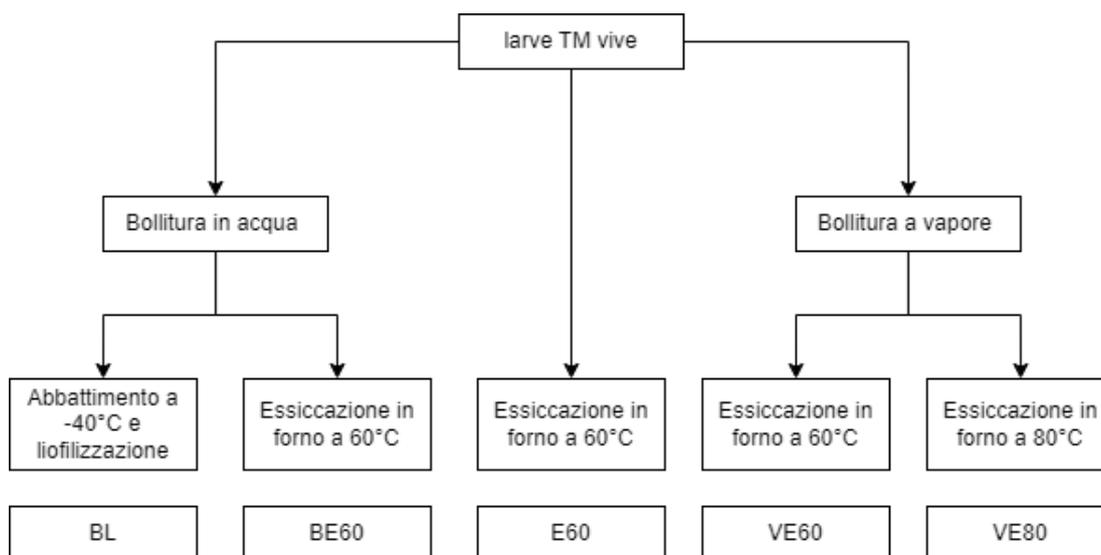


Report Task 3 - "Captive Insects"

Il primo obiettivo del Task 3.1 è stato quello di testare cinque diversi metodi di abbattimento ed essiccazione delle larve di *Tenebrio molitor*, allevate sul substrato identificato nel Task 2.

I metodi scelti sono stati identificati in accordo a quelle che sono le principali metodiche riportate in letteratura e sono stati i seguenti:

- *Blanching* in acqua seguito da congelamento e liofilizzazione (*freeze-drying*) (BL)
- Essiccazione diretta a 60°C (E60)
- *Blanching* seguito da essiccazione a 60°C (BE60)
- *Blanching* con vapore seguito da essiccazione a 60°C (VE60)
- *Blanching* a vapore seguito da essiccazione a 80°C (VE80)



La metodica più semplice, che unisce in un solo passaggio abbattimento ed essiccazione, è stata l'essiccazione diretta a 60°C (E60). Questa rappresenta il metodo che richiede la minor manipolazione dell'insetto e necessita solamente di un forno o un essiccatore. Tuttavia l'abbattimento avviene per calore e potrebbe risultare non rispettoso del benessere animale. Un processo più elaborato consiste nell'abbattimento tramite il blanching in acqua o in alternativa con vapore, ovvero la bollitura per un tempo limitato, che ha lo scopo di abbattere istantaneamente la larva, diminuire la carica microbica e al contempo inattivare gli enzimi responsabili dell'ossidazione del prodotto. Questo processo è comunque seguito da essiccazione in forno (BE60, VE60, VE80).

Figura 1. Alcuni step della processazione delle larve. A sinistra la bollitura, a destra l'essiccazione in



Microbiologia

La carica microbiologica è stata quantificata tramite la conta di enterobatteri, organismi mesofili, lieviti, muffe, *Bacillus cereus* presunto e *Salmonella spp.* Nelle tabelle riportate di seguito sono mostrati inoltre i valori delle conte microbiche relative agli insetti vivi (A), per comparazione.

L'analisi statistica è stata condotta usando il test non parametrico di Kruskal-Wallis, comparando solo i valori relativi alle larve processate.

Conta enterobatteri					
processo	repliche			range	media ± dev.st
A	7,66	6,79	7,2	6,79 - 7,66	7,22 ± 0,36

BL	0	0	0	0 - 0	0 ± 0
BE60	0	0	0	0 - 0	0 ± 0
E60	0	0	0	0 - 0	0 ± 0
VE60	2,86	2,43	2,55	2,43 - 2,86	2,61 ± 0,18
VE80	0	1,61	1,32	0 - 1,61	0,98 ± 0,7

Tabella 1. Conta degli enterobatteri nelle tre repliche, range, media e deviazione standard dei tre valori.

Conta organismi mesofili					
processo	repliche			range	media ± dev.st
A	9,08	8,32	8,63	8,32 - 9,08	8,68 ± 0,31
BL	3,28	2,21	2,05	2,05 - 3,28	2,51 ± 0,55
BE60	2,05	1,32	1,32	1,32 - 2,05	1,56 ± 0,34
E60	0	2,21	2,28	0 - 2,28	1,5 ± 1,06
VE60	3,08	2,46	2,86	2,46 - 3,08	2,8 ± 0,26
VE80	1,32	2,28	2,08	1,32 - 2,28	1,89 ± 0,41

Tabella 2. Conta degli organismi mesofili nelle tre repliche, range, media e deviazione standard dei tre valori.

Conta lieviti					
processo	repliche			range	media ± dev.st
A	3,7	0	0	0 - 3,7	1,23 ± 1,74
BL	0	0	0	0 - 0	0 ± 0
BE60	0	0	0	0 - 0	0 ± 0
E60	0	0	0	0 - 0	0 ± 0
VE60	0	0	0	0 - 0	0 ± 0

VE80	0	0	0	0 - 0	0 ± 0

Tabella 3. Conta dei lieviti nelle tre repliche, range, media e deviazione standard dei tre valori.

Conta muffe					
processo	repliche			range	media ± dev.st
A	5,04	4,18	4,83	4,18 - 5,04	4,68 ± 0,37
BL	0	0	0	0 - 0	0 ± 0
BE60	0	0	0	0 - 0	0 ± 0
E60	0	0	0	0 - 0	0 ± 0
VE60	0	0	0	0 - 0	0 ± 0
VE80	0	0	0	0 - 0	0 ± 0

Tabella 4. Conta delle muffe nelle tre repliche, range, media e deviazione standard dei tre valori.

Tutti i processi sono risultati efficaci nell'abbattere a livelli non quantificabili lieviti, muffe e *Bacillus cereus* presunto. L'abbattimento a vapore seguito da essiccazione a 60°C è l'unico trattamento che ha lasciato una bassa conta di enterobatteri, sebbene la differenza con gli altri metodi non risulti significativa.

I valori massimi per la conta degli enterobatteri riportati nei report EFSA relativi ai *novel food* proposti a base di *T. molitor* sono 2 Log(CFU/g) ad eccezione dei *T. molitor* trattati con raggi UV per cui viene riportato il valore soglia di 10 cfu/g. I risultati ottenuti in questo studio rientrano tutti sotto la soglia dei 2 Log(CFU/g) ad eccezione delle larve bollite col vapore ed essiccate a 60°C.

La carica di mesofili oscilla tra un valore minimo di 0 a uno massimo di 3,28 Log(CFU/g) tra i vari trattamenti. Le differenze non risultano significative ma per quasi tutte le repliche dei vari processi risultano inferiori ai 3 Log(CFU/g). Nei report pubblicati dall'EFSA, vengono riportati valori molto variabili tra i diversi batch testati ma la soglia massima proposta per i *novel food* a base di *T. molitor* è di 5 Log(CFU/g), valore ampiamente al di sopra di quelli trovati in questo progetto.

Per quanto riguarda lieviti e muffe questi sono pressoché assenti (sotto la soglia di quantificazione) per tutti i processi testati, sebbene le larve vive presentino valori maggiori di 4 Log(CFU/g) per le muffe mentre siano presenti solo in una delle repliche eseguite per la ricerca dei lieviti.

Per quanto riguarda *Bacillus cereus* presunto, questo risulta assente dalle larve vive e assente anche in quelle processate nello studio.

Infine anche *Salmonella spp* è stata ricercata in tutti i campioni processati ed è risultata sempre assente.

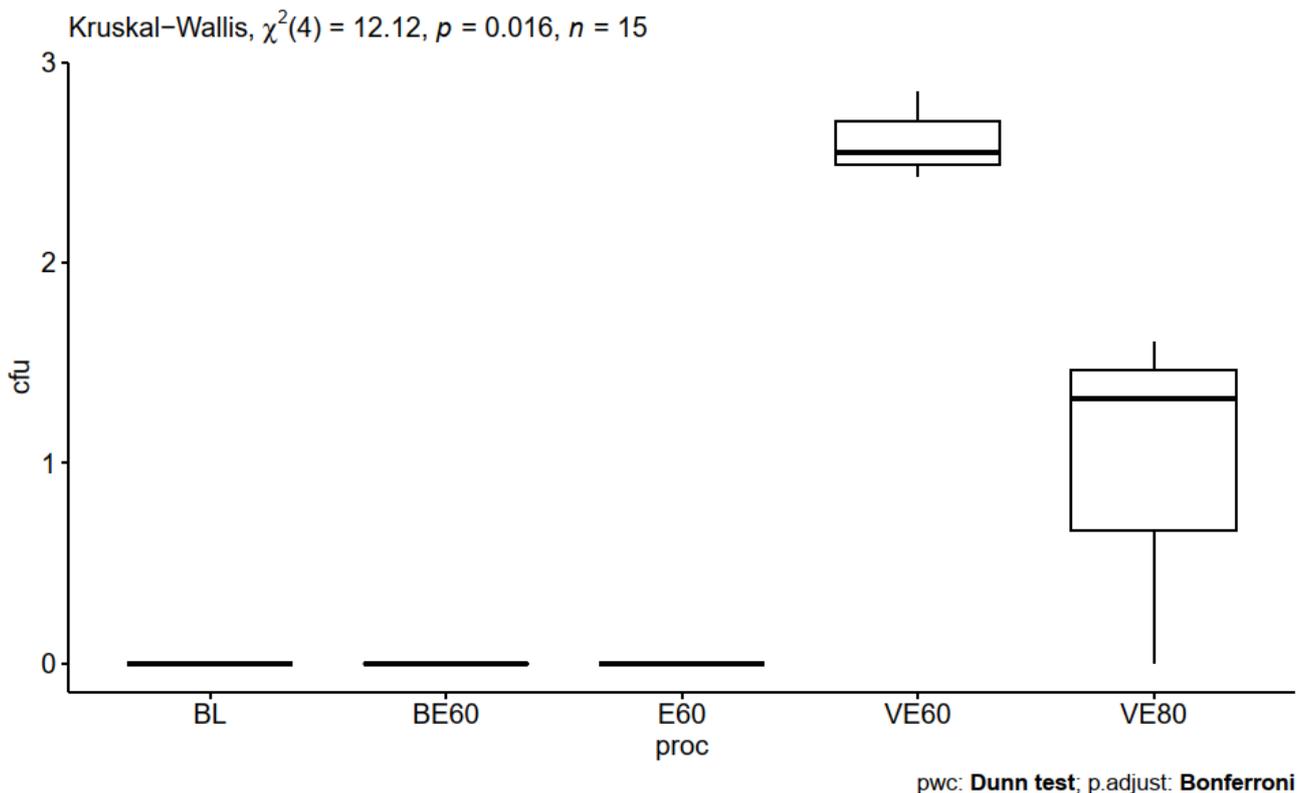


Figura 2. Boxplot delle conte degli enterobatteri (in Log(cfu/g)), per i cinque processi testati.

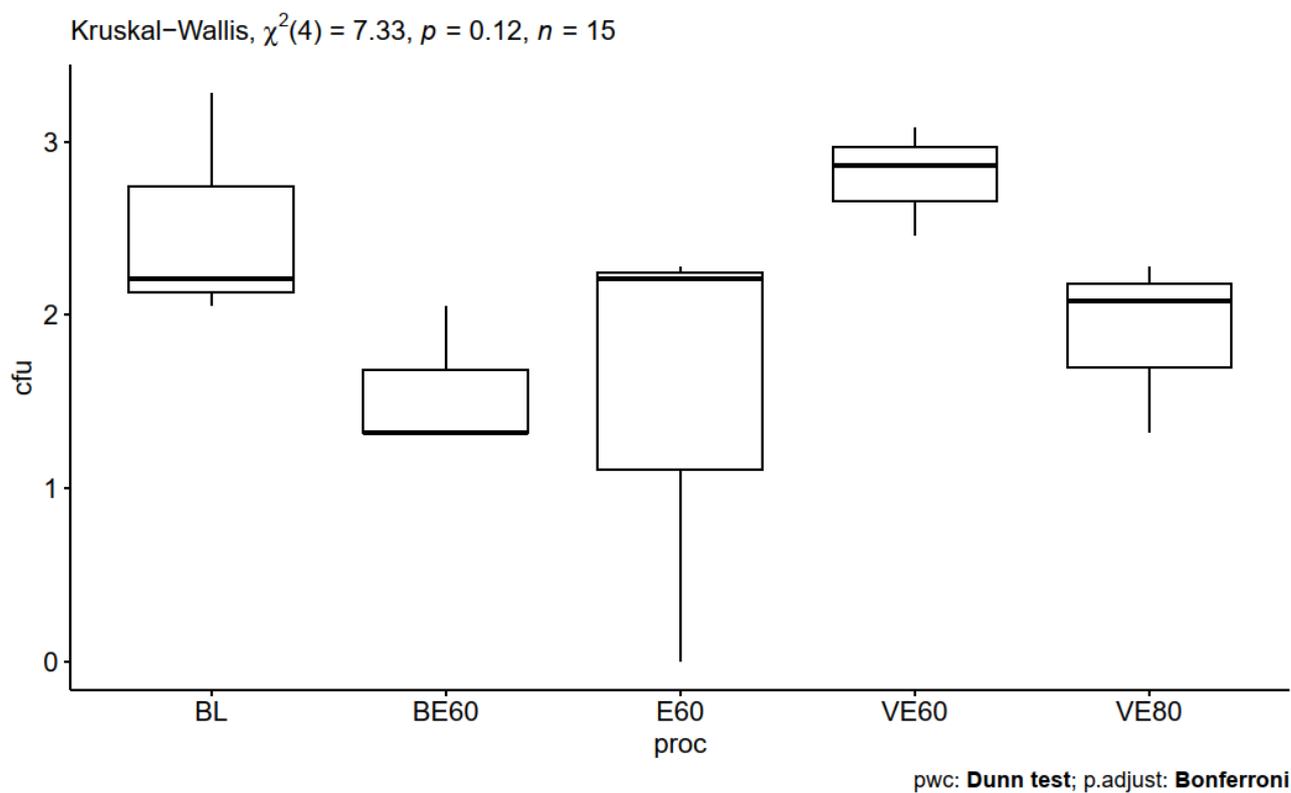


Figura 3. Boxplot delle conte dei mesofili in Log(cfu/g)), per i cinque processi testati.

Perossidi

Il numero dei perossidi è una misura dell'ossidazione lipidica primaria. Negli oli freschi solitamente il valore è inferiore a 10 mEq O₂/Kg, mentre l'irrancidimento avviene tra i 30 e i 40 mEq O₂/Kg. Per *T. molitor* i valori dei report EFSA si attestano sotto i 6 mEq O₂/Kg al tempo 0, valori inferiori a quelli trovati in questo studio. Uno dei possibili motivi per l'occorrenza di valori relativamente alti nei campioni trattati con la metodologia precedentemente descritta potrebbe essere la differente dieta e di conseguenza la diversa composizione in acidi grassi della frazione lipidica delle larve processate nei nostri esperimenti in relazione alle larve esaminate nel report EFSA.

Processo	repliche			range	media(st.dev)
BL	22,2	20	27,3	20 - 27,3	23,17 ± 3,06
BE60	24,8	29,4	19	19 - 29,4	24,4 ± 4,26

E60	18,3	27,7	26,7	18,3 - 27,7	24,23 ± 4,22
VE60	24	25	28,3	24 - 28,3	25,77 ± 1,84
VE80	32	27,7	29,4	27,7 - 32	29,7 ± 1,77

Tabella 5. Valori di perossidi (in mEq/Kg) per le tre repliche, i range e la media con relativa deviazione standard.

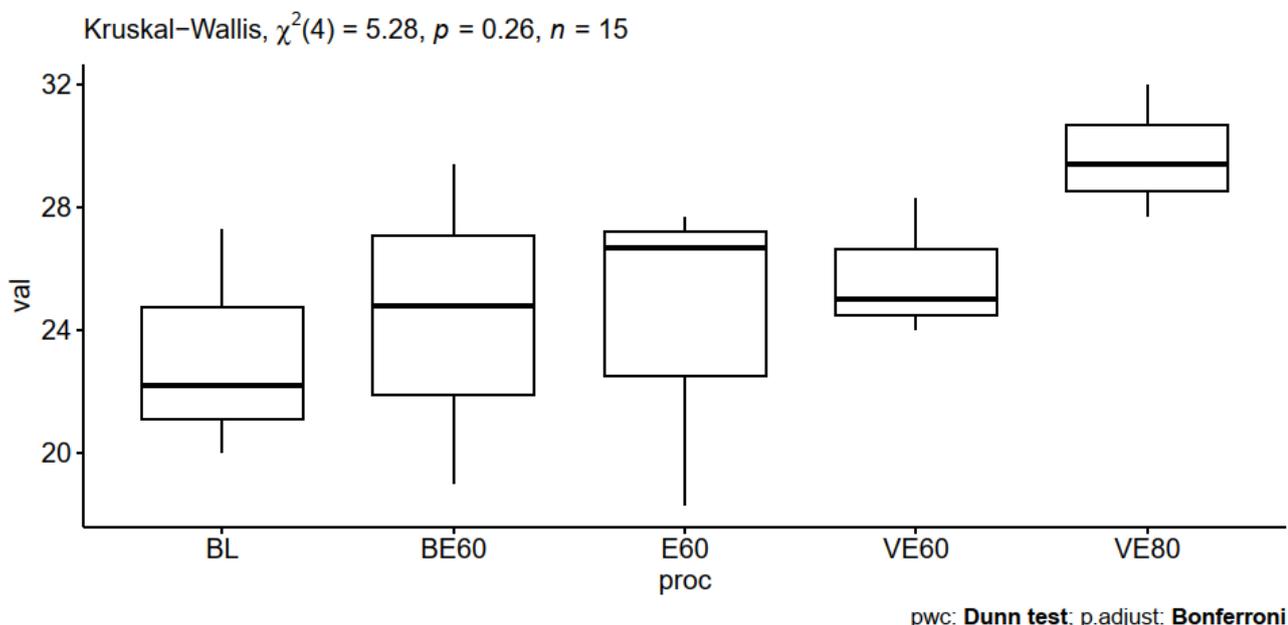


Figura 4. Boxplot dei valori dei perossidi (mEq/kg), per i cinque processi testati.

Dall'analisi statistica non risultano differenze statisticamente significative tra i vari processi, sebbene i valori medi più bassi siano identificati per le larve liofilizzate (BL) ed essiccate a 60° in seguito a bollitura (BE60).

TBARS

Il saggio del TBARS misura la quantità di malondialdeide (mg MDA/Kg) che viene generata dall'ossidazione dei grassi polinsaturi. Tale saggio è, perciò, usato come indice di perossidazione dei lipidi.

Tutti i campioni sono risultati negativi al test del TBARS.

Processo	repliche			range	media(st.dev)
BL	0	0	0	0 - 0	0 ± 0
BE60	0	0	0	0 - 0	0 ± 0
E60	0	0	0	0 - 0	0 ± 0
VE60	0	0	0	0 - 0	0 ± 0
VE80	0	0	0	0 - 0	0 ± 0

Tabella 6. Valori di TBARS in mg MDA/Kg.

TVN

L'azoto basico volatile totale (mg N/100g) è usato come indicatore di freschezza, principalmente dei prodotti ittici, e misura i composti volatili come trimetilammina, ammoniaca e dimetilammina che vengono rilasciati in seguito alle attività distruttive dei microrganismi.

Processo	repliche			range	media(st.dev)
BL	25	28	28	25 - 28	27 ± 1,41
BE60	28	29	32	28 - 32	29,67 ± 1,7
E60	105	103	105	103 - 105	104,33 ± 0,94
VE60	36	34	34	34 - 36	34,67 ± 0,94
VE80	37	2,5	37	2,5 - 37	25,5 ± 16,26

Tabella 7. Valori di TVN per le larve ottenute nei cinque processi testati. I valori sono espressi in mg N/100g

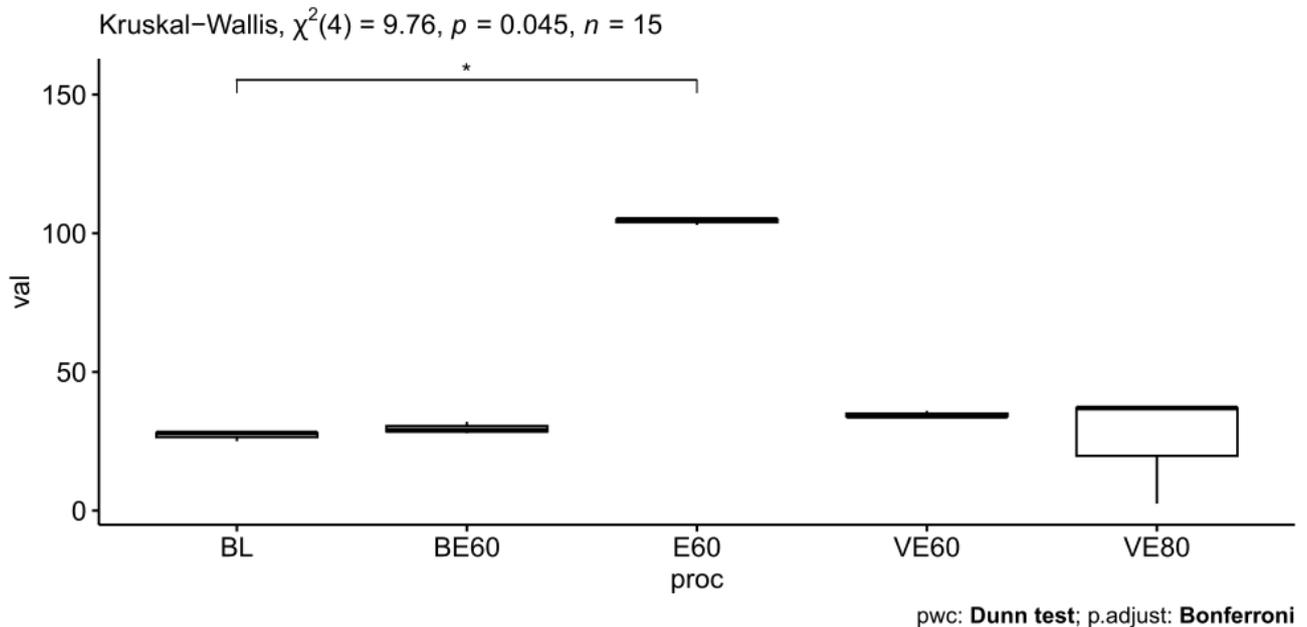


Figura 5. Boxplot dei valori di azoto basico volatile, per i cinque processi testati. con l'asterisco (*) è riportata l'unica differenza significativa, p-value<0.05.

I valori di TVN per i vari processi testati sono comparabili, sebbene l'essiccazione diretta a 60°C presenti valori ben più alti, la differenza risulta statisticamente significativa solo se comparata con il processo di bollitura seguita da liofilizzazione. Da notare che l'essiccazione a 60°C è l'unico processo non preceduto da blanching efficace nell'abbattere la carica batterica per cui l'alto valore di TVN potrebbe essere dovuto all'attività microbica residua.

Colore

L'abbattimento per essiccazione (E60), ha prodotto larve particolarmente scure, di colore tendente al nero, indicativo di un qualche processo ossidativo (Figura 6 a-b). Le larve abbattute con acqua bollente ed essiccate in forno (BE60) hanno invece acquisito un colore marrone (Figura 6 c-d). Anche quelle bollite con l'utilizzo di vapore (VE60 e VE80, non riportate in figura) hanno assunto una colorazione simile. Le larve bollite e liofilizzate (BL) sono quelle dal colore più tenue, molto vicino a quello originale della larva viva, segno che la bollitura è efficace nel bloccare gli enzimi responsabili dell'ossidazione e l'assenza di calore durante l'essiccazione evita qualsiasi forma di scurimento (Figura 6 e-f).



Figura 6. Aspetto dei campioni processati secondo tre delle metodologie testate: a-b: E60, larve e relativa farina; c-d: BE60 larve e relativa farina; e-f: BL, larve e relativa farina.

Conclusioni

Per tutti i microrganismi, le cariche massime appaiono di diversi ordini di grandezza inferiori rispetto a quelle presenti nelle larve vive, a dimostrazione che tutti i processi abbattano significativamente la carica batterica. In quasi tutti i casi i valori trovati rientrano all'interno delle soglie riportate negli articoli pubblicati dall'EFSA relativamente all'utilizzo di *T. molitor* come alimento [4-6]. Per ciò che riguarda lo stato ossidativo delle larve essiccate, il blanching seguito da liofilizzazione (BL) e il blanching seguito da essiccazione a 60°C (BE60) sembrano i processi migliori.

Le larve ottenute dai processi BL e BE60 sono quindi state sottoposte alle prove di spremitura.

Il secondo obiettivo del task 3.1 è stato provare ad ottenere i prodotti d'estrazione, pannello ed olio, dalle larve essiccate con quelli che sono stati valutati come i metodi più plausibili ai fini dell'utilizzo nel settore feed e food.

Sono state, quindi, spremute meccanicamente le larve liofilizzate e quelle essiccate a 60°C in seguito a blanching. La spremitura è avvenuta presso Il CREA Centro di cerealicoltura e colture industriali di Bologna, utilizzando una pressa a vite continua, normalmente utilizzata per la spremitura di semi oleosi.



Figura 7. Spremitura delle larve abbattute mediante blanching e poi essiccate a 60 °C (BE60).

La spremitura delle larve sottoposte a blanching ed essiccazione a 60°C (BE60) è stata solo parziale perché il pannello tendeva ad intasare l'ugello della pressa. Nel caso delle larve liofilizzate non si è invece potuto procedere alla spremitura probabilmente a causa del troppo basso contenuto di acqua del prodotto.

Nonostante le difficoltà nella pressatura del campione BE60, è stato possibile recuperare abbastanza pannello per svolgere le analisi microbiologiche in triplicato e sufficiente olio per determinarne il profilo acido e la carica microbica in singola replica.

Riportiamo di seguito la composizione delle larve e quella del pannello ottenuto dalla spremitura

Analisi	Farina full fat (BE60)			Pannello d'estrazione (BE60)		
	Replica 1	Replica 2	Media	Replica 1	Replica 2	Media
Aw	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
Grassi (% s.s.)	26,8	27,4	25,8	17,2	15,9	16,9
Proteine (6,25) (% s.s)	61,2	59,9	60,8	65,2	65,8	65,5
Proteine (5,60) (% s.s)	54,8	53,7	54,5	58,4	58,9	58,7

Tabella 8. Dati composizionali relativi alle larve essiccate e al pannello ottenibile. La percentuale di proteine è stata ottenuta moltiplicando il valore d'azoto per 6,25 e per il valore alternativo di 5,60.

Il contenuto d'olio di partenza nella farina di *T. molitor* era di circa 27% (su peso secco, calcolato tramite estrazione chimica), valore che si colloca all'interno dell'ampio range di valori riportati in letteratura [7] mentre la percentuale di proteine era circa del 60% se calcolata col classico valore di conversione di 6,25 e del 54% se calcolata col più realistico valore suggerito da Janssen e colleghi [8]. L'utilizzo di due diversi fattori di conversione dell'azoto in proteina è necessaria: il valore 6,25 comunemente usato tenderebbe infatti a sovrastimare il contenuto proteico degli insetti, non tenendo conto dell'azoto presente in altre molecole, come ad esempio nella chitina. Con l'estrazione dell'olio il contenuto proteico del pannello sale leggermente arrivando al 65% (o 58% utilizzando il valore di conversione alternativo).

Il contenuto in olio del pannello si aggira intorno al 17%, segno che l'efficienza di spremitura è stata relativamente bassa: circa il 62% dell'olio è infatti rimasto nel pannello. Inoltre l'olio ottenuto ha necessitato di un'ulteriore fase di centrifugazione per apparire limpido.

A causa delle difficoltà incontrate durante la spremitura la quantità di campione non è stata sufficiente ad eseguire le analisi in triplicato.

Le analisi sono state svolte sia sulle larve bollite ed essiccate a 60°C che sul pannello di estrazione ottenuto dalla loro spremitura. Sull'olio ottenuto, a causa delle difficoltà incontrate nella spremitura, le analisi sono parziali e non in triplicato.

Il profilo acidico dell'olio ottenuto è riportato in figura 8. Tre acidi grassi, palmitico, oleico e linoleico, rappresentano circa l'85% degli acidi grassi identificati e la quantità di acidi grassi insaturi (UFA) è del 66%.

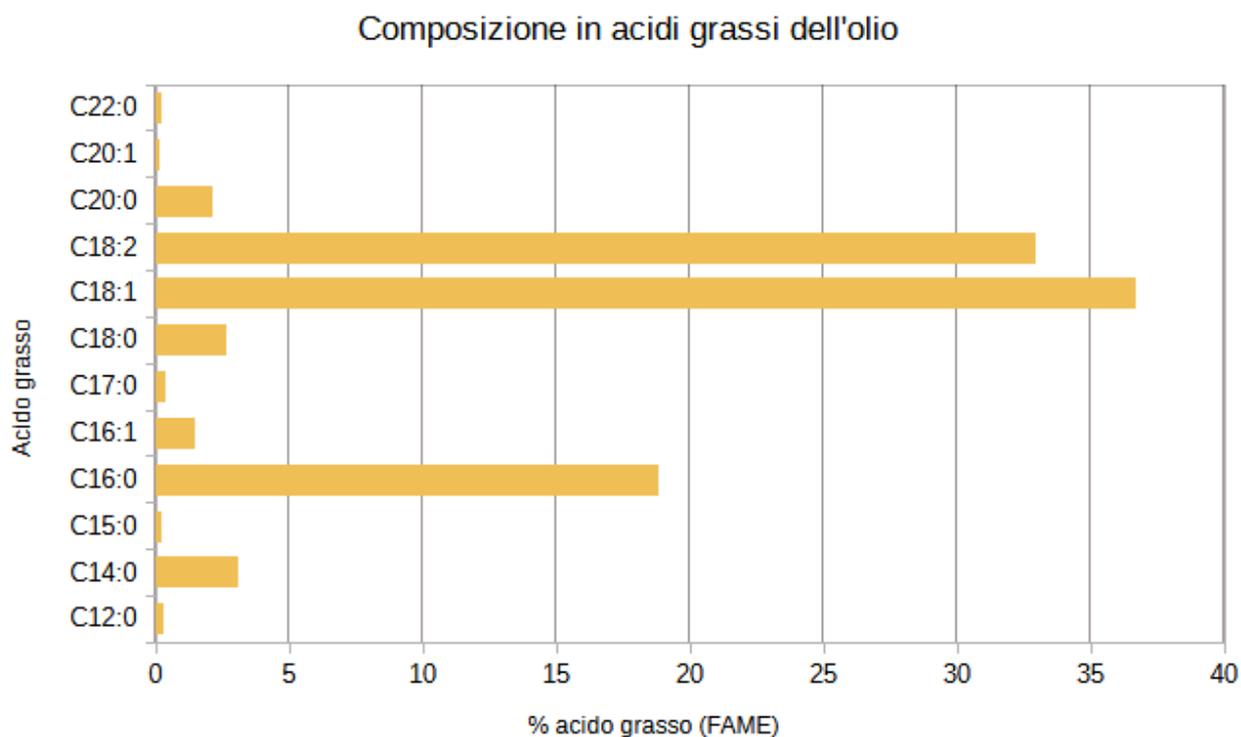


Figura 8. Profilo acidico dell'olio ottenuto dalla spremitura delle larve BE60.

Il profilo acidico ottenuto è stato quindi comparato con quelli riportati in letteratura, relativi all'olio di *T. molitor* allevato su diete basate su cereali e farine.

Dalla comparazione dei profili, la caratteristica che emerge è un maggior contenuto in acidi grassi polinsaturi (PUFA) per l'olio ottenuto dai *T. molitor* allevati nell'ambito del progetto Captive insect.

Risulta tuttavia difficile accertare se questo diverso profilo acidico sia effettivamente dovuto alla diversa dieta o ad un arricchimento in PUFA che potrebbe essere avvenuto durante la spremitura, a causa della diversa temperatura di fusione degli acidi grassi.

Acido grasso	Razione 3: pane (50), crusca (45), lievito (5)	farina di soia/farina di frumento (50/50)	pane di farina di frumento (100)	farina d'avena (100)	farina di frumento (25), farina d'avena(25), farina di mais (25), farina di ceci (25)	farina d'avena (50), farina di frumento (50)	lievito di birra (5), farina di frumento(47.5), farina d'avena (47.5)	lievito di birra (0.5), farina di frumento (33.17), farina d'avena (33.17), farina di mais (33.17)
C12:0	0,3	0,53	0,71	0,82	0,78	0,83	0,87	0,8
C14:0	3,05	4,26	6,33	5,74	6,07	6,64	6,77	7,86
C15:0	0,2	0	0,13	0,1	0,11	0,1	0,1	0,09
C16:0	18,8	21,07	18,57	19,92	19,54	19,07	18,95	19,18
C16:1	1,45	1,87	3,57	2,74	2,9	3,01	3,5	3,57
C17:0	0,35	0	0,09	0,09	0,09	0,07	0,07	0,06
C18:0	2,6	6,88	3,67	3,37	3,75	3,53	3,23	3,38
C18:1	36,65	52,78	41,17	43,03	43,16	43,35	43,57	45,64
C18:2	32,95	11,45	22,93	21,99	21,48	21,17	20,62	17,42
C20:0	2,1	0,46	0,13	0,11	0,15	0,12	0,1	0,1

C20:1	0,15	0	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	0,03
C22:0	0,2	0	0	0	0	0	0	0
altri	1,2	0,70	2,65	2,03	1,91	2,05	2,17	1,87
SFA	27,6	33,2	29,79	30,3	30,63	30,51	30,26	31,61
MUFA	38,25	54,65	45,62	46,67	46,8	47,11	47,94	49,96
PUFA	32,95	11,45	23,7	22,61	22,01	21,82	21,19	17,87
UFA	71,2	66,1	69,32	69,28	68,81	68,93	69,13	67,83
SFA/UFA	0,39	0,50	0,43	0,44	0,45	0,44	0,44	0,47

Tabella 9. Profili acidi di *T. molitor* riportati in letteratura. Nella prima colonna sono riportati i valori relativi alle larve BE60.

Per quanto riguarda la carica microbiologica dell'olio ottenuto, i valori sono soddisfacenti ed in linea con quanto osservato per le larve essiccate. Si può tuttavia notare la presenza di muffe a bassi livelli. I perossidi, che nelle larve essiccate (BE60) oscillavano tra 19 e 29,4 mEq/Kg risultano invece più alti nel corrispondente olio raggiungendo il valore di 43,6 mEq O₂/Kg. Il processo di estrazione meccanica, che inevitabilmente scalda il prodotto, e la successiva centrifugazione dell'olio per pulirlo dai residui di pannello potrebbero aver contribuito alla sua ossidazione (Tabella 10).

Analisi	risultato
enterobatteri	<1 cfu/ml
mesofili	<10 cfu/ml
lieviti	<40 cfu/ml

muffe	50 cfu/ml
perossidi	43,6Meq O ₂ /kg grasso

Tabella 10. Analisi microbiologiche e valore di perossidi relativi all'olio estratto da *T. molitor* (BE60).

Le analisi microbiologiche (Tabella 11) condotte sul pannello di estrazione hanno dato risultati soddisfacenti, con le conte di tutti i microrganismi al di sotto della soglia di quantificazione. I mesofili, seppur presenti non rappresentano un problema col valore più alto che arriva a 2300 cfu/g (3,36 log(cfu/g)) ed una media di 3,14 log(cfu/g), valore più alto del corrispettivo valore medio nel campione post essiccazione di 1,56 log(cfu/g) ma comunque non allarmante.

Le analisi confermano che nonostante l'ulteriore manipolazione del campione per la spremitura, questa non abbia introdotto nuove contaminazioni microbiologiche.

Analisi	Replica 1	Replica 2	Replica 3
<i>Bacillus Cereus</i> presunto (ufc/g)	<100	<100	<10
Forme vegetative di clostridi solfito-riduttori anaerobi (ufc/g)	<10	<10	<10
enterobatteri	<10	<10	<10
<i>Listeria monocytogenes</i>	non rilevato in 25 g	non rilevato in 25 g	non rilevato in 25 g
lieviti (ufc/g)	<100	<100	<100
muffe (ufc/g)	<100	<100	<100
mesofili (ufc/g)	1800 (3,26 log(cfu/g))	2300 (3,36 log(cfu/g))	650 (2,81 log(cfu/g))

<i>Salmonella spp</i>	non rilevato in 25 g	non rilevato in 25 g	non rilevato in 25 g
Stafilococchi coagulasi positivi (<i>S. aureus</i> e altre specie) (ufc/g)	<10	<10	<10

Tabella 11. Analisi microbiologiche relative al pannello d'estrazione di *T. molitor* (BE60).

La ricerca di contaminanti ha evidenziato l'assenza di aflatossine e mercurio.

Per quanto riguarda il piombo questo è stato rilevato a livelli compresi tra 0,019 e 0,034 mg/kg. Nell'attuale normativa europea [\[9\]](#) non sono riportati limiti relativi a farine di insetto ma i valori riscontrati si collocano al di sotto dei limiti di tollerabilità fissati ad esempio per crostacei (0,50 mg/kg), cereali e leguminose (0,20 mg/kg), ortaggi a radice (0,10 mg/kg).

Il cadmio è stato rilevato in quantità comprese tra 0,068 e 0,075 mg/kg al di sotto dei limiti di tollerabilità indicati dall'Unione Europea per crostacei (0,5 mg/kg), cereali (0,10 mg/kg) [\[10\]](#).

Per quanto riguarda gli idrocarburi aromatici, l'attuale normativa europea pone come limite nei Prodotti della pesca affumicati e per le carni, 12 µg/Kg per la somma degli IPA e 2 µg/Kg per il Benzo(a)pirene [\[11\]](#).

Va considerato che i limiti per tutti i contaminanti sono molto variabili a seconda dell'alimento e che sono calcolati in base a quello che è stimato essere il consumo giornaliero del determinato alimento.

Contaminanti			
Analisi	Replica 1	Replica 2	Replica 3
Benzo(a)pyrene (µg/Kg)	<LOQ: 0,9	1,6 ± 0,7	<LOQ: 0,9
IPA (somma) (µg/Kg)	8,2 ± 3,4	6,4 ± 2,7	1,6 ± 0,7

Cadmio (come Cd) (mg/kg)	0,068	0,074	0,075
Ferro (come Fe) (mg/kg)	90	80,2	74,7
Mercurio (come Hg) (mg/kg)	NQ	NQ	NQ
Piombo (come Pb) (mg/kg)	0,034	0,019	0,029
Aflatossine totali (sommatoria di Aflatossine B1,B2,G1 e G2 (µg/kg)	NQ	NQ	NQ
Aflatossina B1 (µg/kg)	NQ	NQ	NQ
Aflatossina B2 (µg/kg)	NQ	NQ	NQ
Aflatossina G1 (µg/kg)	NQ	NQ	NQ
Aflatossina G2 (µg/kg)	NQ	NQ	NQ

Tabella 12. Analisi dei contaminanti relativi al pannello d'estrazione di *T. molitor* (BE60). NQ: non quantificabile; <LOQ: inferiore al limite di quantificazione.

Rischi relativi alla processazione

Il principale rischio nella processazione sta nelle possibili contaminazioni dovute alla manipolazione degli insetti dopo l'abbattimento per bollitura. Nel caso della liofilizzazione l'insetto dopo la bollitura va incontro ad una fase in abbattitore e ad una in liofilizzatore, prima dello stoccaggio. Gli strumenti e l'operatore rappresentano le principali fonti di possibile contaminazione microbica.

Una pulizia degli strumenti prima e dopo ogni utilizzo e l'utilizzo di guanti sterili e mascherina dovrebbe essere sufficiente a minimizzare i rischi dovuti alla processazione.

L'essiccazione delle larve deve avvenire correttamente garantendo una corretta perdita di acqua in maniera uniforme nel batch essiccato in modo da non consentire crescite microbiche in fase di stoccaggio.

La fase di spremitura rappresenta sicuramente un punto critico dato che eventuali residui di spremitura nel macchinario possono essere un buon terreno di coltura per vari microrganismi. Oltre a questo, eventuali residui tenderebbero ad irrancidire compromettendo anche lo stato ossidativo dei prodotti spremuti successivamente. Va quindi posta particolare attenzione nella pulizia del macchinario. Anche in questa fase l'operatore deve evitare di contaminare le larve essiccate e i prodotti di spremitura assicurandosi di stoccare la farina di estrazione e l'olio in contenitori puliti.

Conclusioni

Sebbene l'essiccazione diretta delle larve di *T. molitor* sia il processo operativamente più semplice, visti i risultati in termini di ossidazione del prodotto e colore finale della larva, andrebbe evitato. Il processo inoltre è quello che richiede più tempo per l'abbattimento della larva risultando, quindi, poco compatibile con il benessere animale.

Il processo di bollitura e liofilizzazione (BL) è quello che impatta di meno su colore e ossidazione ma risulta essere anche quello più laborioso, necessitando di un abbattitore e di un liofilizzatore. Questo processo è quindi difficilmente scalabile e potrebbe essere adatto a produzioni limitate come, ad esempio, quelle per il settore alimentare umano dove il margine di guadagno potrebbe giustificare i costi aggiuntivi e dove il colore della larva e della relativa farina è particolarmente importante.

In un'ottica di semplificazione del processo e riduzione dei passaggi operativi, il processo di bollitura seguito da essiccazione a 60°C (BE60) rappresenta un buon compromesso, garantendo l'abbattimento della carica microbica e l'ottenimento di una larva microbiologicamente sicura. Il processo inoltre si presta ad essere applicato anche su produzioni di larga scala, come quelle dell'industria mangimistica.

Laboratorio di Gelsibachicoltura di Padova

Centro Agricoltura e Ambiente



Silvia Cappella