

● MIGLIORARE LA SOSTENIBILITÀ SFRUTTANDO GLI INSETTI

Sottoprodotti agroalimentari valorizzati con le mosche soldato

Le industrie agroalimentari producono ingenti volumi di scarti, alcuni dei quali possono essere utilizzati come substrati per l'allevamento della mosca soldato, dalle cui larve è possibile ricavare nutrienti ad alto valore energetico utilizzabili sia in ambito alimentare-mangimistico, sia come combustibili, sia come ammendanti per l'agricoltura

di **L. Maistrello, L.I. Macavei, A. Antonelli, G. Montevecchi, F. Masino, S. Barbi, M. Montorsi, M. Pini, A.M. Ferrari, A. Caligiani, S. Sforza, P. Pasotti Paolo, D. Amadori, V. Altamura, M.G. Tommasini**

Le strategie di gestione degli scarti alimentari si sono finora concentrate principalmente sulla riduzione dei rifiuti, tuttavia la ricerca di nuove forme di valorizzazione rappresenta un'alternativa concreta che apre nuovi scenari di mercato. **La capacità di alcune specie di insetti di utilizzare un'ampia gamma di substrati organici comunemente considerati come sottoprodotti e rifiuti rappresenta una delle soluzioni più promettenti per attuare il principio fondante dell'economia circolare.**

Potenzialità della mosca soldato

Tra questi vi è la mosca soldato nera (*Hermetia illucens*, Diptera: *Stratiomyidae*), una mosca non infestante (gli adulti vivono pochi giorni, non si nutrono e non trasmettono patogeni), le cui larve sono in grado di svilupparsi su un'ampia varietà di substrati organici a elevato contenuto di umidità.

Per sfruttare **le potenzialità delle mosche soldato nel ricavare nutrienti ad alto valore energetico utilizzabili sia in ambito alimentare-mangimistico, sia come combustibili, sia come ammendanti per l'agricoltura** è stato creato, nel solco dei gruppi operativi per l'innovazione (GOI) del partenariato Pei Agri, il progetto Bioeco-Flies, un

gruppo di ricerca coordinato da CRPV (Centro ricerche produzioni vegetali) e finanziato dalla Regione Emilia-Romagna (Psr 2014-2020 Misura 16.01 Focus Area 5C), che vede coinvolti diversi enti di ricerca pubblici e privati: Università di Modena e Reggio Emilia, Università di Parma e la società Astra Innovazione e Sviluppo.

Quale miscela «preferisce» la mosca

Partendo dai sottoprodotti della lavorazione di prodotti ortofrutticoli e olivicoli forniti dalle imprese agricole del GOI quali Consorzio Agribologna, CAB Cooperativa agricola Brisigheliese, Conserve Italia e altre aziende agricole del territorio emiliano-romagnolo, il progetto ha ottimizzato le caratteristiche quali-quantitative delle mosche soldato allevate in relazione alla stagionalità dei sottoprodotti; inoltre sono stati valutati i processi estrattivi applicabili per ottenere una separazione efficiente delle frazioni, le possibilità di impiego di tali frazioni e la sostenibilità ambientale ed economica dell'intero processo (*figura A* consultabile online all'indirizzo riportato a fine articolo).

L'alimentazione delle larve influenza i parametri di allevamento e la composizione della biomassa degli insetti.

Rilievi. La performance larvale della mosca soldato è stata testata e misurata su **50 miscele di sottoprodotti** delle filiere agroalimentari emiliano-romagnole ottenuti dalle imprese del GOI, tenendo conto dei seguenti parametri biologici, opportunamente mediati in un unico «indice di desiderabilità» che esprime il grado di soddisfacimento dei requisiti (fra parentesi è indicato il livello di desiderabilità auspicato) analizzato mediante strumenti statistici e software specifici per la progettazione e ottimizzazione di miscele:

- numero totale di prepupe (massimo);
- peso medio di una singola prepupa (massimo);
- numero di giorni necessari per raggiungere il picco di prepupe (minimo);
- quantità di acqua aggiunta durante l'allevamento, normalizzata per i giorni necessari per l'allevamento;
- quantità di miscela aggiunta durante l'allevamento, normalizzato per i giorni necessari per l'allevamento.

Valutazione dei risultati

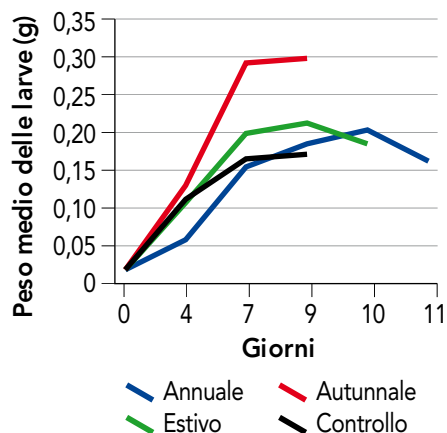
Come mostrato nel *grafico A* consultabile online all'indirizzo riportato a fine articolo, le miscele migliori sono risultate le seguenti (sempre riferite a sottoprodotti della lavorazione dei prodotti indicati):

- annuale: melone (70%) e frutta esotica (30%),
- estiva: pomodoro (80%) e pesca (20%),
- autunnale: legumi (25%), residui di lavorazione olive (20%), mais (20%), mix annuale (35%).

Complessivamente, è possibile affermare che le larve di mosca soldato sono in grado di sopravvivere e adattarsi a una grande varietà di substrati, sebbene con differenze notevoli nei parametri di sviluppo.

Considerando singolarmente i substrati, sono risultati migliori i seguenti melone per il gruppo annuale, pomodoro per il gruppo estivo e legumi e mais per il gruppo autunnale.

GRAFICO 1 - Relazione tra alimentazione e peso medio delle larve di mosca soldato nella prova condotta nel prototipo di impianto



Impianto prototipo

Partendo dai risultati di questa prima fase sperimentale, le migliori combinazioni di miscele identificate per ogni stagione sono state testate in un prototipo di impianto semi-industriale per l'allevamento della mosca soldato (messo a punto nell'ambito di un precedente progetto denominato Valoribio finanziato dalla Regione Emilia-Romagna nell'ambito del programma Por-Fesr).

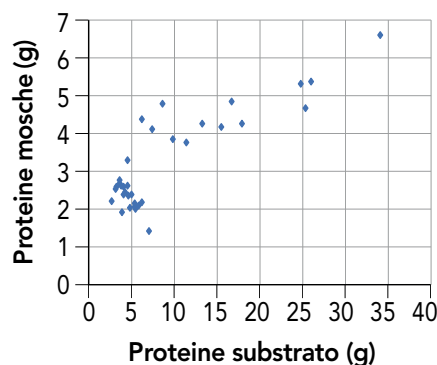
Le performance e i tempi di sviluppo delle larve allevate sui substrati dei vari gruppi stagionali sono state comparate con un gruppo di controllo nutrito con crusca, erba medica e farina di mais (formulazione nota come «Dieta di Gainesville»). Come è visibile nel grafico 1, le larve allevate sul substrato definito «gruppo autunnale» sono risultate essere migliori in termini di peso rispetto a quelle allevate su diete degli altri gruppi stagionali e anche rispetto alla dieta di controllo.

Le larve allevate sulle tipologie di substrati sopracitati sono state impiegate quindi per produrre biomasse da cui estrarre molecole da portare a valore in diversi processi industriali, fra cui in particolare proteine, lipidi e chitina.

La miscela alimentare influenza la biomassa ottenuta dalle larve

Chitina. Per quanto riguarda il contenuto di chitina estraibile dalle larve di mosca soldato, si sono osservati valori variabili, con quantità significativamente più alte in alcuni campioni

GRAFICO 2 - Relazione tra proteine contenute nei substrati e proteine delle mosche soldato (1)



(1) Sono riportati soltanto i risultati relativi ai substrati annuali ed estivi.

allevati su substrati estivi e autunnali rispetto al contenuto estratto da larve allevate sul controllo.

Proteine. Il contenuto proteico totale è solo lievemente influenzato dal substrato di allevamento, anche se la resa di conversione delle proteine del substrato in proteine larvali esprime una certa variabilità, come si può osservare nel grafico 2. In ogni caso le proteine ottenute sono di elevato valore nutrizionale, con un contenuto in aminoacidi essenziali paragonabile a quello della soia e delle proteine dell'uovo (tabella 1).

TABELLA 1 - Quantità di aminoacidi essenziali (mg/g proteina) nei campioni di prepupe di mosca soldato cresciute su diversi substrati rispetto ad altre fonti proteiche (1), agli standard di riferimento Fao/Who e al controllo

Aminoacidi	Media campioni				Standard Fao/Who 1985	Albumi d'uovo	Soia
	cresciuti su substrati annuali (n.)	cresciuti su substrati estivi (n.)	cresciuti su substrati autunnali (n.)	controllo (n.)			
Istidina	29	38	51	33	15	22	25
Treonina	38	38	34	42	23	47	38
Valina	61	60	54	66	39	68	49
Lisina	44	63	49	65	45	70	63
Isoleucina	47	43	41	41	30	53	47
Leucina	81	77	64	75	59	88	85
Fenilalanina	49	41	56	36			
Triptofano	18	16	17	9	6	14	11
Metionina	20	17	28	17			
Cisteina + Metionina	43	41	51	47	22	66	68
Fenilalanina + Tirosina	118	103	140	110	38	91	97
Totale aminoacidi essenziali	528	520	557	384	277	519	483

(1) Albumi d'uovo e soia.

Questo dimostra che è possibile ottenere ingredienti proteici di elevata qualità per applicazioni nell'alimentazione umana o in mangimistica partendo da tutti i substrati di allevamento testati.

Lipidi. Le analisi svolte sui lipidi estratti dalle mosche soldato mostrano che il rapporto tra acidi grassi saturi e insaturi è decisamente preponderante per i primi quando è impiegato il substrato annuale (max 13,5 e min. 6,5), mentre con il substrato estivo (grafico B consultabile online all'indirizzo riportato a fine articolo) l'intervallo si amplia notevolmente con un massimo di 24,0 e un minimo di 3,3. La forbice di valori più ristretta nell'esperienza con dieta annuale è causata dalla trascurabile differenza di composizione degli scarti di frutta usati come substrato di crescita, mentre l'introduzione di altri vegetali e soprattutto di residui della lavorazione delle olive nella dieta autunnale (dati non esplicitati) incrementa notevolmente la quota di acidi grassi insaturi. Per descrivere il profilo lipidico dei campioni, le concentrazioni di acido laurico (C12:0, l'acido grasso più abbondante nei campioni estratti dalle mosche soldato) sono state rapportate con quelle dell'acido palmitico (C16:0) e dell'acido oleico (C18:1), rappresentativi dei profili lipidici di un comune grasso rispettivamente a prevalenza di saturi (C16:0)

o di insaturi (C18:1), sottolineando come la concentrazione di acido palmitico (C16:0) si avvicina notevolmente alla concentrazione di acido laurico (C12:0) quando i residui della lavorazione delle olive sono impiegati come substrato di crescita prevalente nelle miscele, andamento riscontrabile anche nei valori del rapporto tra acido laurico e acido oleico (C18:1). Questi risultati forniscono utili indicazioni per operare una stima preliminare del profilo degli acidi grassi potenzialmente ottenibile allo scopo di pianificare differenti applicazioni, qualora consentite dalla normativa vigente. In particolare l'uso nel campo alimentare potrebbe spaziare dalla mangimistica alla sostituzione di ingredienti lipidici di diversa natura.

Una diversa destinazione riguarda l'impiego dei lipidi nella produzione di biodiesel. Il grasso estratto da larve di mosca soldato possiede, infatti, buone proprietà lubrificanti e un numero di cetano (NC - indice della velocità di accensione del combustibile) più elevato rispetto ai comuni carburanti diesel. Valori di NC prossimi a quelli riportati in letteratura sono stati confermati anche nel presente studio con l'impiego di alcuni substrati.

Macromolecole e compost

Un aspetto critico è legato alla fase di estrazione lipidica, infatti, la quantità di acidi grassi liberi presenti nel campione rende più complessa tale procedura a causa della formazione di emulsioni. La liberazione degli acidi grassi è dovuta all'azione enzimatica delle lipasi delle larve ed è strettamente legata alla tecnica impiegata per la loro soppressione (grafico 3). L'omogeneizzazione in solvente è la tecnica che meglio raggiunge lo scopo di preservare la struttura dei trigliceridi, tuttavia, la tossicità e i costi di acquisto e smaltimento del solvente fanno propendere per l'uso del *blanching* (immersione in acqua bollente per pochi minuti) quale tecnica elettiva per la soppressione delle larve. I vantaggi del *blanching* sono molteplici perché al contempo viene abbattuta la carica microbica e gli esemplari vengono ripuliti da residui di substrato ed escrementi.

Tecniche di estrazione

Sono state testate anche diverse tecniche di estrazione della frazione proteica dalle prepupe di mosca soldato,

in modo da ottenere frazioni proteiche intatte da un punto di vista nutrizionale. Le rese migliori (circa il 70%) sono state ottenute sia con un metodo che sfrutta enzimi proteolitici di *Bacillus licheniformis* (PBL), sia con un metodo chimico multistep per suddividere la componente proteica in quattro sotto-frazioni mediante quattro estrazioni successive (metodo Osborne). I risultati ottenuti hanno mostrato che esistono alcune differenze tra la composizione in amminoacidi essenziali delle diverse frazioni, ma tuttavia, salvo poche eccezioni (es. leucina), tutte superano i valori di riferimento, dimostrando che i processi utilizzati permettono di ottenere frazioni proteiche pure da utilizzare in mangimistica o per la produzione di alimenti iperproteici (tabella 1).

Un pellet ricco di chitina

Infine, ciò che rimane della biomassa larvale dopo le precedenti fasi di estrazione, è un pellet ricco di chitina che, se opportunamente trattato e purificato, costituisce un ottimo substrato per la produzione di chitosano (una fibra alimentare). Dopo un trattamento di demineralizzazione e di deacetilazione in soda concentrata dei diversi pellet residui dall'estrazione proteica si è ottenuto un chitosano con un residuo proteico inferiore allo 0,1% e con un grado di acetilazione residuo di circa il 20%. Queste caratteristiche sono confrontabili con quelle di chitosano commerciale ottenuto da lieviti o da gusci di crostacei, dimostrando la possibilità di utilizzare il chitosano da insetti cresciuti sui substrati valutati in alternativa ad altre fonti come i crostacei. **Le applicazioni del chitosano sono molteplici, in ambito alimentare ad esempio si utilizza come fibra a effetto saziante, oppure trova largo impiego anche come materiale biomedicale.**

Impiego come compost

Al fine di valorizzare anche i substrati organici residui di cui le larve si sono nutrite durante la fase di allevamento, ne è stato valutato l'impiego come compost. Tali substrati costituiscono infatti un prodotto organico privo di problematiche microbiologiche e ben dotato in elementi utili alla fertilità dei suoli, azoto in particolare, ma anche fosforo e potassio e con un buon rapporto carbonio/azoto (C/N). Prove specifiche sono state condotte su due cicli

di coltivazione di lattuga (autunnale e invernale) in vaso e in coltura protetta con un unico mix organico delle 3 miscele analizzate (substrato rispettivamente a disponibilità autunnale, primaverile-estiva e autunno-invernale) a percentuali diverse di dosaggio, per valutare l'efficacia fertilizzante di questo compost a confronto con la matrice organica ottenuta dal gruppo di controllo, ossia larve di mosca soldato nutrite con dieta di Gainesville, e con un testimone privo di apporti fertilizzanti (grafico 4).

I migliori risultati produttivi di lattuga dei compost provenienti dai residui di allevamento della mosca soldato sono stati ottenuti con i mix organici impiegati a dosaggi compresi tra il 10 e il 15% come mostrato nel grafico 4.

Un importante elemento emerso è che l'apporto delle matrici organiche, mix di substrati e dieta di Gainesville, non hanno determinato fenomeni di tossicità a carico delle piante. Pertanto, **le matrici organiche provenienti dall'allevamento delle mosche soldato rappresentano un potenziale di interesse per l'apporto organico ai terreni nelle coltivazioni agricole.**

Sostenibilità ambientale ed economica

Nell'ottica di individuare i principali percorsi verso possibili miglioramenti del sistema, intervenendo per esempio sulla scelta del substrato e su possibili scenari di uso e fine vita, è stata valutata la sostenibilità ambientale del processo per la bioconversione degli scarti delle filiere agroalimentari in composti ad alto valore nutrizionale.

GRAFICO 3 - Acidi grassi liberi (%) rilasciati dalle strutture dei trigliceridi attraverso i diversi tipi di soppressione

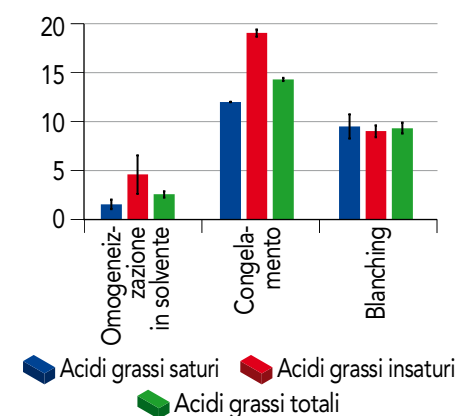
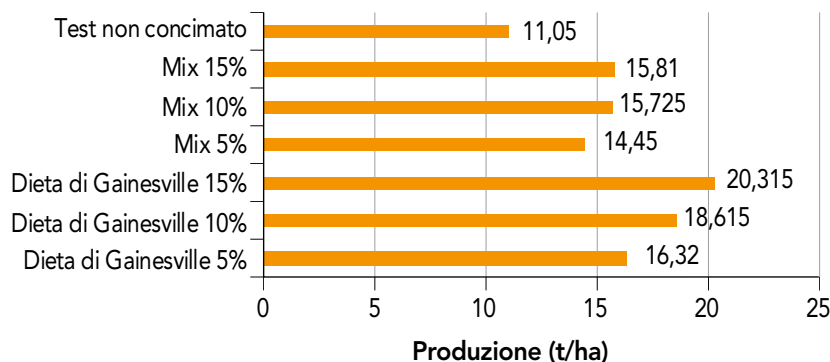


GRAFICO 4 - Riepilogo produzioni (t/ha) nei 2 cicli di coltivazione di lattuga suddivise per tesi

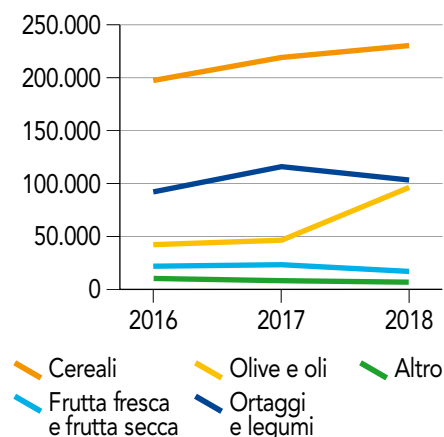


le attraverso la metodologia LCA (Life Cycle Assessment).

A parità del contenuto totale di lipidi, proteine e chitina ottenuti dall'estrazione delle larve mature allevate sui tre differenti substrati (annuale, estivo e autunnale), sono stati valutati gli impatti, espressi in millesimi di punto (mPt) sulla salute umana, sulla tutela dell'ambiente, sulle emissioni climalteranti e sull'utilizzo di risorse non rinnovabili.

Per tutti e tre i substrati il processo che produce l'impatto ambientale maggiore è dovuto all'impiego di energia elettrica per il gruppo frigorifero in cui è sviluppato l'allevamento della mosca soldato, che rimane in funzione in continuo durante la crescita delle larve (grafico C consultabile online all'indirizzo riportato a fine articolo). L'analisi ha inoltre evidenziato che il punteggio totale su grammo di lipidi + proteine + chitina estratti (mPt/g) è maggiore per il substrato autunnale (0,8314 mPt/g).

GRAFICO 5 - Andamento degli scarti (t) in Italia dal 2016 al 2018



Fonte: elaborazione CRPV su dati Istat.

Per comprendere l'importanza economica che il riciclo degli scarti di lavorazione agroindustriale può avere con questo processo è stata svolta un'indagine quali-quantitativa sulla disponibilità di diversi sottoprodotti delle filiere agroalimentari, da cui è emerso che **il volume totale di scarti recuperabili dalle industrie agroalimentari sull'intero territorio nazionale è di circa 450.000 tonnellate, utili all'alimentazione di allevamenti di mosche soldato** (grafico 5). Tale valore è pari a 38.000 tonnellate nella sola regione Emilia-Romagna, quindi con potenziali molto elevati di reimpiego in nuove catene del valore.

Ricadute economiche positive

Partendo da una biomassa di scarto che generalmente viene utilizzata a scopi energetici o smaltita come rifiuto, il progetto ha permesso di riciclare una biomassa ricca di proteine, lipidi (oli) e chitina (fibra), valorizzando prodotti di scarto delle industrie agroalimentari, per ottenere ingredienti in qualità di nuovi prodotti impiegabili in diversi settori industriali (mangimistica, alimentazione umana, settore biomedicale, ecc.).

Considerando **il prezzo medio di mercato degli ingredienti ottenibili (600 euro/t per gli oli, 5.000 euro/t per le proteine e 10.000 euro/t per le fibre)**, è facile intuire la possibile ricaduta economica sulle aziende produttive, considerando gli ingenti volumi di prodotti di scarto che le diverse filiere agroalimentari possono produrre ogni anno.

La selezione e la disponibilità stagionale degli scarti e sottoprodotti utili per l'allevamento di mosche soldato si rivela un passaggio chiave per determinarne la produttività lungo tutto l'anno. In particolare, i risultati del

progetto hanno mostrato come **possano essere largamente impiegati tutto l'anno i residui della lavorazione di melone e, secondariamente, di frutta esotica, presenti nella formulazione del substrato annuale.**

Le conoscenze e le tecnologie acquisite nel progetto possono considerarsi immediatamente spendibili nel sistema economico-produttivo e, grazie all'elevata quantità di sottoprodotti agrifood disponibili annualmente in Italia (fino a 450.000 tonnellate), all'estrema versatilità dell'approccio proposto nella gestione degli scarti e alla propensione già esistente in molte aziende, siano esse produttrici o utilizzatrici di scarti, di puntare agli insetti come nuova frontiera attraverso cui migliorare la sostenibilità del comparto agroalimentare, sono concrete le possibilità di sviluppo.

Oltre ai vantaggi economici derivanti direttamente dall'impiego dei sottoprodotti dell'industria agroalimentare come substrati per l'allevamento della mosca soldato, che potrebbero essere poi vendute o trasformate direttamente, **la possibilità di impiegare il compost proveniente dall'allevamento degli insetti come ammendante e/o fertilizzante consentirebbe di chiudere in modo virtuoso e «circolare» l'economia della filiera agroalimentare**, riportando al suolo la componente residua dell'intero processo allo scopo di migliorarne la struttura e la qualità.

Tutto questo rappresenta un esempio applicativo virtuoso di economia circolare e di resilienza nei cicli produttivi e di lavorazione dei prodotti agricoli.

**Lara Maistrello, Laura Iona Macavei
Andrea Antonelli, Giuseppe Montevecchi**

Francesca Masino
DSV, UniMORE

Silvia Barbi, Monia Montorsi

Martina Pini, Anna Maria Ferrari
DISMI, UniMORE

Augusta Caligiani, Stefano Sforza
UNIPR

Paolo Pasotti

Astra Innovazione e Sviluppo

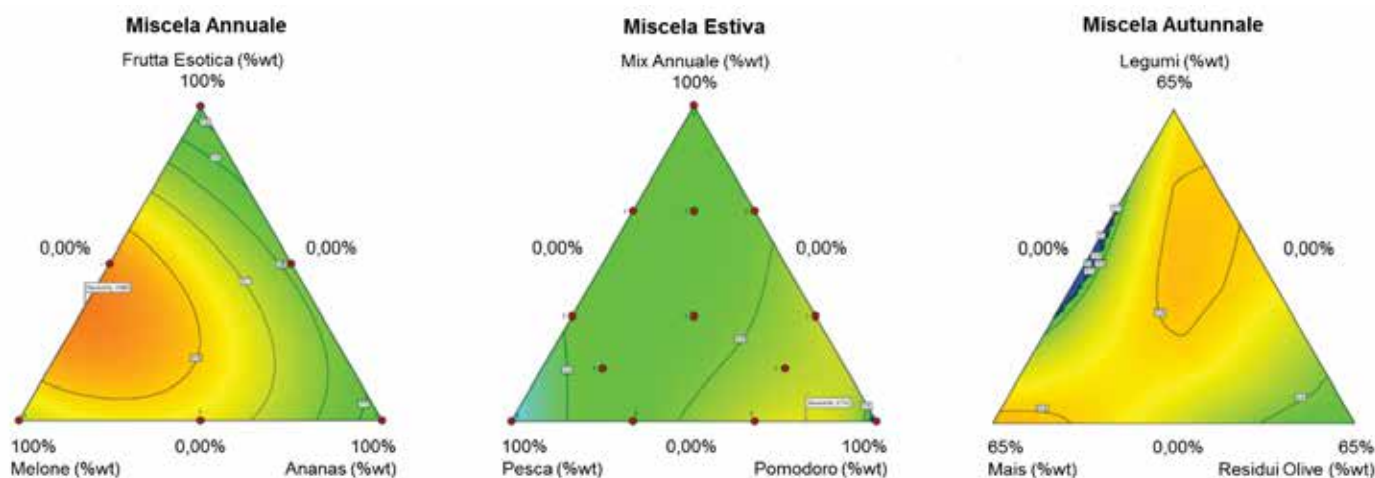
Davide Amadori, Valeria Altamura

Maria Grazia Tommasini
CRPV

V Questo articolo è corredato di bibliografia/contenuti extra. Gli Abbonati potranno scaricare il contenuto completo dalla Banca Dati Articoli in formato PDF su: www.informatoreagrario.it/bdo

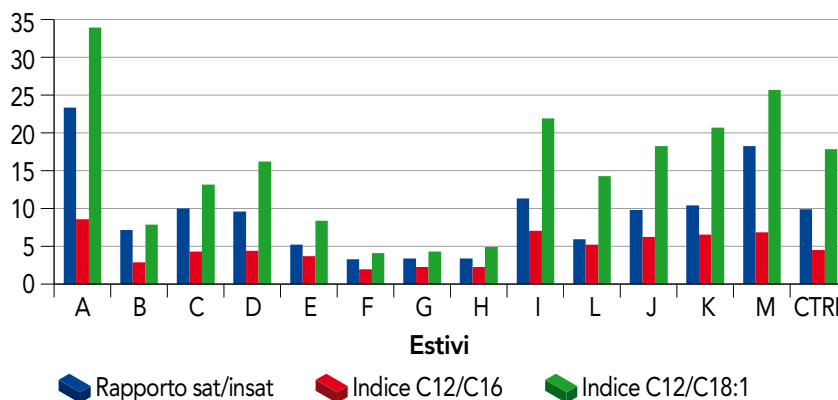
Sottoprodotti agroalimentari valorizzati con le mosche soldato

GRAFICO A - Mappe di desiderabilità delle miscele di sottoprodotti testati ⁽¹⁾



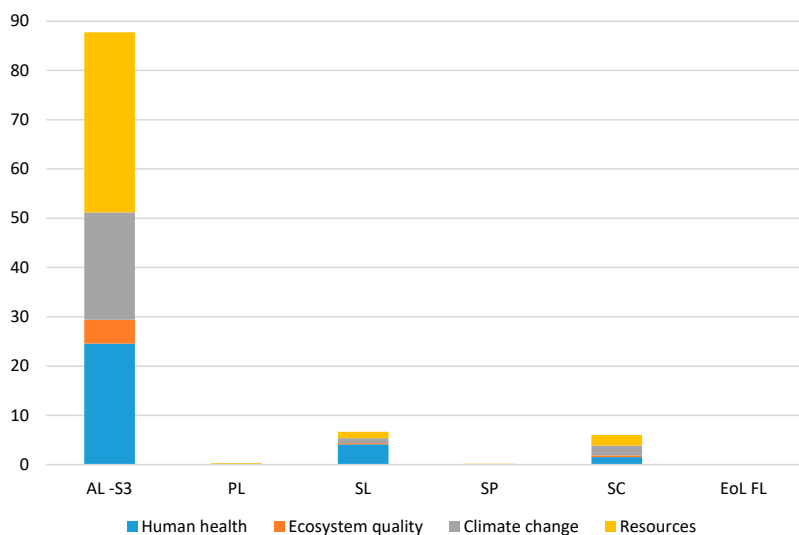
(1) L'indice di desiderabilità è espresso in chiave-colore (giallo-rosso = massima desiderabilità; blu-verde = minima desiderabilità).

GRAFICO B - Rapporto somma totale di acidi saturi e acidi insaturi, concentrazioni di acido laurico (C12:0) e acido palmitico (C16:0) e tra le concentrazioni di acido laurico (C12:0) e acido oleico (C18:1) nei campioni ⁽¹⁾ dell'esperimento estivo



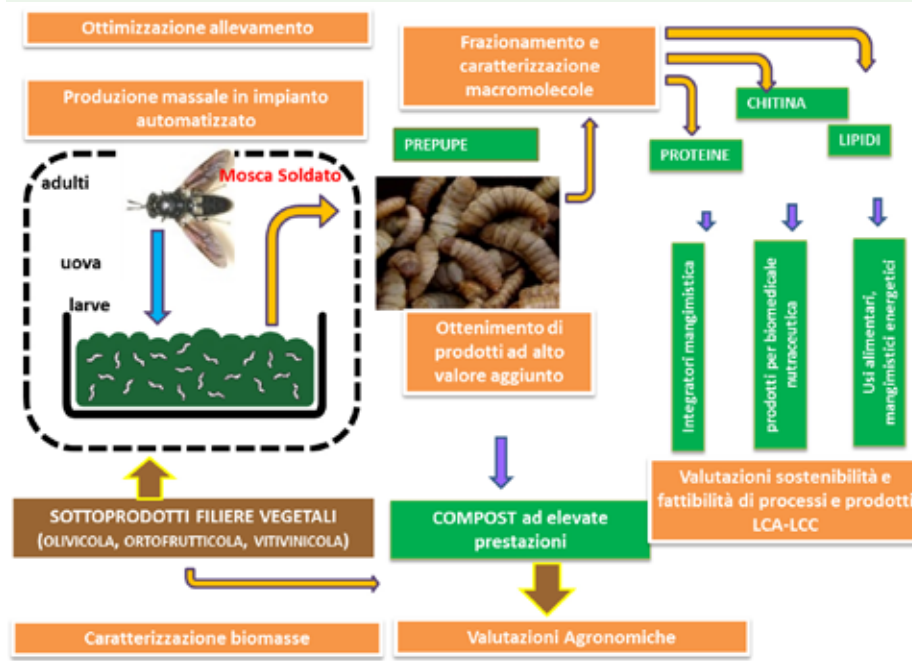
(1) Siglati con una lettera.

GRAFICO C - Risultati LCA per impact category del sistema che permette l'estrazione di 121,04 g di lipidi+proteine+chitina con il substrato S3 (Mix Autunnale)



AL – S3: Allevamento larve – S3; PL: Preparazione delle larve per la separazione di lipidi, proteine e chitina; SL: Separazione della frazione lipidica; SP: Separazione della frazione proteica; SC: Separazione della frazione chitinica; EoL FL: Fine vita della fase liquida.

FIGURA A - Schema del progetto



L'INFORMATORE AGRARIO

www.informatoreagrario.it



Edizioni L'Informatore Agrario

Tutti i diritti riservati, a norma della Legge sul Diritto d'Autore e le sue successive modificazioni. Ogni utilizzo di quest'opera per usi diversi da quello personale e privato è tassativamente vietato. Edizioni L'Informatore Agrario S.r.l. non potrà comunque essere ritenuta responsabile per eventuali malfunzionamenti e/o danni di qualsiasi natura connessi all'uso dell'opera.