

# TECNICA MOLITORIA

sili - molini - mangimifici - pastifici



La nostra passione per la pasta arriva ovunque.



*Buone Feste,  
La Pasta*



*Niccolai Trafile  
Via Cardarelli, 19  
51100 Pistoia  
Italy*

*www.niccolai.com*



NICCOLAI TRAFILE



CHIRIOTTI EDITORI



ISSN 00040-1867

# Uso degli INSETTI nell'ALIMENTAZIONE di PESCI e POLLI - Parte II

## *Insects in fish and poultry feeding - Part II*

Parole chiave: mangimi, farine di larve di insetto, monogastrici, acquacoltura, specie ittiche, avicoli, proteine animali trasformate (PAT)

*Keywords: feeds, insect larvae meals, monogastric livestock, aquaculture, poultry, transformed animal proteins (TAP)*

**LAURA GASCO<sup>1\*</sup> - ACHILLE SCHIAVONE<sup>2</sup> - GIULIANA PARISI<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari (DISAFA) - Università degli Studi di Torino - Largo Paolo Braccini 2 - 10095 Grugliasco (TO) - Italia

<sup>2</sup>Dipartimento di Scienze Veterinarie (DSV) - Università degli Studi di Torino - Largo Paolo Braccini 2 - 10095 Grugliasco (TO) - Italia

<sup>3</sup>Dipartimento Scienze delle Produzioni Agroalimentari e dell'Ambiente (DISPAA) - Università degli Studi di Firenze - Piazzale delle Cascine 18 - 50144 Firenze - Italia

\*[laura.gasco@unito.it](mailto:laura.gasco@unito.it)



## SOMMARIO

L'aumento dei consumi dei prodotti di origine animale, legato alla prevista crescita demografica da ora al 2050, richiede un approccio innovativo ed ottimizzato all'alimentazione animale e alla selezione di nuove fonti proteiche al fine di sviluppare mangimi ecosostenibili, in grado di garantire la sostenibilità delle produzioni zootecniche e di salvaguardare le risorse naturali.

Le farine di insetto sono considerate materie prime innovative molto promettenti in quanto altamente proteiche. In più parti del mondo la loro inclusione negli alimenti zootecnici è consentita e suscita l'interesse di numerosi stakeholder. Tuttavia all'interno della Comunità Europea il loro impiego è ancora vietato.

Nella parte I l'articolo descrive le principali caratteristiche chimiche e nutrizionali delle tre specie ritenute di maggiore interesse per la mangimistica animale (*Tenebrio molitor*, *Hermetia illucens* e *Musca domestica*). Nella parte II lo studio riassume lo stato dell'arte sul loro impiego nell'alimentazione delle specie ittiche e avicole.

## ABSTRACT

The increase in consumption of animal products, linked to the projected population growth from now until 2050, requires a new and optimized approach for animal feed and the selection of new protein sources in order to develop sustainable feeds, able to guarantee the sustainability of livestock production and to safeguard natural resources.

Insect meals are considered as very promising innovative raw materials, due to their high nutritional value and protein content. Their use in animal feed is allowed in several parts of the world and arouses the interest of many stakeholders. However, within the European Community their use is still prohibited.

Part I of this article describes the main chemical and nutritional characteristics of the three species considered of great interest for animal feeding (*Tenebrio molitor*, *Hermetia illucens* and *Musca domestica*) while Part II summarizes the state of the art of their use as a component in the fish and poultry diets.

## INSETTI PER L'ACQUACOLTURA

In acquacoltura alcune prove su pesci hanno mostrato la possibilità dell'uso di farine di larve di insetti. I risultati sono stati variabili a seconda del tipo di larva utilizzata, del suo stato (fresca o essiccata, intera, macinata, sgrassata), del processo di ottenimento della stessa (essiccazione al sole o mediante trattamenti termici) e, naturalmente, della specie ittica oggetto della sperimentazione.

### *Tenebrio molitor*

*Tenebrio molitor* (TM) è stato oggetto di alcune prove di accrescimento che hanno messo in evidenza come la sua inclusione nei mangimi o in alternanza con diete basali può portare a risultati interessanti (tab. 1). Ad esempio, pesci gatto africani alimentati in modo alterno con mangime commerciale o larve di TM sminuzzate, pur non evidenziando differenze per quanto attiene gli accrescimenti, hanno mostrato una migliore efficienza proteica rispetto a pesci alimentati con il solo mangime pellettato (Ng *et al.*, 2001). Se invece i pesci venivano alimentati unicamente con larve, i parametri produttivi erano peggiorati, suggerendo quindi un deficit di qualche principio nutritivo nelle sole larve. Gli stessi Autori hanno rilevato un contenuto lipidico maggiore nei pesci alimentati con le sole larve o con l'alternanza dieta commerciale/TM, rispetto ai pesci alimentati con il solo mangime commerciale, in relazione all'elevato contenuto in grassi delle larve (Ng *et al.*, 2001). Nel pesce gatto africano, bassi livelli di inclusione (9%) di farina di larve essiccate al sole (20% di sostituzione della farina di pesce, FP) nei mangimi sono risultati ottimali per gli accrescimenti (significativamente più elevati rispetto al mangime di controllo). Fi-



Tabella 1 - *Tenebrio molitor* nell'alimentazione di alcune specie ittiche (modificata da Henry *et al.*, 2015).

Specie	Nome comune	Nome scientifico	Taglia, g (PI-PF) (*)	Trattamento larve	% proteica della dieta di controllo	% FP nella dieta di controllo	Risposta di accrescimento (incremento peso) alla sostituzione della FP (**)			Riferimento
							Aumento	Invariato	Diminuzione	
Pesce gatto africano		<i>Clarias gariepinus</i>	11-70	Larve sminuzzate fresche	34 (SS)		50% larve + 50% controllo; 100% larve		Ng <i>et al.</i> (2001)	
Pesce gatto africano		<i>Clarias gariepinus</i>	5,1-32	Farina di larve essiccate al sole	40	35	ID=17-26%; FP=40-60%	ID=35-43%; FP=80-100%	Ng <i>et al.</i> (2001)	
Pesce gatto		<i>Ameiurus melas</i>	0,2-5,1	Farina di larve essiccate in stufa	51	50		ID=50%; FP=100%	Roncarati <i>et al.</i> (2014, 2015)	
Trota iridea		<i>Oncorhynchus mykiss</i>	116-313	Farina di larve essiccate in stufa	45	75	ID=19-38%; FP=25-50%		Gasco <i>et al.</i> (2014b)	
Spigola		<i>Dicentrarchus labrax</i>	5-22	Farina di larve essiccate in stufa			FP=25%	ID=35%; FP=50%	Gasco <i>et al.</i> (2014a)	
Orata		<i>Sparus aurata</i>	45-88	Farina di larve essiccate in stufa			ID=12,5%; FP=25%	ID=25%; FP=50%	Piccolo <i>et al.</i> (2014)	

(\*) = Taglia pesci; PI: Peso iniziale; PF: Peso finale.

(\*\*) = ID: % inclusione nella dieta; FPs: % sostituzione della farina di pesce.

no ad un'inclusione del 26% i parametri produttivi non sono stati modificati rispetto al controllo mentre livelli più elevati (34-43%, corrispondenti ad una sostituzione della FP pari all'80 e al 100%) hanno sensibilmente peggiorato tutti gli indici (Ng *et al.*, 2001). Lavorando con avannotti, Roncarati *et al.* (2015) hanno mostrato che la totale sostituzione della farina di pesce con farina di larve di TM ha diminuito gli accrescimenti di pesce gatto comune mentre Piccolo *et al.* (2014) sulla spigola hanno avuto buoni risultati quando la farina di pesce è stata sostituita fino ad un livello del 25%. Livelli più elevati sono risultati meno adeguati probabilmente a causa di alcune carenze in acidi grassi essenziali. Con la trota iridea invece (Gasco *et al.*, 2014b) livelli di sostituzione fino al 50% non hanno evidenziato differenze per quanto attiene i parametri zootecnici. In tutte le prove il profilo in acidi grassi è risultato fortemente modificato, con una riduzione degli AGPI n3.

### *Hermetia illucens*

La farina di larva di *Hermetia illucens* (HI) è stata oggetto di studio per via dell'eccezionale capacità delle larve di accrescersi su scarti organici, conferendo a tale farina una valenza di maggiore sostenibilità (tab. 2). Così come evidenziato per



Tabella 2 - *Hermetia illucens* nell'alimentazione di alcune specie ittiche (modificata da Henry *et al.*, 2015).

Specie		Taglia, g (PL-PF) (*)	Trattamento larve	% proteica della dieta di controllo	% FP nella dieta di controllo	Risposta di accrescimento (incremento peso) alla sostituzione della FP (**)			Riferimento
Nome comune	Nome scientifico					Aumento	Invariato	Diminuzione	
Pesce gatto maculato	<i>Ictalurus punctatus</i>	120 n.d.	Larve intere o sminuzzate fresche	37,5	-		ID=100%	Bondari e Sheppard (1987)	
Pesce gatto maculato	<i>Ictalurus punctatus</i>	186 n.d.	Farina essiccata	30	10		ID= dieta basale + 10% HI; FPS=100%	Bondari e Sheppard (1987)	
Pesce gatto maculato	<i>Ictalurus punctatus</i>	-	Farina essiccata di prepupe				ID= 6%; FPS=25%	Newton <i>et al.</i> (2005)	
Tilapia (blu)	<i>Oreochromis aureus</i>	32-105	Larve intere o sminuzzate fresche	37,5	-		ID=100% intero o sminuzzate	Bondari e Sheppard (1987)	
Trota iridea	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	146-231	Larve liofilizzate macinate	46	29		ID= 16-33%; FPS=25-50%	Sealey <i>et al.</i> (2011)	
Trota iridea	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	146-250	Larve liofilizzate macinate allevate su letame + scarti pesce (arricchite in n3)	46	29		ID= 18-36%; FPS=25-50%	Sealey <i>et al.</i> (2011)	
Trota iridea	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	342-2396	Larve essiccate al fomo	39	36		ID= 15%; FPS=25%	St-Hilaire <i>et al.</i> (2007b)	
Salmone atlantico	<i>Salmo salar</i>	250-550	Farina leggermente sgrassata - essiccata a basse temperature	46	20		ID=5-10-25%; FPS=25-50-100%	Lock <i>et al.</i> (2014)	
Salmone atlantico	<i>Salmo salar</i>	250-550	Farina altamente sgrassata	46	20		ID=5-25%; FPS=25-50%	Lock <i>et al.</i> (2014)	
Rombo	<i>Psetta maxima</i>	55 n.d.	Farina larve essiccate	55	69		ID=17-33-49-64-76%; FPS=18-36-52-69-82	Kroeckel <i>et al.</i> (2012)	
Trota iridea	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	179-550	Larve essiccate al fomo e sgrassate	45	60		ID=20-40%; FPS=25-50%	Gasco <i>et al.</i> , dati non ancora pubblicati	

(\*) = Taglia pesci; PL: Peso iniziale; PF: Peso finale; n.d.: non disponibile.

(\*\*) = ID: % inclusione nella dieta; FPS: % sostituzione della farina di pesce.



# Mangimi

TM, la metodologia di preparazione della farina influisce in modo sostanziale sui risultati ottenuti. In via generale, la sostituzione della farina di pesce con farina di *H. illucens* è più elevata quando viene utilizzata una farina sgrassata. Ad esempio parametri di accrescimento analoghi a quelli delle diete di controllo sono stati ottenuti con diversi livelli di inclusione nella dieta per pesce gatto (6%; Newton *et al.*, 2005), nella trota iridea (15%; St-Hilaire *et al.*, 2007) e nel salmone atlantico (5-25%; Lock *et al.*, 2014). Livelli più elevati (12-30% di inclusione) hanno portato ad una riduzione dei parametri produttivi nel pesce gatto, nella trota e nel rombo (Newton *et al.*, 2005; St-Hilaire *et al.*, 2007; Kroeckel *et al.*, 2012), tranne quando le larve erano state allevate su substrato arricchito con scarti di macellazione dei pesci. In questo caso, nella trota iridea il livello di inclusione è arrivato al 36% (Sealey *et al.*, 2011). Per quanto attiene le proprietà organolettiche, mentre Bondari e Sheppard (1981) hanno riportato una diminuzione dell'apprezzamento dei filetti di tilapia o pesce gatto alimentati con sole larve di HI a causa di spiccate differenze di aroma, nessuna differenza è stata messa in evidenza nell'indagine gustativa che ha messo a confronto i filetti ottenuti da trote alimentate con mangime commerciale o da trote alimentate con farina di larve di HI prodotte o meno su substrato arricchito (Sealey *et al.*, 2011), come pure nell'indagine effettuata su salmone atlantico (Lock *et al.*, 2014).

## *Musca domestica*

Per quanto attiene alla mosca domestica (MD), le ricerche sono state principal-

mente condotte in Africa con specie ittiche di acqua calda. I risultati sono stati economicamente interessanti (Fasakin *et al.*, 2003; Aniebo *et al.*, 2009; Adewolu *et al.*, 2010; Makkar *et al.*, 2014), anche se variabili in relazione alla modalità di allevamento e di trattamento delle larve (**tab. 3**). In particolare, cinque studi hanno evidenziato risultati superiori nelle diete contenenti larve di mosche nella loro forma intera o in farina. Infatti, Oyelese (2007) ha dimostrato che la distribuzione di larve vive in sostituzione del 50% della dieta commerciale a pesci gatto africani induceva parametri produttivi superiori a quelli ottenuti con l'impiego della dieta commerciale, mentre livelli superiori portavano ad un peggioramento di tutti gli indici. L'alimentazione di *Clarias anguillaris* con larve intere congelate è risultata in accrescimenti migliori rispetto a una dieta commerciale e un'altra contenente farina di estrazione di soia (Achionye-Nzeh e Ngwudo, 2003). In uno studio condotto su Tilapia del Nilo, in cui il 50% di FP veniva sostituito con farina di larve (essiccate al sole), Ajani *et al.* (2004) hanno ottenuto accrescimenti superiori rispetto alla dieta di controllo e analoghi nel caso di sostituzione al 100%. Risultati positivi sono stati anche riportati da Ming *et al.* (2013) sulla carpa nera, nonché da Sogbesan *et al.* (2006) su ibridi di pesce gatto, dove la sostituzione della FP è arrivata al 25%. La mosca comune è stata anche studiata nell'alimentazione della trota iridea ma con scarso successo, poiché un'inclusione pari al 9,2% ha portato a una diminuzione dei parametri produttivi nonché ad un peggioramento qualitativo (profilo lipidico) dei filetti (St-Hilaire *et al.*, 2007).



Tabella 3 - *Musca domestica* nell'alimentazione di alcune specie ittiche (modificata da Henry *et al.*, 2015).

Specie		Taglia, g (PI - PF) (*)	Trattamento larve	% proteica della dieta di controllo	% FP nella dieta di controllo	Risposta di accrescimento (incremento peso) alla sostituzione della FP (**)			Riferimento
Nome comune	Nome scientifico					Aumento	Invariato	Diminuzione	
Pesce gatto africano	<i>Clarias gariepinus</i>	1,4-3,5	Farina di larve sgrassata o meno, essiccate in stufa o al sole	40	25	ID = 50% pellet + 50% larve	ID = 27% sgrassata, stufa o 32% sole; FPs = 100%	ID = 33,5% stufa - 35% sole FPs = 100%	Fasakin <i>et al.</i> (2003)
Pesce gatto africano	<i>Clarias gariepinus</i>	110-230	Larve vive	35	3,5	ID = 50% pellet + 50% larve	ID = 25% pellet + 75% larve; 100% larve	ID = 25% pellet + 75% larve; 100% larve	Oyetese (2007)
Pesce gatto africano	<i>Clarias gariepinus</i>	-	Farina di larve	-	-		ID = 12,5-25%; FPs=50-100%		Nsofor <i>et al.</i> (2008)
Pesce gatto africano	<i>Clarias gariepinus</i>	-	Farina di larve		0		ID=1,5-50%	ID=100%	Idowu <i>et al.</i> (2003)
Pesce gatto africano	<i>Clarias gariepinus</i>	10-274	Farina larve essiccate al sole	41	25		ID=12,5-25%; FPs=50-100%		Aniebo <i>et al.</i> (2009)
Pesce gatto africano	<i>Clarias gariepinus</i>	Avamotti		-	25		ID=12,5-25%; FPs=50-100%		Aniebo <i>et al.</i> (2011)
-	<i>Mylopharyngodon piceus</i>	72 n.d.	Farina di larve	-	-		dieta basale + 2,5%		Ming <i>et al.</i> (2013)
-	<i>Carassius gibelio</i>	12,2-21,2	Farina di larve				ID = 39%; FPs=71%		Dong <i>et al.</i> (2013)
-	<i>Clarias anguillaris</i>	5,5-105	Larve intere congelate	-	0	ID=100%			Achionye-Nzeh e Ngwudo (2003)
-	<i>Heterobranchius longifili</i>	0,04-2,2	Larve essiccate al sole	35	0		ID = 81%		Ossey <i>et al.</i> (2012)
-	<i>Heteroclinus</i>	1,7-5,4	Larve sbollentate + essiccate al sole	40	30		ID=15-22,5%; FPs=50-75%	ID=30%; FPs=100%	Sogbesan <i>et al.</i> (2006)
Tilapia del Nilo	<i>Oreochromis niloticus</i>	10,7-19,9	Farina di larve	35	49		ID=5%; FPs=25%		Omyinmi e Olaye (2012)
Tilapia del Nilo	<i>Oreochromis niloticus</i>	5,8 n.d.	Farina di larve essiccate al sole	30	-		FPs=25-75-100%		Ajani <i>et al.</i> (2004)
Trota iridea	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	342-2396	Farina di larve essiccate in stufa	39	36			ID=9,2%; FPs=25%	St-Hilaire <i>et al.</i> (2007b)

(\*) = Taglia pesci; PI: Peso iniziale; PF: Peso finale; n.d.: non disponibile.

(\*\*) = ID: % inclusione nella dieta; FPs: % sostituzione della farina di pesce.



## INSETTI PER L'AVICOLTURA

La documentazione dell'impiego delle farine di *T. molitor*, *H. illucens* e *M. domestica* per l'alimentazione degli avicoli è allo stato attuale piuttosto limitata ancorché promettente. I dettagli riferiti al loro impiego sono riassunti nella **tab. 4**.

Le larve vive possono rappresentare un interessante apporto nutritivo in supplemento alla dieta di razze avicole locali nei Paesi in via di sviluppo. Ad esempio Dankwa *et al.* (2002) hanno dimostrato che aggiungere quotidianamente la dieta basale dei polli con 30-50 g/pollo di larve vive di MD raccolte nel letamaio può risultare in un miglioramento degli indici di accrescimento, nonché in un aumento dei parametri riproduttivi. Risultati analoghi sono stati ottenuti da Ekoue e Hadzi (2000).

Nei broiler, le prove realizzate fino ad ora indicano che la farina di MD può sostituire totalmente o parzialmente le fonti proteiche convenzionali, anche se i migliori risultati sono stati ottenuti con livelli di inclusione nelle diete non superiori al 10%. Le larve di TM hanno un valore nutritivo molto simile a quello della soia e quindi si adattano molto bene all'alimentazione dei polli, anche se mostrano un leggero deficit in metionina (aminoacido più frequentemente limitante nelle diete vegetali per gli avicoli) (Ramos-Elorduy *et al.*, 2002) nonché un basso contenuto in calcio, che può però essere modulato attraverso il substrato di allevamento (Anderson, 2000). Diete con livelli di inclusione di farina di larve di TM pari al 10% (su una dieta basale contenente farina di estrazione di soia e sorgo) sono state utilizzate nei broiler senza peggiorare parametri quali il consumo di alimento, gli accrescimenti o l'efficienza alimentare

(Ramos-Elorduy *et al.*, 2002). Ballitoc e Sun (2013), sostituendo a una dieta standard per broiler differenti livelli di farina di TM (5, 10 e 20%), hanno messo in evidenza che la sostituzione del 10% ha determinato migliori performance di crescita e di macellazione. Analogamente, diete basali contenenti 25% di farina di TM sono risultate idonee nei polli alimentati per brevi periodi (Schiavone *et al.*, 2014). La sostituzione totale della farina di soia con farina di larve di TM nell'ultima fase di allevamento di polli da carne non ha evidenziato differenze nei parametri zootecnici (Bovera *et al.*, 2015). Le informazioni relative all'uso di farina di larve di TM nelle galline ovaiole sono molto limitate e la bibliografia risulta scarsamente reperibile. Nella loro review, Makkar *et al.* (2014) riportano come le larve di TM siano risultate idonee per le galline ovaiole (Giannone, 2003), così come sembra che l'inclusione di larve essiccate macinate in sostituzione delle farine proteiche vegetali (soia, colza e cotone) abbia portato ad un aumento (+2,4%) del tasso di deposizione di uova (Wang *et al.*, 1996).

Come componente di una dieta completa, la farina di larve di HI ha mostrato di sostenere in modo adeguato gli accrescimenti dei polli evidenziando indici di ingestione inferiori e quindi indici di conversione alimentare migliorati (Hale *et al.*, 1973).

Nelle galline ovaiole, un aumento del numero di uova e della percentuale di schiusa è stata ottenuta da Ernst *et al.* (1984) così come da Agundabiade *et al.* (2007) (5% inclusione), che non hanno evidenziato nessun effetto negativo sulla produzione di uova o sulla qualità del guscio. Livelli più elevati di sostituzione della FP (100%) hanno tuttavia portato ad una drastica diminuzione della produzione di uova.



Tabella 4 - *Tenebrio molitor*, *Hermetia illucens* e *Musca domestica* per l'avicoltura

Nome scientifico	Specie		Trattamento larve	Prova	Principali risultati	Riferimento
	Nome comune					
<i>T. molitor</i>	Pollo da carne		Farina di larve essiccate	Sostituzione totale della FS negli ultimi 32 giorni di alimentazione	Nessuna differenza dei parametri zootecnici	Bovera <i>et al.</i> (in stampa)
<i>T. molitor</i>	Pollo da carne		Farina di larve essiccate	0, 0,5% 1,0% 2,0% 10,0% di inclusione nella dieta (sul tal quale)	Peso vivo finale ed indice di conversione migliorati	Ballitoc e Sun (2013)
<i>T. molitor</i> e <i>H. illucens</i>	Pollo da carne		Farina di larve essiccate ( <i>T. molitor</i> e <i>H. illucens</i> ) non sgrassate	Valutazione della digeribilità (determinazione energia metabolizzabile); 25% sostituzione di una dieta base	Ottima digeribilità dei principi nutritivi (proteina, grasso, materia organica) ed elevato contenuto energetico	De Marco <i>et al.</i> (2014); Schiavone <i>et al.</i> (2014)
<i>H. illucens</i>	Pollo da carne		Farina di larve	Sostituzione parziale della FS	Accrescimenti leggermente inferiori (non significativi) ma minore consumo di alimento	Hale <i>et al.</i> (1973)
<i>M. domestica</i>	Tacchino		Farina di larve essiccate	Non viene specificato il livello di inclusione	Ottima digeribilità dei principi nutritivi	Zuidhof <i>et al.</i> (2003)
<i>M. domestica</i>	Pollo da carne		Farina di larve essiccate	5,0% 10,0% 15,0% e 20,0%	Incremento del peso vivo ma non dell'indice di conversione alimentare	Hwangbo <i>et al.</i> (2009)
<i>M. domestica</i>	Galline ovaiole			Sostituzione della farina di carne e ossa	Miglioramento delle rese di macellazione e del contenuto in lisina e triptofano del petto	Ernst <i>et al.</i> (1984)
<i>M. domestica</i>				Sostituzione 50% FP con MD (5% inclusione nella dieta)	Nessun effetto su colore e contenuto proteico della carne, e grasso addominale	Agundabiade <i>et al.</i> (2007)
<i>M. domestica</i>	Razze locali		Larve vive	Supplementazione della dieta basale con 30-50 g / giorno/ pollo	Miglioramento dei parametri di accrescimento e riproduttivi	Dankwa <i>et al.</i> (2002)
<i>T. molitor</i>	Pollo da carne		Farina di larve	10% inclusione nella dieta	Parametri produttivi equivalenti al controllo	Ramos-Elorduy <i>et al.</i> (2002)



# Mangimi

Dati precisi sull'energia metabolizzabile delle farine di insetto possono contribuire in modo sostanziale alla loro inclusione nelle diete per polli. A tale proposito valori pari a 17,9 MJ/kg SS e a 14,2 MJ/kg SS sono stati riportati da Zuidhof *et al.* (2003) e da Pretorius (2011), per le larve di MD, così come Schiavone *et al.* (2014) hanno riportato valori di energia metabolizzabile (AMEn) pari a 16,02 e 16,60 per la farina di larva di TM (al 28% di lipidi) e quella di HI (al 34,3% di lipidi). La variazione dei valori è da imputarsi principalmente al contenuto lipidico e di chitina, tuttavia tutti i valori permangono in un range omogeneo.

## CONCLUSIONI

I recenti sviluppi della ricerca mostrano come gli insetti commestibili siano una promettente scelta per la produzione di proteine, sia per il consumo umano diretto che per l'uso indiretto come materia prima nella preparazione dei mangimi. Tuttavia è ancora necessaria una grande mole di lavoro multidisciplinare da parte dei ricercatori, cosa che richiederà ancora molti anni prima di poter sfruttare completamente il potenziale nutrizionale che gli insetti offrono.

In futuro, data la previsione di crescita dei prezzi per le proteine animali, gli insetti potranno diventare una fonte economica di proteine alternative a quelle provenienti dall'allevamento di bestiame o dalla pesca. Affinché questo si verifichi, ci sarà bisogno di una significativa innovazione tecnologica, di maturazione nelle preferenze dei consumatori, di adattamenti dell'attuale legislazione relativa agli alimenti ed ai mangimi, e quindi di una produzione alimentare più sostenibile.

Gli insetti possono contribuire alla disponibilità alimentare ed a colmare in maniera sostenibile la carenza di proteine, dato il loro elevato valore nutritivo, le basse emissioni di gas serra, le modeste richieste di terreno e di acqua, l'alta efficienza con la quale possono convertire il loro substrato alimentare in massa corporea. La produzione di biomassa da insetti ed il loro utilizzo come materia prima per i mangimi destinati all'allevamento animale, inclusi i pesci, può avvenire con la biodegradazione di letame, il compostaggio e la sanificazione dei rifiuti. Gli insetti possono in parte sostituire gli ingredienti proteici sempre più costosi usati nei mangimi destinati al bestiame, inclusi pollame e pesci (van Huis, 2013). Considerando che gli insetti fanno già parte della dieta umana in molti Paesi, si tratta di rivalutare il loro potenziale alimentare. La cattura sostenibile di insetti commestibili in natura richiede strategie di conservazione delle risorse naturali e l'adozione di misure di contenimento dei danni dovuti alla manipolazione del loro habitat possono aumentare l'abbondanza e l'accessibilità delle popolazioni di insetti. Deve inoltre essere sfruttata la possibilità di controllo simultaneo degli insetti parassiti tramite la loro raccolta per ottenerne alimento o mangime. Bisogna poi mettere a punto e sviluppare semplici procedure di allevamento di alcune specie di insetti promettenti. La biodisponibilità di micronutrienti (in particolare di ferro e zinco) presenti negli insetti commestibili necessita di ulteriori indagini in modo da valorizzarne le potenzialità, data la forte carenza da questi minerali nelle regioni tropicali.

Nel mondo occidentale l'accettabilità degli insetti da parte dei consumatori sarà determinata dalla combinazione di diversi fat-



tori. Questi ultimi intuitivamente non sono solo economici o ambientali, ma anche socio-culturali. Costruire una “consumer acceptance and perception” riferita agli insetti sarà un percorso lungo, articolato e complicato, che richiederà oltre ad una forte componente di ricerca e sviluppo anche forti elementi di comunicazione e di educazione. Ad esempio, sono necessarie tecniche di conservazione e di trasformazione degli insetti commestibili per aumentarne la durata di conservazione, preservarne la qualità e aumentare l'accettabilità dei prodotti alimentari a base d'insetti. Sono necessarie anche procedure di elaborazione per trasformare gli insetti in farine per l'alimentazione animale o per l'estrazione di proteine da utilizzare poi come ingredienti nell'industria alimentare, il tutto opportunamente comunicato e veicolato al consumatore ed alla società (Pinotti *et al.*, 2014). Considerando l'immensa quantità di biomassa d'insetti necessaria per sostituire le attuali fonti proteiche, come la farina di pesce e di soia, si rende necessario lo sviluppo di strutture automatizzate per ottenere prodotti stabili, affidabili e sicuri. La sfida per questo nuovo settore sarà quella di garantire la produzione affidabile ed economicamente sostenibile di una biomassa di insetti di alta e costante qualità.

È chiaro che, per consentire tutto ciò, devono essere sviluppati quadri normativi chiari e coerenti. Solo la stretta collaborazione industria-governo-accademia, la cosiddetta *Triple Helix* (Etzkowitz e Leydesdorff, 2000), potrà guidare questa grande innovazione del settore agro-alimentare.

Con il contributo della Commissione ASPA  
(Associazione per la Scienza e le Produzioni Animali):  
“Utilizzo di fonti proteiche innovative  
nell'alimentazione animale”.

## BIBLIOGRAFIA

- Achionye-Nzeh C.G., Ngwudo O.S., 2003. “Growth response of *Clarias anguillaris* fingerlings fed larvae of *Musca domestica* and soyabean diet in the laboratory”. *Biosci. Res. Comm.*, 15, 221-223.
- Adeyolu M.A., Ikenweibe N.B., Mulero S.M., 2010. “Evaluation of an animal protein mixture as a replacement for fishmeal in practical diets for fingerlings of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822)”. *Israeli J. Aquacult. - Bamidgah*, 62, 237-244.
- Agunbiade J.A., Adeyemi O.A., Ashiru O.M., Awojobi H.A., Taiwo A.A., Oke D.B., Adekunmisi A.A., 2007. “Replacement of fish meal with maggot meal in cassava-based layers' diets”. *J. Poult. Sci.* 44, 278-282.
- Ajani E.K., Nwanna L.C., Musa B.O., 2004. “Replacement of fishmeal with maggot meal in the diets of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*”. *World Aquaculture - Baton Rouge* 35(1), 52-55.
- Anderson S.J., 2000. “Increasing calcium levels in cultured insects”. *Zoo Biol.*, 19, 1-9.
- Aniebo A.O., Erondy E. S., Owen O. J., 2009. “Replacement of fish meal with maggot meal in African catfish (*Clarias gariepinus*) diets”. *Revista Científica UDO Agrícola*, 9, 666-671.
- Aniebo A.O., Odukwu C.A., Ebenebe C.I., Ajuogu P.K., Owen O.J., Onu P.N., 2011. “Effect of housefly larvae (*Musca domestica*) meal on the carcass and sensory qualities of the mud catfish (*Clarias gariepinus*)”. *Adv. Food Ener. Sec.*, 1, 24-28.
- Ballitoc D.A., Sun S., 2013. “Ground yellow mealworms (*Tenebrio molitor* L.) feed supplementation improves growth performance and carcass yield characteristics in broiler”. *Open Science Repository Agriculture (open-access)*, e23050425.
- Bondari K., Sheppard D.C., 1981. “Soldier fly larvae as feed in commercial fish production”. *Aquaculture*, 24, 103-109.
- Bondari K., Sheppard D.C., 1987. “Soldier fly, *Hermetia illucens* L., larvae as feed for channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque), and blue tilapia, *Oreochromis aureus* (Steindachner)”. *Aquacult. Fish. Manage.*, 18, 209-220.
- Bovera F., Piccolo G., Gasco L., Marono S., Loponte R., Vassalotti G., Mastellone V., Lombardi P., Attia Y.A., Nizza A. 2015. “Yellow mealworms larvae (*Tenebrio molitor*, L.) as protein source for broilers: effects on growth performance and



# Mangimi

- blood profiles". British Poultry Science. DOI: 10.1080/00071668.2015.1080815.
- Dankwa D., Nelson F.S., Oddoye E.O.K., Duncan J.L., 2002. "Housefly larvae as a feed supplement for rural poultry". Ghana J. Agric. Sci. 35, 185-187.
- De Marco M., Rotolo L., Gasco L., Belforti M., Gai F., Martinez S., Madrid J., Hernandez F., Katz H., Zoccarato I., Schiavone A., 2014. "Apparent digestibility and metabolizable energy of two different insects meal (*Hermetia illucens* and *Tenebrio molitor*) in broiler chickens". 18<sup>th</sup> Congress of the European Society of Veterinary and Comparative Nutrition. 11-13 September, Utrecht, Netherlands.
- Dong G.F., Yang Y.O., Song X.M., Yu L., Zhao T.T., Huang G.L., Hu Z.J., Zhang J.L., 2013. "Comparative effects of dietary supplementation with maggot meal and soybean meal in gibel carp (*Carassius auratus gibelio*) and darkbarbel catfish (*Pelteobagrus vachelli*): Growth performance and antioxidant responses". Aquac. Nutr., 19, 543-554.
- Ekoue S.K., Hadzi Y.A., 2000. "Maggot production as a protein source for young poultry in Togo - preliminary observations". Tropicicultura, 18, 212-214.
- Ernst L., Vagapov R., Pozdeeva E., Zhemchuzhina A., Zvereva E., 1984. "A high-protein feed from poultry manure". Ptitsevodstvo 1, 30.
- Etzkowitz H., Leydesdorff L., 2000. "The dynamics of innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations". Res. Policy 29, 109-123.
- Fasakin E.A., Balogun A.M., Ajayi O.O., 2003. "Evaluation of full-fat and defatted maggot meals in the feeding of clariid catfish *Clarias gariepinus* fingerlings". Aquacult. Res., 34, 733-738.
- Gasco L., Gai F., Piccolo G., Rotolo L., Lussiana C., Molla P., Chatzifotis S., 2014a. "Substitution of fishmeal by *Tenebrio molitor* meal in the diet of *Dicentrarchus labrax* juveniles". In: Vantomme P., Munke C., van Huis A. (Eds.), 1<sup>st</sup> International conference "Insects to Feed the World". Wageningen University, Ede-Wageningen, The Netherlands, pp. 70.
- Gasco L., Belforti M., Rotolo L., Lussiana C., Parisi G., Terova G., Roncarati A., Gai F., 2014b. "Mealworm (*Tenebrio molitor*) as a potential ingredient in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)". In: Vantomme P., Munke C., van Huis A. (Eds.), 1<sup>st</sup> International conference "Insects to Feed the World". Wageningen University, Ede-Wageningen, The Netherlands, pp. 69.
- Giannone M., 2003. "A natural supplement made of insect larvae". Rivista di Avicoltura, 72 (38), 40-41.
- Hale O.M., 1973. "Dried *Hermetia illucens* larvae (Diptera: Stratiomyidae) as a feed additive for poultry". J. Georgia Entomol. Soc., 8, 16-20.
- Henry M., Gasco L., Piccolo G., Fountoulaki, E. 2015. "Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future". Anim. Feed Sci. and Technol., 203, 1-22.
- [http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert\\_paper/How\\_to\\_Feed\\_the\\_World\\_in\\_2050.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf)
- Hwangbo J., Hong E.C., Jang A., Kang H.K., Oh J.S., Kim B.W., Park B.S., 2009. "Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens". J. Environ. Biol., 30(4), 609-614.
- Idowu A.B., Amusan A.A.S., Oyediran A.G., 2003. "The response of *Clarias gariepinus* fingerlings (Burchell 1822) to the diet containing Housefly maggot (*Musca domestica*) (L)". Niger. J. Anim. Prod., 30, 139-144.
- Kroeckel S., Harjes A.G.E., Roth I., Katz H., Wuertz S., Susenbeth A., Schulz C., 2012. "When a turbot catches a fly: evaluation of a pre-pupae meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute - growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*)". Aquaculture, 364/365, 345-352.
- Lock E.J., Arsiwalla T., Waagbø R., 2014. "Insect meal: a promising source of nutrients in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*)". In: Abstract Book Conference Insects to Feed The World, The Netherlands, 14-17 May, p. 74.
- Makkar H.P.S., Tran G., Heuzé V., Ankers P., 2014. "State-of-the-art on use of insects as animal feed". Anim. Feed Sci. Tech., 197, 1-33 <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>.
- Ming J., Ye J., Zhang Y., Yang X., Wu C., Shao X., Liu P., 2013. "The influence of maggot meal and l-carnitine on growth, immunity, antioxidant indices and disease resistance of black carp (*Mylopharyngodon piceus*)". J. Chinese Cereals Oils Assoc., 28, 80-86.
- Newton L., Sheppard C., Watson D.W., Burtle G., Dove R., 2005. "Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure". In: Report for Mike Williams, Director of the Animal and Poultry Waste Management Center. North Carolina State University.
- Ng W.K., Liew F.L., Ang L.P., Wong K.W., 2001. "Potential of mealworm (*Tenebrio molitor*) as an alter-



- native protein source in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus*". *Aquacult. Res.*, 32 (Supplement 1), 273–280.
- Nsofor C.J., Osayamwen E.M., Ewuim S.C., Etaga H.O., 2008. "Effects of varying levels of maggot and fishmeal on food utilization and growth of *Clarias gariepinus* fingerlings reared in net hoppers in concrete ponds". *Nat. Appl. Sci. J.*, 9, 79-84.
- Ogunji J.O., Nimptsch J., Wiegand C., Schulz C., 2007. "Evaluation of the influence of housefly maggot meal (maggot) diets on catalase, glutathione S-transferase and glycogen concentration in the liver of *Oreochromis niloticus* fingerling". *Comp. Biochem. Physiol. A, Molecular & Integrative Physiology*, 147, 942-947.
- Omoyinmi G.A.K., Olaoye O.J., 2012. "Growth performance of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fed diets containing different sources of animal protein". *Libyan Agric. Res. Center J. Int.*, 3, 18-23.
- Ossey Y.B., Koumi A.R., Koffi K.M., Atse B.C., Kouame L.P., 2012. "Use of soybean, bovine brain and maggot as sources of dietary protein in larval *Heterobranchius longifilis* (Valenciennes, 1840)". *J. Anim. Plant Sci.*, 15, 2099-2108.
- Oyelese O.A., 2007. "Utilization of compounded ration and maggot in the diet of *Clarias gariepinus*". *Res. J. Appl. Sci.*, 2, 301-306.
- Piccolo G., Marono S., Gasco L., Iannaccone F., Bovera F., Nizza, A., 2014. "Use of *Tenebrio molitor* larvae meal in diets for gilthead seabream *Sparus aurata* juveniles". In: Vantomme P., Munke C., van Huis A. (Eds.), 1<sup>st</sup> International conference "Insects to Feed the World". Wageningen University, Ede-Wageningen, The Netherlands, pp. 68.
- Pinotti L., Krogdahl A., Givens I., Knight C., Baldi A., Baeten V., Van Raamsdonk L., Woodgate S., Perez Marin D., Luten J., 2014. "The role of animal nutrition in designing optimal foods of animal origin as reviewed by the COST Action Feed for Health (FA0802)". *Bio-technol. Agron. Soc. Environ.*, 18(4), 471-479.
- Pretorius Q., 2011. "The evaluation of larvae of *Musca domestica* (Common house fly) as protein source for broiler production". Thesis M.Sc. Agric., Animal Sciences, University of Stellenbosch, South Africa.
- Ramos-Elorduy J., Avila Gonzalez E., Rocha Hernandez A., Pino J.M., 2002. "Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens". *J. Econ. Entomol.*, 95, 214–220.
- Roncarati A., Gasco L., Parisi G., Terova G., 2014. "Growth performance of common catfish (*Ameiurus melas* Raf.) fingerlings fed insect meal diets". In: Vantomme P., Munke C., van Huis A. (Eds.), 1<sup>st</sup> International conference "Insects to Feed the World". Wageningen University, Ede-Wageningen, The Netherlands, pp. 162.
- Roncarati A., Gasco L., Parisi G., Terova G., 2015. "Growth performance of common catfish (*Ameiurus melas* Raf.) fingerlings fed *Tenebrio molitor* meal diet". *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(3), 233-240.
- Schiavone A., De Marco M., Rotolo L., Belforti M., Martinez Mirò S., Madrid Sanchez J., Hernandez Ruiperez F., Bianchi C., Sterpone L., Malfatto V., Katz H., Zoccarato I., Gai F., Gasco L., 2014. "Nutrient digestibility of *Hermetia illucens* and *Tenebrio molitor* meal in broiler chickens". In: Vantomme P., Munke C., van Huis A. (Eds.), 1<sup>st</sup> International conference "Insects to Feed the World". Wageningen University, Ede-Wageningen, The Netherlands, pp. 73.
- Sealey W.M., Gaylord T.G., Barrows F.T., Tomberlin J.K., McGuire M.A., Ross C., St-Hilaire S., 2011. "Sensory analysis of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fed enriched black soldier fly prepupae, *Hermetia illucens*". *J. World Aquacult. Soc.*, 42, 34–45.
- Sogbesan A.O., Ajuonu N., Musa B.O., Adewole A.M., 2006. "Harvesting techniques and evaluation of maggot meal as animal dietary protein source for *Heteroclaris* in outdoor concrete tanks". *World J. Agric. Sci.*, 2, 394-402.
- St-Hilaire S., Sheppard C., Tomberlin J.K., Irving S., Newton L., McGuire M.A., Mosley E.E., Hardy R.W., Sealey W., 2007. "Fly prepupae as a feedstuff for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*". *J. World Aquacult. Soc.*, 38, 59–67.
- van Huis A., Van Itterbeeck J., Klunder H., Mertens E., Halloran A., Muir G., Vantomme P., 2013. "Edible insects – Future prospects for food and feed security". *FAO Forestry Paper* 171.
- Wang Y.C., Chen Y.T., Li X.R., Xia J.M., Du Q., Sheng Z.C., 1996. "Study on rearing the larvae of *Tenebrio molitor* Linne and the effects of its processing and utilization". *Acta Agriculturae Universitatis Henanensis*, 30, 288–292.
- Zuidhof M.J., Molnar C.L., Morley F.M., Wray T.L., Robinson F.E., Khana B.A., Al-Ani L., Goonewardene L.A., 2003. "Nutritive value of house fly (*Musca domestica*) larvae as a feed supplement for turkey poult". *Anim. Feed Sci. Technol.* 105, 225–230.

