</i>	6×10^5	$< 10^2$	$< 10^2$
1240	Mole cricket	13×10^4	3×10^2	$< 10^2$
1242	Weevil ants	$> 300 \times 10^5$	$< 10^2$	$< 10^2$
1243	Buffalo dung beetle	20×10^4	19×10^3	30×10^3

Tabella 25: Risultati della determinazione su prodotti a base di insetti di: CMT=carica microbica totale, Col.T=coliformi totali e Col.F=coliformi fecali.

N LAB	SPECIE	STAPHYLOCOCCUS	MICROCOCCUS
1531	<i>Galleria mellonella</i>	n.d	n.d
497		2×10^4	56×10^6
498		$< 10^4$	50×10^5
499		$< 10^4$	60×10^5
917		$< 10^4$	$< 10^4$
1237		$> 300 \times 10^6$	$> 300 \times 10^6$
1529	<i>Tenebrio molitor</i>	n.d	n.d
500		$< 10^4$	$> 300 \times 10^6$
501		$< 10^4$	66×10^5
1238		n.d	n.d
1533	<i>Mosca memè</i>	n.d	n.d
502	<i>Musca domestica</i>	$< 10^4$	80×10^5
503		$< 10^4$	40×10^5
504		$< 10^4$	$> 300 \times 10^5$
1239		100×10^4	30×10^4
1056	<i>Bombyx mori</i> su dieta	$< 10^3$	$< 10^3$
1057	<i>Bombyx mori</i> su foglia	$< 10^3$	$< 10^3$
1059		$< 10^3$	$< 10^3$
1609		8×10^4	$< 10^2$
1530	<i>Acheta assimilis</i>	n.d	n.d
1532	<i>Zophobas morio</i>	n.d	n.d

Tabella 26: *Micrococcus* spp. e *Staphylococcus* spp. campioni vivi.

N LAB	SPECIE	STAPHYLOCOCCUS	MICROCOCCUS
899	<i>Galleria mellonella</i>	$< 10^2$	1×10^5
918	<i>Zophobas morio</i>	$< 10^2$	$< 10^2$
900	Giant cricket	$< 10^2$	7×10^4
901	Grasshopper	$< 10^2$	3×10^5
902	Giant water bug	$< 10^2$	20×10^3
1058	<i>Bombyx mori</i>	$< 10^3$	$< 10^3$
1240	Mole cricket	15×10^2	$< 10^2$
1242	Weevil ants	$< 10^2$	$< 10^2$
1243	Buffalo dung beetle	32×10^3	50×10^3

Tabella 27: *Micrococcus* spp. e *Staphylococcus* spp. in campioni trattati.

N LAB	SPECIE	AEROMONAS	PSEUDOMONAS
1531	<i>Galleria mellonella</i>	< 10 ⁴	< 10 ⁴
497		< 10 ⁴	< 10 ⁴
498		< 10 ⁴	< 10 ⁴
499		< 10 ⁴	< 10 ⁴
917		< 10 ⁴	< 10 ⁴
1237		< 10 ²	200x10 ⁵
1529	<i>Tenebrio molitor</i>	< 10 ⁴	30x10 ⁴
500		< 10 ⁴	25x10 ⁵
501		< 10 ⁴	11x10 ⁴
1238		< 10 ²	142x10 ⁵
1533	<i>Mosca memè</i>	3x10 ⁷	20x10 ⁷
502	<i>Musca domestica</i>	< 10 ⁴	27x10 ⁵
503		< 10 ⁴	7x10 ⁴
504		< 10 ⁴	14x10 ⁶
1239		< 10 ²	60x10 ⁵
1056	<i>Bombyx mori</i> su dieta	< 10 ³	< 10 ³
1057	<i>Bombyx mori</i> su foglia	< 10 ³	< 10 ³
1059		< 10 ³	< 10 ³
1609		< 10 ²	2X10 ²
1530	<i>Acheta assimilis</i>	< 10 ⁴	55x10 ⁴
1532	<i>Zophobas morio</i>	< 10 ⁴	90x10 ⁴

Tabella 28: *Aeromonas* spp. e *Pseudomonas* spp. in campioni vivi.

N LAB	SPECIE	AEROMONAS	PSEUDOMONAS
899	<i>Galleria mellonella</i>	< 10 ²	7x10 ⁵
918	<i>Zophobas morio</i>	< 10 ²	< 10 ²
900	Giant cricket	< 10 ²	1x10 ²
901	Grasshopper	< 10 ²	< 10 ²
902	Giant water bug	< 10 ²	< 10 ²
1058	<i>Bombyx mori</i>	< 10 ²	< 10 ²
1240	Mole cricket	< 10 ²	< 10 ²
1242	Weevil ants	< 10 ²	< 10 ²
1243	Buffalo dung beetle	< 10 ²	< 10 ²

Tabella 29: *Aeromonas* spp. e *Pseudomonas* spp. in campioni trattati.

N LAB	SPECIE	BACILLUS CEREUS	PAENIBACILLUS
1531	<i>Galleria mellonella</i>	Assente	Assente
497		< 10 ⁵	Assente
498		< 10 ⁵	Assente
499		< 10 ⁵	Assente
917		< 10 ⁴	Assente
1237		10x10 ⁶	Assente
1529	<i>Tenebrio molitor</i>	Assente	Assente
500		> 300x10 ⁶ *	Assente
501		< 10 ⁵	Assente
1238		25x10 ⁵	Assente
1533	<i>Mosca memè</i>	< 10 ⁵	Assente
502	<i>Musca domestica</i>	< 10 ⁵	Assente
503		< 10 ⁵	Assente
504		> 300x10 ⁶ *	Assente
1239		12x10 ⁵ *	Assente
1056	<i>Bombyx mori</i> su dieta	< 10 ⁴	Assente
1057	<i>Bombyx mori</i> su foglia	< 10 ⁴	Assente
1059		< 10 ⁴	n.d
1609		< 10 ²	n.d
1530	<i>Acheta assimilis</i>	< 10 ⁵	Assente
1532	<i>Zophobas morio</i>	< 10 ⁵	Assente

Tabella 30: *Bacillus cereus* spp. e *Paenibacillus* spp. in campioni vivi.*Identificato come *Bacillus cereus* con prova biochimica.

N LAB	SPECIE	BACILLUS	PAENIBACILLUS
899	<i>Galleria mellonella</i>	10x10 ⁴ *	Assente
918	<i>Zophobas morio</i>	< 10 ²	Assente
900	Giant cricket	1x10 ⁴	Assente
901	Grasshopper	< 10 ²	Assente
902	Giant water bug	< 10 ²	Assente
1058	<i>Bombyx mori</i>	1x10 ² **	Assente
1240	Mole cricket	10x10 ²	Assente
1241	Roasted scorpion	< 10 ²	Assente
1242	Weevil ants	2x10 ²	Assente
1243	Buffalo dung beetle	9x10 ³	Assente

Tabella 31: *Bacillus* spp. e *Paenibacillus* spp. in campioni trattati.*Identificato come *Bacillus cereus* con prova biochimica.**Identificato come *Bacillus subtilis* con prova biochimica.

TIPO	KCAL	KJ	PG	CHO	EE
Bachi foglia I	72	302	13,5	0,1	1,9
Bachi dieta I	72	304	13,1	1,3	1,6
Bachi foglia II	58	245	9,2	2,4	1,3
Bachi dieta II	58	243	11,7	<0,1	1,2
Bachi foglia III	66	277	9,2	2,1	2,3
Bachi dieta III	57	240	10,4	0,9	1,3
Bachi foglia IV	56	237	9,3	1,6	1,4
Bachi dieta IV	69	289	9,4	2,4	1,4
Bachi foglia V	67	283	8,8	2,2	2,6
Bachi dieta V	105	440	17,5	0,1	3,8
Crisalidi foglia	93	392	13,9	<0,1	4,1
Adulti foglia M	208	866	17	0,4	15,4
Adulti foglia F	102	429	17,3	1,2	3,1
<i>Tenebrio molitor</i>	238	990	24	0,5	15,5
<i>Zophobas morio</i>	230	958	19,2	1	16,6
<i>Galleria mellonella</i>	238	985	15,2	0,3	19,5
<i>Acheta assimilis</i>	178	745	22,7	2,6	8,5
<i>Musca domestica</i>	150	627	16,8	1,6	8,5

Tabella 32: Profilo nutrizionale delle specie analizzate. Valori per 100 g di prodotto. PG=proteina, CHO=carboidrati, EE=lipidi.

*La fibra é inclusa nei carboidrati.

	VALORE
Kcal	93 g
KJ	392 g
Umidità	80,5 g
Proteine	13,9 g
Carboidrati	<0,1 g
Grassi	4,1 g
Ceneri	1,48 g

Tabella 33: Profilo nutrizionale crisalide di *Bombyx mori*. Valori per 100 g di prodotto.

	VALORE
ACIDI GRASSI SATURI	40,4 %
ACIDI GRASSI MONOINSATURI	44,3 %
ACIDI GRASSI POLINSATURI	15,6 %
C 12:0 Laurico	0,1%
C 14:0 Miristico	0,3%
C 16:0 Palmitico	31,0%
C 16:1 Palmitoleco	2,7%
C 17:0 Eptadecanoico	0,1%
C 17:1 Eptadecenoico	0,1%
C 18:0 Stearico	8,6%
C 18:1 (n-9) Oleico	41,5%
C 18:2 (n-6) Linoleico	10,9%
C 18:3 (n-3) Linolenico	4,2%
C 20:0 Arachico	0,1%

Tabella 34: Risultati della determinazione del profilo di acidi grassi della crisalide di *Bombyx mori*. I valori sono espressi in percentuale sulla sostanza grassa totale. Tutti gli altri acidi grassi sono presenti con percentuali <0,1%.

TIPO	KJ	UM.	PG	CHO	EE	CENERI
Larva V età	440	77,9	17,5	0,1	3,8	0,57
Crisalide	391,7	80,5	13,9	<0,1	4,1	1,48
Adulto M	866	65,7	17,0	0,4	15,4	1,46
Adulto F	429	77,1	17,3	1,2	3,1	1,28

Tabella 35: Confronto delle composizioni centesimali di individui di *Bombyx mori* prima e dopo la filatura. PG=proteina, CHO=carboidrati, EE=lipidi.

*La fibra é inclusa nei carboidrati.

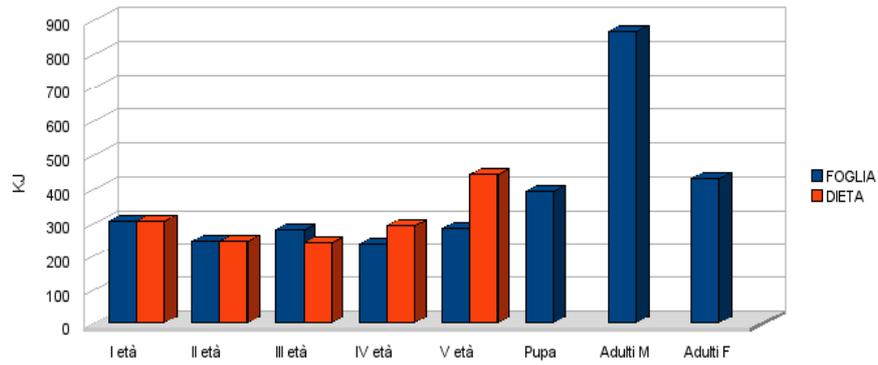


Figura 14: Confronto del contenuto energetico di *Bombyx mori* in vari stadi di sviluppo.

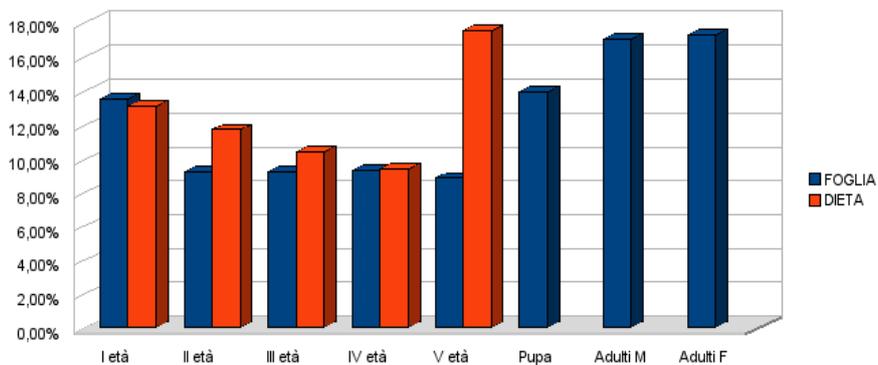


Figura 15: Confronto del contenuto proteico di *Bombyx mori* in vari stadi di sviluppo.

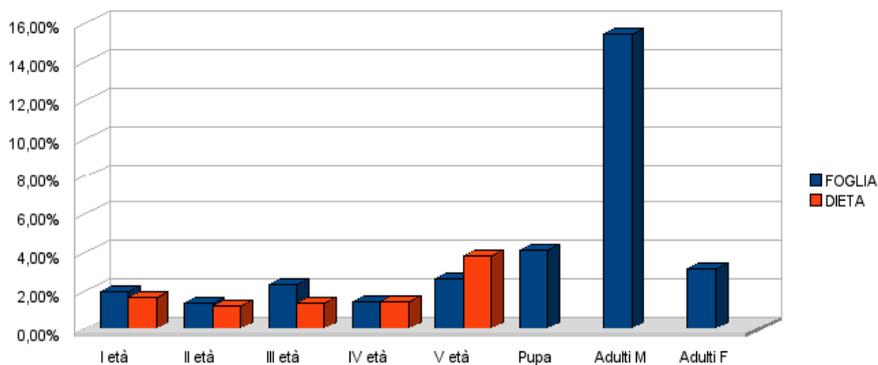


Figura 16: Confronto del contenuto lipidico di *Bombyx mori* in vari stadi di sviluppo.

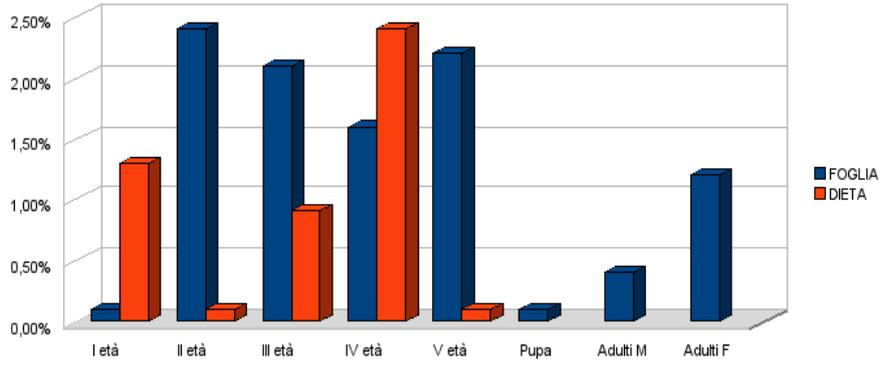


Figura 17: Confronto del contenuto di carboidrati (fibra compresa) di *Bombyx mori* in vari stadi di sviluppo.

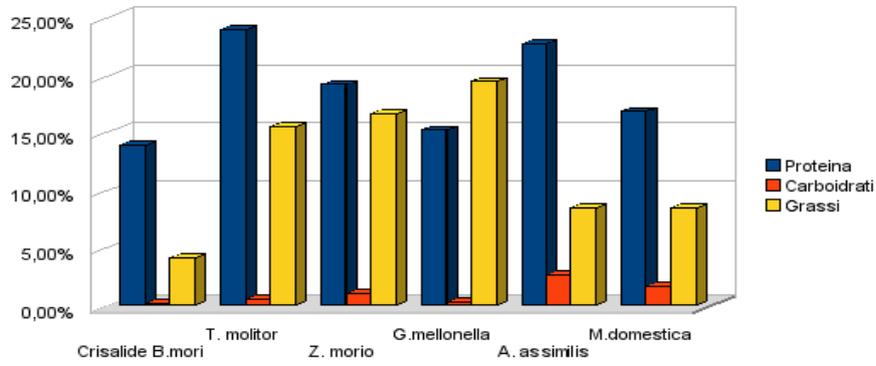


Figura 18: Composizione centesimale delle specie analizzate a confronto.

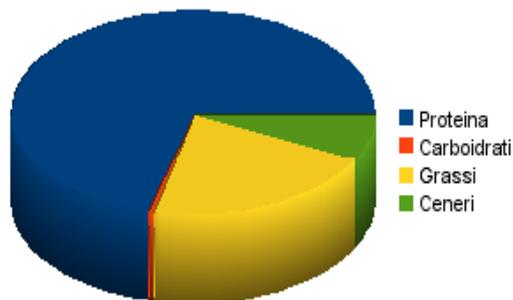


Figura 19: Composizione centesimale di *Bombyx mori* in percentuale sulla sostanza secca.

DISCUSSIONE

12.1 PROFILO MICROBIOLOGICO

I risultati degli esami microbiologici eseguiti sui campioni ci permettono di fare varie considerazioni. Innanzitutto va precisato che le indagini, eseguite su un numero di campioni piuttosto limitato, avevano l'obiettivo di tracciare un quadro della flora microbica riscontrabile su tali animali per poter prendere in considerazione potenziali rischi legati al loro consumo. Sui campioni confezionati, invece, l'obiettivo era quello di rilevare cosa un alimento trattato (disidratato e confezionato, sottovuoto o sott'olio) poteva ancora albergare.

1. Le cariche microbiche totali rilevate sono piuttosto alte, mediamente nell'ordine di 10^7 ufc/g sui campioni vivi e includono, vista la metodologia di analisi, contaminazioni sulla superficie esterna dell'insetto e contenuti batterici intestinali. Potrebbe essere utile fare delle valutazioni separate di queste due componenti, ma consideriamo che un utilizzo industriale dei medesimi non può prevedere la minuziosa operazione di eviscerazione calcolando che 20 g di prodotto rappresentano un numero di individui che va dai 10 (*Bombyx mori*) a numeri superiori a 100 (*Musca domestica*). Interessanti implicazioni, ai fini di riduzione della carica, potrebbero avere operazioni di lavaggio.

Le specie non presentano particolari differenze nella carica, con un'importante eccezione: il baco da seta, come risulta evidente dalla tabella 24 dove esso mostra valori nettamente inferiori agli altri campioni. In questo caso, probabilmente, la qualità dell'allevamento gioca un ruolo fondamentale e ci permette di supportare la teoria secondo la quale, se allevati in condizioni igieniche soddisfacenti, gli insetti possono raggiungere scarsissimi livelli di contaminazione. Questa, tuttavia, risulta maggiore nei soggetti allevati su dieta¹ e quindi bisognerebbe valutare con maggior attenzione il ruolo dell'alimento nella contaminazione del prodotto finale d'allevamento, infatti questo dato risulta anomalo in relazione a condizioni di allevamento di semisterilità dei soggetti su dieta.

¹ La dieta è un alimento utilizzato dalla bachicoltura per poter rendere la produzione di bachi indipendente dalla stagione di produzione di foglie da parte del gelso (*Morus alba*) e consiste nel fare preparati in polvere a base (25-40%) delle medesime che possono essere conservati e ricostituiti in tutti i periodi dell'anno.

2. Per quanto riguarda i coliformi, totali e fecali, le cariche riscontrate sono abbastanza alte, nell'ordine di $10^5 - 10^6$ ufc/g con l'eccezione del baco che risulta avere, anche in questo caso, valori significativamente inferiori (10^2 ufc/g) e le camole del miele. Quest'ultime hanno un'importante differenza dalle altre specie provenienti dai caccia e pesca. Tarme della farina e Bigattini, infatti, sono tenuti in bacinelle, spesso a temperature di frigorifero, nei punti vendita e comunque manipolati ogni volta che vengono richiesti, mentre le camole del miele sono confezionate in piccoli contenitori di plastica, separati mediante dischetti di cartone o trucioli, e con densità nettamente inferiori. Questa differenza sembra avere quindi dei riscontri sull'inquinamento di cui sono vittime.

I prodotti sott'olio analizzati presentavano cariche decisamente più basse, e altrettanto si può dire di quelli confezionati. In questo caso si può forse sottolineare il caso delle formiche (campione 1242, provenienti dalla Thailandia) in cui la carica totale piuttosto alta potrebbe essere dovuta al maggior rapporto superficie volume.

3. *Staphylococcus* è presente in quantità variabili, ma andrebbe valutata con più precisione la presenza di *S. aureus*, unica specie patogena, mentre le altre sono ascrivibili alla categoria dei Lab. Anche *Micrococcus* rientra in quest'ultima categoria di batteri tendenzialmente utili o neutri che potrebbero avere un ruolo positivo nei processi di trasformazione alimentare.
4. *Aeromonas* spp solo in una caso è stata riscontrata in valori superiori a 10^3 ufc/g, spesso si è dimostrata anche inferiore a 10^2 ufc/g, *Pseudomonas* spp invece risulta presente con cariche estremamente variabili nei campioni in esame, da 10^2 a 10^7 ufc/g. Questo genere di batteri, tuttavia, risulta importante come alterante ma non come potenziale patogeno (con alcune eccezioni), inoltre è risultato inferiore a 10^2 ufc/g nei prodotti cotti, mentre quelli sott'olio non sembrano garantire questo basso livello di contaminazione.
5. *Bacillus* spp. risulta assente o talvolta presente. *B.cereus* è stato isolato più volte (vedi tabelle 30 e 31) e merita un'attenzione particolare in quanto riscontrato con cariche patogene nei campioni vivi, ma mai tale nei cotti. La tecnica di conservazione sott'olio non rappresenta un metodo significativo per contrastare questo batterio anaerobio.
La ricerca di *Paenibacillus larvae* non ha mai dato esito positivo, ma in questo caso si tratta di una specie innocua per l'uomo.
6. *Burkholderia cenocepacia*, patogeno emergente, non è stato mai isolato.

7. Un'importante considerazione finale va fatta su *Salmonella* spp. e *Listeria monocytogenes*. Questi batteri patogeni, infatti, non sono mai stati isolati e questo in accordo con quanto presente in letteratura. Gli studi citati nella sezione 6.2, infatti, dimostravano come si potessero isolare Salmonelle da insetti presenti negli allevamenti di polli, ma come questi insetti ne garantissero una sopravvivenza limitata in assenza di un continuo contatto con le fonti di infezione. Tutto questo é in linea con l'assenza di tale microrganismo in campioni provenienti da allevamenti di insetti. Ciò potrebbe non verificarsi se tali insetti fossero di cattura (o dubbia provenienza). Infatti gli insetti e in particolare quelli che muovendosi (attraverso il volo o il salto) entrano occasionalmente in contatto con substrati contaminati possono divenire vettori meccanici di tale batterio.

Tale riscontro in allevamenti di insetti a fini diversi da quelli alimentari, che non hanno nessun motivo per prestare particolare attenzione a queste contaminazioni, é molto importante in quanto tende ad escluderne a maggior ragione la presenza in condizioni igieniche maggiori.

12.2 COMPOSIZIONE CENTESIMALE

La valutazione della composizione centesimale sottolinea alcuni riscontri già avuti dalla letteratura. Il contenuto energetico, si presenta elevato se in relazione con un certo tenore lipidico, e se l'umidità dell'alimento non supera valori eccessivi. A questo punto possiamo constatare che il baco presenta tenori lipidici scarsi, da alimento dietetico (>2%); di conseguenza anche i valori energetici sono piuttosto bassi.

Contrariamente a quanto avviene in *Bombyx mori*, invece, in altre specie quali ad esempio *Galleria mellonella*, *Zophobas morio* e *Tenebrio molitor* il tenore lipidico é superiore al 15% e l'energia da essi fornita piuttosto elevata.

Le evidenti differenze con quanto riportato in letteratura (vedi tabella ??) sono dovute ad una valutazione eseguita su campioni di alimento tal quale nel nostro caso, mentre su campioni di sostanza secca nell'altro. La tabella 32 evidenzia un contenuto proteico molto elevato in *Tenebrio molitor*, che tuttavia deve cedere il suo primato a *Acheta assimilis* nel caso in cui valutiamo il contenuto sulla sostanza secca. Questi rilievi confermano la teoria secondo la quale gli insetti possono rappresentare un'importante fonte di questo nutriente nei paesi in via di sviluppo.

La percentuale lipidica, confrontata con quella della tabella 6 mostra valori per le specie analizzate correttamente inseribili nei range suggeriti per l'ordine di appartenenza, con l'eccezione del baco che nel nostro caso ha avuto valori sostanzialmente inferiori il limite minimo (8) riferito ai *Lepidoptera* della tabella. I valori risultano anche

assimilabili a quelli illustrati in tabella 7 anche se in quel caso valutati sulla sostanza secca.

A questo punto sottolineiamo che il baco si presenta come alimento magro rappresentando un'eccezione rispetto alle altre specie. I carboidrati, all'interno dei quali è compresa anche la fibra, sono poco rappresentati anche in specie come *Acheta assimilis* dove era lecito aspettarsi un contenuto maggiore visto che il campione era l'insetto adulto ricoperto dal rigido esoscheletro. Osservando anche la tabella 8 dove il grillo non supera tenori di fibra del 12,1% abbiamo tuttavia una conferma del nostro dato che quindi mostra un contenuto di fibra non digeribile limitato.

Spostando l'attenzione sul baco in vari stadi di sviluppo possiamo notare che ci sono oscillazioni nella composizione centesimale non necessariamente proporzionali allo sviluppo.

1. Il contenuto energetico si mantiene in un range di 200-300 Kj fino al V stadio dove, nel caso dei soggetti allevati su dieta, riscontriamo un picco del valore. Crisalide e adulto su foglia mostrano potenzialità energetiche maggiori rispetto agli altri stadi (vedi figura 14), questo in particolare rende merito all'utilizzo delle crisalidi (che rappresentano uno scarto, e quindi un prodotto a costo zero, nella sericoltura) per l'alimentazione. Rileviamo il caso dell'adulto M dove il tenore lipidico risulta notevole non in linea con le altre fasi e con l'altro sesso in cui la spesa metabolica necessaria alla produzione di uova causa probabilmente un maggior utilizzo di risorse (vedi figura 16). I maggiori contenuti in grassi sono comunque nella crisalide e nell'adulto.
2. La proteina che nella fase di sviluppo larvale non supera mai il 14% (con l'eccezione della V età su dieta) si mantiene entro questi livelli nella crisalide mentre supera il 17% allo stadio adulto.
3. I carboidrati, fibra compresa, si riducono nella crisalide dove toccano valori minimi (<0,1%) probabilmente grazie al ridotto rapporto superficie volume, ma restano comunque bassi nell'adulto.
4. La crisalide quindi, che presenta requisiti alimentari molto buoni, è stata analizzata più attentamente in relazione al suo contenuto lipidico dove dominano gli acidi grassi monoinsaturi (44,3%) seguiti dai saturi (40,4%) e dai poliinsaturi (15,6%). In generale, come la tabella 34 dimostra, si tratta di acidi a lunga catena tra cui spiccano il palmitico (31%) e lo stearico (8,6%) nella classe dei saturi, oleico (41,5%) e linoleico (10,9%) tra gli

insaturi. Tutti questi valori rientrano nei range di variabilità proposti in tabella 6.

In generale i dati risultano confrontabili con quelli mostrati in tabella 11 e confermano oscillazioni notevoli tra i vari stadi ma anche in vari momenti del medesimo.

CONCLUSIONI

L'aspetto igienico-sanitario degli insetti per uso alimentare umano meritava di essere approfondito con studi mirati perché l'interpretazione di ricerche con finalità diverse dalle nostre risulta limitativa e passibile di errore. Il lavoro qui presentato ha dimostrato un'assenza di patogeni pericolosi (nella fattispecie *Salmonella*, *Listeria* e ceppi enterotossici di *Staphylococcus aureus*) in tutti gli insetti testati, nonostante gli allevamenti di provenienza e la gestione degli animali (negozi di caccia e pesca) non prevedessero condizioni igieniche adatte ad un utilizzo alimentare. Va sottolineato che le analisi sono state fatte sugli animali interi, questo prospettando una loro potenziale produzione industriale, e quindi comprendevano sia la flora superficiale che quella intestinale mentre in alcuni paesi il consumo degli esemplari più grossi è preceduto dall'eviscerazione o dallo svuotamento del contenuto intestinale.

Le cariche microbiche totali e di Coliformi sono piuttosto elevate, così come quelle di altri batteri potenzialmente alteranti o patogeni, tuttavia laddove la tipologia di allevamento cambia (come nel caso del baco da seta) garantendo manipolazioni e standard igienici elevati, le cariche si riducono a livelli che potrebbero essere facilmente controllati da procedimenti quali la cottura.

Per quanto riguarda i prodotti venduti come alimenti, non si rilevano cariche elevate, ma questo dato va considerato anche in relazione a quantitativi di partenza limitati.

L'analisi nutrizionale ha mostrato valori che confermano la possibilità di utilizzo degli insetti come fonte proteica alternativa ad allevamenti poco sostenibili o non sufficienti in aree aride, povere o densamente popolate.

La composizione nutrizionale si mostra variabile in relazione alla specie, allo stadio, al trattamento e all'alimentazione. Le specie analizzate presentano contenuti lipidici abbastanza elevati con prevalenza di acidi grassi insaturi, e contenuti di fibra e carboidrati non eccessivi. In particolare le analisi su *Bombyx mori* a vari stadi di sviluppo danno ragione del suo utilizzo nella forma di crisalide o adulto, compatibilmente con la produzione della seta, e lo rendono un prodotto a costo zero con valide caratteristiche nutrizionali.

Sicuramente l'inserimento degli insetti nella dieta umana deve prevedere ulteriori valutazioni microbiologiche e tossicologiche.

L'osservazione delle abitudini di molte popolazioni, tuttavia, è da considerarsi come orientamento valido e la perdita del sapere tradizionale, spesso tramandato per via orale, dovuta alla globalizzazione di usi e costumi rappresenta un passo indietro su questo fronte.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Armentia A.; Lombardero M.; Blanco C.; Fernandez S.; Fernandez A.; Sanchez-Monge R. (2006). Allergic hypersensitivity to the lentil pest bruchus lentis. *Allergy*, pp. 1112–1116. (Cited on page 54.)
- [2] Azambuja P.; Garcia E.; Ratcliffe N. (2005). Gut microbiota and parasite transmission by insect vectors. *Trends in Parasitology*, **21**(12). (Cited on page 57.)
- [3] Berenbaum M. (1993). Sequestering of plant toxins by insects. *The Food Insects Newsletter*, **6**(3). (Cited on page 59.)
- [4] Blum M. (1994). The limits of entomophagy: A discretionary gourmand in a world of toxic insects. *The Food Insects Newsletter*, **7**(1). (Cited on page 60.)
- [5] Bukkens S. (2005). In: *Ecological implication of Minilivestock*, capitolo 28- Insects in the human diet: nutritional aspects, pp. 545–577. Science Publisher. (Cited on pages 44, 45, 47, 50, and 51.)
- [6] Cerda H.; Araujo Y.; Glew R.; Paoletti M. (2005). In: *Ecological implication of Minilivestock*, capitolo 17-Palm worm a traditional food: examples from Alto Orinoco, Venezuela, pp. 353–366. Science Publisher. (Cited on pages 34, 48, and 50.)
- [7] Collavo A.; Glew R.; Huang Y.-S.; te Chuang L.; Bosse R.; Paoletti M. (2005). In: *Ecological implication of Minilivestock*, capitolo 27- House cricket small-scale farming, pp. 519–544. Science Publisher. (Cited on page 64.)
- [8] Costa-Neto E. (2003). Insetos como fontes de alimentos para o homem: valorar a utilização de recursos considerados repugnantes. *Interciencia*, **28**(3). (Cited on pages 10, 48, and 64.)
- [9] DeFoliart G. (1999). Insect as food: Why western attitude is important. *Annual Review of Entomology*, (44), 21–50. (Cited on pages 7, 10, 11, 32, 33, 34, 35, 37, and 38.)
- [10] DeFoliart G. (2005). In: *Ecological implication of Minilivestock*, capitolo 7-Overview of role of edible insects in preserving biodiversity, pp. 123–140. Science Publisher. (Cited on pages 32, 61, and 65.)
- [11] Elorduy J. R. (1998). *Creepy crawly cuisine*. Park Street Press. (Cited on pages 45 and 64.)
- [12] Fiala N. (2009). The greenhouse hamburger. *Scientific American*. (Cited on page 1.)
- [13] Fournier D. (2006). In: *Storia e geografia dell'alimentazione*, volume 1, capitolo 6.2-Il meticcio dell'america latina, p. 381. Utet. (Cited on page 10.)
- [14] Franzetti L.; Galli A. (1998). Infezioni alimentari. www.distam.unimi.it. (Cited on page 78.)
- [15] Giaccone V. (2005). In: *Ecological implication of Minilivestock*, capitolo 29-Hygiene and health features of Minilivestock, pp. 579–598. Science Publisher. (Cited on pages 43, 47, and 55.)
- [16] Giaccone V. (2006). Appunti di microbiologia degli alimenti. Lezioni del corso di Igiene degli alimenti. (Cited on pages 73, 74, 75, 76, and 77.)

- [17] Goodman W. (1989). Chitin: a magic bullet? In *Food insect newsletter*, volume 2. (Cited on page 49.)
- [18] Goodwin M.; Waltman W. (1996). Trasmissione di eimeria, virus e batteri a polli: Darkling beetles (*Alphitobius diaperinus*) as vectors of pathogens. *Journal of Applied Poultry Science*. (Cited on pages 57, 58, and 59.)
- [19] Gordon D. (1998). *The eat-a-bug cookbook*. Ten Speed Press. (Cited on page 11.)
- [20] Graczyk T.; Knight R.; Tamang L. (2005). Mechanical transmission of human protozoan parasites by insects. *Clinical Microbiology Review*, **18**(1), 128–132. (Cited on page 59.)
- [21] Green K.; Broome L.; Heinze D.; Johnston S. (2001). Long distance transport of arsenic by migrating bogong moths from agricultural lowlands to mountain ecosystems. *The Victorian Naturalist*, pp. 112–116. (Cited on page 61.)
- [22] Griselli B.; Carpana E. (1997). Monitoraggio della peste americana mediante ricerca di spore di *Paenibacillus larvae*. *Apicoltura moderna*. (Cited on page 77.)
- [23] Gullan P.; Cranston P. (2006). *Lineamenti di entomologia*. Zanichelli. (Cited on page 15.)
- [24] Heinrich M.; Prieto J. (2008). Diet and healthy ageing 2100: will we globalise local knowledge systems? *Ageing research review*, pp. 249–274. (Cited on page 49.)
- [25] Holst V. (1885). Why not eat insects? Internet. (Cited on pages 9 and 13.)
- [26] Huis A. V. (2005). In: *Ecological implication of Minilivestock*, capitolo 11-Insects eaten in Africa, pp. 231–244. Science Publisher. (Cited on pages 33 and 48.)
- [27] Internet (2009). <http://it.wikipedia.org>. (Cited on page 15.)
- [28] Ji K.; Chen J.; Li M.; Liu Z.; Wang C.; Zhan Z.; Wu X.; Xia Q. (2009). Anaphylactic shock and lethal anaphylaxis caused by food consumption in China. *Trends in Food Science and Technology*, (20), 227–231. (Cited on pages 55 and 58.)
- [29] Katayama N.; Yamashita M.; Kishida Y.; Liu C.; Watanabe I.; Wada H.; Force S. A. T. (2008a). Azolla as a component of the space diet during habitation on Mars. *Acta Astronautica*, (63), 1093–1099. (Cited on page 63.)
- [30] Katayama N.; Ishiwaka Y.; Takaoki M.; Yamashita M.; Nakayama S.; Kiguchi K.; R.Kok; H.Wada; J.Mitsuhashi; Force S. A. T. (2008b). Entomophagy: a key to space agriculture. *Advances in Space Research*, (41), 701–705. (Cited on page 65.)
- [31] Lanfranchi G. (2005). In: *Ecological implication of Minilivestock*, capitolo 9-Minilivestock consumption in the ancient Near East: the case of locust, pp. 163–174. Science Publisher. (Cited on pages 6 and 9.)
- [32] Logette L. (2006). In: *Storia e geografia dell'alimentazione*, volume 1, capitolo 6.3-L'Africa nella storia, pp. 412–414. Utet. (Cited on page 11.)
- [33] Longo O. (2006). In: *Storia e geografia dell'alimentazione*, volume 1, capitolo 3.1-Il Mediterraneo greco e romano, p. 122. Utet. (Cited on page 9.)
- [34] Malaisse F. (2005). In: *Ecological implication of Minilivestock*, capitolo 10-Human consumption of Lepidoptera, Termites, Orthoptera, and ants in Africa, pp. 175–230. Science Publisher. (Cited on pages 11, 31, 32, and 33.)
- [35] Menzel P.; D'Aluisio F. (1998). *Man eating bugs*. Material World Book. (Cited on pages 34, 35, 37, and 38.)

- [36] Meyer-Rochow V. (2005). *In: Ecological implication of Minilivestock*, capitolo 19-Traditional food insects and spiders in several ethnic groups of northeast india, papua New Guinea, Australia and new Zealand, pp. 389–413. Science Publisher. (Cited on pages 5, 6, 8, 36, and 37.)
- [37] Milano L. (2006). *In: Storia e geografia dell'alimentazione*, volume 1, capitolo 2.2-La Siria, pp. 35–36. Utet. (Cited on pages 8 and 9.)
- [38] Mitsuhashi J. (2005). *In: Ecological implication of Minilivestock*, capitolo 13-Edible insect in Japan, pp. 250–262. Science Publisher. (Cited on page 37.)
- [39] Nelson W.; Harris B. (2006). Flies, fingers, fomites, and food. campylobacteriosis in new zealand—food-associated rather than food-borne. *The New Zealand Medical Journal*, **119**(1240). (Cited on page 56.)
- [40] Nishimune T.; Watanabe Y.; Okazaki H.; Akai H. (2000). Thiamin is decomposed due to anaphe spp. entomophagy in seasonal ataxia patients in nigeria. *Journal of Nutrition*. (Cited on page 61.)
- [41] Onore G. (2005). *In: Ecological implication of Minilivestock*, capitolo 16-Edible insects in Ecuador, pp. 343–352. Science Publisher. (Cited on pages 34 and 60.)
- [42] Ozaki J. (1941). Sericultural chemistry and use of side products from sericulture. *Asakurashoten*. (Cited on page 51.)
- [43] Paoletti M.; Dreon A. (2005). *In: Ecological implication of Minilivestock*, capitolo 1-Minilivestock environment, sustainability, and local knowledge disappearance, pp. 1–18. Science Publisher. (Cited on pages 5, 32, 34, and 38.)
- [44] Paoletti M.; Norberto L.; Damini R.; Musumeci S. (2007). Human gastric juice contains chitinase that can degrade chitin. *Nutrition and metabolism*. (Cited on page 42.)
- [45] Pereira N.; Ferrarese-Filho O.; Matsushita M.; de Souza N. (2003). Proximate composition and fatty acid profile of bombyx mori chrysalis toast. *Journal of food composition and analysis*, pp. 451–457. (Cited on page 51.)
- [46] Perlès C. (2006). *In: Storia e geografia dell'alimentazione*, volume 1, capitolo 1.1-Risorse selvatiche risorse domestiche, p. 16. Utet. (Cited on page 5.)
- [47] Phillips J.; Burkholder W. (1995). Allergies related to food insect production and consumption. *The Food Insects Newsletter*, **8**(2). (Cited on page 54.)
- [48] Ramos-Elorduy J. (2005). *In: Ecological implication of Minilivestock.*, capitolo 14-Insect: A hopeful food source, pp. 263–292. Science Publisher. (Cited on pages 31, 43, 48, 50, and 65.)
- [49] Ritter K. (1990). Cholesterol and insects. *The Food Insects Newsletter*, **3**(1). (Cited on page 46.)
- [50] Rosenberger B. (2006). *In: Storia e geografia dell'alimentazione*, volume 1, capitolo 4.4-Il mondo mussulmano occidentale, p. 209. Utet. (Cited on page 9.)
- [51] Ross H. (1948). *A textbook of entomology*. John Wiley e Sons,inc. New York. (Cited on page 15.)
- [52] Schaafsma G. (2000). The protein digestibility-corrected amino acid score. *Journal of nutrition*. (Cited on page 44.)
- [53] Schell M.; Lipscomb L.; DeShazer D. (2008). Comparative genomics and an insect model rapidly identify novel virulence genes of *Burkholderia mallei*. *Journal of Bacteriology*, **190**(7), 2306–2313. (Cited on page 56.)

- [54] Stenfors-Arnesen L.; Fagerlund A.; Einar-Granum P. (2008). From soil to gut: *Bacillus cereus* and its food poisoning toxins. *Microbiology review*, (32), 579–606. (Cited on pages 57 and 76.)
- [55] Tchibozo S.; Huis A. V.; Paoletti M. (2005). In: *Ecological implication of Minilivestock*, capitolo 12-Notes on edible insects of south Benin: a source of protein, pp. 245–250. Science Publisher. (Cited on pages 42 and 48.)
- [56] Templeton J.; Jong A. D.; Blackall P.; Miflin J. (2006). Survival of campylobacter spp. in darkling beetles and their larvae in Australia. *Applied and Environmental Microbiology*, pp. 7909–7911. (Cited on page 56.)
- [57] Toaff A. (2006). In: *Storia e geografia dell'alimentazione*, volume 1, capitolo 2.5-Il mondo ebraico, p. 61. Utet. (Cited on page 8.)
- [58] Tommaseo-Ponzetta M.; Paoletti M. (2005). In: *Ecological implication of Minilivestock*, capitolo 21-Lessons from Traditional Foraging Patterns in West Papua (Indonesia), pp. 441–457. Science Publisher. (Cited on pages 6 and 7.)
- [59] Verduyck L.; Smagghe G.; Herregods G.; Camp J. V. (2005). ACE inhibitory activity in enzymatic hydrolysates of insect protein. *Journal of agricultural food chemistry*. (Cited on page 49.)
- [60] Verkerk M.; Tramper J.; van Trijp J.; Martens D. (2007). Insect cells for human food. *Biotechnology Advances*, (25), 198–202. (Cited on pages 38, 42, and 53.)
- [61] Wilson M.; Lorente C.; Allen J.; Eberhard M. (2001). Gongylonema infection of mouth in a resident of Cambridge, Massachusetts. *Relazione tecnica*, Infection Diseases Society of America. (Cited on page 59.)
- [62] Yen A. (2005). In: *Ecological implication of Minilivestock*, capitolo 18-Insect and other invertebrate foods of the Australian aborigines, pp. 367–387. Science Publisher. (Cited on page 36.)
- [63] Yhoong-Aree J.; Viwatpanic K. (2005). In: *Ecological implication of Minilivestock*, capitolo 20-Edible insects in the Laos PDR, Myanmar, Thailand, and Vietnam, pp. 415–440. Science Publisher. (Cited on page 38.)
- [64] Zagrobelny M.; Dreon A.; Gomiero T.; Marazzan G.; Glaring M.; Moller B.; Paoletti M. (2009). Toxic moths: a truly safe delicacy. *Journal of Ethnobiology*. (Cited on pages 39 and 60.)
- [65] Zhi-Yi L. (2005). In: *Ecological implication of Minilivestock*, capitolo 23-Insects as traditional food in China, pp. 475–480. Science Publisher. (Cited on pages 10 and 37.)
- [66] Zhou J.; Han D. (2006). Safety evaluation of protein of silkworm (*Antheraea pernyi*) pupae. *Food and chemical toxicology*, pp. 1123–1130. (Cited on page 61.)
- [67] Zimian D.; Yonghua Z.; Xiwu G. (2005). In: *Ecological implication of Minilivestock*, capitolo 24-Medicinal terrestrial arthropods in China, pp. 481–489. Science Publisher. (Cited on page 9.)

RINGRAZIAMENTI

1. Ringrazio il Prof. Valerio Giaccone per l'attenta supervisione al lavoro svolto, per i sempre utili e mirati consigli e per avermi consentito di lavorare su questo originale argomento.
2. Ringrazio il Prof. Maurizio G. Paoletti per avermi messo a disposizione la sua decennale esperienza sull'argomento.
3. Ringrazio Riccardo Miotti Scapin sempre presente, disponibile e pronto ad accompagnarmi nel superamento di ogni ostacolo.
4. Ringrazio la dottoressa Cappelozza e tutto l'istituto CRA-ISZA-Sezione specializzata per la Bachicoltura di Padova per l'estrema disponibilità e la preziosa collaborazione.
5. Ringrazio mio fratello Mattia per la fondamentale consulenza informatica e la mia famiglia per il sostegno in questi 5 anni di studio.
6. Rivolgo inoltre un ringraziamento agli amici sempre pronti ad accompagnarmi nella ricerca, spesso invana, di fonti per le analisi e nel viaggio verso la degustazione di insetti che mi ha consentito di trasformarmi per una sera in entomofago.

